

РОСЛИННІСТЬ ПОРЯДКУ CALLITRICHО-BATRA- CHİETALIA PASSARGE 1978 НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «ПИРЯТИНСЬКИЙ»

О.А. КОВАЛЕНКО

Науковий співробітник, Національний науково-природничий музей

НАН України, Київ, Україна

E-mail: corydaliskovalenko@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6405-2035>

Анотація. Національний природний парк «Пирятинський» є цінним резерватом флори та рослинності Лівобережного Придніпров'я. Розгалужена гідрологічна мережа річки Удай та широка представленість заплавлених водойм є причиною високого різноманіття рослинних угруповань вищої водної рослинності. У цій статті ми дослідили угруповання порядку *Callitricho-Batrachietalia* в Національному природному парку "Пирятинський" та виявили особливості їхньої синтаксономічної та екологічної диференціації. Про цей тип рослинності на досліджуваній території були відомі лише фрагментарні відомості без опублікованих геоботанічних описів та детальних характеристик структури фітоценозів, синекології та синхорології. Усі отримані результати цієї статті базуються на оригінальних польових дослідженнях. Усього за період 2010–2017 рр. було здійснено 22 геоботанічних описи. Вони виконувалися в природних межах угруповань. Обробку фітосоціологічних даних проводили за допомогою програмного пакету JUICE. Номенклатура синтаксонів відповідала Міжнародному кодексу фітосоціологічної номенклатури (ICFN). Порядок *Callitricho-Batrachietalia* на території НПП "Пирятинський" представлений союзом *Batrachion aquatilis* Gehu 1961 та 4 асоціаціями (*Batrachietum aquatilis* Gehu 1961, *Potameto-Batrachietum circinatis* Sauer 1937, *Hottonietum palustris* Sauer 1947, *Veronico beccabungae* – *Callitrichetum stagnalis* (Oberdorfer 1957) Th. Müller 1962). Це перший продромус порядку *Callitricho-Batrachietalia* для території Національного природного парку «Пирятинський». Угруповання цього синтаксону займають невеликі площі та мають обмежене поширення в регіоні. Більшість із них рідкісні та вразливі до змін екологічних умов. Моніторинг за їхньою структурою, хорологією та динамікою є важливим завданням для підтримки та збереження видового та ценотичного різноманіття НПП «Пирятинський».

Ключові слова: водна рослинність, *Potametea*, синтаксономія, НПП "Пирятинський", фітоценози

Вступ.

Важливим компонентом рослинного покриву Національного природного парку (НПП) «Пирятинський» є угруповання класу *Potametea Klika* in Klika et Novak 1941. До цього синтаксону належать ценози гідатофітів із плаваючими на поверхні або зануреними в товщу води листками, які трапляються в еутрофних, мезоеутрофних і мезотрофних замкнутих чи проточних водоймах без яскраво виражених ознак засолення.

Територія НПП слугує цінним резерватом рослинних угруповань вищої водної рослинності, чому сприяє розгалужена гідрологічна мережа р. Удай та широка представленість у межах цього природно-заповідного об'єкта позазаплавних водойм.

До останнього часу фітоценози гідатофітів національного парку були недостатньо дослідженими, їхня інвентаризація не завершеною, а класифікація не розробленою. У праці М. С. Прокопук, Ю. В. Погорелової (Prokopus, Pohorelova, 2015) наводиться 4 асоціації цього класу, щоправда, без геоботанічних описів та детальної характеристики структури фітоценозів, синекології та синхорології. У ній, зокрема, не було наведено жодної асоціації з порядку *Callitricho-Batrachietalia* Passarge 1978. Наші попередні дослідження (Kovalenko, 2016) вказували на вище ценотичне різноманіття угруповань гідатофітів на території НПП «Пирятинський».

Саме тому існує необхідність проведення класифікації угруповань рослинності гідатофітів національного парку та виявлення особливостей їхньої синтаксономічної та екологічної диференціації. Особливо увагу нами було приділено недостатньо дослідженим ценозам порядку *Callitricho-Batrachietalia*.

Матеріали і методи дослідження.

Дослідження порядку *Callitricho-Batrachietalia* проводили на території та в найближчих околицях НПП «Пирятинський» (рис. 1), який розташований в адміністративних межах Пирятинського району Полтавської області та займає площу 12 028,42 га.

Територія НПП є еталонною ділянкою рослинного покриву Яготинсько-Оржицького району терасових лучних степів, байрачних дібров і низинних долинних боліт Бахмацько-Кременчуцького округу та Прилуцько-Лохвицького району лучних степів, дубових і грабово-дубових лісів, заплавних лук та низинних боліт Роменсько-Полтавського геоботанічного округу Східноєвропейської провінції Європейсько-Сибірської лісостепової зони (Didukh, Shelyag-Sosonko, 2003).

Опис угруповань класу проводили в їхніх природних межах. Проточність водойм визначали за шкалою Д. В. Дубини (Dubyna, 2006) Проективне покриття фіксували у відсотках із подальшою трансформацією в бали модифікованої шкали Б.М. Міркіна (Mirkin, 2006), де + позначає проективне покриття виду до 1 %, 1 – до 5 %, 2 – 5-15 %, 3 – 15-25 %, 4 – 25-50 %, 5 – 50-100 %.

Загалом за період 2010–2017 рр. було виконано 22 геоботанічних описи рослинності досліджуваного порядку.

Камеральну обробку проводили за допомогою пакету програм JUICE. Номенклатура синтаксонів узгоджувалася з Міжнародним кодексом фітосоціологічної номенклатури (МКФН), посилання на певні статті якого вказані після кожної невалідної назви (Weber, Moravcs, Theurillat, 2000).

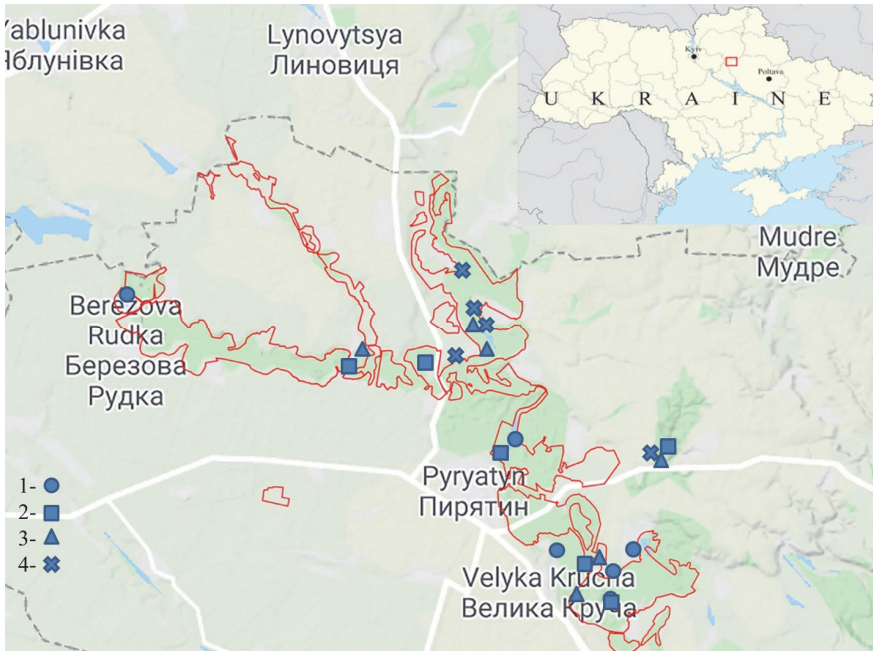


Рис. 1. Територія НПП «Пирятинський» та поширення угруповань порядку *Callitricho-Batrachietalia*: 1 - *Batrachietum aquatilis*, 2- *Potameto perfoliati*–*Batrachietum circinati*, 3 - *Hottonietum palustris*, 4 - *Veronico beccabungae*–*Callitrichetum stagnalis*

Екологічні параметри угруповань встановлювали за методом синфіто-індикації на основі шкал Я. П. Дідуха (Didukh? 2011).

Результати дослідження та їх обговорення.

У результаті досліджень, було встановлено, що порядок *Callitricho-Batrachietalia* на території НПП «Пирятинський» представлений 1 союзом та 4 асоціаціями:

Ord. *Callitricho-Batrachietalia* Passarge 1978

All. *Batrachion aquatilis* Passarge 1964

Ass. *Batrachietum aquatilis* Gehu 1961 nom. mut. propos.

Potameto perfoliati–*Batrachietum circinati* Sauer 1937 nom. mut. propos.

Hottonietum palustris Sauer 1947

Veronico beccabungae–*Callitrichetum stagnalis* (Oberdorfer 1957) Th. Müller 1962

Порядок *Callitricho-Batrachietalia* репрезентує угруповання дрібнолистих аерогідрофілофітів, що розвиваються на мілководдях замкнених і слабо проточних водойм зі значним коливанням рівня води впродовж періоду вегетації та мулистими або мулистопіщаними донними відкладами.

Порядок, як і клас *Potametea*, володіє космополітним ареалом, проте фітосоціологічні дані з переважної більшості його фрагментів відсутні.

У складі *Callitricho-Batrachietalia* описано 2 союзи, з яких на території НПП «Пирятинський» представлений лише *Batrachion aquatilis* Passarge

1964 (= *Callitricho-Batrachion* den Hartog et Segal 1964 p. p. [Art. 22, 25], *Hottonienion* den Hartog et Segal 1964, *Ranunculion peltati* Schaminée, Lanjouw et Schipper 1990 [Art. 29]).

До цього синтаксону належать угруповання дрібнолистих укорієних рослин із плаваючими на поверхні води листками, що розвиваються в непроточних, слабо проточних чи ефемерних водоймах заплави. Цей досить чітко відокремлений у флористичному, екологічному й біоморфологічному відношеннях союз представлений на території НПП «Пирятинський» 4 асоціаціями.

Асоціація *Batrachietum aquatilis* Gehu 1961 (= *Batrachio aquatilis*–*Callitrichetum hammulatae* Rydlo et Husák 1992 p. p.) у вітчизняних та закордонних фітосоціологічних зведеннях часто фігурує під фантомними назвами Dubyna, 2006, Solomakha, 2008) *Batrachietum aquatili-peltati* Sauer 1937, *Ranunculetum aquatilis* Sauer 1947 чи *Ranunculetum peltati* Sauer 1947. Відповідно до Ст. 45 Міжнародного кодексу фітосоціологічної номенклатури назва асоціації має бути адаптована до сучасної таксономічної номенклатури - *Batrachietum aquatilis* Gehu 1961 nom. mutat. propos.

На території НПП «Пирятинський» угруповання асоціації трапляються на невеликих площах і чітко вирізняються домінуванням *Batrachium aquatile* (25–40 %). Флористичний склад ценозів небагатий (табл. 1): усього виявлено 9 видів, причому на один опис припадає від 2 до 5. Діагностичний блок *Potametea* нечисленний і представлений здебільшого видами союзу *Batrachion aquatilis*. Низьким рівнем постійності в угрупованнях *Batrachietum aquatilis* характеризуються також плейстофіти класу *Lemnetea*. Специфічною рисою ценозів є висока частка діагностичних видів

класу *Isoëto-Nano-Juncetea*, що, насамперед, зумовлено просторово-функціональними контактами з угрупованнями заплавного ефемеретуму.

Угруповання розвиваються на мілководдях мезоеуτροφних та еуτροφних водойм без ознак засолення. Реакція середовища змінюється від слабколужної до слабкокислої. Донні відклади переважно алювіально-піщані або мулісто-піщані. Фітоценози трапляються в ставках, заплавах та позаплавних озерах, водосховищах, канавах, рукавах і затоках річок зі слабкою течією та навіть в ефемерних водоймах першої і третьої терас долин річок.

Ареал асоціації збігається з поширенням головного едификатора та домінанта *Batrachium aquatile*, який є поліконтинентальним геоелементом. На території України угруповання синтаксону спорадично трапляються в Поліссі та північній частині Лісостепу, а на півдні вони стають рідкіснішими. У межах НПП «Пирятинський» ценози *Batrachietum aquatilis* не відіграють вагомої ролі у формуванні рослинного покриву і відмічені лише в наведених вище місцезростаннях.

Асоціація *Potameto perfoliati*–*Batrachietum circinati* Sauer 1937 nom. mutat. propos. у вітчизняних фітосоціологічних зведеннях асоціація найчастіше наводиться під назвою *Batrachietum circinati* Segal 1965, яка є пізнішим синонімом. Окрім того, назва *Ranunculetum circinati* Sauer 1937 відповідно до Ст. 45 Міжнародного кодексу фітосоціологічної номенклатури має бути адаптована до сучасної таксономічної номенклатури - *Potameto perfoliati*–*Batrachietum circinati* Sauer 1937 nom. mutat. propos.

Проективне покриття угруповань сягає значень 60–100 %, що залежить від коливання умов обводнення впро-

Таблиця 1. Угрупування асоціації *Batrachietum aquatilis*

Номер опису	1	2	3	4	5	6	7
Товща води, см	60	30	30	20	30	30	30
Проточність	0	0	0	0	1	0	0
Кількість видів	4	3	3	4	5	2	2
Площа опису, м ²	7	5	10	5	4	10	5
Проективне покриття, %	40	30	30	40	40	40	40
D.s. ass. <i>Batrachietum aquatilis</i>							
<i>Batrachium aquatile</i> (L.) Dumort.	3	4	3	3	4	4	4
D.s. all. <i>Ranunculion aquatilis</i>							
<i>Batrachium ciricinatum</i> (Sibth.) Spach	+	.	+	.	.	+	.
<i>Callitriche stagnalis</i> Scop.,	.	.	.	.	1	.	.
D.s. cl. <i>Lemnetea</i>							
<i>Lemna minor</i> L.	1	.	.	.	1	.	.
<i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.) Schleid.	.	.	.	1	.	.	.
D.s. cl. <i>Isoëto-Nano-Juncetea</i>							
<i>Elatine alsinastrum</i> L.	.	.	.	+	.	.	+
<i>Persicaria hydropiper</i> (L.) Delarbre	.	1	.	.	1	.	.
<i>Eleocharis acicularis</i> (L.) Roem. & Schult.	.	.	.	+	.	.	.
<i>Alopecurus aequalis</i> Sobol.	1	.	.	.	+	.	.

Описи: 1 – с. Дейманівка, урочище «Старий Гайок», ставок, 21.06. 2010 р.; 2 – с. Повстин, рукав р. Удай, 24.06. 2011 р.; 3 – с. Дейманівка, урочище «Кути», канава, 27.06. 2013 р.; 4 – с. Шкурати, урочище «Острів», 24.05. 2014 р.; 5 – с. Велика Круча, р. Удай, 16.06. 2014 р.; 6 – с. Березова Рудка, ставок, 21.06. 2014 р.; 7 – с. Високе, ставок, 22.06. 2014 р.

довж вегетаційного сезону (табл. 2.). Із них на головний едифікаторний та домінуючий вид *Batrachium ciricinatum* припадає 35-80 %, тоді як *Potamogeton crispus* відіграє значно скромнішу фітоценотичну роль. Ценофлора асоціації нараховує 11 видів, із них на один опис припадає від 5 до 7. Діагностичний блок *Potametea* репрезентований 5 видами, а фракції *Lemnetea* й *Phragmiti-Magno-Caricetea* налічують по 3 представники.

Угрупування характерні для слабкопроточних водойм із мулисто-піщаними й мулистими донними відкладами. Реакція середовища здебільшого нейтральна. Розвиток фітоценозів стимулює зниження рів-

ня водойми на 30–50 см. На території НПП «Пирятинський» асоціація характерна для заток р. Удай, його стариць і заплавних озер.

Для асоціації характерний поліконтинентальний ареал. В Україні вона здебільшого поширена в рівнинній частині, де є типовою на Поліссі та в Лісостепу, а також спорадично трапляється в степовій зоні. На території НПП «Пирятинський» її ценози трапляються спорадично та зазвичай не на значних площах.

Асоціація *Hottonietum palustris* Sauer 1947 (= *Hottonietum palustris* Tüxen 1937 nom. inval. [Art. 3b], *Callitricho-Hottonietum* (Tüxen 1937) Segal

Таблиця 2. Угрупування асоціації *Potameto perfoliati*–*Batrachietum circinati*

Номер опису	1	2	3	4	5	6	7
Товща води, см	30	25	30	40	30	40	35
Проточність	1	1	1	1	1	1	1
Кількість видів	5	6	6	5	6	7	6
Площа опису, м ²	30	25	35	40	35	30	45
Проективне покриття, %	70	70	65	60	100	60	70
D.s. ass. <i>Potameto perfoliati</i> – <i>Batrachietum circinati</i>							
<i>Batrachium ciricinatum</i>	4	4	4	3	5	3	4
<i>Potamogeton crispus</i> L.	1	1	+	1	1	1	+
D.s. cl. <i>Potametea</i>							
<i>Batrachium aguatile</i>	.	+	.	1	.	.	+
<i>Potamogeton pusillus</i> L.	.	.	1	.	+	.	.
<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	1	.	.	.	.	+	.
D.s. cl. <i>Lemnetea</i>							
<i>Lemna minor</i>	+	1	1	+	1	1	1
<i>Spirodela polyrrhiza</i>	.	.	+	.	.	1	.
<i>Lemna trisulca</i> L.	.	+	.	.	+	.	+
D.s. cl. <i>Phragmiti-Magno-Caricetea</i>							
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	1	.	+	.	.	+	.
<i>Rorippa amphibian</i> L.	.	.	.	1	.	1	.
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	.	+	.	.	+	.	+

Описи: 1 – с. Шкурати, озеро Плесо, 20.06. 2010 р.; 2 – с. Повстин, неподалік урочища «Бурти», болото, 21.07. 2011 р.; 3 – с. Калинів Міст, затока р. Удай, 22.07. 2011 р.; 4 – с. Сасинівка, р. Перевод, 28.07. 2011 р.; 5-7 – м. Пирятин, озеро Зарой, 16.06. 2012 р.

1965, *Ranunculo-Hottonietum* (Tüxen 1937) Oberdorfer et al. 1967 р.р.) часто наводиться у фітосоціологічній літературі за авторством Р. Тюксена, але *Hottonietum palustris* Tüxen 1937 є невалідною назвою, оскільки сам автор позначав її як «nom. prov».

Угрупування асоціації розвиваються на невеликих площах і фізіономічно вирізняються домінуванням *Hottonia palustris* (30–40%), яка й робить основний вклад у загальне проективне покриття (60–70 %) на відміну від решти діагностичних і константних видів (табл. 3).

В угрупуваннях асоціації виявлено 14 видів (від 6 до 8 на опис), серед яких чисельно переважають представники діагностичного блоку *Potametea* (7 видів). У надводному ярусі представлена ціла низка плеїстофітів (*Lemna minor*, *Spirodela polyrrhiza*, *Salvinia natans*), які формують незімкнений рослинний покрив. Незначно виражений надводний ярус утворений 4 діагностичними видами класу *Phragmiti-Magno-Caricetea*.

Угрупування *Hottonietum palustris* розвиваються на мілководді мезоеутрофних та еутрофних водойм із ней-

тральною або слабкокислою реакцією середовища. Донні відклади найчастіше мулистоторф'яністі, рідше мулисті. Фітоценози асоціації на території НПП «Пирятинський» приурочені до русел приток Удаю та водойм еутрофних боліт.

Ареал асоціації європейсько-середземноморський. В Україні вона здебільшого поширена на Поліссі, спорадично в Лісостепу, а також знайдена в гирлових областях великих

річок Степу. На території НПП її угруповання трапляються зрідка.

Синтаксономічне положення асоціації *Veronico beccabungae–Callitrichetum stagnalis* (Oberdorfer 1957) Th. Müller 1962 досить проблематичне, оскільки на нашому матеріалі вона виявляється надзвичайно подібною до порядку *Potametalia*. Можливо, це зумовлено кращою представленістю ценозів останнього синтаксону на території національного

Таблиця. 3. Угрупування асоціації *Hottonietum palustris*

Номер опису	1	2	3	4	5	6	7	8
Товща води, см	30	40	50	45	30	40	35	40
Проточність	0	1	0	1	0	0	1	1
Кількість видів	6	8	8	7	6	6	6	6
Площа опису, м ²	40	35	50	50	40	40	40	25
Проективне покриття, %	60	60	70	60	70	70	60	70
D.s. ass. <i>Hottonietum palustris</i>								
<i>Hottonia palustris</i>	3	3	4	4	4	4	4	4
<i>Lemna trisulca</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Potamogeton compressus</i>	+	+	+	+		+	+	+
D.s. cl. <i>Potametea</i>								
<i>Potamogeton lucens</i> L.	.	+	.	1	+	.	.	1
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	.	.	1	.	.	+	.	.
<i>Nymphaea candida</i> J. Presl	+	.	.	.	+	.	.	.
<i>Potamogeton gramineus</i> L.	.	+	+	.	.	.	+	.
D.s. cl. <i>Lemnetea</i>								
<i>Lemna minor</i>	+	+	+	1	.	.	+	.
<i>Spirodela polyrrhiza</i>	.	+	.	1	.	+	.	.
<i>Salvinia natans</i> (L.) All.	.	.	.	.	+	.	.	+
D.s. cl. <i>Phragmito-Magno-Caricetea</i>								
<i>Carex acuta</i> L.	.	.	1	.	.	+	.	.
<i>Glyceria maxima</i> (C.Hartm.) Holmb.	.	+	.	.	.	.	+	.
<i>Myosotis scorpioides</i> L.	.	.	+	.	+	.	.	+
<i>Sparganium erectum</i> L.	1	.	.	+	.	.	.	.

Описи: 1 – с. Шкурати, урочище «Острів», озеро Плесо, 15.08. 2010 р.; 2 – с. Сасинівка, мілководдя р. Перевод, 21.08. 2011 р.; 3 – с. Калинів Міст, болото, 21.08. 2011 р.; 4 – с. Шкурати, урочище «Острів», озеро Плесо, 17.07. 2012 р.; 5–6 – с. Повстин, болото неподалік урочища «Городище», 22.08. 2012 р.; 7 – с. Білоцерківці, мілководдя р. Многа, 26.08. 2012 р.; 8 – с. Прихідьки, ставок біля заповідного урочища «Яри-Поруби», 01.09. 2012 р.

Таблиця 4. Угрупування асоціації *Veronico beccabungae–Callitrichetum stagnalis*

Номер опису	1	2	3	4	5	6	7	8
Товща води, см	30	25	40	30	25	30	40	35
Проточність	1	2	2	1	1	1	2	2
Кількість видів	5	6	6	6	4	7	5	6
Площа опису, м ²	25	15	10	25	35	30	10	25
Проективне покриття, %	60	70	60	60	65	60	70	60
D.s. ass. <i>Veronico beccabungae–Callitrichetum stagnalis</i>								
<i>Veronica beccabunga</i> L.	1	2	1	+	1	1	1	+
<i>Callitriche stagnalis</i>	4	4	4	4	4	4	4	4
D.s. cl. <i>Potametea</i>								
<i>Batrachium circinatum</i>	+	.	.	+	.	+	1	+
<i>Elodea canadensis</i> Michx.	.	1	1	1	.	+	.	.
<i>Potamogeton pectinatus</i> (L.) Böerner	+	.	.	+	.	.	+	+
D.s. cl. <i>Lemnetea</i>								
<i>Lemna minor</i>	.	+	.	+	.	+	.	.
<i>Spirodela polyrrhiza</i>	.	.	+	.	.	.	.	+
D.s. cl. <i>Phragmiti-Magno-Caricetea</i>								
<i>Glyceria maxima</i>	.	1	1	.	.	+	+	.
<i>Phragmites australis</i>	+	+	.	.	+	.	.	+
<i>Oenanthe aquatic</i> (L.) Poir.	.	.	+	.	.	+	.	.
<i>Agrostis stolonifera</i> L.	.	.	.	.	+	.	.	.

Описи: 1–3 – с. Харківці, рукав р. Удай, біля дерев'яного мосту, 21.07. 2011 р.; 4 – с. Дейманівка, урочище «Мале Селище», 24.08. 2012 р.; 5–7 – с. Каплинці, неподалік сільського пляжу, 27.08. 2012 р.; 8 – с. Гурбинці, узбережжя р. Удай, 29.08. 2012 р.

парку та просторово-функціональними контактами з ними угруповань *Veronico beccabungae–Callitrichetum stagnalis*, що вказує на необхідність структурно-порівняльного дослідження асоціації в межах усього її ареалу.

В угрупованнях асоціації *Veronica beccabunga* представлена особливою формою *Veronica beccabunga* f. *submerse* Glück.

Німецькі фітосоціологи в межах синтаксону описали 3 підасоціації: *Veronico–Callitrichetum typicum*, *Veronico–Callitrichetum potamogetontosum* та *Veronico–Callitrichetum stellarietosum*,

із яких на території НПП «Пирятинський» трапляється лише перша.

Загальне проективне покриття угруповань варіює в межах 60–70 %. *Callitriche stagnalis* виступає в ролі домінанта (35–45 %), тимчасом як *Veronica beccabunga* має нижчі показники проективного покриття в досліджених ценозах (табл. 4). Ценофлора асоціації налічує 11 видів, а в описах їхня кількість становить від 4 до 7. Майже половину флорорізноманіття *Veronico beccabungae–Callitrichetum stagnalis* складають діагностичні види класу *Potametea*. Надводний ярус угру-

повань слабо виражений і представлений лише *Lemna minor* та *Spirodela polyrrhiza*. У надводному ярусі найчастіше трапляються *Glyceria maxima* та *Phragmites australis*.

Угруповання приурочені до водойм із проточністю 1-2 бали, помірно еутрофікацією та нейтральною реакцією середовища. Донні відклади здебільшого мулисті або піщано-мулисті. На території НПП такі умови існують на мілководдях рукавів р. Удай.

Асоціація описана з південної частини Шварцвальду, що на території Німеччини (Schubert, 2011). Пізніше її угруповання були виявлені й детально описані в інших частинах цієї країни, а також у Франції (Bardat, 2011), Великобританії (Rodwell, 2002) та Польщі (Matuszkiewicz, 2020). Для України її вперше описав Д.В. Дубина (Дубуна, 2006), який виявив її для Полісся й Лісостепу, де вона трапляється спорадично, а також указав поодинокі місцезнаходження для степової зони. Власне, його авторству належить також перша знахідка фітоценозів синтаксону для території НПП: він наводив угруповання *Veronica beccabungae*–*Callitrichetum stagnalis* для затоки р. Удай поблизу с. Харківці. Угруповання асоціації на території НПП «Пирятинський» трапляються зрідка, і всі відомі нам місцезнаходження наведені в таблиці.

Угруповання *Callitricho-Batrachietalia* у межах національного парку трапляються на невеликих площах у оселищах, для яких характерна різка зміна екологічних умов упродовж сезону та характерні річні флуктуації параметрів обводнення біотопів. Фітоценози порядку низький рівень видового різноманіття та знаходяться під загрозою внаслідок сукцесійних процесів, змін клімату та антропогенного пресингу. В гру-

пованнях *Callitricho-Batrachietalia* вагому роль відіграють види з вузькою екологічною амплітудою до основних екологічних чинників. Саме тому, необхідна розробка спеціальних заходів щодо захисту цього типу рослинності.

Висновки і перспективи.

Порядок *Callitricho-Batrachietalia* на території НПП «Пирятинський» представлений 1 союзом та 4 асоціаціями. Угруповання цього синтаксону займають невеликі площі та мають обмежене поширення в регіоні. Більшість із них займають рідкісні та вразливі до змін екологічних умов оселища. Моніторинг за їхньою структурою, хорологією та динамікою є важливим завданням для підтримки та збереження видового та ценотичного різноманіття НПП «Пирятинський».

Referens

1. Prokopuk, M.S., & Pohorelova, Y.V. (2015). Vyscha vodna flora ta roslynnist Natsionalnoho pryrodnoho parku "Pyriatynskiy" (Poltavska oblast, Ukraina) [Higher aquatic flora and vegetation of National nature park "Pyriatynsky" (Poltava region, Ukraine)]. *Chornomors'k. bot. z.*, 11 (2). 261-270. <https://doi.org/10.14255/2308-9628/15.112/12>. (in Ukrainian).
2. Kovalenko, O. (2016). Flora, roslynnist ta fitosozolohichni aspekty NPP „Pyriatynskiy“ [Flora, vegetation and fitosozological aspects of National nature park «Pyriatynsky»]. Thesis for a candidate degree of biol. Sci., 03.00.05 – botany. Kyiv. 25. (in Ukrainian).
3. Didukh, Ya. P., & Shelyag-Sosonko, Yu. R. (2003). Geobotanichne rajonuvannya Ukrayiny ta sumizhnykh terytorij. [Geobotanical mapping of Ukraine and borderlands] *Ukr. botan. zhurn.* 60 (1), 6-17. (In Ukrainian).

4. Dubyna, D. V. (2006). Vyshha vodna roslyn-nist. [Higher aquatic vegetation] Kyiv: Fitosociocentr. 412. (In Ukrainian).
5. Mirkin, B. M. (2001). Sovremennaya nauka o rastyelnosti. [Modern science about vegetation]. M: Logos. 263. (In Russian).
6. Weber, H. E., Moravec, J., & Theurillat, J.-P. (2000). International code of phytocological nomenclature, 3 ed. Journal of Vegetation Science, 11, 739–760. <https://doi.org/10.2307/3236580>
7. Didukh, Ya. P. (2011). Ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoidentification. Kyiv: Phytosociocentre. 176.
8. Solomakha, V. A. (2008). Syntaksonomiya ro-slynnosti Ukrayiny. Tretye nablyzhennya [Syn-taxonomy of vegetation of Ukraine, 3 ed.] K.: Phytosociocentre. 296 p. (In Ukrainian).
9. Schubert, R. (2001). Prodrum der Pflanzengesellschaften Sachen-Anhalts. Dorfrand. 685 p.
10. Bardat, J. (2011). Prodrome des vegetations de France Ver. 01. 2. 14.12.2011. https://inpn.mnhn.fr/habitat/cd_typo/18
11. Rodwell, J. S. (2002). The Diversity of European Vegetation. An Overview of Phytosociological Alliances and their Relationships to EUNIS Habitats 2002. Report EC-LNV Nr. 2002/054. <https://eunis.eea.europa.eu/references/1442>
12. Wydanie 3 2020 Matuszkiewicz, W. (2020). Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski (Vol. 3). Warszawa: Wydawn. Nauk. PWN. 298 p.

O. A. Kovalenko, (2021). VEGETATION OF ORDER CALLITRICHOBATRACHIETALIA PASSARGE 1978 IN NATIONAL NATURE PARK “PYRYATYNSKYI”. BIOLOGICAL SYSTEMS: THEORY AND INNOVATION, 12(3): 5-14.
<https://doi.org/10.31548/biologiya2021.03.001>.

Abstract. National Nature Park “Pyryatynskyi” is a valuable reserve of flora and vegetation of the Left-Bank Dnipro. The extensive hydrological network of the Udai River and the wide representation within this nature reserve of floodplain reservoirs are the reason for the high diversity of plant communities of higher aquatic vegetation. In this article we classified the communities of order Callitricho-Batrachietalia in National nature park «Pyryatynskyi» and identify the features of their syntaxonomic and ecological differentiation. Fragmentary and non-complete information about this type of vegetation are existed in literature, however, without geobotanical relevés and detailed characteristics of the structure of phytocenoses, synecology and synchorology. All obtained results based on original field data. In total, 22 geobotanical relevés were performed during the period 2010–2017. The description of communities was carried out within their natural boundaries. Treatment of fitosociological data was performed with the JUICE software package. The nomenclature of syntaxons was consistent with the International Code of Phytosociological Nomenclature (ICFN). The order of Callitricho-Batrachietalia on the territory of NPP «Pyryatynskyi» is represented by alliance Batrachion aquatilis Gehu 1961 and 4 associations (Batrachietum aquatilis Gehu 1961, Potameto perfoliati–Batrachietum circinati Sauer 1937, Hottonietum palustris Sauer 1947, Veronico beccabungae–Callitrichetum stagnalis (Oberdorfer 1957) Th. Müller 1962). This is first prodrome of order Callitricho-Batrachietalia for territory of National Nature Park “Pyryatynskyi”. The communities of this syntaxon occupy small areas and have a limited distribution in the region. Most of them are rare and vulnerable to changes in environmental conditions. Monitoring of their structure, chorology and dynamics is an important task to maintain and preserve the species and coenotic diversity of NPP «Pyryatynskyi».

Keywords: aquatic vegetation, Potametea, syntaxonomy, NPP «Pyryatynskyi», phytocenoses

PHYSIOLOGICAL-BIOTECHNOLOGICAL ASPECTS OF DROUGHT RESISTANCE OF NARROW-LEAVED LAVENDER (*LAVANDULA ANGUSTIFOLIA* MILL.)

KLYACHENKO O., doctor of agricultural sciences, professor,
professor of the Department of Ecobiotechnology and Biodiversity National
University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-4087-4082>

SHLIAKHTUN I., student,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-4338-8474>

Abstract. Varieties of narrow-leaved lavender, which have high potential productivity, are zoned on the territory of Ukraine, but due to the variability of the temperature regime and the amount of annual precipitation, it is not fully realized. This causes selectioners to create and introduce into production varieties with high environmental plasticity and resistance to stressors. Today in Ukraine large areas of arable land, especially the steppe zone suffer from insufficient moisture, which leads to 30-50% crop failure, especially in dry years. Therefore, it is especially important to study the physiological and biotechnological aspects of drought resistance of lavender for selection work aimed at creating new, productive varieties adapted to conditions of insufficient humidity. We used modified Murashige and Skoog nutrient media supplemented with different concentrations of cytokinins and osmotically active substances. The content of polyethylene glycol 12000 at a concentration of 7.5% creates sufficiently stressful conditions to obtain drought-resistant lavender lines. At the same time, there is a slowing down of the root formation process, which significantly affects the time required to obtain and adapt stable lines of lavender. Rhizogenesis is much slower, and the root system is less developed, compared with the root system of plants grown on a medium without polyethylene glycol. Alternatively, a nutrient medium with a 5% concentration of PEG can be used. Thus, the percentage of drought-resistant adapted planting material will be higher, although the degree of adaptation to arid conditions will be lower. It is established that the drought factor affects not only the growth of vegetative mass of plants, but also delays their morphogenetic processes.

Thus, at high concentrations of osmotic agents in the nutrient medium rhizogenesis occurred only in some samples and with a significant delay.

Keywords: narrow-leaved lavender, *in vitro* culture, morphogenesis, drought resistance

Introduction.

Lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) Is an evergreen essential oil crop that is widely used as a raw material in the pharmacological (López et al., 2017), cosmetic and perfumery (Kunicka-Styczyńska et al., 2009) and food industries (Erland et al., 2016), is grown for decorative and recreational purposes (Prusinowska et al., 2014, Min et al., 2016). Industrial cultivation of narrow-leaved lavender and production of lavender oil, widespread in southern Ukraine (Giray et al., 2018, Manushkina et al., 2019), but lavender is not very popular as an agricultural crop and one of the reasons is the lack of affordable and planting material of high quality and varieties adapted to the conditions of Ukraine. A possible way to solve this problem is to develop more intensive breeding methods, in particular, clonal micropropagation *in vitro* (Mitrofanova et al., 2017, Rudnik-Ivashchenko et al., 2019).

Varieties with high potential productivity are zoned on the territory of Ukraine, but due to the variability of the temperature regime and the amount of annual precipitation, it is not fully realized. This causes selectioners to create and introduce into production varieties with high environmental plasticity and resistance to stressors.

Today, large areas of arable land, especially the steppe zone suffer from insufficient moisture, which leads to 30-50% crop failure, especially in dry years. Therefore, it is necessary to optimize the methods of cell selection and

microclonal propagation of lavender for selection work aimed at creating new, productive varieties adapted to conditions of insufficient humidity.

The purpose of the work – is to conduct a comparative study of the main physiological and biotechnological parameters of drought-resistant lines of lavender.

Materials and methods of research.

The research was conducted in the Laboratory of Plant Biotechnology of the Department of Ecobiotechnology and Biodiversity of NULES of Ukraine in 2020-2021. Explants 5-7 mm in size isolated from young annual shoots of plants were introduced into the *in vitro* culture.

For morphogenesis and rhizogenesis of narrow-leaved lavender, modified nutrient media Murashige and Skoog (MS) (Murashige et al., 1962) with different concentrations of kinetin MC1 (MS + 0.25 mg / l kinetin) and MSII (MS + 0.5 mg / l kinetin) were used.) Due to the fact that initiation of meristem development and subsequent morphogenesis of lavender is a cytokinin-dependent process (Bona et al., 2012).

To create the *in vitro* stress effect of drought (Szekely-Varga et al., 2020, Lamacque et al., 2019, Marulanda et al., 2019) we used nutrient media supplemented with high molecular weight polyethylene glycol (PEG – 12000) in concentrations of 5% and 7.5%, which is able to mimic water stress without penetrating into cells and act as an osmotic agent (Burnett et al., 2006).

Plants-regenerants were cultivated at a temperature of + 25-26°C, light - 5 thousand lux, 16-hour photoperiod and humidity of 70%.

Statistical processing of the obtained experimental data was carried out using the software package "Analysis of Microsoft Excel spreadsheets", Statistica 6.0

Research results and their discussion.

An important area of application of the method of tissue culture is reproduction in order to obtain genetically identical, valuable genotypes for use in breeding practice. The results of the studies showed that among the two variants of media for morphogenesis (table 1), the best was observed on morphogenic medium MCII, which contained twice the concentration of kinetin. At the same time, the explants differed in more intensive shoot formation compared to the explants planted on the nutrient medium MCI. The coefficient of reproduction was calculated in relation to the number of explants used in the experiment and the average number of shoots per explant. Rhizogenesis of shoots was observed on the 25th day of cultivation among explants planted on morphogenic nutrient medium of variant MCII, whereas on the medium of variant MCI there was only an increase in shoot size.

In the process of culturing narrow-leaved lavender regenerants on a

medium with PEG 12000, which mimics the effect of drought, measurements of various growth parameters of plants-regenerants were performed to study the changes that occurred in the plant body during the entire cultivation period. These parameters include: the height of the regenerants, the number of shoots per regenerant, the number of internodes on the shoot and the area of the leaf blade, as well as observations of the process of rhizogenesis. Based on the collected and analyzed data, the dynamics of growth and development of lavender under the influence of water stress is shown. The regenerants showed excellent results depending on the concentration of PEG 12000 and the variant of the nutrient medium. 6 separate measurements of growth parameters were performed, which were performed every 10 days of cultivation. The first measurement - on the day of introduction of explants into the culture *in vitro*, the last - on the 50th day.

Regenerants that were cultured at a 7.5% concentration of PEG 12000 had a significantly smaller increase in vegetative mass compared to the control variant and even with plants grown on nutrient medium with a concentration of PEG 12000 in 5.0%. The average increase in vegetative mass in regenerants grown on a medium with twice the concentration of kinetin (medium II) exceeds the increase in regenerants on the first medium (Fig. 1, Fig. 2).

Table 1. The sequence of individual stages of morphogenesis of lavender in the culture of isolated meristems

Media	Cultivation time, days			
	Implantation and initial stages of meristem development	The beginning of the main development of the shoot	Induction of numerous shoot formation	Beginning of the development of the root system
MCI	10-11	18-19	25-26	35-36
MCII	10-11	17-18	24-25	35-36

Intensive shoot formation began on day 20-30 of cultivation, regardless of the factors that affected lavender plants. But the activity of shoot formation differed, correlating with the general trend described above.

As can be seen from the presented data, there is a pattern between the number of internodes and the height of plants-regenerants. The higher the plant, the more internodes it will have,

but it is also important to consider their length. Thus, control plants, having a significant advantage in the height of regenerants, do not have an equally significant advantage in the number of internodes. This can be explained by the fact that the resources and energy that the plant spends on the elongation of the internodes are spent on counteracting osmotic stress, so the internodes of these plants are on average shorter.

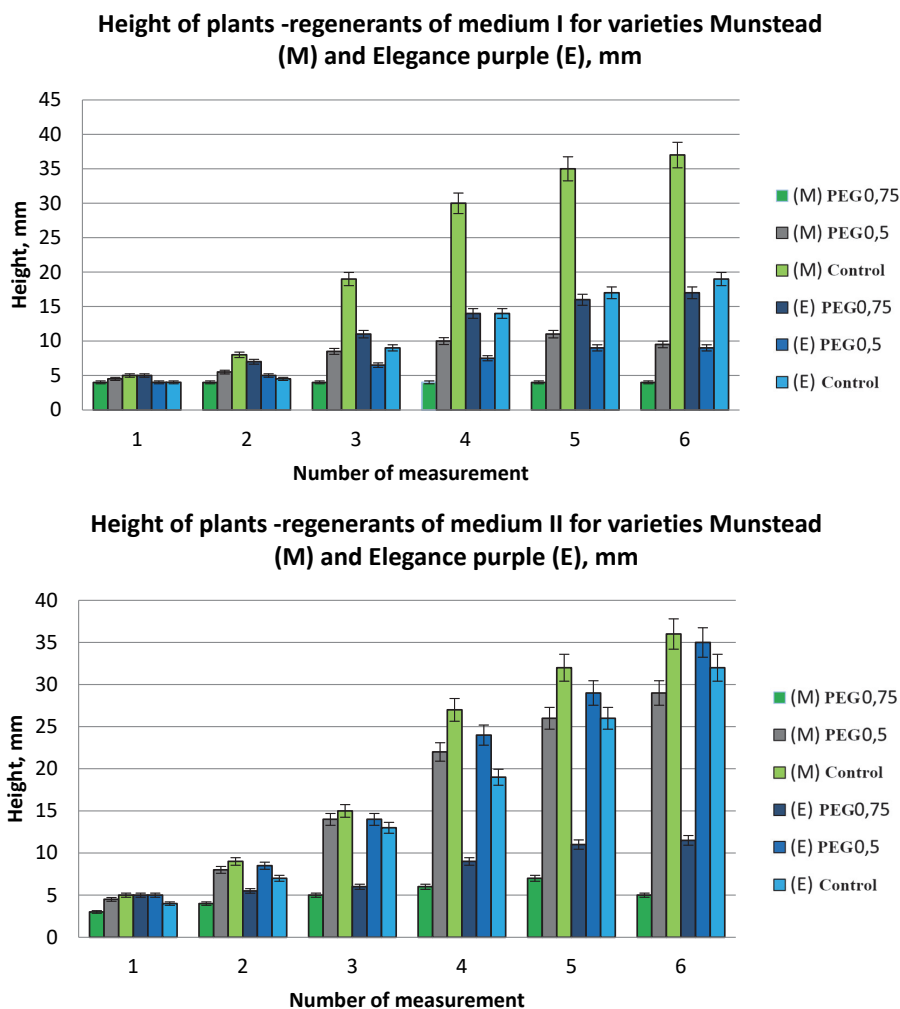


Fig. 1. Graphs showing dependence of height of plants-regenerants, depending on growing conditions

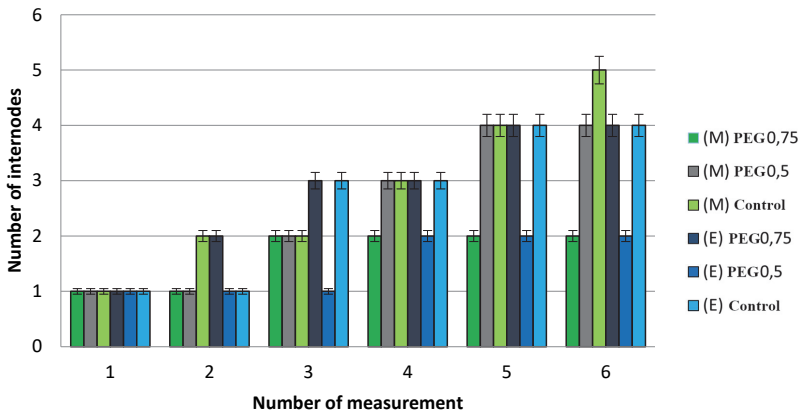
In the study of the leaf surface area of plants-regenerants of lavender narrow-leaved, it was found that the dynamics of change in leaf surface area, although correlated with the general growth trend described above, but the difference between plants-regenerants grown on different nutrient media is not as significant as for other indicators described above.

This can be explained by the fact that increasing the area of the leaf

blade in the body is given priority, as it is an organ that has a strong influence on the intensity of photosynthesis, and hence on the viability of the whole plant.

When we studied the effectiveness of the effects of different concentrations of PEG 12000 on the growth and development of culture, the influence of the composition of the nutrient medium, the available growth regulators, it was found that 7.5% concentration of PEG

Number of internodes in regenerants on medium I for varieties Munstead (M) and Elegance purple (E), mm



Number of internodes in regenerants on medium II for varieties Munstead (M) and Elegance purple (E), mm

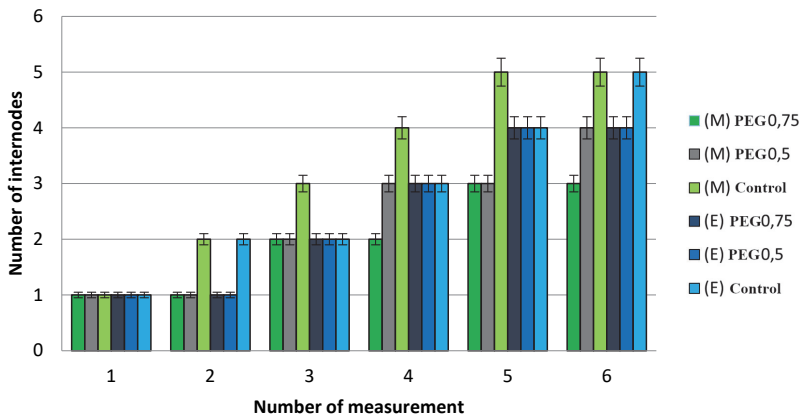


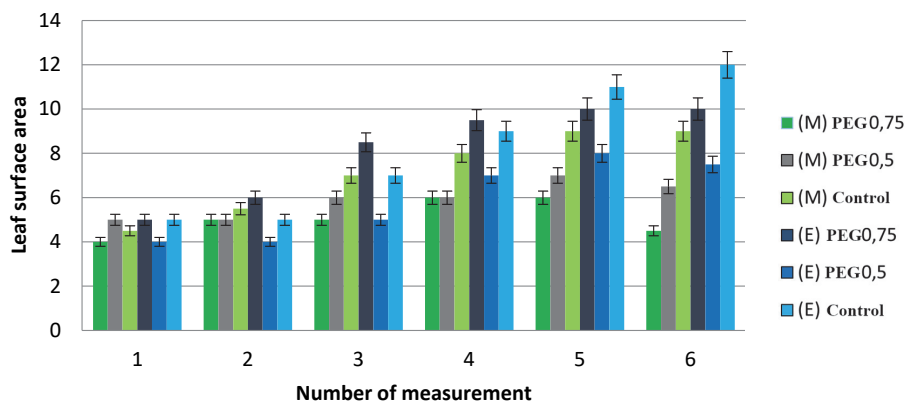
Fig. 2. Graphs of dependence of the number of internodes in regenerants, depending on growing conditions

12000 can be a selective agent, because there are significant differences between the studied samples of narrow-leaved lavender based on reduction of growth of vegetative mass of regenerants, which depending on the concentration of growth hormones available to the plant decreased by 50% or more.

Obtained drought-resistant lines were subsequently used for plant regeneration.

Rhizogenesis *in vitro* is a complex process involving biochemical, histological and physiological changes (Bulavin et al., 2020). Rooting *in vitro* can occur both on the vegetative organs of the plant and on their individual parts. The ratio of auxins and cytokinins is important for rhizogenesis. Shoots or buds are formed at higher concentrations of cytokinins compared to auxins, so one way to induce rhizogenesis involves culturing regenerants on a medium

Leaf surface area of regenerants on medium I for varieties Munstead (M) and Elegance purple (E), mm



Leaf surface area of regenerants on medium II for varieties Munstead (M) and Elegance purple (E), mm

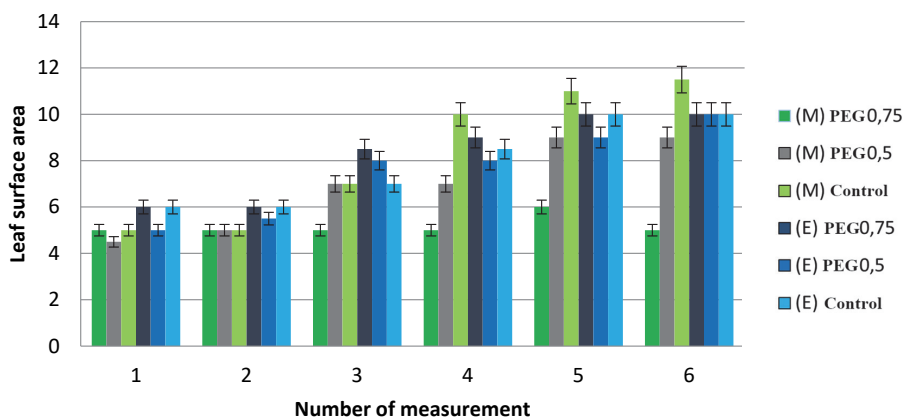
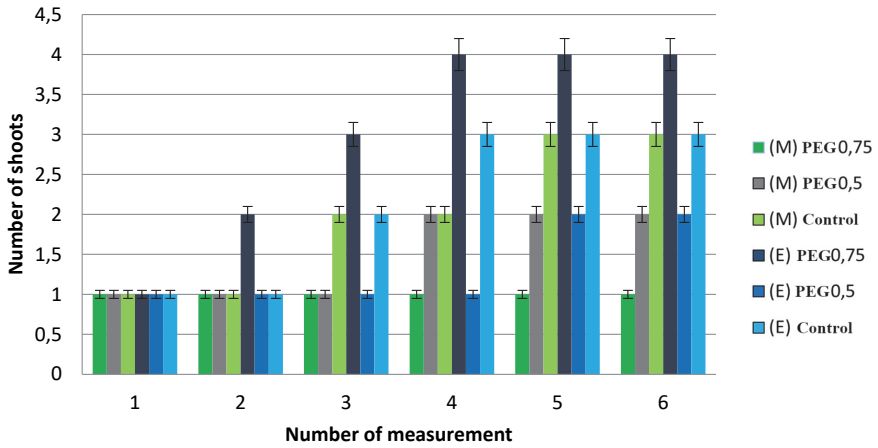


Fig. 3. Graph of the dependence of the leaf surface area depending on growing conditions

**Number of regenerant shoots on medium I for varieties
Munstead (M) and Elegance purple (E), mm**



**Number of regenerant shoots on medium I for varieties
Munstead (M) and Elegance purple (E), mm**

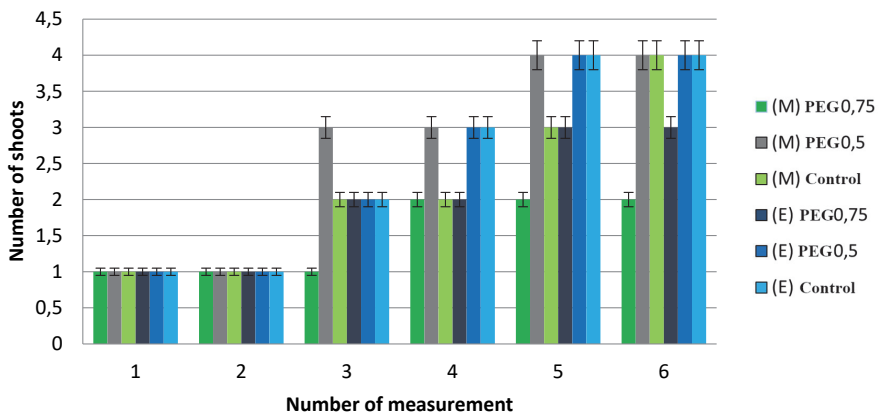


Fig. 4. Graph of the dependence of the number of regenerant shoots depending on growing conditions

**Table 2. Day of the beginning of root system formation of lavender
(*Lavandula angustifolia* Mill.) regenerants**

Variety	Kinetin content, mg / l	Control	The content of PEG 12000	
			5%	7,5%
Munstead	0,25	34,6 days	46,5 days	51,2 days
	0,5	38,5 days	49,7 days	53,1 days
Elegance Purple	0,25	35,1 days	47,0 days	50,9 days
	0,5	38,7 days	50,4 days	52,6 days

with a higher concentration of auxins than cytokinins (Bulavin et al., 2020). The results of our studies show that osmotically active substances such as PEG 12000 adversely affect the rooting process. The process of rhizogenesis in control samples, which were cultured on medium without osmotically active substances took place for 21 days, while on media with PEG, the root system began to develop with a significant delay (Table 2).

It should be noted that higher concentrations of kinetin in the nutrient medium adversely affect the rooting process.

Conclusions.

A comparative study of the main physiological and biotechnological parameters of drought-resistant lines of narrow-leaved lavender, namely the height of plants-regenerants, leaf surface area, the number of internodes and shoot formation. It was found that the best medium for cultivation and rhizogenesis of plants-regenerants is the environment of MS d by adding kinetin at a concentration of 0.25 mg / l.

References

1. López, V., Nielsen, B., Solas, M., Ramírez, M. J., & Jäger, A. K. (2017). Exploring pharmacological mechanisms of lavender (*Lavandula angustifolia*) essential oil on central nervous system targets. *Frontiers in pharmacology*, 8, 280. <https://doi.org/10.3389/fphar.2017.00280>.
2. Kunicka-Styczyńska, A., Sikora, M., & Kalebba, D. (2009). Antimicrobial activity of lavender, tea tree and lemon oils in cosmetic preservative systems. *Journal of applied microbiology*, 107(6), 1903-1911. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04372.x>
3. Erland, L. A., & Mahmoud, S. S. (2016). Lavender (*Lavandula angustifolia*) oils. Essential oils in food preservation, flavor and safety, 501-508. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00057-2>.
4. Prusinowska, Renata & Śmigielski, Krzysztof. (2014). Composition, biological properties and therapeutic effects of lavender (*Lavandula angustifolia* L.). A review. *Herba Polonica*. 60. 10.2478/hepo-2014-0010. <https://doi.org/10.2478/hepo-2014-0010>
5. Min, Young & Su, Young. (2016). Plants responses to drought and shade environments. *African Journal of Biotechnology*. 15. 29-31. 10.5897/AJB2015.15017. <https://doi.org/10.5897/AJB2015.15017>.
6. Giray, F. (2018) "An Analysis of World Lavender Oil Markets and Lessons for Turkey." *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 21: 1612 - 1623. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2019.1574612>
7. Т. М. Манушкіна (2019) Ріст, розвиток та формування продуктивності лаванди вузьколистої в умовах Південного Степу України // Наукові горизонти. - № 7. - С. 48–54. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-80-7-48-54>
8. Рудник-Іващенко О. І. (2019) Методи створення нових сортів лаванди вузьколистої (*Lavandula Angustifolia* Mill.) / О. І. Рудник-Іващенко, Р. І. Кременчук Садівництво. - Вип. 74. - С. 65-72. <https://doi.org/10.35205/0558-1125-2019-74-65-72>.
9. Mitrofanova, Irina & Chirkov, Sergei & N., Lesnikova-Sedoshenko & Chelombit, S. & Zakubanskiy, Alexander & Rabotyagov, V. & Mitrofanova, Olga. (2017). Micropropagation of *Lavandula angustifolia* Mill. 'Record' and 'Belyanka'. *Acta Horticulturae*. 37-42. 10.17660/ActaHortic.2017.1187.4. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1187.4>.
10. Murashige, T; Skoog, F (1962) «A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures» *Physiologia Plantarum.*, 15 (3): 473–497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>.
11. Bona, C.M. & Santos, G.D. & Biasi, Luiz. (2012). Calogênese, curva de crescimento de calos e formação de suspensões celulares de *Lavandula*. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sci-*

- ences. 7. 17-23. 10.5039/agraria.v7i1a1121. <https://doi.org/10.1101/848879>.
12. Szekely-Varga Z, González-Orenga S, Cantor M, Jucan D, Boscaiu M, Vicente O. (2020) Effects of Drought and Salinity on Two Commercial Varieties of *Lavandula angustifolia* Mill. *Plants* (Basel). May 16;9(5):637. <https://doi.org/10.3390/plants9050637>.
 13. Lamacque, L., Charrier, G., dos Santos Farnese, F., Lemaire, B., Améglio, T., & Herbette, S. (2019). Drought-induced mortality: stem diameter variation reveals a point of no return in lavender species. *bioRxiv*, 848879. <https://doi.org/10.1101/848879>.
 14. Marulanda, A., Porcel, R., Barea, J.M. et al. (2007) Drought Tolerance and Antioxidant Activities in Lavender Plants Colonized by Native Drought-tolerant or Drought-sensitive *Glomus* Species. *Microb Ecol* 54, 543. <https://doi.org/10.1007/s00248-007-9237-y>
 15. Burnett, Stephanie & Van Iersel, Marc & Thomas, Paul. (2006). Medium-incorporated PEG8000 Reduces Elongation, Growth, and Whole-canopy Carbon Dioxide Exchange of Marigold. *HortScience: a publication of the American Society for Horticultural Science*. 41. 124-130. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.41.1.124>
 16. Bulavin I, Brailko V, Zhdanova I (2020) In Vitro Rhizogenesis of The *Lavandula angustifolia* Cultivars BIO Web Conf. 24 00017 <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202400017>

Кляченко О. Л., Шляхтун І. С., (2021). ФІЗІОЛОГО-БІОТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПОСУХОСТІЙКОСТІ ЛАВАНДИ ВУЗЬКОЛИСТОЇ (*LAVANDULA ANGUSTIFOLIA* MILL.). *BIOLOGICAL SYSTEMS: THEORY AND INNOVATION*, 12(3): 15-23. <https://doi.org/10.31548/biologiya2021.03.002>.

Анотація. На території України районовано сорти лаванди вузьколистий, які мають високу потенційну продуктивність, але через мінливість температурного режиму і кількість річних опадів він реалізується не повністю. Це зумовлює селекціонерів створювати і впроваджувати у виробництво сорти з високою екологічною пластичністю та стійкістю до стресових факторів. На сьогодні на території України великі площі орних земель, особливо зони степу страждають від недостатнього зволоження, що призводить до 30-50% недобору врожаю, особливо в посушливі роки. Тому особливо важливим є вивчення фізіологічно-біотехнологічних аспектів посухостійкості лаванди для селекційної роботи націленої на створення нових, продуктивних сортів пристосованих до умов недостатньої вологості. Нами використано модифіковані живильні середовища Мурашіге-Скуга доповнені різними концентраціями цитокінінів та осмотично активних речовин. Вміст поліетиленгліколю 12000 у концентрації 7,5% створює достатньо стресові умови для отримання посухостійких ліній лаванди. При цьому спостерігається уповільнення процесу корененутворення, що значно впливає на час необхідний для отримання та адаптації стійких ліній лаванди вузьколистий. Ризогенез відбувається значно повільніше, а коренева система слабше розвинута, порівняно з кореневою системою рослин вирощених на середовищі без вмісту поліетиленгліколю. Альтернативно можна використовувати живильне середовище з 5% концентрацією ПЕГ. Таким чином відсоток посухостійкого адаптованого посадкового матеріалу буде вищим, хоча ступінь пристосованості до засушливих умов і буде нижчою. Встановлено, що фактор посухи впливає не лише на приріст вегетативної маси рослин, а й затримує їх морфогенетичні процеси. Так, при високих концентраціях осмотичних агентів в живильному середовищі ризогенез відбувався лише в частини зразків і зі значною затримкою.

Ключові слова: лаванда вузьколиста, культура *in vitro*, морфогенез, посухостійкість.

ОПТИМІЗАЦІЯ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ЕТАПІВ КЛОНАЛЬНОГО МІКРОРОЗМНОЖЕННЯ *ASPARAGUS OFFICINALIS L.*

Ю. В. КОЛОМІЄЦЬ, доктор сільськогосподарських наук, професор
А. О. СКУБА, студентка

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: mathscuba@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-1919-6336>

<https://orcid.org/0000-0001-7033-3984>

Анотація. Встановлено оптимальні умови стерилізації рослинного матеріалу з метою одержання асептичної культури *Asparagus officinalis L.* Підібрано найефективніші концентрації регуляторів росту, зокрема кінетину, індоліл-3-оцтової, індоліл-3-масляної, нафтилоцтової кислот, 6 бензиламінопурина, мінеральних компонентів живильного середовища для етапів морфогенезу, використання яких уможливорює значне підвищення ефективності процесу клонального розмноження. Для отримання генетично однорідного посадкового матеріалу показано доцільність використання кінетину (1 мг/л) з коефіцієнтом розмноження експлантів 6,0. Пришвидшено етап ризогенезу мікропагонів спаржі лікарської *in vitro*, що забезпечує укорінювання на рівні 63%. Вивчення впливу регуляторів росту сприятиме розвитку технологій культивування ізольованих клітин і тканин спаржі лікарської з метою швидкого розмноження та отримання здорового, високоякісного посадкового матеріалу.

Ключові слова: *Asparagus officinalis L.*, експлантат, стерилізація, морфогенез *in vitro*, регулятори росту

Вступ.

На даному етапі український ринок відчуває недостачу у сировині спаржі лікарської. Ця багаторічна овочева культура має харчову, кулінарну, естетичну та фармацевтичну цінність (Thapa et al., 2020). Завдяки наявності в складі спаржі відносно високих кількостей клітковини, антоціанів, флавоноїдів, сапонінів, інших низькомолекулярних органічних сполук її вживання комплексно покращує здоров'я людини (Guo et al., 2020).

Доведено перехід пухлинних клітин до апоптозу *in vitro* та *in vivo* за впливу стероїдного сапоніну рослини аспараніну А (Zhang et al., 2020). Світовими лідерами з вирощування спаржі є Китай, Перу, Мексика, Німеччина (Richter et al., 2019).

Розширення промислових площ цієї культури обмежується кількома чинниками. По-перше, високими економічними ризиками. По-друге, відсутністю вітчизняного посадкового матеріалу.

По-третє, недоцільністю підтримання плантацій уже за 10-12 років вирощування внаслідок зменшення врожайності і ураження фітопатогенними грибами, переважно *Fusarium spp.*, хоча тривалість життя рослини може сягати 20 років. По-четверте, трудомісткістю розділення особин різної статі, необхідної в зв'язку з вищою продуктивністю чоловічих рослин (Pegiou et al., 2019).

Літературні дані щодо біотехнології спаржі лікарської суперечливі і не вирішують вищевказаних викликів. Недостатньо даних про культуру насіння спаржі, зокрема ефективні умови стерилізації та проростання, хоча саме насіння є оптимальним вихідним матеріалом, адже зародок дозволяє сформувати повноцінну рослину. Перешкодами до широкого впровадження мікроклонального розмноження спаржі залишаються складність укорінення, значна соматональна мінливість, висока ціна методу (Cardoso et al., 2018; Regalado et al., 2015). Для вирішення цих проблем потрібна оптимізація біотехнологічного процесу, яка передбачає підвищення ефективності отримання асептичного життєздатного матеріалу, підбір складу живильного середовища для культивування *in vitro* спаржі лікарської та забезпечення умов укорінення рослин, що дозволить за короткий строк отримати значну кількість якісного, генетично однорідного посадкового матеріалу для створення промислових насаджень (Azad & Amin, 2017; Carmona-Martín et al., 2014; Paudel et al., 2018; Štajner, 2012). Саме тому актуальними є комплексні біотехнологічні та фізіологічні дослідження морфогенезу цінних рослин виду *Asparagus officinalis* L.

Мета роботи – оптимізувати біотехнологічні етапи клонального мікророзмноження для прискореного розмноження *Asparagus officinalis* L.

Матеріали та методи.

Матеріалом дослідження слугувало насіння спаржі лікарської сорту «Білосніжка» виробництва «Флора Маркет™». З метою оптимізації умов одержання асептичних культур спаржі лікарської застосовували поверхневу обробку рослинного матеріалу гіпохлоритом натрію (NaClO) у формі водного розчину комерційного засобу «Білізна» з вмістом діючої речовини 3%. Асептичні умови створювали згідно із загальноприйнятими методиками (Мельничук et al., 2011).

На етапі введення в культуру *in vitro* як базове використовували живильне середовище Мурасіге-Скута (МС) (Murashige & Skoog, 1962) з двічі зменшеним вмістом мінеральних солей та вітамінів, в одному з варіантів використовували регулятори росту (табл. 1). Рослинний матеріал культивували у темновій кімнаті за температури $+26 \pm 2$ °C і відносної вологості повітря 60–70 %. Двічі на тиждень визначали ступінь розвитку проростків за умовною 5-тибальною шкалою, де 0 – відсутність проростання, 1 – початок проростання, 2 – пагони довжиною до 0,5 см, 3 – пагони до 1 см, 4 – пагони до 2 см, 5 – пагони понад 2 см.

Для вивчення впливу регуляторів росту на розмноження рослин спаржі лікарської в культурі *in vitro* застосовували чотири модифікації живильного середовища МС, до якого додавали кінетин, індоліл-3-ілоцтову, індоліл-3-масляну, нафтилоцтову кислоти, 6бензиламінопурин у концентраціях від 0,1 до 1 мг/л. Тривалість культивування мікропагонів становила три тижні. Рослинний матеріал культивували у світловій кімнаті при 16-годинному фотоперіоді. Ефективність живильних середовищ встановлювали за коефіціє-

ентом мікророзмноження, кількістю придатних до субкультивування пагонів та їх відсотковою часткою від усіх пагонів, кількістю отриманих в подальшому експлантатів, довжиною пагонів та метамерів, кількістю метамерів. Інтенсивність калусогенезу визначали візуально за 5-тибальною шкалою: 1 – відсутність калусу, 2 – слабе калусоутворення, 3 – середнє, 4 – сильне, 5 – інтенсивне. *Вимірювання показників та розрахунків кількісних даних здійснювали через 40 діб культивування.*

Процес ризогенезу мікропагонів досліджували на живильному середовищі МС з додаванням індоліл-3-масляної кислоти (ІМК), α -нафтилоцтової кислоти (НОК), 6-бензиламінопурина (6-БАП) у різних концентраціях (табл. 1). У процесі культивування визначали кількість бічних коренів, довжину основного кореня та відсоток укорієних експлантатів. Облік біометричних показників проводили кожні два тижні впродовж двох місяців.

Статистичну обробку здійснювали за допомогою одностороннього ANOVA, що базується на рангах та

χ^2 тесту Пірсона. Рівень значущості результатів встановлено $p < 0,05$. У випадку наявності істотної різниці виконували апостеріорний тест Данна. Як програмне середовище використовували Microsoft 365 Excel та бібліотеки SciPy, Pandas, scikit-posthocs мови програмування Python.

Результати та обговорення.

Попри велику кількість досліджень умов мікророзмноження спаржі лікарської, літературні дані досі є неоднозначними, можливо, через використання різних сортів. Крім того, метод досі залишається тривалим і дорогим, що обмежує його ширше застосування. Тому є необхідним оптимізація біотехнологічної схеми для українських сортів спаржі лікарської на всіх етапах мікротоклонального розмноження *in vitro*.

Метою стерилізації вихідних експлантатів є, з одного боку, повне знищення сторонньої мікрофлори, з іншого, збереження повною мірою цілісності тканин зародка. Toma and Rashed, 2012 пропонують обробку насіння 0,1% гід-

Таблиця 1. Склад живильних середовищ для проліферації спаржі лікарської

Назва середовища	Базовий склад	Ростові речовини
«Seed1»	½ МС + агар 8 г/л + сахароза 30 г/л	-
«Seed2»		+ 6-БАП 2 мг/л + тіамін (В1) 0,4 мг/л + інозитол 100 мг/л
«Shoot1»	МС + агар 8 г/л + сахароза 30 г/л	+НОК 0,2 мг/л + 6-БАП 1 мг/л
«Shoot2»		+ ІМК 1 мг/л + 6-БАП 1 мг/л
«Shoot3»		+ НОК 0,1 мг/л + 6-БАП 0,5 мг/л
«Shoot4»		+ кінетин 1 мг/л
«Root1»	МС + агар 8 г/л + сахароза 30 г/л	+ НОК 1,5 мг/л + 6-БАП 0,5 мг/л
«Root2»		+ ІМК 0,5 мг/л
«Root3»		+ НОК 0,3 мг/л

паргіум(I) хлоридом (Hg_2Cl_2) протягом 15 хв. Як відомо, сполуки важких металів є надзвичайно токсичними для людини і їх використання пов'язано з високим ризиком. Також раніше запропоновано поверхневу обробку в серії концентрацій NaClO від 70 до 10 % сумарною тривалістю 30 хв (Rasad et al., 2019). Наявні дані про високу ефективність обробки 0,1% розчином Діациду (цетилпіридинію хлорид 0,6 г/л, метилртуті хлорид 0,3 г/л) протягом 10 хв, за якої частка пророслих насінин становила 88,5% (Sargsyan et al., 2015).

Найефективнішим стерилізуючим агентом для тканин зародку насінини спаржі лікарської виявився NaClO 0,75% за експозиції 30 хв. Кількість стерильних проростків спаржі за умов даного способу стерилізації була 100 %. Максимальний відсоток життєздатних рослин становив 83 %. У разі зменшення часу експозиції 20 хв різко зменшувалася кількість стерильних проростків до 19 %, і, як наслідок, частка життєздатних насінин 50 %, які не проростали в умовах інтенсивного ураження грибами. За використання 1% NaClO протягом 20 хв

одержано 63,4 % стерильних проростків, з яких 58,2 % були життєздатними, що пов'язано з токсичною дією натрій гіпохлориту на рослини. Визначений нами як найбільш оптимальний спосіб обробки однією концентрацією 0,75 % NaClO протягом 30 хв є найбільш простим та економічним і водночас забезпечує повне знезараження при мінімальному рівні пошкодження рослин.

Перші ознаки росту спаржі лікарської на двох варіантах живильного середовища виявлено на 10 добу культивування (табл. 1). Статистично достовірну різницю в розвитку експлантів на різних живильних середовищах встановлено лише на 41 добу культивування (рис. 1) В кінці періоду проростання насіння через 50 діб оцінку 5 балів отримали 78 % експлантів на середовищі з додаванням 6-БАП і 58 % – на середовищі без регуляторів росту. Таким чином, не вдалося встановити істотного ефекту БАП в концентрації 2 мг/л на швидкість росту проростка.

Rasad et al. 2019 використовували для індукції розвитку насіння спаржі живильне середовище МС без регуляторів

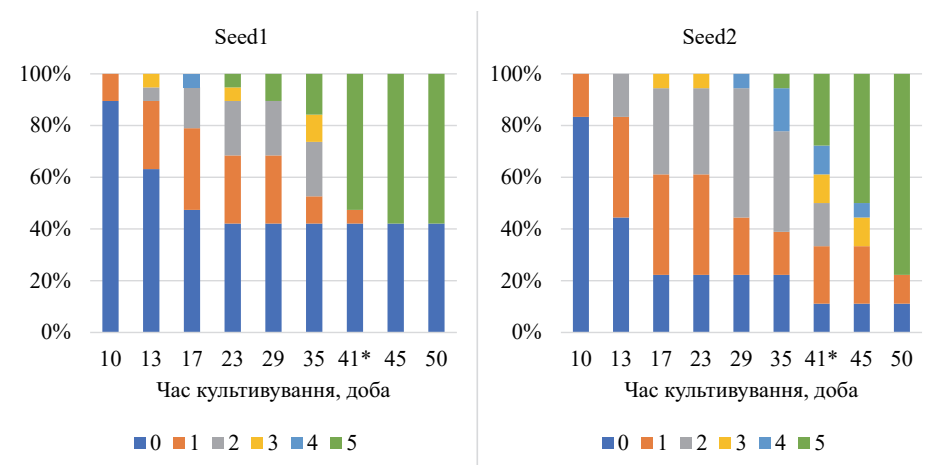


Рис. 1. Розвиток проростків спаржі лікарської залежно від складу живильного середовища, * $p < 0,05$

росту, насіння проростало на 14 добу культивування. Для *A. densiflorus* L. запропоновано ефективне середовище МС з додаванням 6-БАП, інозитолу і тіаміну (Toma & Rashed, 2012). Це пояснюється, вірогідно, інгібуючим впливом цитокінінів на транскрипцію під гена *ABI5*, що забезпечує спокій насіння, опосередкований абсцизовою кислотою (Shu et al., 2016). З іншого боку, в роботі Araújo et al., 2019 встановлено двоякий вплив цитокінінів на проростання люцерни усиченої *Medicago truncatula* і як активаторів росту, і як стресових агентів.

У мікроклональному розмноженні рослин найбільш широко серед багатьох класів фітогормонів використовуються ауксини та цитокініни, які можуть діяти як антагоністично, так і синергетично для контролю розвитку меристем (Azizi et al., 2015). Саме підбір збалансованої комбінації регуляторів росту визначає ефективність мікроклонального розмноження і потребує найбільших затрат на емпіричний підбір (Ramawat, 2021).

Експлантати довжиною 1,5-2,5 см пасирували на середовища для морфогенезу (табл. 1). Встановлено статистично достовірну різницю між рослинами, культивованими на різних живильних середовищах за кількістю отриманих експлантатів (рис. 3а, табл.

2). Найгірше рослини розвивались за використання комбінації регуляторів росту «Shoot1» ($2,7 \pm 0,5$ шт.), а найкращі результати отримано на середовищі «Shoot4» ($4,9 \pm 0,6$ шт.). Значення решти показників були близькими у пагонів, що розвивались на живильних різних середовищах (табл. 2, рис. 3 б-в).

Дані наукової літератури щодо оптимального складу живильного середовища для морфогенезу спаржі лікарської різняться. Наприклад, запропоновано протокол з використанням у живильному середовищі НОК 0,2 мг/л, 6-БАП 0,1 мг/л, кінетину 0,2 мг/л та анцимідолу 0,1 мг/л (Štajner, 2012) Sargsyan et al, 2015 при дослідженні сорту спаржі Мері Вашингтон визначили оптимальними концентрації регуляторів росту 6-БАП 1 мг/л, 2,4-Д 0,5 мг/л і НОК 0,5 мг/л, при цьому формувалось 10-15 пагонів на експлантат, а також кінетин 1 мг/л, за використання якого отримували 14 пагонів з експлантату. Досліджуваний нами сорт також показав найвищу ефективність розвитку пагонів за наявності кінетину в середовищі у порівнянні з іншими регуляторами росту.

Відмічено проліферацію пагонів 97,2 % спаржі лікарської японського походження на живильному середовищі МС, що містить 0,45 мг/л 6-БАП та 0,2 мг/л ІМК (Azad & Amin, 2017). Наявні дані про те, що на середовищі з 6-БАП 2 мг/л

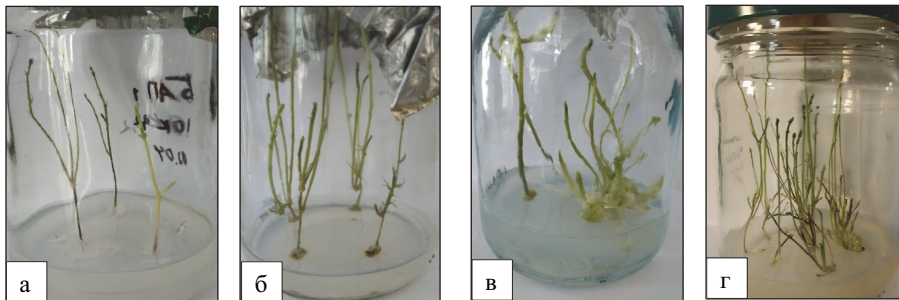


Рис. 2. Розвиток мікропагонів спаржі на живильних середовищах для регенерації протягом чотирьох тижнів (а – «Shoot1», б – «Shoot2», в – «Shoot3», г – «Shoot4»)

Таблиця 2. Вплив складу культурального середовища на розвиток меристемних культур спаржі лікарської (середнє $\pm$ похибка середнього, різні літери вказують на значення, що істотно різняться при $p < 0,05$)

Середовище	Коефіцієнт розмноження	Кількість придатних пагонів, шт.	Кількість отриманих експлантів, шт.	Довжина пагонів, см	Кількість метамерів, шт.	Середня довжина метамера, см	Частка придатних пагонів, %
«Shoot1»	$3,7 \pm 0,7$	$2,0 \pm 0,3$	$2,7 \pm 0,5$ a	$2,9 \pm 0,3$	$3 \pm 0,2$	$1,1 \pm 0,1$	63 ± 8
«Shoot2»	$3,9 \pm 0,5$	$2,8 \pm 0,3$	$3,8 \pm 0,5$ a	$3,0 \pm 0,3$	$3 \pm 0,2$	$1,2 \pm 0,1$	80 ± 7
«Shoot3»	$5,3 \pm 1,1$	$3,3 \pm 0,5$	$4,1 \pm 0,6$ a,b	$2,7 \pm 0,3$	$2 \pm 0,2$	$1,4 \pm 0,2$	73 ± 7
«Shoot4»	$6,0 \pm 0,7$	$3,7 \pm 0,5$	$4,9 \pm 0,6$ b	$3,0 \pm 0,1$	$3 \pm 0,2$	$1,3 \pm 0,1$	64 ± 6

та НОК 1 мг/л спостерігається найбільша кількість пагонів (6 шт. на експлантат) у порівнянні з іншими комбінаціями цих регуляторів росту (Rasad et al., 2019). Водночас, для іспанського генотипу спаржі найбільш ефективним є середовище МС, модифіковане EDDHA-Fe (85,7 мг/л) та збагачене 60 г/л сахарози, 0,5 мг/л НОК, 0,7 мг/л кінетину та 2 мг/л анцимідолу (Carmona-Martín et al., 2014).

Таким чином, найбільш часто використовуються середовища, збагачені НОК у поєднанні з цитокінінами. За нашими та літературними даними при морфогенезі спаржі часто відміча-

ється формування калусної тканини. Відомо, що НОК спричиняє появу поліплоїдних клітин в культивованих експлантатах (Mishiba et al., 2006). Також показано, що калус *A.officinalis* демонструє високий рівень соматоклональної мінливості (Regalado et al., 2015),

Склад середовища достовірно впливав на калусоутворення експлантів спаржі лікарської (рис. 4). Цей процес найбільш виражено спостерігали на середовищі «Shoot1», де 38% експлантів мали середній чи високий відсоток калусогенезу, і лише 42 % експлантів не утворювали калус зовсім. На се-

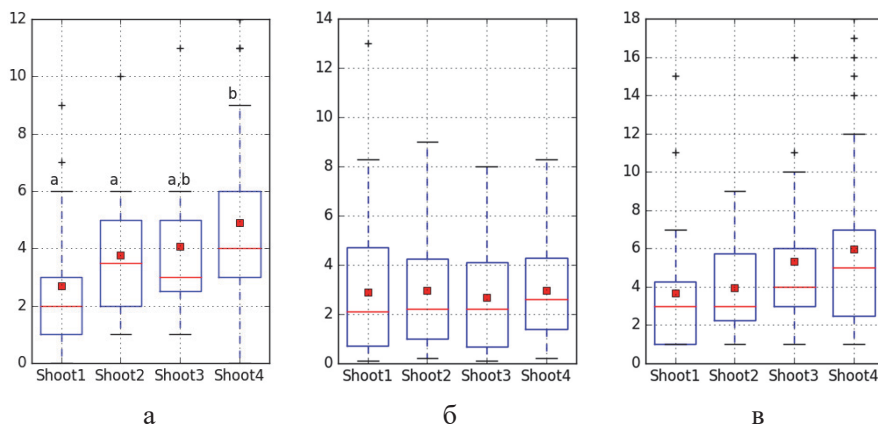


Рис. 3 Розподіл окремих параметрів росту спаржі лікарської залежно від складу середовища: а – кількість отриманих експлантів, шт. (різні літери вказують на значення, що істотно різняться при $p < 0,05$); б – довжина пагонів, см; в – коефіцієнт розмноження (лінія – медіана, крапка – середнє значення)

редовищі «Shoot2» у 50 % відзначали відсутність калюсу, а в 36 % слабе калюсоутворення. За застосування комбінації регуляторів росту «Shoot3» у 67 % експлантатів калюс відсутній, у 27 % – середнє та інтенсивне калюсоутворення. Мінімальний калюсогенез зі статистичною достовірністю спостерігали за додавання лише кінетину в середовище (11 % експлантатів формували калюс зі слабкою чи середньою інтенсивністю).

Для мікророзмноження спорідненого виду *A. racemosus* ефективними є живильні середовища, збагачені комбінаціями кінетин 1,5 мг/л, НОК 0,5 мг/л (4 пагони на експлантат довжиною 6-7,5 см) або 6-БАП 0,5 мг/л, НОК 0,1 мг/л (6 пагонів на експлантат довжиною 3-4 см), в останньому випадку спостерігали невисокий відсоток формування калюсу (Paudel et al., 2018). За даними Patel & Patel, 2015 найкраще формування мікропагонів без утворення калюсу в *A. racemosus* відбувається за обробки ІМК 1 мг/л та 6-БАП 1 мг/л, при цьому коефіцієнт розмноження складає 3,6 пагону на експлантат (Patel & Patel, 2015). В обох варіантах досліду для *A. officinalis* нами одержано аналогічні результати.

Таким чином, нами запропоновано середовища «Shoot1» та «Shoot3» використовувати для розробки нових сортів, а для отримання генетично однорідних ліній середовище «Shoot4».

Для дослідження ризогенезу живці з 4-ма пагонами пасирували на живильне середовище Мурасіге-Скуга з половинним вмістом мікро- та макроелементів та додаванням регуляторів росту (табл. 1). Корені починали формуватися лише через 2 місяці культивування. Між живильними середовищами «Root2» і «Root3», які містили лише ауксини статистичної різниці не виявлено. Частка укорінених рослин не перевищувала 63%, а за додавання до середовища цитокінінів корені не розвивалися зовсім (рис. 5). Цитокініни сповільнюють розвиток ембріогенної апікально-базальної осі кореня, і таким чином, негативно регулюють процеси укорінення (Ramawat, 2021).

Кількома дослідженнями показано, що пагони спаржі *A. officinalis* добре укорінювались з показниками $8,50 \pm 0,84$ коренів/експлантат на середовищі з БАП 2,0 мг/л та НОК 1,0 мг/л (Rasad et al., 2019). За протоколом Štajner 2012 середовище для укорінення мікропагонів

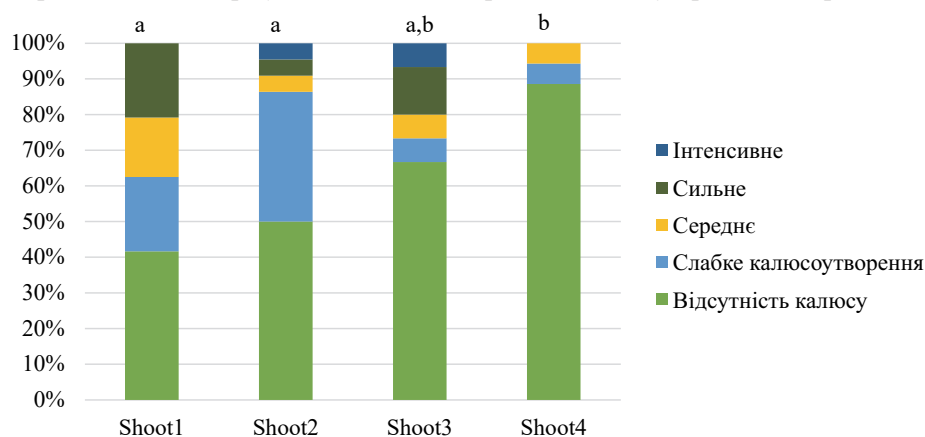


Рис. 4. Інтенсивність калюсоутворення залежно від складу живильного середовища, (різні літери вказують на значення, що істотно різняться при $p < 0,05$)

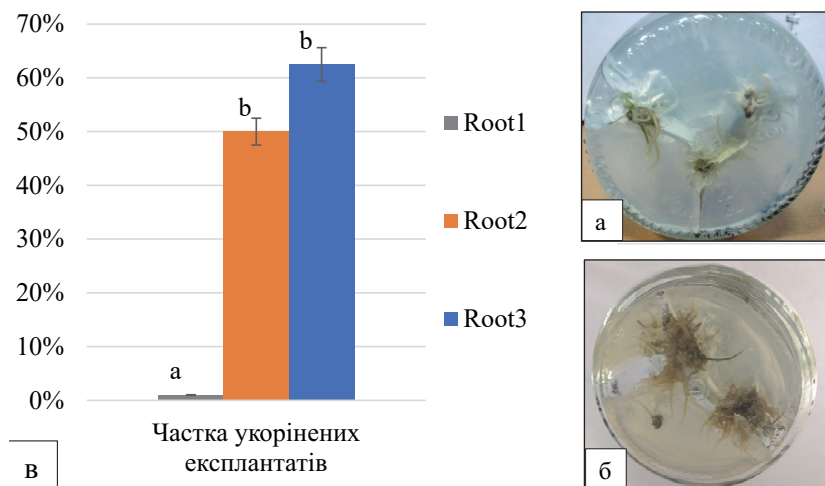


Рис. 5. Ризогенез мікропагонів рослин спаржі лікарської:

а – «Root2», б – «Root3», в – ефективність досліджуваних середовищ за кількістю укорінених експлантів (дані вказані однаковими літерами істотно не відрізняються $p < 0,05$)

спаржі містить 0,2 мг/л НОК та 1,3 мг/л анцимідолу, за таких умов через 5-6 тижнів частота укорінення 82%. Показано також частоту укорінення 66 % за концентрації НОК 0,3 мг/л (Slabbert et al., 1990). Згідно з іншими дослідженнями, оптимальним ауксином для регенерації коренів є ІМК в концентрації 0,5 мг/л, при цьому ризогенез становив 62% (Sargsyan et al., 2015). Також Azad and Amin досягли укорінення 98,3% на середовищі з 0,4 мг/л ІМК. Для укорінення *A. racemosus* також найвищу ефективність має ІМК (Patel & Patel, 2015).

Таким чином, для утворення коренів спаржі виду *A. officinalis* використання НОК загалом вважається одним з найбільш поширених корисних ауксинів для формування коренів, що можна пояснити її хімічною стабільністю, малою рухливістю в рослині та характером пролонгованої дії. Для виявлення економічно вигідного отримання посадкового матеріалу спаржі необхідні подальші дослідження.

Висновки.

Оптимізовано технологію клонального мікророзмноження спаржі лікарської сорту Білосніжка на основі культури *in vitro* на етапах отримання стерильної культури, мультиплікації і ризогенезу. На етапі стерилізації найбільший відсоток життєздатних стерильних експлантів спаржі лікарської 83% отримано при застосуванні 0,75% розчину натрій гіпохлориту протягом 30 хв. На етапі одержання культури *in vitro* за використання безгормонального живильного середовища Мурасіге-Скуга та збагаченого БАП 2 мг/л одержано однакові результати. На етапі власне мікроклонального розмноження спаржі лікарської встановлено оптимальну концентрацію регулятора росту кінетину 1 мг/л, яка достовірно підвищувала кількість отриманих експлантів. На етапі укорінення показано ефективність середовищ, з додаванням ауксинів ІМК 0,5 мг/л або НОК 0,3 мг/л на рівні до 63% укорінених експлантів.

Referens

1. Thapa, S., Rawal, S., Bist, S. (2020). Highlighting the nutritional and medicinal value of Asparagus along with its cultivation practices. *Matrix Science Pharma*, 4(1), 18. https://doi.org/10.4103/mtsp.mtsp_4_20
2. Guo, Q., Wang, N., Liu, H., Li, Z., Lu, L., Wang, C. (2020). The bioactive compounds and biological functions of *Asparagus officinalis* L. – A review. *Journal of Functional Foods*, 65, 103727. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103727>
3. Zhang, F., Zhang, Y. Y., Sun, Y. S., Ma, R. H., Thakur, K., Zhang, J. G., Wei, Z. J. (2020). Asparanin A from *Asparagus officinalis* L. Induces G0/G1 Cell Cycle Arrest and Apoptosis in Human Endometrial Carcinoma Ishikawa Cells via Mitochondrial and PI3K/AKT Signaling Pathways. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(1), 213–224. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b07103>
4. Richter, B., Gurk, S., Wagner, D., Bockmayr, M., Fischer, M. (2019). Food authentication: Multi-elemental analysis of white asparagus for provenance discrimination. *Food Chemistry*, 286(January), 475–482. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.105>
5. Pegiou, E., Mumm, R., Acharya, P., de Vos, R. C. H., Hall, R. D. (2019). Green and White Asparagus (*Asparagus officinalis*): A Source of Developmental, Chemical and Urinary Intrigue. *Metabolites*, 10(1), 17. <https://doi.org/10.3390/metabo10010017>
6. Cardoso, J. C., Sheng Gerald, L. T., Teixeira da Silva, J. A. (2018). Micropropagation in the Twenty-First Century (pp. 17–46). https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8594-4_2
7. Regalado, J. J., Carmona Martín, E., Castro, P., Moreno, R., Gil, J., Encina, C. L. (2015). Study of the somaclonal variation produced by different methods of polyploidization in *Asparagus officinalis* L. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 122(1), 31–44. <https://doi.org/10.1007/s11240-015-0747-x>
8. Azad, M. A. K., Amin, M. N. (2017). Regeneration of *Asparagus officinalis* L. Through Embryogenic Callus. *Plant Tissue Culture and Biotechnology*, 27(1), 21–31. <https://doi.org/10.3329/ptcb.v27i1.35008>
9. Carmona-Martín, E., Regalado, J. J., Padilla, I. M. G., Westendorp, N., Encina, C. L. (2014). A new and efficient micropropagation method and its breeding applications in *Asparagus* genera. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 119(3), 479–488. <https://doi.org/10.1007/s11240-014-0548-7>
10. Paudel, N., Aryal, M. R., Puri, R. H. (2018). Effect of hormone for in vitro propagation of *Asparagus racemosus* Wild. *Current Life Sciences*, 4(4), 53–61. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1407185>
11. Štajner, N. (2012). Micropropagation of Asparagus by In Vitro Shoot Culture, In: Lambardi M., Ozudogru E., Jain S. (eds) *Protocols for Micropropagation of Selected Economically-Important Horticultural Plants. Methods in Molecular Biology (Methods and Protocols)*, 994, 341-351. Humana Press, Totowa, NJ. https://doi.org/10.1007/978-1-62703-074-8_27
12. Мельничук, М. Д., Григорюк, І. П., Новак, Т. В., Кляченко, О. Л., Коломієць, Ю. В., Спиридонов, В. Г., Ключащенко, А. А., Антіпов, І. О., Оверченко, В. В., Облап, Р. В., & Новак, Н. Б. (2011). Біотехнологія рослин. Практикум. ТОВ “Арар Медія Груп.”
13. Murashige, T., Skoog, F. (1962). A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3), 473–497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
14. Toma, R. S., Rashed, K. A. (2012). In Vitro Propagation through Seed Culture and Regeneration of *Asparagus densiflorus* L. through Callus Cultures Derived from Hypocotyls. *Int. J. Pure Appl. Sci. Technol.*, 9(2), 94–102.
15. Rasad, F. M., Hasbullah, N. A., Azis, N. A., Daud, N. F., Lassim, M. M. (2019). Micropropagation of *Asparagus officinalis* L. (Garden Asparagus) In Vitro. *International Journal of Life Sciences Research*, 7(3), 123–129. www.researchpublish.com

16. Sargsyan, E., Vardanyan, A., Parsaeimehr, A., Bekyan, A., Ani, B. (2015). Elaboration of *Asparagus officinalis* L. by in vitro and Hydroponic Combined Method. *American Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2(6), 82–86. <https://ssrn.com/abstract=2986530>
17. Shu, K., Liu, X., Xie, Q., He, Z. (2016). Two Faces of One Seed: Hormonal Regulation of Dormancy and Germination. *Molecular Plant*, 9(1), 34–45. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2015.08.010>
18. Araújo, S., Pagano, A., Dondi, D., Lazzaroni, S., Pinela, E., Macovei, A., Balestrazzi, A. (2019). Metabolic signatures of germination triggered by kinetin in *Medicago truncatula*. *Scientific Reports*, 9(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46866-6>
19. Azizi, P., Rafii, M. Y., Maziah, M., Abdullah, S. N. A., Hanafi, M. M., Latif, M. A., Rashid, A. A., Sahebi, M. (2015). Understanding the shoot apical meristem regulation: A study of the phytohormones, auxin and cytokinin, in rice. *Mechanisms of Development*, 135, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.mod.2014.11.001>
20. Ramawat, K. G. (2021). An Introduction to the Process of Cell, Tissue, and Organ Differentiation, and Production of Secondary Metabolites (pp. 1–22). https://doi.org/10.1007/978-3-030-30185-9_35
21. Mishiba, K. I., Tawada, K. I., Mii, M. (2006). Ploidy distribution in the explant tissue and the calluses induced during the initial stage of internode segment culture of *Asparagus officinalis* L. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, 42(1), 83–88. <https://doi.org/10.1079/IVP2005724>
22. Patel, L. S., Patel, R. S. (2015). Rapid In vitro Micro Propagation of *Asparagus racemosus* Willd. from Nodal Explants. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4(5), 607–617. <http://www.ijcmas.com>
23. Slabbert, M., Lindeque, J., Ferreira, D. I. (1990). Rapid in vitro multiplication of *Asparagus*. *South African Journal of Botany*, 56(3), 331–335. [https://doi.org/10.1016/S0254-6299\(16\)31061-4](https://doi.org/10.1016/S0254-6299(16)31061-4)

Y. Kolomiets, A. Skuba, (2021). OPTIMIZATION OF BIOTECHNOLOGICAL PROCESS CLONAL MICROPROPAGATION IN VITRO OF ASPARAGUS OFFICINALIS L. . BIOLOGICAL SYSTEMS: THEORY AND INNOVATION, 12(3): 24-33.
<https://doi.org/10.31548/biologiya2021.03.003>.

Abstract. The study presents the results of obtaining regenerated plants of *asparagus* from seeds. Surface sterilizing the seeds by 0,75% sodium hypochlorite for 30 min is effective, during this obtained 83% viable sterile plants. The Murashige and Skoog medium supplemented with 6benzylaminopurine (2 mg/L), inositol (100 mg/L) and thiamine (0,4 mg/L) was found to be the best for seed germination. The expediency of using kinetin (1 mg/L) as a growth regulator to obtain a homogeneous plant material was established. The reproduction coefficient was 6,0. Only 11% of the explants formed callus. For the selection needs and production of somaclonal variants, the use of the culture medium with indole-3-acetic acid (0,2 mg/L) and 6benzylaminopurine (1 mg/L) is justified. In this condition reproduction coefficient was 3,7, and the level of different intensity callusogenesis was 59%. The rooting of obtained plants was performed in Murashige and Skoog medium supplemented with a half dose of macro- and micronutrients and growth regulators. Rooting frequency was up to 63%. The knowledge of hormonal requirements helps to promote isolated tissue and cells technologies of *asparagus* with purpose of rapid propagation and obtaining healthy, high-quality planting material.

Keywords: *Asparagus officinalis*, in vitro, seeds, sterilization, morphogenesis, cytokinin, auxin.

ФІТОТОКСИЧНА ОЦІНКА ҐРУНТІВ ЗАБРУДНЕНИХ ОБ'ЄКТАМИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

М. В. САВЧУК, кандидат сільськогосподарських наук,
старший викладач кафедри екології та безпеки життєдіяльності
<https://orcid.org/0000-0001-9129-0717>

О. Л. СОРОЧИНСЬКА, кандидат історичних наук,
доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності
<https://orcid.org/0000-0003-2477-1275>

А. М. ЦІКО, студент кафедри екології та безпеки життєдіяльності

О. Я. ПИЛИПЧУК, доктор біологічних наук,
завідувач кафедри екології та безпеки життєдіяльності, професор
<https://orcid.org/0000-0002-8178-3347>

Державний університет інфраструктури та транспорту,
м. Київ, Україна

E-mail: savchuk_mv@gsuite.duit.edu.ua, sorochynska_ol@gsuite.duit.edu.ua,
tsiko_am@gsuite.duit.edu.ua, olegpilipchuk47@gmail.com

Анотація. У роботі представлено результати дослідження рівня фітотоксичності ґрунтів, які забруднені внаслідок функціонування залізниці. Актуальність роботи визначається зростанням техногенного навантаження на навколишнє середовище з боку залізничного транспорту. Метою представленої роботи була оцінка фітотоксичності ґрунтів поблизу залізничних колій за допомогою біотесту на крес-салат для визначення рівня їх антропогенного забруднення. Об'єктом вивчення були зразки ґрунту відібрані на території, що прилягає до колій на ділянці залізничного сполучення Бахмач-Гребінка поблизу станції міста Пирятин. Відбір проб ґрунту здійснювався згідно ДСТУ ISO 10381–1:2004. Оцінку рівня забруднення ґрунтів оцінювали методом біоіндикації за допомогою тесту на крес-салат. За результатами проведених досліджень встановлено, що енергія проростання, схожість насіння та ростові показники рослин крес-салат зменшувалися в пробах ґрунту відібраних ближче уточничи, що значить ближче? Відстань має бути до залізничних колій. Слабкий рівень забруднення відмічено на ґрунтах, відібраних на відстані 5 метрів від залізниці, енергія проростання та схожість насіння становила – 58 та 77% відповідно, решта проб не проявляла значного впливу на посівні якості насіння крес-салату.

Встановлено, що у рослин вирощених на пробі 4 (100 метрів від залізничних колій) довжина кореневої системи становила 46 мм, тоді як у пробах 1, 2, 3 показник зменшився на 50, 32 та 9% відповідно. Надземна частина рослин крес-салату вирощених на 4 пробі становила 42 мм, тоді як у пробах 1,2,3, показник зменшувався на 43, 9 та 2% відповідно. Отже, можна стверджувати, що досліджувані зразки ґрунту відносяться до слабо-забруднених, що свідчить про незначний вплив залізничного транспорту на прилеглі ґрунти на ділянці залізничного сполучення Бахмач-Гребінка поблизу м. Пирятин.

Ключові слова: біоіндикація, крес-салат, залізниця, ґрунт, фітотоксичність

Вступ.

З кожним роком стрімко зростають масштаби техногенного впливу людини на навколишнє середовище, що спричинює порушення функціонування стану екологічних систем, природних комплексів і природних ресурсів. Одним з елементів глобальної техносфери є залізниця, яка в Україні займає одне з провідних місць серед наземних видів транспорту. Залізничному транспорту за кількістю вантажних перевезень належить перше місце серед інших видів транспорту, а за кількістю перевезення пасажирів -друге, після автомобільного [1(посилання не у відповідності до вимог, далі по тексту те ж саме)].

Залізничний транспорт є активним і постійним джерелом комплексного впливу шкідливих речовин на навколишнє середовище [2], рівень дії може лежати знаходитися в допустимих рівноважних і кризових межах [3]. Вплив залізниці на довкілля розглядають за такими напрямками критеріями: зміна природного ландшафту, забруднення повітря і ґрунту, шумове, вібраційне та біологічне забруднення [4, 5]. Серед різноманіття забруднюючих речовин, що впливають на природне середовище під час експлуатації залізничного транспорту відмічено найбільш масштабні, що систематично

надходять в навколишнє середовище: нафта і нафтопродукти, іони важких металів, а також оксиди азоту, сірки, вуглецю і газоподібних вуглеводнів[2].

Аналіз останніх досліджень.

Контроль за роботою мережі залізничного транспорту в Україні є необхідною ланкою моніторингу стану навколишнього середовища, оскільки вона по за щільністю залізниць і вантажонапруженістю перевищує багато інших країн Європи [5]. Електропоїзди, які переважають за чисельністю на залізниці, вважають екологічно-безпечним видом транспорту порівняно з тепловозами, які залишаються головним перевізником лісових, земельних і мінеральних ресурсів, хоча водночас за викидами нафтопродуктів є загрозою для екологічного стану навколишнього середовища [6].

В працях Клименко Л.П. відмічено, що при забрудненні ґрунту залізничним транспортом враховується відстань 1 км, при цьому на 1 км шляху за рік скидається 200 м³ стічних вод, 12 тонн сухого сміття, 3,5 тонни сажі [7]. За результатами досліджень іноземних та вітчизняних вчених, доведено, що концентрація важких металів (Pb, Cd, Cu, Zn, Fe, Cr, Hg тощо) у ґрунті біля залізниці може

бути в кілька разів вищою, ніж на чистих контрольних ділянках поза дослідженням. Забруднюючі речовини, що накопичуються в ґрунті, можуть змінити його рН які саме з перерахованих раніше?, тим самим руйнуючи його природний хімічний, фізичний та біологічний баланс. Фізико-хімічні зміни навколишнього середовища можуть призвести до перерозподілу накопичених забруднюючих речовин на поверхні ґрунту. Частина з них мігрує до більш глибоких ґрунтових горизонтів, а при надходженні у підземні води забруднюючі речовини мають тенденцію накопичуватися. [8-11].

В Україні, за даними наукових робіт [5], близько 20% території забруднено важкими металами, що в свою чергу призводить до утворення кислої або лужної реакції ґрунтового середовища, зниження обмінної ємності катіонів, втрати поживних речовин, до зміни щільності, пористості, відбивної вбирної здатності, до розвитку ерозії, дефляції, до скорочення видового складу рослинності, її пригнічення або до повної загибелі. Таким чином метою даної роботи було оцінити фітотоксичність ґрунтів поблизу залізничних колій за допомогою біотест-об'єкту на крес-салат для визначення рівня їх антропогенного забруднення.

Матеріали і методи досліджень.

Об'єктом вивчення були зразки ґрунту відібрані на території, що прилягає до колій на ділянці залізничного сполучення Бахмач-Гребінка поблизу станції м. Пирятин. Відбір проб ґрунту здійснювався згідно ДСТУ ISO 10381-1:2004 [12]. Для проведення біотестування було відібрано 4 проби: проба №1 - на відстані 5 метрів, проба №2 -

10 метрів, проба №3 - 20 метрів, проба №4 - 100 метрів від залізничних колій.

Оцінку рівня забруднення ґрунтів здійснювали методом біоіндикації за допомогою тесту на крес-салат. Висаджували по 40 насінин *Lepidium sativum* L. у чашки Петрі, періодично здійснювали полив однаковими кількостями води. У ході дослідження фіксували енергію проростання та схожість насіння крес-салату, а через 10 діб рослини були вибрані з субстрату і здійснено виміри міліметровою лінійкою довжини надземної і кореневої системи проростків паростків [13-17].

Рівні забруднення субстрату оцінювали за шкалою [14]: 1) забруднення відсутнє – схожість 90-100%, паростки однорідні, щільні, міцні, рівні; 2) забруднення слабе – схожість 60-90%, паростки майже однакової довжини, міцні, рівні; 3) забруднення середнє – схожість 20-60%, паростки тонкі та короткі порівняно з контролем, деякі можуть мати морфологічні порушення; 4) забруднення значне – схожість дуже низька (до 20%) паростки дрібні та морфологічно спотворені. Дослідження проводилося в 3-ох кратній повторюваності.

Результати дослідження та їх обговорення.

Крес-салат (*Lepidium sativum* L.) – однорічна рослина з сімейства хрестоцвітих, яка використовується для здійснення біотестування. Цей біоіндикатор відрізняється швидким проростанням насіння і майже стовідсотковою схожістю, яка помітно зменшується за впливу токсичних сполук. Крім того, пагони і корені цієї рослини під дією забруднювачів піддаються помітним морфологічним змінам, затримка росту і викривлення пагонів, зменшення дов-

Таблиця 1. Рівні забруднення ґрунтів поблизу залізничних колій за даними проростання насіння крес-салату

Проби	Енергія проростання насіння, %	Схожість насіння, %	Рівень забруднення
1. (5 метрів)	58,33±0,65	76,67±0,65	слабкий
2. (10 метрів)	63,33±0,65	83,33±0,43	-
3. (20 метрів)	73,33±0,73	91,67±0,65	-
4. (100 метрів)	75,00±1,13	93,33±1,23	-

$P \leq 0,05$

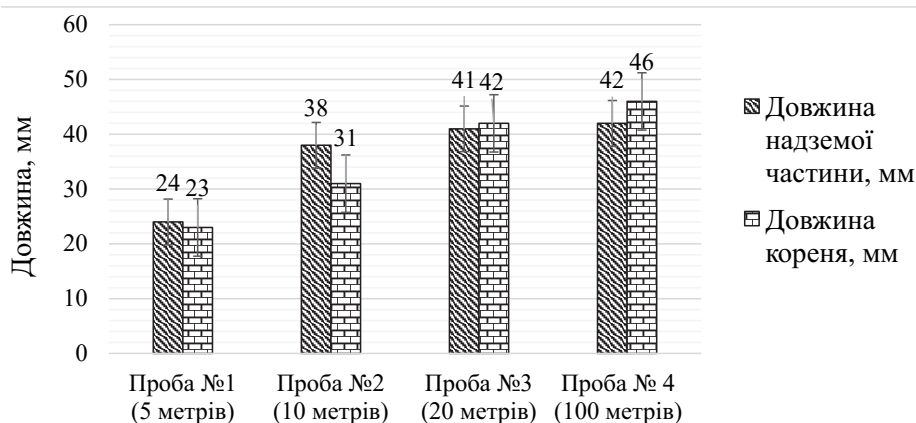
жини і маси коренів, а також кількості і маси насіння. Крес-салат як біоіндикатор зручний тим, що дію стресів можна вивчати одночасно на великій кількості рослин при невеликій площі робочого місця. Привабливі також і короткі терміни експерименту, насіння крес-салату проростають вже на третій день, оцінити вплив токсичних речовин можна протягом 10-15 діб [18, 19, 20].

Згідно проведеного біотестування на посівні якості насіння крес-салату, спостерігалось зниження показників енергії проростання та схожості насіння на пробах ґрунту відібраних ближче до залізничних колій. Слабкий рівень забруднення було відмічено на ґрунтах, які було відібрано на відстані

5 метрів від залізничних колій, енергія проростання та схожість насіння становила – 58 та 77% відповідно. На решті відібраних проб енергія проростання коливалася в межах 63-75%, а схожість – 83-93%, що свідчить про відсутність значного забруднення згідно вище наведеної методики.

На рисунку 1. представлено дані ростових показників рослин крес- салату на різних пробах ґрунту. Відмічено зменшення надземної і підземної частини проростків на пробах ґрунту відібраних ближче до залізничних колій.

У рослин вирощених на пробі 4 (100 метрів від залізничних колій) довжина кореневої системи становила 46 мм, тоді як у пробах 1,2,3, показник



$P \leq 0,05$

Рис.1. Усереднені показники росту крес-салату та його коренів на ґрунтах поблизу залізничних колій

зменшився на 50, 32 та 9% відповідно.

Надземна частина рослин крес-салату вирощених на 4 пробі становила 42 мм, тоді як у пробах 1,2,3, показник зменшився на 43, 9 та 2% відповідно (рис.1.).

Таким чином, можна стверджувати, що зразки ґрунту відібрані на території, що прилягає до колій на ділянці залізничного сполучення Бахмач-Гребінка поблизу станції м. Пирятин відносяться до слабо-забруднених.

Висновки і перспективи подальших досліджень.

За результатами фітотоксичної оцінки забруднення ґрунтів на ділянці залізничного сполучення Бахмач-Гребінка поблизу станції м. Пирятин встановлено, що енергія проростання, схожість насіння та ростові показники біоіндикатора крес-салат зменшувалися на пробах ґрунту відібраних ближче до залізничних колій. Слабкий рівень забруднення відмічено на ґрунтах, відібраних на відстані 5 метрів від залізничних колій, енергія проростання та схожість насіння становила – 58 та 77% відповідно, решта проб не проявляла значного впливу на посівні якості насіння крес-салату. Встановлено, що у рослин вирощених на пробі 4 довжина кореневої системи становила 46 мм, тоді як у пробах 1, 2, 3 показник зменшився на 50, 32 та 9% відповідно. Надземна частина рослин крес-салату вирощених на 4 пробі становила 42 мм, тоді як у пробах 1,2,3, показник зменшився на 43, 9 та 2% відповідно. Отже, можна стверджувати, що досліджувані зразки ґрунту відносяться до слабо-забруднених, що свідчить про незначний вплив залізничного транспорту на прилеглі ґрунти на ділянці залізничного сполучення Бахмач-Гребінка поблизу м. Пирятин.

Список використаних джерел

1. Protsko, Ya. I. (2009). Problema vplyvu zaliznychnoho transportu na ekolohiiu [The problem of the impact of railway transport on the environment.]. Visnyk of Poltava State Agrarian Academy, (3), 168-170.
2. Pylypchuk, O. Ya., Vysotska, T. I., & Pichkur, T. V. (2020). Suchasni shliakhy znyzhenia vplyvu zaliznychnoho transportu na navkolyshnie seredovyshche: problema ochyshchennia ґрунту vid naftoproduktiv [Modern ways to reduce the impact of rail transport on the environment: the problem of cleaning the soil from petroleum products]. Theoretical ecology, 3(30), 113-118. doi: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.3-30.19>
3. Loza, V. H., Kukhlivskyi, S. V., Kosenko, B. Ya., & Pidskrebaiev, O. M. (2008). Sposoby zakhystu navkolyshnoho seredovyshcha na zaliznychnomu transporti Ukrainy [Ways to protect the environment on the railway transport of Ukraine.]. Visn. Dnipropetrovsk. nat. University of Iron. transp them. acad. V. Lazaryan. Dnipropetrovsk, 25, 92–96. doi: 10.15802/stp2008/14393.
4. Plakhotnik, V. N., Yaryshkina, L. A., & Sirakov, V. I. (2001). Pryrodookhrannaia deiatelnost na zheleznodorozhnom transporte Ukrainy: problemy y resheniya [Environmental activities on the railway transport of Ukraine: problems and solutions]. K.: Transport of Ukraine, 156-235.
5. Chaika, O. H., Petrushka, I. M., Mazur, O. M., Hamkalo, Kh. R., Naumova, Yu. B., & Stokaliuk, O. V. (2016). Doslidzhennia vplyvu zaliznychnoho transportu na ґруnty u misti Lvovi [Study of the impact of railway transport on soils in the city of Lviv]. A young scientist, (12), 66-69.
6. Vaiškūnaitė, R., & Jasiūnienė, V. (2020). The analysis of heavy metal pollutants emitted by railway transport. Transport, 35(2), 213-223. doi: <https://doi.org/10.3846/transport.2020.12751>

7. Klymenko, L. P. (2000). Tekhnoekologhiia: posibnyk [Technoecology: a guide]. O. Tavrii, 544.
8. Blake, L., Goulding, K. W. T. (2002). Effects of atmospheric depo-sition, soil pH and acidification on heavy metal contents in soils and vegetation of semi-natural ecosystems at Rothamsted experimental station, UK, Plant and Soil 240(2): 235–251. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1015731530498>
9. Šeda, M., Šíma, J.; Volavka, T., Vondruška, J. (2017). Contamination of soils with Cu, Na and Hg due to the highway and railway transport, Eurasian Journal of Soil Science 6(1), 59–64. doi: <https://doi.org/10.18393/ejss.284266>
10. Wierzbicka, M., Bemowska-Kalabun, O., Gworek, B. (2015). Multidimensional evaluation of soil pollution from railway tracks, Ecotoxicology, 24(4), 805–822. doi:10.1007/s10646-015-1426-8
11. Zhang H., Wang, Z., Zhang, Y., Hu, Z. (2012). The effects of the Qinghai–Tibet railway on heavy metals enrichment in soils. Science of the Total Environment 439, 240–248. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.09.027>
12. Soil quality. Sampling. Part 1: Guidance on the design of sampling programmes (ISO 10381-1: 2002, IDT): DSTU ISO 10381-1: 2004. [Effective from 2006-04-01]. Kyiv, State Consumer Standard of Ukraine, 2006. 13.
13. Rabosh I. O., Kofanova O. V. (2019). Otsinka fitotoksichnosti miskykh gruntiv, zabrudnennykh ob'ektamy avtotransportnoi infrastruktury [Assessment of phytotoxicity of urban soils contaminated by road infrastructure]. Scientific reports of NULES of Ukraine, № 1 (77). doi: <https://doi.org/10.31548/dopovid2019.01.003>
14. Klymenko M. O. (2020). Metodichni vказivky dlia vykonannya laboratornykh robot z navchalnoi dystsypliny «Stiiki orhanichni zabrudniuvaly v ahrosferi» [Methodical instructions for laboratory work in the discipline «Sustainable organic pollutants in the agrosphere»]. Rivne: NUVGP, 38.
15. DSTU ISO 11269-1:2004 Soil quality. Determination of the effect of pollutants on soil flora. Part 1. Method for determining the inhibitory effect on root growth. Kyiv, State Consumer Standard of Ukraine, 2005. — 23.
16. DSTU ISO 11269-2:2002 Soil quality. Determination of the effect of pollutants on soil flora. Part 2: The effect of chemicals on the germination and growth of higher plants. Kyiv, State Consumer Standard of Ukraine, 2004. — 22.
17. DSTU 4138: 2002. Seeds of agricultural crops. Methods for determining quality / M. Kindruk, O. Slyusarenko, V. Getchu [etc.] (developed) Ofits. view. Valid from 28.12.2002. Kyiv, State Consumer Standard of Ukraine, 2003. — 170.
18. DSTU ISO 17126: 2007. Soil quality. Determination of mineralization of the influence of pollutants on the soil flora. Observational experiment on the germination of lettuce seeds (*Lactuca sativa* L.) (ISO 17126: 2005, IDT) [Effective from 07.01.2009]. Kyiv, State Consumer Standard of Ukraine, 2012. — 6.
19. Zeifert, D. V., Oparyna, F. R., Tukumbetova, N. R., Kniazeva, O. A., Urazaeva, A. Y., & Konkyna, Y. H. (2012). Otsenka fitotoksichnosti hliukonatov y khloridov riada d-elementov s yspolzovaniem kress-salata (*Lepidium sativum*) [Evaluation of phytotoxicity of gluconates and chlorides of a number of d-elements using watercress (*Lepidium sativum*)] Bashkir Chemical Journal, 19 (4), 20–23.
20. Melekhova O. P., Sarapultseva E. Y., Evseva T. Y. (2008). Byolohicheskyi kontrol okruzhaiushchei sredy: byoindykatsiya y byotestirovaniye [Biological control of the environment: bioindication and biotesting]. Moscow. Academy, 288.

**Maryna Savchuk, Olena Sorochinska, Artem Tsiko, Oleg Pilipchuk, (2021).
PHYTOTOXIC ASSESSMENT OF SOILS CONTAMINATED BY RAILWAY TRANSPORT
FACILITIES. BIOLOGICAL SYSTEMS: THEORY AND INNOVATION, 12(3): 34-40.
<https://doi.org/10.31548/biologiya2021.03.004>.**

Abstract. The paper presents results of the study phytotoxicity level of soil that are contaminated due to the operation of the railway. The urgency of the work is determined by the growth of man-made load on the environment by rail. The aim of the presented work was to assess the phytotoxicity of soils near railway tracks using a bioassay for watercress to determine the level of their anthropogenic pollution. The object of the study were soil samples taken in the area adjacent to the tracks on the section of the railway Bakhmach-Hrebinka near the station of the city Pyriatyn. Soil sampling was carried out in accordance with DSTU ISO 10381-1: 2004. Assessment of soil contamination was assessed by bioindication using watercress test. According to the results of the research, it was found that the germination energy, seed germination and growth rates of watercress plants decreased on soil samples taken closer to the railway tracks. Weak levels of contamination were observed on soils selected at a distance of 5 meters from the railway, germination energy and seed germination were - 58 and 77%, respectively, the remaining samples did not show a significant effect on the sowing quality of watercress seeds. It was found that in plants grown on sample 4 (100 meters from the railway tracks) the length of the root system was 46 mm, while in samples 1, 2, 3 the indicator decreased by 50, 32 and 9%, respectively. The aerial part of watercress plants grown on 4 samples was 42 mm, while in samples 1,2,3, the figure decreased by 43, 9 and 2%, respectively. Thus, it can be argued that the studied soil samples are low-contaminated, which indicates a slight impact of railway transport on the adjacent soils in the section of the railway Bakhmach-Hrebinka near Pyriatyn city.

Keywords: bioindication, watercress, railway, soil, phytotoxicity.

ВИЗНАЧЕННЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ІНДИКАТОРІВ НА РЕГІОНАЛЬНОМУ РІВНІ

С. О. ПУСТОВА, аспірант кафедри загальної екології, радіобіології та безпеки життєдіяльності

E-mail pustova85@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3768-2397>

Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, вул. Героїв Оборони 15, 03041, Україна

В. М. БОГОЛЮБОВ, доктор педагогічних наук, професор кафедри загальної екології, радіобіології та безпеки життєдіяльності

E-mail volbog@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0001-5181-6892>

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Анотація. Важливим напрямом розвитку регіональної політики є реалізація активної ролі регіонів як суб'єктів переходу до сталого розвитку суспільства. Наукове забезпечення регіонального управління вимагає додаткових соціальних та еколого-економічних системних досліджень з урахуванням показників та факторів сталого розвитку. На шляху реалізації концепції сталого розвитку регіонів головною проблемою є необхідність розроблення ефективної системи оцінювання досягнутого прогресу в цьому напрямі за допомогою якісних і кількісних показників. Адже ці показники повинні охопити три важливі складові сталого розвитку регіонів, надавати достовірну інформацію для подальшого оцінювання і прогнозування, бути зрозумілими для усіх зацікавлених сторін. Сьогодні немає єдиного підходу до визначення як кількості показників для ефективного оцінювання сталості розвитку регіонів, так і питань, які б вони мали охоплювати. Без ефективних показників сталого розвитку неможливо забезпечити високу якість і ефективність процесу прийняття управлінських рішень у всіх сферах життя суспільства.

У статті визначено та обґрунтовано комплекс екологічних індикаторів та показників, які використовують для розробки проектів розвитку населених пунктів та регіонів. Авторами визначено основні проблеми, пов'язані із оцінкою сталого розвитку в регіонах та окреслено перспективи подальших наукових досліджень у цьому напрямі. Наведено стислий аналіз систем індикаторів для прогнозування стану навколишнього середовища на прикладі населеного пункту Велика Снітинка. В роботі використані такі методи дослідження: теоретичні (вивчення й аналіз наукової літератури в галузях екології, філософії, педагогіки, методології; статистичні (описові і математичні); соціологічні; польові, експедиційні (опитування населення, спостереження й аналіз соціально-

екологічних факторів у селі Велика Снітинка). Зроблений аналіз головних екологічних проблем досліджуваного села та визначені основні джерела забруднення. Представлено індикатори та підходи щодо прогнозування основних показників розвитку регіону з використанням статистичних даних, на основі яких і вироблено пріоритетні завдання та першочергові заходи.

Ключові слова: сталий розвиток, сільські території, індикатори, екологічні показники, навколишнє середовище, населений пункт, розвиток

Вступ.

Сільські території в Україні володіють потужним природним потенціалом, який за умови ефективного використання здатний забезпечити значне економічне зростання та високий рівень умов проживання сільського населення. Сталий розвиток сільських територій є пріоритетним напрямком державної політики, направленої на покращення рівня життя сільського населення. Успіх впровадження сталого розвитку залежить від визначення головних індикаторів, встановлення реалістичних цілей та конкретних дій, пов'язаних з реалізацією програми заходів зі сталого розвитку (Saiyed Z., 2017; Zelenika I. and Pearce J.M., 2014). Різні аспекти проблем сталого розвитку розглянуті у працях багатьох вчених: М.О. Клименка, В. П. Кучерявого, Є. В. Хлобистова, О.О. Ракоїд, О. Л. Попової, А.М. Прищепи, О.А. Брежицької, Ш.А. Омарова (Клименко та ін., 2018). В Україні вже створено низку стратегій як регіонального, так і місцевого значення; відбувається постійний пошук більш актуальних індикаторів та аналіз зв'язку між ними. Наприклад, Стратегія розвитку міста Києва до 2025 року (2017), включає план заходів, які спрямовані на вирішення нагальних проблем розвитку столиці та забезпечення виконання завдань та досягнення ключових індикаторів.

У світі використовують різні підходи до оцінки сталості розвитку, це можуть бути інтегральні індекси або системи індикаторів сталого розвитку. Розробкою систем індикаторів сталого розвитку займаються такі міжнародні організації, як Організація Об'єднаних Націй та її різні структурні підрозділи, Всесвітній банк, Європейська Комісія, Комітет екологічного моделювання (ISEM), Організація економічного співробітництва та розвитку (OECD), Науковий комітет з проблем навколишнього середовища (SCOPE) та ін. Системи оцінки сталого розвитку вибудовують за декількома різними принципами. Зазвичай країни обирають один із розроблених міжнародними організаціями типів систем індикаторів, ґрунтуючись на національних пріоритетах і цілях розвитку, та додатково розробляють власні набори індикаторів.

Система індикаторів повинна відображати стан об'єкту дослідження за комплексом показників, які характеризують ту чи іншу сферу діяльності за певний період часу (Awan U., 2020). На наш погляд, існує потреба у розробленні системи індикаторів сталого розвитку регіонів, територіальних громад на окремих населених пунктах, яка була б гармонізована із тими індикаторами, які широко використовуються міжнародною спільнотою і, водночас, базуються на використанні доступної та достовірної статистичної інформації, відображають реальні

проблеми і досягнення у різних сферах життя українського села.

Тому визначення найбільш ефективного та оптимального комплексу індикаторів сталого розвитку на регіональному рівні є головною метою нашого дослідження. Актуальність порушеної теми розкривається за допомогою комплексного аналізу соціально-екологічних факторів розвитку села та пояснюється необхідністю розробки місцевого плану дій екологізації життєдіяльності населення. Об'єктом дослідження є територія села Велика Снітинка Київської області.

Матеріали та методи дослідження.

В роботі використані наступні методи дослідження: теоретичні (вивчення й аналіз наукової літератури в галузях екології, філософії, педагогіки, методології; статистичні (описові і математичні); соціологічні; польові, експедиційні (опитування населення, спостереження й аналіз соціально-екологічних факторів у селі Велика Снітинка). Під час методологічних розробок проаналізовані, крім науково-теоретичних джерел, дані Управління статистики в Фастівському районі, Районної екологічної інспекції, Відділу сільського господарства районної державної адміністрації, Центральної районної лікарні та місцевої амбулаторії, Районного відділу освіти, звіти про стан навколишнього середовища, соціально-екологічні анкетні матеріали.

Результати дослідження та їх обговорення.

В рамках дослідження було здійснено характеристики основних джерел забруднення складових довкілля

с. В. Снітинка на основі загальної оцінки впливу людської діяльності на навколишнє середовище. Основними чинниками забруднення атмосферного повітря є рух автотранспорту по автомобільних дорогах і робота сільськогосподарської техніки на полях. Оскільки рух автомобілів через населений пункт є неінтенсивним, через населений пункт не проходять великі автомагістралі, а також на території с. В. Снітинка і на відстані можливого негативного впливу відсутні підприємства, що спричиняють забруднення атмосферного повітря, атмосферне повітря населеного пункту можна вважати умовно чистим.

Екстенсивний характер сільськогосподарського виробництва, недбале ставлення до земельних ресурсів та недосконалі технології землеробства призводять до суттєвого погіршення якості земельних ресурсів та ускладнення проблем техногенного характеру (Rockström J., 2016; Introduction to Sustainable Agriculture, 2016). Ґрунти населеного пункту підлягають забрудненню в результаті нераціонального застосування хімічних засобів захисту рослин, добрив, прийомів меліорації ґрунтів; проникнення в ґрунт продуктів розкладу і гниття відходів різного походження, що знаходяться на сміттєзвалищах; потрапляння недостатньо очищених і неочищених стічних вод комунальних господарств (рис.1).

Негативною тенденцією є подальша дегуміфікація ґрунтового покриву населеного пункту В. Снітинка. На території с. В. Снітинка присутні точкові, площинні і лінійні джерела забруднення ґрунтів (рис. 2).

Стан поверхневих і підземних вод с. В.Снітинка обумовлений потраплянням у відкриті водойми і підземні водні горизонти комунальних

стоків, а також наземних і підземних стоків з тваринницьких ферм; просочуванням у ґрунти і зливом продуктів розкладу сміття, що знаходиться на сміттєзвалищах; зливом засобів захисту рослин, мінеральних і інших політантів з територій присадибних ділянок і іншими чинниками (рис.3).

Стан більшості нецентралізованих джерел питного водопостачання не відповідає діючому стандарту – „Державним санітарним правилам і нормам «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості

води централізованого господарсько-питного водопостачання». Розрахунок індексу забрудненості показав, що лише у 3 із 10 обстежених джерел водопостачання вода відноситься до категорії чистої, тобто в принципі придатної для пиття. Слід також врахувати, що було досліджено лише дві групи показників якості – санітарно-токсикологічна та органолептична. У зв'язку з підвищеними показниками ХСК, цілком можливо, що дослідження мікробіологічного складу води змінять цю картину в гіршу сторону.



Рис.1. Причини, що зумовлюють забруднення і деградацію ґрунтового покриву населеного пункту В. Снітинка



Рис. 2. Джерела забруднення ґрунтового покриву населеного пункту Велика Снітинка

Питна вода характеризується якісним станом від задовільного до кризового в залежності від місця відбору проб. Найбільші перевищення ГДК спостерігається за показниками ХСК, загальної та карбонатної твердості, заліза, кальцію, магнію, NO_3^- . Води централізованого водопостачання характеризуються перевищенням ГДК за показниками: ХСК, загальної та карбонатної твердості, заліза (крім електричного цеху), кальцію, що може свідчити про негативний стан водопровідної мережі (A Ziafati Bafarasat, 2021). Якісний стан води кризовий. Критичним показником, який здійснює найбільший внесок в забруднення водних джерел, є наявність розчинених легкоокислюваних речовин (ХСК). Зрозуміло, що частина цих сполук має природне походження, враховуючи характеристику ґрунтів

господарства, що містять достатньо високу частку гумусу. Проте, судячи з наведених даних аналізу, основний внесок у забруднення вносять антропогенні джерела, зокрема, тваринницький комплекс (кількість голів ВРХ та свиней перевищує 2,5 тис.) та побутові гноєсховища і смітники.

Таким чином, враховуючі існуючі джерела антропогенного впливу на досліджувані складові довкілля, можна стверджувати, що найбільш забрудненими об'єктами довкілля є поверхневі, підземні води та ґрунти, тоді як атмосферне повітря с. В.Снітинка є умовно чистим.

Створення місцевого плану дій потребує розробки відповідних індикаторів, що всебічно характеризують динаміку процесів в екологічній сфері.

Визначення індикаторів залежить від вихідної задачі, її складових та шляхів її



Рис. 3. Джерела і чинники, що призводять до забруднення поверхневих і підземних вод с. В. Снітинка

вирішення. Найбільш повним представленням проблеми є трьохфакторні моделі сталого розвитку, що ґрунтуються на економічній, соціальній та екологічній складових, або чотирьохфакторні,

які включають й інституціональну складову. Сьогодні кожна з країн, яка має та реалізує стратегію сталого розвитку використовує свій набір відповідних індикаторів, загалом, зменшуючи їх кіль-

Таблиця 1. Індикатори природного навколишнього середовища

Земельні ресурси	Водне середовище	Повітряне середовище
Розораність території	Запаси ґрунтових вод	Викиди парникових газів
Еродованість ріллі	Концентрація органічних забруднювачів у питній воді	Використання озоноруйнуючих речовин
Співвідношення площ між ріллею і стабільними земельними угіддями	Концентрація небезпечних речовин у ґрунтових та поверхневих водах	Співвідношення фактичних викидів парникових газів з гранично допустимими нормами викидів
Розораність земель на схилах	Концентрація радіоактивних речовин у ґрунтових та поверхневих водах	Викиди окисів азоту
Сумарний показник забруднення ґрунту важкими металами	Питома вага спожитої води, яка не відповідає стандартам якості	Викиди окисів сірки
Показник екологічної стійкості угідь		

кість. Наприклад, США у своїй стратегії сталого розвитку використовують 56 індикаторів, Сім базових індикаторів були виділені у Великобританії (Wendling, Z. A. Et al., 2015). В Україні система індикаторів тільки відпрацьовується.

В процесі дослідження населеного пункту пропонується використовувати скорочений набір індикаторів якості природного навколишнього середовища, характерних для досліджуваної території (табл.1):

Висновки та перспективи.

Сталий розвиток населених пунктів характеризує соціально, економічно й екологічно збалансований розвиток міських і сільських поселень, спрямований на створення їх економічного потенціалу, повноцінного життєвого середовища для сучасного та наступних поколінь на основі раціонального використання ресурсів, технологічного переоснащення і реструктуризації підприємств, удосконалення соціальної, виробничої, транспортної, комунікаційно-інформаційної, інженерної, екологічної інфраструктури, поліпшення умов проживання, відпочинку та оздоровлення, збереження та збагачення біологічного різноманіття та культурної спадщини (Stevens C. and Kanie N., 2016)

До екологічних проблем села Велика Снітинка, що вимагають першочергових заходів реагування відносяться наступні: виснаження ґрунтів; неконтрольоване внесення добрив, пестицидів та гербіцидів, що призводить до токсикації сільськогосподарської продукції і евтрофування водойм; невмотивована прибережна господарська діяльність, що загрожує відтворенню водостоків річок та екосистем річок і морів.

Впровадження та широке застосування місцевого плану дій екологізації

життєдіяльності мешканців сільської території з врахуванням індикаторів сталого розвитку, запропонованими в даній роботі, можуть забезпечити збереження навколишнього природного середовища та стале використання природних ресурсів. Нами визначені пріоритетні завдання, що можуть забезпечити швидкісний перехід населеного пункту до сталого розвитку:

1. Створення сприятливих умов для проживання людей та ресурсне забезпечення процесів розвитку у майбутньому.
2. Зупинення процесу видової деградації біорізноманіття, викликаній діяльністю людини.
3. Встановлення порогових рівнів забруднення навколишнього середовища, які можуть бути знешкоджені самим середовищем.
4. Забезпечення зменшення зменшення викидів в атмосферу та скидів у водойми у межах гранично допустимих норм.
5. Підвищення рівня лісистості території села зі збереженням природної видової різноманітності.
6. Забезпечення формування екологічної мережі.
7. Забезпечення поступового скорочення розораності земель.

Обґрунтовуючи комплекс завдань, пов'язаних із переходом до сталого розвитку населених пунктів, беручи до уваги високий рівень ризиків для природних екосистем та здоров'я населення, зумовлений значним забрудненням довкілля, нераціональне використання природно-ресурсного потенціалу, значні обсяги накопичених відходів, в досліджуваному населеному пункті рекомендовані такі першочергові заходи:

- 1) Провести економічну оцінку всіх видів природних ресурсів і скласти відповідні кадастри.

- 2) Здійснювати заходи по мінімізації викидів в навколишнє природне середовище та токсичних і небезпечних відходів.
- 3) Здійснювати заходи по збереженню та функціональному відтворенню озер та річок села.
- 4) Забезпечити достатнє водозабезпечення населення, зокрема, питною водою.
- 5) Забезпечити ефективне використання води населенням та господарюючими суб'єктами.
- 6) Забезпечити збереження та максимально можливе відтворення природної родючості ґрунтів
- 7) Зупинити процеси деградації екосистем та забезпечити збереження біорізноманіття, екосистем та природних ландшафтів села.

Отже, з огляду на складну екологічну ситуацію в Україні, залишається актуальною проблема удосконалення методології та сучасних методів моніторингу навколишнього природного середовища, адже моніторинг є основою обґрунтування управлінських рішень у сфері захисту навколишнього природного середовища, раціонального використання природних ресурсів та реалізації природоохоронних заходів. Удосконалення моніторингу безпосередньо пов'язане з вирішенням питання комплексної характеристики та оцінки стану навколишнього середовища з використанням науково обґрунтованої системи показників, створеної на базі запропонованого у цій статті переліку індикаторів.

References

1. Saiyed, Zahraa (September 2017). «Native American Storytelling Toward Symbiosis and Sustainable Design». *Energy Research & Social Science*. 31: 249–252. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.05.029>
2. Zelenika, I.; Pearce, J.M. (2014). «Innovation Through Collaboration: Scaling up Technological Solutions for Sustainable Development». *Environment, Development and Sustainability*. 16(6): 1299–1316. <https://doi.org/10.1007/s10668-014-9528-7>
3. Klymenko M.O., Pryshchepa A.M., Brezhytska O.A. *Otsiniuvannia stanu terytorii mista za pokaznykamy staloho rozvytku: Monohrafiia*. - Rivne: NUVHP, 2018. - 221s. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/13020>
4. *Stratehiia rozvytku mista Kyieva do 2025 roku*. – URL: http://kievcity.gov.ua/content/13_strateghiia-rozvytku-2025.html
5. Awan U., Kraslawski A., Huiskonen J., Suleman N. (2020) Exploring the Locus of Social Sustainability Implementation: A South Asian Perspective on Planning for Sustainable Development. In: Leal Filho W., Tortato U., Frankenberger F. (eds) *Universities and Sustainable Communities: Meeting the Goals of the Agenda 2030*. World Sustainability Series. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30306-8_5
6. Awan U. (2020) Industrial Ecology in Support of Sustainable Development Goals. In: Leal Filho W., Azul A., Brandli L., Özuyar P., Wall T. (eds) *Responsible Consumption and Production*. Encyclopedia of the UN Sustainable Development Goals. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71062-4_18-1
7. Rockström, Johan; Williams, John; Daily, Gretchen; Noble, Andrew; Matthews, Nathaniel; Gordon, Line; Wetterstrand, Hanna; DeClerck, Fabrice; Shah, Mihir (13 May 2016). «Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability». *Ambio*. 46 (1): 4–17. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0793-6>
8. «Introduction to Sustainable Agriculture». Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2016. Retrieved 10 October 2019. URL: <http://www.omafra.gov.on.ca/english/busdev/facts/15-023.htm>
9. Ziafati Bafarasat, Abbas (2021). «Is our urban water system still sustainable? A

- simple statistical test with complexity science insight». Journal of Environmental Management. 280: 111748. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111748>
10. Wendling, Z. A., Emerson, J. W., de Sherbini, A., Esty, D. C., et al. (2020). 2020 Environmental Performance Index. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law & Policy. URL: <https://epi.yale.edu/>
11. Stevens C, Kanie N. The transformative potential of the sustainable development goals (SDGs). International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics 2016;16:393–6. <https://doi.org/10.1007/s10784-016-9324-y>

V. M. Bogolyubov, S. O. Pustova, (2021). DEFINITION AND JUSTIFICATION OF ENVIRONMENTAL INDICATORS AT THE REGIONAL LEVEL. .

BIOLOGICAL SYSTEMS: THEORY AND INNOVATION, 12(3): 41-49.

<https://doi.org/10.31548/biologiya2021.03.005>.

Abstract. *An important direction in the development of regional policy is the realization of the active role of regions as subjects of transition to sustainable development of society. Scientific support of regional management requires additional social and ecological-economic system researches taking into account indicators and factors of sustainable development. On the way to the implementation of the concept of sustainable development of the regions, the main problem is the need to develop an effective system for assessing the progress made in this direction with the help of qualitative and quantitative indicators. After all, these indicators should cover three important components of sustainable development of the regions, provide reliable information for further evaluation and forecasting, be understandable to all stakeholders. Today, there is no single approach to determining both the number of indicators to effectively assess the sustainability of regional development and the issues they should cover. Without effective indicators of sustainable development it is impossible to ensure high quality and efficiency of the management decision-making process in all spheres of society.*

The article identifies and substantiates a set of environmental indicators and indicators that are used to develop projects for the development of settlements and regions. The authors identify the main problems associated with the assessment of sustainable development in the regions and outline the prospects for further research in this area. A brief analysis of indicator systems for forecasting the state of the environment on the example of the settlement of Velyka Snitynka is given. The following research methods are used in the work: theoretical (study and analysis of scientific literature in the fields of ecology, philosophy, pedagogy, methodology; statistical (descriptive and mathematical); sociological; field, expeditionary (population survey, observation and analysis of socio-ecological factors in the village of Velyka Snitinka). The analysis of the main ecological problems of the studied village is made and the main sources of pollution are defined. Indicators and approaches to forecasting the main indicators of the region's development with the use of statistical data are presented, on the basis of which priority tasks and priority measures are developed.

Keywords: *sustainable development, rural areas, indicators, ecological indicators, environment, settlement, development*

ВНУТРІШНЬОСТЕБЛОВІ ШКІДНИКИ СМОРОДИНИ ЧОРНОЇ, ЇХ МОНІТОРИНГ ТА РЕГУЛЮВАННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ БІОЛОГІЧНИХ АГЕНТІВ У ЗОНІ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

О. М. КРАВЕЦЬ, аспірантка зі спеціальності 202 «захист і карантин рослин»

Т. Р. СТЕФАНОВСЬКА, кандидат біологічних наук, доцент

<http://orcid.org/0000-0002-7522-5197>

E-mail: ellenaturchak@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м.Київ, Україна

Анотація. Загальновідоме значення ягідних культур у харчуванні людини. Вони є цінним дієтичним продуктом харчування, відзначаються високим вмістом вітамінів, що мають лікувальне значення. Смородина чорна (*Ribes Nigrum* L.) перевершувє всі інші ягоди за корисними властивостями для здоров'я людини. Ягоди смородини чорної багаті на вітамін С, комплекс інших вітамінів та біологічно активних речовин, а саме: А, В1, В2, В3, РР, кумарини, фудокумарини, азотисті, дубильні речовини, ефірні масла, мінеральні солі, цукри (до 12 %) та органічні кислоти.

Зона Лісостепу України відзначається найсприятливішими ґрунтово-кліматичними умовами для промислового вирощування смородини чорної, проте шкідники здатні заподіяти чималу шкоду насадженням. Серед домінуючих фітофагів смородини чорної, найбільш поширеними та небезпечними є внутрішньостеблові шкідники, а саме смородинова вузькотіла златка (*Agrilus ribesi* Schaefer) та смородинова склівка (*Synanthedon tipuliformis* Cl.). Для ефективного захисту насаджень від шкідників, особливе значення надається проведенню фітосанітарного моніторингу (ФСМ). ФСМ насаджень смородини чорної дозволить своєчасно виявити шкідників, простежити за їх розвитком та поширенням на певній території. Проводячи ФСМ насаджень шкідниками упродовж 2-3 років та розуміючи фактори, які впливають на їх розвиток, можливо побудувати фенологічний календар шкідників, що надає можливість прогнозувати їх подальшу появу та шкодочинність в агроценозі.

Оскільки дані шкідники належать до внутрішньостеблових, це означає, що найбільшу шкоду вони завдають уstadії личинки. Контроль їх чисельності є завданням не з легких, адже використанням пестицидів неможливо досягти високої ефектив-

ності. Саме тому в даній статті висвітлено питання необхідності біологічного захисту смородини чорної. Результати літературного огляду свідчать, що використання ентомофагів та ентомопатогенних нематод маю

Ключові слова: смородина чорна, внутрішньостеблові шкідники, *Agrilus ribesi* Schaefer, *Synanthedon tipuliformis* Cl., моніторинг, ентомопатогенні нематоди, ентомофаги.

Вступ.

Смородина чорна (*Ribes Nigrum* L.) – одна з провідних ягідних культур в Україні, яка лідирує за комплексом вітамінів та відноситься до найкорисніших рослин у вітамінній промисловості (Zdunić, Šavikin, Pljevljakušić & Djordjević, 2016).

Ягоди чорної смородини являються цінним продуктом для харчової та переробної промисловості, адже після термічної обробки вони все одно багаті на високий вміст аскорбінової кислоти (Vagiri et al., 2013). За літературними свідченнями, вітаміну С (аскорбінової кислоти) у плодах міститься від 98 до 400 мг/100 г сирої речовини та навіть більше (Rachtan-Janicka, Ponder & Hallmann, 2021). Р-активних речовин (барвники), від яких залежить здоров'я кровоносної системи людини та повноцінна дія вітаміну С, у ягодах різних сортів та в різних зонах вирощування міститься від 1000 до 3800 мг/100 г (Oczkowski, 2021)

Світовий досвід вирощування смородини чорної показує, що для отримання високих врожаїв культури, необхідно попередити втрати шляхом регулювання чисельності шкідливих організмів (Mitchell, Brennan, Cross & Johnson, 2011), адже у насадженнях смородини чорної зареєстровано близько 220 видів комах і кліщів, з яких 20 видів являються надзвичайно небезпечними. У зоні Лісостепу України значної шкоди завдають наступні фі-

тофаги: смородинова вузькотіла златка (*Agrilus ribesi* Schaefer), смородинова склівка (*Synanthedon tipuliformis* Cl.), сірий бруньковий довгоносик (*Sciaphobus squalidus* Gyllenha), листокрутки (3 види), кліщі (2 види) та попелиці (3 види). (Moštoviak, 2006)

Смородинова склівка та златка відносяться до внутрішньостеблових шкідників, що розповсюджені по всій території України. Проте значні їх вогнища найчастіше можна зустріти саме у зоні Лісостепу. На сьогодні багато авторів відзначили їхню шкодочинність.

Мета дослідження – проаналізувати біологію внутрішньостеблових шкідників смородини чорної, а саме смородинової вузькотілої златки (*Agrilus ribesi* Schaefer) та смородинової склівки (*Synanthedon tipuliformis* Cl.), розглянути методику їх обліку, фактори, що впливають на їх чисельність, а також природних ворогів даних шкідників.

Матеріали та методи дослідження.

Для написання огляду статті застосовувалися такі загальнонаукові методи дослідження: теоретичні: аналіз, синтез, узагальнення. Було проаналізовано 179 статей, які індексуються у наукометричних базах (Scopus, Web of Science), з яких 97 було відфільтровано і, нарешті, відібрали 40 статей, які на нашу думку найбільше відповідають проблематиці поставленої задачі.

Результати дослідження та їх обговорення.

В агроекологічних умовах Лісостепу України серед домінуючих фітофагів смородини чорної, найбільшу небезпеку для насаджень становлять внутрішньостеблові шкідники.

Імаго смородинової вузькотілої златки (*Agrilus ribesi* Schaefer) (Coleoptera: Buprestidae) завдовжки 5-9 мм, забарвлення може варіювати від бронзово-зеленого до золотисто-червоного (Tertyshnyi, 1996). Яйця округлі, у діаметрі приблизно 1 мм, вкриті твердим щитком, забарвлення спочатку жовто-оранжеве, а згодом набувають бурувато-сірого кольору. Личинка у довжину сягає 18-20 мм, ноги відсутні, забарвлення жовтувато-біле, дещо сплюснута на вигляд та з чітко виділеними сегментами тіла; на кінці тіла личинка має два короткі відростки гачкоподібної форми, що складаються з хітину. Лялечка завдовжки приблизно 8 мм, має біле забарвлення з дещо жовтуватим відтінком (Dudnik, 2011c).

У зоні Лісостепу України живлення личинок смородинової вузькотілої златки припадає на квітень, коли середньодобова температура повітря сягає понад 8°C, а залялькування всередині пагонів відбувається наприкінці квітня – у травні (Dudnik, 2011b).

Личинка проточує хід всередині пагону, який щільно забитий дрібним буровим борошном. Саме це і відрізняє ходи личинки смородинової вузькотілої златки від ходів смородинової склівки. Надалі, пошкоджені пагони значно відстають у рості, листя навесні розпускається повільно або може взагалі не розпуститись. Пагін, починаючи з верхівки, висихає. Зимують личинки різних віків у ходах всередині стебла.

За рік розвивається одне покоління шкідника (Ruban et al., 2007).

Досить часто наприкінці цвітіння або на початку дозрівання ягід смородини чорної можна спостерігати в'янення, засихання та раптове відламування гілок – дане явище є результатом пошкодження культури смородиновою склівкою (*Synanthedon tipuliformis* Cl.) (Lepidoptera: Sesiidae). Даний вид, зустрічається у всьому світі та вважається одним з найважливіших шкідників для рослин роду *Ribes*. (Manko, 1965) (Leska, 1966) (Yakimova, 1968) (Scott & Harrison, 1978) (Gottwald & Künzel, 1994).

Метелик у розмаху крил досягає 23-25 мм, має склоподібні крила, по зовнішньому краю передніх крил виділяється облямівка оранжевого кольору (Bezruchenok, 2014). Гусениця завдовжки 20-25 мм, біла, з коричнево-бурою головою і жовтуватим грудним та анальним щитками (Dudnik, 2011a). Літ смородинової склівки починається на 10-15 день після завершення цвітіння чорної смородини (на початку – середині червня) (Mrynskii, 2020c).

Навесні після розпускання бруньок значно привертають увагу засохлі серед зеленого листя гілки на кущах смородини чорної. Якщо таку гілку зрізати секатором, то в центрі зрізу можна побачити темний отвір з почорнілими стінками, де замість серцевини видніється порожнина. При поздовжньому розрізі стебла іноді можна виявити гусеницю рожевого кольору завдовжки 20-30 мм з коричневої головою і вісьмома парами ніг (Scott & Harrison, 1979).

Гусениці, які досягли останнього віку до осені, завершують свій розвиток за один рік, а решта мають розвиток за дворічним циклом, переживаючи дві зимівлі.

Пошкодження смородини смородиною склівкою та вузькотілою златкою оцінюють на віддалених пагонах за їхнього вирізання. На 6-8-ми облікових рослинах підраховують загальну кількість зрізаних пагонів і з них кількість пошкоджених, а потім обчислюють відсоток пошкоджених. Пригнічені пагони вирізають. Наявність склівки або слідів її пошкодження встановлюють методом поздовжнього розтину всіх пагонів (Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine). Економічний поріг шкідливості – 3 % пошкоджених пагонів на молодих посадках, 5 % – на старих посадках;

2-3 жуки на один кущ (Lytvynov & Yevtushenko, 2005).

Чисельність жуків смородинової златки і метеликів смородинової склівки визначають через два-три тижні після закінчення цвітіння смородини в період початку масового льоту комах. В облікових рядах ретельно оглядається 5-10% кущів, що рівномірно розміщені по площі насадження і таким чином обліковують шкідників. Дані обліки проводяться у сонячні дні, коли жуки і метелики сидять на найбільш освітлених сонцем місцях. Під час обстежень необхідно рухатись обережно і так, щоб тінь від обстежувача не падала на шкідників та не лякала їх, адже вони можуть злетіти. Чисельність жуків або метеликів у середньому визначається на кущ.

Економічний поріг шкідливості смородинової златки становить у середньому 5-8 імаго на кущ. На молодих невеликих кущах цей показник у два-три рази нижчий. Динаміку чисельності шкідника на час льоту обстежують періодично з певним інтервалом від початку і до кінця льоту комах. Імаго смородинової склівки обліковують за допомогою певних

принад (патокою, що бродить, 10% розчином кукурудзяного меду, хлібним квасом), коритець або феромонними пастками. Обліки пошкодження пагонів смородиною златкою або склівкою проводять навесні під час розпускання бруньок і листків, які розпускаються значно повільніше на ушкоджених пагонах та тих, що надто відстають у розвитку. У період досягання ягід спостерігається повне засихання пагонів. При розподілі пагонів на здорові, пошкоджені та засохлі, визначається кількість пошкоджених на облікових кущах. Далі, з кожного облікового куща або з частини, необхідно вирізати три пагони біля поверхні ґрунту (по одному з кожної групи) і в лабораторії або польових умовах розщеплюють по всій довжині. За наявності личинок і ознак пошкоджень встановлюють видовий склад шкідників та решта причин відмирання пагонів (Stankevych & Zabrodina, 2016) (Dospheov, 1985) (Pokozii et al., 2010).

Відсоток заселеності гілок смородини чорної внутрішньостебловими фітофагами визначається за формулою 1: (Bakalova, Tkalenko, Gritsyuk, Derecha, & Shchepanivskyi, 2019)

$$P = \frac{100 \times n}{N} [\%] [\%]$$

де n – підрахована кількість гілок, заселених фітофагом, шт;

N – загальна кількість гілок в обліку.

Для визначення щільності заселеності фітофага на одній гілці використовують формулу 2:

$$X = \frac{\sum xi}{n} [\text{екз/см}^2],$$

де $\sum xi$ – сумарна чисельність нарахованих личинок фітофага з усіх облікових гілок, екз;

n – кількість облікових гілок, шт.

Фітосанітарного стан смородинового агроценозу вузькотілою златкою або смородиною склівкою необхідно оцінювати за європейською дев'ятибальною шкалою (табл. 1)

Спостереження за заселенням насаджень смородини чорної різними стадіями шкідників упродовж 2-3 років, дали можливість побудувати фенологічний календар їхнього розвитку (табл.2,3) (Mrynskii, 2020b):

Біологічний розвиток фітофагів з урахуванням метеорологічних факторів, надають можливість розробити сезонний короткостроковий прогноз.

Для даних внутрішньостеблових шкідників біологічний розвиток визначається трьома факторами: потенційною життєдіяльністю шкідника, особливістю рослини-господаря та фактором зовнішнього середовища (Bakalova, Derecha & Hrytsiuk, 2018).

Надзвичайно важливими серед факторів навколишнього середовища, є також абіотичні чинники: температура, тривалість світлового дня, вологість, опади тощо. Саме дані фактори значною мірою впливають на інтенсивність розвитку та розмноження фітофага, його життєдіяльність, агресивність та здатні спричи-

Таблиця 1. Шкала визначення інтенсивності заселеності рослин смородини чорної вузькотілою златкою або смородиною склівкою

Бал заселеності	Ступінь заселеності	Заселеність рослин	
		пагонів/кущ	%
1	Дуже слабкий	1-2	5
2-3	Слабкий	3-4	25
4-5	Середній	5-6	50
6-7	Сильний	9-10	75
8-9	Дуже сильний	15-17	100

Таблиця 2. Фенологічний календар розвитку смородинової склівки

Фаза розвитку	Квітень			Травень			Червень			Липень			Серпень		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Личинка	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Лялечка					0	0	0	0							
Імаго						+	+	+	+	+					
Яйце							•	•	•	•	•				
Личинка							—	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблиця 3. Фенологічний календар розвитку смородинової вузькотілої златки

Фаза розвитку	Квітень			Травень			Червень			Липень			Серпень		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Личинка						—	—	—	—						
Лялечка					—	0	0	0							
Імаго	—	—	0	0	0	+	+	+							
Яйце					+	•	•	•	•						
Личинка						•	—	—	—	—	—	—	—	—	—

нювати спалахи масового розмноження (Bakalova et al., 2018).

Також, на зміну чисельності популяції мають значний вплив і антропогенні фактори (технологічні аспекти вирощування пошкодженої культури, а особливо, фітосанітарні заходи) (Zeynalov, 2012).

Оскільки дані шкідники являються внутрішньостебловими та шкоду завдають в основному личинки, контроль їх чисельності за допомогою хімічних обробок є не можливим (Ozoliða-Pole, Apenîte & Ciematnieks, 2013). Через це, необхідно робити акцент на біологічному захисті культури із застосуванням природних ентомофагів та ентомопатогенних нематод (Kollár & Bakay, 2015).

Вперше виявлені в 1920-х роках, ентомопатогенні нематоди (ЕПН) з кожним наступним десятиліттям викликали все більший інтерес через їх високий рівень безпеки для людей, нецільових організмів та навколишнього середовища (Ehlers, 2005) (Piedra Buena, López-Cepero & Campos-Herrera, 2015) (Gaugler & Kaya, 1990).

Ентомопатогенні нематоди (ЕПН) із родів *Steinernema* та *Heterorhabditis* є потужними агентами у боротьбі зі шкідниками, і за останнє десятиліття було досліджено, що кількість шкідників, які, як виявилось, є чутливими до зараження ЕПН продовжує зростати (Lacey et al., 2015).

Як показує світовий досвід, до природних ворогів смородинової склівки також належать ентомопатогенні нематоди із родів *Steinernema* та *Heterorhabditis* (Brown, 1986). Так, наприклад, обприскування кущів смородини чорної, яка заселена смородиною склівкою водним розчином із інфекційними личинками нематод *Steinernema feltiae* F. призводить до загибелі 90% личинок шкідника. (Miller, 1982).

Ентомопатогенна нематода *Heterorhabditis bacteriophora* Р. завдяки широкому спектру зараженості комах ряду *Lepidoptera* має потенціал використовуватись як біологічний агент у контролі чисельності смородинової склівки (Stefanovska, Pidlishyuk & Kaya, 2008).

Дані ЕПН мають схожу біологію (Platt, Stokwe & Malan, 2020). Вони проникають у тіло господаря через природні отвори (рот, задній прохід, дихальця) або безпосередньо через тонкі частини кутикули. Після проникнення вони вивільняють свої симбіотичні бактерії через дефекацію або регургітацію. ЕПН та бактерії співпрацюють та знищують комаху-господаря протягом 24-48 годин (Korpenhöfer, Shapiro-Ilan & Hiltbold, 2020).

Легкість їх розмноження, широкий спектр господарів та простота застосування викликали неабиякий інтерес серед дослідників. Bedding (1981) вперше застосував ентомопатогенних нематод у біологічному методі контролю чисельності смородинової склівки

Vergeles (2012) виявив у Центральному Лісостепу України паразитів смородинової склівки з родини *Braconidae*: *Apanteles laevigatus* Ratz., *Macrocentrus margintor* Nees., *Habrobracon hibetor* Say, *Bracon bagodechianus* Tel., а також із родини *Ichneumonidae* – *Centeterus confector* Grov.

На личинках смородинової вузькотілої златки здатні паразитувати 5 видів комах, що належать до ряду перетинчастокрилі (*Hymenoptera*). (Zeynalov & Churilina, 2016) ідентифікували три види, що належать до ендопаразитів з надроддини *Chalcidoidea*: *Tetrastichus heeringi* Del., *Tetrastichus* sp. та *Aggelma agrili* Bouček

До ектопаразитів смородинової вузькотілої златки відносяться 2 представни-

ки родини Ichneumonidae: *Xylophrurus sp. dentiterus* Ths. та *Xylophrurus dispar* Thnb. (Zeynalov & Churilina, 2016).

Висновки і перспективи.

Останні роки все більше зростає попит на екологічно чисту продукцію. Головною перевагою органічного ягідництва є зменшення інсектицидного навантаження на культуру. Перспективою подальших досліджень є акцент на біологічних захист, а саме використання комах-ентомофагів та ентомопатогенних нематод, які здатні ефективно контролювати чисельність внутрішньостеблових шкідників у зоні Лісостепу України.

References

1. Bakalova A. V., Derecha O. A., Hrytsiuk N. V., 2018 (2018). Ekologichnyi prohnaz biolohichnoho rozvytku Aegeria (Synanthedon) Tipuliformis Cl. v nasadzheniakh smorodyny chornoj [Ecological forecast for biological development of Aegeria (Synanthedon) Tipuliformis Cl. in the plantations of black currant], Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpeka, zbirnyk dopovidei uchasnykiv VI Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii [Organic production and food security, Proceedings of the 6th International Conference], Zhytomyr. [in Ukrainian]. Retrieved from <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/9307>
2. Bakalova A. V., Tkalenko A. M., Grytsiuk N. V., Derecha O. A., & Shchepanivskyi, D.S. (2019). Phenological peculiarities of developing Agrilus Chrysoderes on the planted areas of European black currant in the Ukraine's Polissia. Visnyk journal. Bulletin of Poltava state Agrarian Academy, (3), 65-71. [in Ukrainian] <https://doi.org/10.31210/visnyk2019.03.08>
3. Bedding, R. A. (1981). Disinfecting blackcurrant cuttings of Synanthedon tipuliformis, using the insect parasite nematode, Neoalectana bibionis / R. A. Bedding, L. A. Miller // Entomol. Amer. 449-453. <https://doi.org/10.1093/ee/10.4.449>
4. Bezruchenok N. N. (2014). Biologicheskii kontrol Synanthedon tipuliformis [Biological control of the Synanthedon tipuliformis]. Vesnik Paleskaga dziazhaunaga universiteta, 2, pp. 56-59 [in Belorussian]. Retrieved from <https://rep.polessu.by/handle/123456789/8477>
5. Brown, P. (1986). The ubiquitous nematode / P. Brown // Austral. Hortic. -1986. - Vol. 84, №1. - P. 52-56.
6. Dospehov B. A. (1985). Metodika polevogo opyta [Field experiment methodology], p.351. Moscow: Agropromizdat [In Russian]. Retrieved from <https://www.twirpx.com/file/204828/>
7. Dudnik A. V. (2011). Sil'skogospodarska entomologia [Agricultural entomology]. - Mykolaiv: Mykolaiv National Agrarian University, p.336. [in Ukrainian].
8. Ehlers, R. U. (2005). "Forum on safety and regulation," in Nematodes as Biocontrol Agents, eds P. S. Grewal, R.-U. Ehlers, and D.I. Shapiro-Ilan (Wallingford: CABI Publishing), 107-114. <https://doi.org/10.1079/9780851990170.0107>
9. Gaugler, R., & Kaya, H. K. (1990). Entomopathogenic Nematodes in Biological Control (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351071741>
10. Gottwald R., Künzel K. (1994). New information on the population ecology of the currant borer (Synanthedon tipuliformis Clerck). Gesunde Pflanzen, 46: 131-136. Retrieved from <https://eurekamag.com/> <https://doi.org/10.1007/BF02371944>. <https://doi.org/10.32394/rpzh.2021.0174>
11. Kollár J., Bakay L. (2015): The Currant Clearwing moth Synanthedon tipuliformis (Clerck, 1759) as a new pest for pawpaw (Asimina triloba L.) in Slovakia – short communication. Plant Protect. Sci., 51: 153-155. <https://doi.org/10.17221/16/2015-PPS>

12. Koppenhöfer A. M, Shapiro-Ilan D. I and Hiltbold I (2020) Entomopathogenic Nematodes in Sustainable Food Production. *Front. Sustain. Food Syst.* 4:125. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00125>
13. Lacey L. A., Grzywacz D, Shapiro-Ilan D. I., Frutos R., Brownbridge M., Goettel M. S. (2015). Insect pathogens as biological control agents: Back to the future. *Journal of Invertebrate Pathology.* <https://doi.org/10.1016/j.jip.2015.07.009>
14. Leska W. (1966). Studies on the biology of currant clearwing (*Synanthedon tipuliformis* Cl.) (Lep. Aegeriidae, syn. Sesiidae). *Polskie Pismo Entomologiczne*, B19: 245–261 [in Polish].
15. Lytvynov B. M., Yevtushenko M. D. (2005). *Sil'skogospodarska entomologia* [Agricultural entomology], p.383. Kyiv: Vyshcha osvita [in Ukrainian]. Retrieved from https://www.studmed.ru/view/litvinov-bm-yevtushenko-md-slskogospodarska-entomologiya_5a4ec390631.html
16. Manko V. V. (1965). On biology of currant clearwing moth under Belorussian conditions. *Newsletter of Academy of Sciences Belarus SSR. Ser. Agr. Studies*, 4: 70–76 [in Belorussian].
17. Miller L. A., (1982). Field testing of the insect parasitic nematode, *Neoaplectana bibionis* [Nematoda: Steinernematidae] against currant borer moth, *Synanthedon tipuliformis* [Lep.:Sesiidae] in blackcurrants.
18. Miller, L.A. (1981). Biological control of currant borer moth / L.A. Miller // *J. Agr. Tasmania*. Vol.52, № 1, 1–3.
19. Mitchell C., Brennan R. M., Cross J. V. and Johnson S.N., 2011. Arthropod pests of currant and gooseberry crops in the U.K.: their biology, management and future prospects. <https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2010.00513.x>
20. Mostoviyak S. M. (2006). Shkidnyky chornoi smorodyny. Vydovyi sklad naibilsh poshyrenykh i deiaki pryomy znyzhennia yikh chyselnosti [Pests of black currant. Species composition of the most common and some methods of reducing their numbers]. Karantyn i zakhyst roslyn – Plant protection and quarantine. №12. 14–15 [in Ukrainian].
21. Mrynskii I. M. (2020). Fenologichni sposterezhenia za rozvytkom shkidnykiv [Phenological observations of pest development], p.127 Kherson: Oldi Plus [in Ukrainian]. Retrieved from <http://hdl.handle.net/123456789/5549>
22. Oczkowski M. (2021). Health-promoting effects of bioactive compounds in black currant (*Ribes nigrum* L.) berries.
23. Order of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine from December 12, 2016 №540 “On approval of methods for conducting qualification examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine”.
24. Ozoliņa-Pole L., Apenīte I., and Ciematnieks R. (2013). Distribution and Invasion of Clearwing Moth *Synanthedon Tipuliformis* Cl., a Pest of Currant, in Latvia. <https://doi.org/10.2478/prolas-2013-0030>
25. Piedra Buena, A., López-Cepero, J. and Campos-Herrera, R. (2015). “Entomopathogenic nematode production and application: regulation, ecological impact and non-target effects,” in *Nematode Pathogenesis of Insects and Other Pests - Ecology and Applied Technologies for Sustainable Plant and Crop Protection*. Series: Sustainability in Plant and Crop Protection., A. Ciancio (series Ed.). Vol. 1, ed R. Campos-Herrera (Switzerland: Springer International Publishing), 253–280. https://doi.org/10.1007/978-3-319-18266-7_10
26. Platt, T., Stokwe, N. F., & Malan, A. P. (2020). A Review of the Potential Use of Entomopathogenic Nematodes to Control Above-Ground Insect Pests in South Africa. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 41(1), 1-16. <https://doi.org/10.21548/41-1-2424>
27. Pokozii Y. T., Pysarenko V. M., Dovhan S. V. et al. (2010). Monitorynh shkidnykiv silskohospodarskykh kultur [Monitoring of pests of agricultural crops], p.72. Kyiv: Ahrarna osvita. [in Ukrainian] Retrieved from <http://dspace.knau.kharkov.ua>

28. Rachtan-Janicka J.; Ponder A.; Hallmann E. (2021). The Effect of Organic and Conventional Cultivations on Antioxidants Content in Black-currant (*Ribes nigrum* L.) Species. Appl. Sci., 11. <https://doi.org/10.3390/app11115113>. Retrieved from <https://ua1lib.org/> Retrieved from <https://minagro.gov.ua>
29. Ruban M. B. (Ed.), Gadzalo Y. M., Bobos I. M. et al. (2007). Shkidnyky iagidnykh kultur [Pests of berries]. (pp.423-453). In Silskohospodarska entomologia [Agricultural entomology]. (Vol.2). Kyiv: Aristei [in Ukrainian].
30. Scott R. R., Harrison R. A. (1978). A sampling plan for population dynamics studies on currant clearwing, *Synanthedon tipuliformis* (Lepidoptera: Sesiidae). New Zealand Journal of Zoology, 5(1): 177 – 184. <https://doi.org/10.1080/03014223.1978.10423749>
31. Scott R. R., Harrison R. A. (1979) The biology and life history of currant clearwing, *Synanthedon tipuliformis* (Lepidoptera: Sesiidae), in Canterbury, New Zealand Journal of oology, 6:1, 145-163. <https://doi.org/10.1080/03014223.1979.10428356>
32. Stankevych S. V., Zabrodina I. V. (2016). Monitorynh shkidnykiv silskohospodarskykh kultur [Monitoring of pests of agricultural crops], p.173. Kharkiv: Brovin O.V. [i n Ukrainian]. Retrieved from https://www.studmed.ru/stankevich-s-v-zabrod-na-v-mon-toring-shk-dnik-v-s-lskogospodarskih-kultur_9095d41c4d9.html
33. Stefanovska, T., Pidlishyuk, V., & Kaya, H. (2008). Host range and infectivity of *Heterorhabditis bacteriophora* (Heterorhabditidae) f r o m Ukraine. Communications in agricultural and applied biological sciences, 73(4), 693-698. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/24024738_Host_range_and_infectivity_of_Heterorhabditis_bacteriophora_Heterorhabditidae_from_Ukraine
34. Tertyshnyi O. S. (1996). Agrobiolohichne obgruntuvannia zakhystu yabluni, slyvy, ta chornoi smorodyny vid shkidnykiv v umovakh Skhidnoho Lisostepu. [Agrobiological substantiation of protection of apple, plum, and black currant from pests in the conditions of the Eastern Forest-steppe Ahrobiolohichne obgruntuvannia zakhystu yabluni, slyvy, ta chornoi smorodyny vid shkidnykiv v umovakh Skhidnoho Lisostepu]. (Extended abstract of Doctor's thesis) National Agrarian University. Kyiv [in Ukrainian].
35. Vagiri M., Ekholm A., Öberg E., Johansson E., Andersson S.C., and Rumpunen K. (2013). Phenols and Ascorbic Acid in Black Currants (*Ribes nigrum* L.): Variation Due to Genotype, Location, and Year. <https://doi.org/10.1021/jf402891s>
36. Vergeles P. M. (2011). Rehuliatorna rol entomofahiv smorodynovoï sklivky v Tsentralnomu Lisostepu Ukrainy [Regulatory role entomophages of *Synanthedon tipuliformis* Cl. in the Central Forest-steppe of Ukraine]. Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. [Collection of scientific works of Vinnytsia National Agrarian University], Vinnytsia. [in Ukrainian]. Retrieved from <http://socrates.vsau.org/repository/getfile.php/4973.pdf>
37. Yakimova N. L. (1968). Some factors influencing the population dynamics of *Synanthedon tipuliformis* Cl. (Lepidoptera, Aegeriidae). Entomological Review, 47(1): 19–30.
38. Zdunić, G., Šavikin, K., Pljevljakušić, D., Djordjević, B. (2016). Black (*Ribes nigrum* L.) and red currant (*Ribes rubrum* L.) cultivars, in M. Simmonds, V.R. Preedy (Eds.), Nutritional composition of fruit Cultivars, Academic press, 101-126. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408117-8.00005-2>.
39. Zeynalov A. S. (2012). Osobennosti massovykh vspyshek razmnzhenija osnovnykh grupp fitofagov smorodiny [Features of mass outbreaks of reproduction of the main groups of currant phytophages] Plodovodstvo i jagodovodstvo Rossii [Fruit growing and berry growing of Russia]. [In Russian].
40. Zeynalov A. S., Churilina T. N. (2016). Vydovoj sostav i osobennosti razvitiya nase-

komyh-parazitov uzkoteloj zlatki Agrilus ribesi Schaefer v nasazhdenijah smorodiny [Species composition and development features of parasitic insects of Agrilus ribesi Schaefer in currant plantations]. Teorija i

praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami, Materialy doklada nauchnoj konferencii [Theory and practice of combating parasitic diseases, Proceedings of the Scientific Conference]. Moscow [In Russian].

Kravets O.M., Stefanovska T.R. (2021). INTRASTEM PESTS OF BLACK CURRANT: MONITORING AND BIOLOGICAL CONTROL IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF UKRAINE.. BIOLOGICAL SYSTEMS: THEORY AND INNOVATION, 12(3): 50-59.
<https://doi.org/10.31548/biologiya2021.03.006>.

Abstract. The importance of berry crops in human nutrition is well known. They are a valuable dietary food, have a high content of essential vitamins. Black currant (*Ribes Nigrum* L.) outperforms all other berries in terms of the nutritional benefits for human health. Black currant berries are rich in vitamins content, the complex of other vitamins and biologically active substances, namely: A, B1, B2, B3, PP, coumarins, fudocoumarins, nitrogen, tannins, essential oils, mineral salts, sugars (up to 12 %) and organic acids.

The Forest-Steppe zone of Ukraine is characterized by the most favorable soil and climatic conditions for the commercial cultivation of black currant (*Ribes Nigrum* L.), but pests can cause considerable damage to plantations. Among the dominant phytophages of black currant, the most common and dangerous are intrastem pests: jewel beetle (*Agrilus ribesi* Schaefer) and currant clearwing (*Synanthedon tipuliformis* Cl.). For effective protection of plantations from pests, special attention is paid to phytosanitary monitoring. Phytosanitary monitoring of black currant plantations will allow to detect pests in time, to monitor their development and spread in a certain area. By conducting phytosanitary monitoring of plantations with pests during 2-3 years and understanding the factors influencing their development, it is possible to build a phenological calendar of pests, which will provide an opportunity to predict their further appearance in the agroecosystem.

As these pests are intrastem, this means that the damage is caused mainly by larvae. These pests control is rather challenging, because the use of pesticides can't achieve high efficiency. That is why the development of biological control is important. The current literature reviewed results indicated that the use of entomophages and entomopathogenic nematodes are the most promising approaches in the biocontrol of these pests.

Keywords: black currant, intrastem pests, *Agrilus ribesi* Schaefer, *Synanthedon tipuliformis* Cl., monitoring, entomopathogenic nematodes, entomophages.

ІНВАЗІЙНІ ТА АБОРИГЕННІ ЩИТІВКИ (*STERNORRHYNCHA: DIASPIDIDAE*) В УРБОФІТОЦЕНОЗАХ УКРАЇНИ

Т. Р. СТЕФАНОВСЬКА, доцент

<http://orcid.org/0000-0002-7522-5197>

E-mail: tstefanovska@nubip.edu.ua

Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м.Київ, Україна

П. Я. ЧУМАК доцент

E-mail: Chumakp@i.ua

Поліський національний університет, м. Житомир, Україна

Анотація. Наведено результати дослідження видового складу інвазійних і аборигенних видів щитівок (*Diaspididae*), поширених в урбофітоценозах України, їх трофічні зв'язки та аналіз розвитку морфологічних ознак, сформованих під впливом абіотичних факторів. В зелених насадженнях міст і селищ та в оранжереях і теплицях України виявлено 24 види щитівок із 19 родів. У закритому ґрунті зареєстровано 14 видів, поширеними були – *A. Nerii*, *D. boisduvalii* та *D. Bromeliae*. Переважна більшість виявлених видів належать до поліфагів. У зв'язку із зміною клімату спостерігався перехід у літній період із оранжерей у відкритий ґрунт щитівок субтропічного походження (*Aspidiotus nerii*, *Diaspis boisduvalii* і *D. bromeliae*) на рослини відкритого ґрунту. Серед адвентивних видів, вперше для території України зареєстровано щитівку *Pinnaspis buxi* Bouche. – небезпечного шкідника самшиту вічнозеленого.

Із аналізу деяких важливих аспектів розвитку морфологічних ознак щитівок та інших видів кокцид під впливом дії абіотичних факторів випливає, що еволюція цієї групи комах відбувалась не лише шляхом адаптації, а й уникнення впливу середовища. Еволюція уникнення дії середовища проходила в усіх родинях *Coccoidea*. Утворення щитка розглядається не лише як спосіб уникнення впливу середовища, а як перехід цих комах на інший рівень еволюції – перетворення середовища під свої потреби. Особливо чітко це просліджується у *Xylococcus japonica* Oguma, *X. filiferus* Loew та деяких представників роду *Eriococcidae*, які живуть в галах. Вектор захисту організму і його органів від несприятливих факторів оточуючого середовища відбувався в напрямку від утворення порошкоподібного воску і рихлого яйцевого мішка (*Margarodidae*) до повстяного овисака (*Eriococcidae*, *Asterolecaniidae*) та до утворення захисного щитка із личинкових шкірок (*Phoenicoccocidae*, *Diaspididae*).

Ключові слова: щитівки, інвазія, адвентивні види, адаптація, відкритий ґрунт, теплиця, еволюція

Вступ.

В урбофітоценозах України серед комплексу шкідливих організмів деревних рослин домінуючими та небезпечними є група сисних фітофагів із родини щитівок (Diaspididae). Родина щитівки належить до надродини кокциди (Insecta: Hemiptera: Coccoidea).

Останніми роками, як наслідок глобального потепління та аномально складних погодних умов спостерігаються спалахи масового розмноження багатьох інвазійних та аборигенних видів щитівок. Проблема інвазій в усьому світі приділяється велика увага, поскільки біологічні інвазії різних організмів стали причиною колосальних змін як в природних, так і в урбофітоценозах. Чужорідні види зазвичай становлять серйозну загрозу для екосистем, безпеки людини та сільського, лісового та рибного господарства. [1].

Біологічні інвазії, на відміну від інших видів антропогенної діяльності мають, як правило, незворотній характер [2]. Так, наприклад, проникнення каліфорнійської щитівки (*Quadraspidiotus perniciosus* Comst.), колорадського жука (*Leptinotarsa decemlineata* Say), амброзії полинолистої (*Ambrosia artemisiifolia* L.) [3] (та інших інвазійних видів на територію нашої держави створило дуже складну проблему управління чисельністю їх впродовж багатьох десятиліть, та наносить величезні матеріальні та економічні збитки. Відомо, що щорічні втрати від пошкодження (ураження) рослин адвентивними (чужоземними) шкідливими організмами та витрати на їхній фітосанітарний контроль становлять у світовому масштабі 1500 млн. дол. США [4].

Кількість випадків екологічних проблем, зумовлених біологічними інвазіями невинно збільшується. Coccoidea представляють найбільшу (129 видів) групу чужорідних комах в Європі і ця кількість (становить близько 30% від загальної кількості комах європейської фауни. Чужорідні для Європи види Coccoidea походять переважно з тропічних регіонів Азії (21,7%) та Південної Америки (17,8%). Походження 26 видів (20,2%) невідоме [5].

У Європі більшість чужорідних видів Coccoidea зустрічається в Росії та Франції (96 видів), а також Італії (92 види) [6, 5]. На Мальтійському архіпелазі, на Канарських островах та в Іспанії було зафіксовано 64, 51 та 50 видів відповідно, тоді як в Польщі, Мадейрі, та Португалії, а також в Болгарії кількість виявлених видів складає 46, 41 та 34 відповідно [5, 7, 8, 9, 10].

Одним із ефективних заходів зниження негативного впливу інвазійних видів на стан деревних рослин урбофітоценозів є своєчасне виявлення та ідентифікація їх. Складною, з точки зору моніторингу та систематики, групою інвазійних видів є щитівки, які ще не достатньо досліджені в Україні [11].

Метою досліджень було визначення видового складу щитівок-фітофагів, їх поширення, шкідливість на декоративних рослинах та закономірності розвитку в урбофітоценозах України.

Матеріал і методика досліджень.

Дослідження проводили в урбофітоценозах м. Києва (стаціонар в Ботанічному саду імені акад. О.В. Фоміна) та інших міст України (Біла Церква, Бориспіль, Бровари, Бердянськ, Дніпро, Житомир, Полтава,

Одеса, Харків), впродовж 2010-2021 рр. за методикою,,, описаною в попередніх дослідженнях [12]. Комах збирали шляхом візуального огляду кори стовбурів, гілок і листків рослин. Зібраний матеріал супроводжували етикетками, в яких відмічали дату, місце виявлення, рослину-живителя тощо. Ідентифікацію видів проводили (за морфологічними ознаками) морфологічним методом на мікроскопічних препаратах [13,14,15].

Результати та обговорення.

Дослідженнями фітосанітарного стану деревних насаджень урбофітоценозів України (2010-2021 рр.) встановлено, що рослинам шкодять 24 види із 18 родів щитівок, із них у відкритому ґрунті 10 і закритому – 14 видів (таблиця 1).

Вперше для України виявлено самшитову комовидну щитівку (*Pinnaspis buxi* Bouche.). Самшитова щитівка була в перший раз описана в Австралії [16], але вірогідно цей вид походить зі східної Азії [17]. Наразі самшитова щитівка трапляється в Азії, Африці, Північній та Південній Америці, Австралії та Океанії. На території Європи зареєстрована в Данії, колишніх Чехословаччині та Радянському союзу, Німеччині [18] та Італії [17, 18]. На території колишнього Радянського союзу та у Великій Британії самшитова щитівка була зареєстрована виключно в теплицях ботанічних садів та комаху виявили в умовах заритого ґрунту [19, 18]. Самшитова щитівка відноситься до поліфагів. Рослини-господарі шкідника, належать до 42 родів, у 21 родині рослин [19].

Встановлено, що в літній період три види щитівок субтропічного по-

ходження (*Aspidiotus nerii*, *Diaspis boisduvalii* і *D. bromeliae*) проникають із оранжерей і теплиць на рослини відкритого ґрунту. За нашими спостереженнями впродовж вегетаційного періоду на рослинах відкритого ґрунту щитівка (*Aspidiotus nerii*) здатна утворити 1–1,5 покоління.

Із аналізу трофічної спеціалізації виявлених фітофагів випливає, що 11 видів є поліфагами (*Chionaspis salicis*, *Lepidosaphes ulmi*, *Quadraspidotus perniciosus*, *Q. ostreaeformis*, *Aspidiotus nerii*, *Asp. spinosus*, *Diaspis boisduvalii*, *D. bromeliae*, *Pinnaspis aspidistrae*, *Chrysomphalus dictyospermi*, *Hemiberlesia rapax*), 8 видів – олігофагами (*Anaspis loewi*, *Chionaspis salicis*, *Epidiaspis leperii*, *Leucaspis pusilla*, *Aonidiella citrine*, *Diaspis echinocacti*, *Furchadiaspis zamiae*, *Nuculaspis abietis*) та 5 видів – монофагам (*Aonidia lauri*, *Aulacaspis rosae*, *Lepidosaphes juniperi*, *Kuwanaspis pseudoleucaspis*, *Parlatoria theae*).

При вивченні поширення наведених інвазійних видів щитівок слід в першу чергу звернути увагу на еволюційні удосконалення «змін» морфологічних ознак цих комах. Традиційно склалося так, що із багатьох аспектів розвитку організмів в основі знаходиться лише один напрямок - адаптація. В еволюційному плані адаптація – це процес безперервного пристосування організмів до середовища, що постійно змінюється. Шмальгаузен [20, 21] вважав, що процес адаптації і означає еволюцію організмів. Але слід зауважити, що адаптація – це економічно не вигідні витрати на отримання речовини, енергії, зовнішньої інформації тощо, і на цій основі утворення пристосувань до нових умов середовища. Як відмічає, наприклад, Майр [22] занадто висока генетична мінливість невідворотно веде до марного продукування великої

Таблиця 1. Видовий склад інвазійних та аборигенних видів щитівок (*Diaspididae*), поширених в урбофітоценозах України та їх кормові рослини

Щитівки	Кормові рослини
Відкритий ґрунт (парки, арборетуми ботанічних садів)	
<i>Anamaspis loewi</i> Colvce. – Веретенovidна соснова щитівка	Pinus
<i>Aulacaspis rosae</i> Bouche. – Трояндова щитівка	Rosa
<i>Chionaspis salicis</i> L. – Вербова щитівка	Поліфаг. Переважно на Salix, Acer, Populus
<i>Epidiaspis leperii</i> Sign. – Червона грушева щитівка	Pyrus, Malus
<i>Lepidosaphes ulmi</i> L. – Яблунева комовидна щитівка	Поліфаг. Переважно на Cotoneaster, Malus, Populus, Syringa,
<i>L. juniperi</i> Lndgr. – Яловцева щитівка	Juniperus
<i>Leucaspis pusilla</i> Loew. – Соснова щитівка	Pinus
<i>Nuculaspis abietis</i> Schr. – Ялинова щитівка	Picea
<i>Pinaspis buxi</i> Bouche. – Самшитова комовидна щитівка	Buxus
<i>Quadraspidotus perniciosus</i> Comst. – Каліфорнійська щитівка	Поліфаг. Переважно на Malus, Acer, Populus, Caragana
<i>Q. ostreaeformis</i> Curt. – Несправжня каліфорнійська щитівка	Поліфаг. Переважно на Malus, Acer, Populus, Ribes
Закритий ґрунт (оранжереї і теплиці)	
<i>Aonidia lauri</i> Bouche. – Лаврова щитівка	Laurus
<i>Aonidiella citrine</i> – Жовта цитрусова щитівка	Citrus
<i>Aspidiotus nerii</i> Bouche. – Плющова щитівка	Поліфаг. Переважно на Laurus, Aucuba, Ligustrum, Butia, Chamaerops, Phoenix. Влітку на рослинах відкритого ґрунту (Polygonum sachalinensis F. Schmidt)
<i>Asp. spinosus</i> Comst. – Шипоносна щитівка	Ficus, Jucca
<i>Chrysomphalus dictyospermi</i> Morg. – Коричнева щитівка	Strelitzia, Livistona, Phoenix
<i>Diaspis boisduvalii</i> Sign. – Пальмова щитівка	Conorocarpus, Cneorum, Butia, Pheonix, Trachycarpus. Влітку у відкритому ґрунті на Euonymus europaea L.
<i>D. bromeliae</i> Kern. – Бромелієва щитівка	Aechmea, Billbergia, Hohenbergia, Jubaea, Trachycarpus, Waschingtinia. Влітку на Heracleum mantegazzianum Samm.et Lew., Silphium perfoliatum L.
<i>D. echinocacti</i> Bouche. – Кактусова щитівка	Opuntia., Mammillaria
<i>Furchadiaspis zamiae</i> Moeg. – Саговникова щитівка	Encephalartos, Zamia
<i>Hemiberlesia lataniae</i> Sign. – Латанієва щитівка	Dictyosperma, Livistina, Latania
<i>H. rapax</i> Comst. – Тропічна камелієва щитівка	Camellia, Acacia, Callitris, Ilex, Lauris, Ligustrum, Rhododendron
<i>Kuwanaspis pseudoleucaspis</i> Kim. – Бамбукова щитівк	Bambusa
<i>Parlatoria theae</i> Ckll. – Чайна фіолетова щитівка	Thea
<i>Pinaspis aspidistrae</i> Signoret – Аспідістрова щитівка	Aspidistra, Anthurium, Strelitzia, Chamaedorea

кількості генотипів, неповноцінних в даній місцевості. Автор наводить фактори, що зменшують мінливість (природний добір, випадкові впливи) або захищають генетичну мінливість від елімінуючої дії самого добору (цитофізичні механізми та екологічні фактори). Отже, еволюція не означає, що це лише адаптація. Якщо проаналізувати в загальних рисах еволюцію протобіонтів то все живе, на наш погляд, могло утворитися лише захистившись від середовища. Вважається, що таку функцію захисту могли виконувати напівпроникні мембрани. Тому уникнення можна вважати однією із основних і найдавніших властивостей живого. Процес уникнення може відбуватися декількома шляхами, важливими з яких є захист організму і його органів від прямої дії зовнішнього середовища; незалежність або автономність індивідуального розвитку [20, 21]; цитофізичні механізми; утворення механізмів шифрування і дешифрування інформації та зворотного зв'язку; економічність на основі удосконалення біохімічних процесів, олігомеризації тощо.

Деякі аспекти еволюції уникнення та адаптації ми спробуємо показати на щитівках (Sternorrhyncha: Diaspididae). Перш за все хотіли б звернути увагу на те, що Coccoidea відрізняється від Psyllidae, Aphidodidae, Aleurodidae тим, що 1-2-х членикові лапки несуть один кігтик, а комахи інших трьох груп – два кігтики [12, 22]. В межах Coccoidea одна велика група комах характеризується наявністю пігидія та їх тіло вкрито щитком (Diaspididae), а у інших груп (Coccidae, Asterolecaniidae, Kermesidae, Pseudococcidae) – тіло дорослих не вкрито щитком і пігидій відсутній. Важливим є, що ця ознака в певний період свого становлення набула здатності уникнення дії добору.

Процес утворення щитка заходять-ся в стані тривалого стазису. Ознаки можна поділити на такі, що здатні до адаптації в межах своєї норми реакції (наприклад, параметри тіла) та такі, що набули різний рівень стазису (ознаки виду, родини, ряду, класу тощо). Головні тенденції уникнення впливу середовища в еволюції Coccoidea шляхом створення захисного покриття відбувалося в напрямку від утворення порошкоподібного воску і рихлого яйцевого мішка (Margarodidae) до повстяного овисака (Eriococcidae, Asterolecaniidae) і до утворення захисного щитка із личинкових шкірок (Phoenicoccocidae, Diaspididae). Утворення щитка у Coccidae сприяло більш ефективному захисту тіла дорослих самок і яєць та широкій радіації, яка досягла понад 1700 видів [23, 24, 25]. Поряд з цим, одна із найдавніших груп кокцид Ortheziidae налічує лише біля 50 видів.

Еволюція уникнення дії середовища відбувалася в усіх родинях Coccoidea. Але в деяких групах цих комах захисне укриття втрачено (Serrolecanium, Psilo) у зв'язку із переходом до прихованого способу життя (мешкають у пазухах листків злаків).

Утворення щитка можна розглядати не лише як спосіб уникнення впливу середовища, а як перехід цих комах на інший рівень еволюції - перетворення середовища під свої потреби. Особливо чітко це просліджується у *Xylococcus japonica* Oguma, *X. filiferus* Loew та деяких представників роду Eriococcidae, які живуть в галах. Отже, еволюція Coccoidea проходила не лише шляхом адаптації, а й шляхом уникнення впливу середовища (захист організму і його органів, автономність, стазис певних ознак, перетворення середовища тощо).

Висновки.

На багатьох видах рослин, які широко використовують для озеленення урбофітоценозів України мешкає 24 види із 18 родів щитівок. Вперше відмічено самшитову комовидну щитівку *Pinnaspis buxi* Bouche..

Серед виявлених комах переважають адвентивні види (87,5%).

Еволюція щитівок відбувалась не лише шляхом адаптації, а й уникнення впливу середовища (захист організму і його органів, автономність розвитку, стазис певних ознак, перетворення середовища існування тощо).

Подальші дослідження будуть направлені на вивчення ризику зниження біомаси рослин в урбофітоценозах від інвазійних видів щитівок, встановлення економічних порогів їх шкідливості та розробку надійних, але екологічно безпечних заходів контролю цієї небезпечної групи комах.

Список літератури

1. Early, R., Bradley, B. A., Dukes, J. S., Lawler, J. J., Olden, J. D., Blumenthal, D. M., & Tatem, A. J. (2016). Global threats from invasive alien species in the twenty-first century and national response capacities. *Nature communications*, 7 (1), 1-9. DOI: 10.1038/ncomms12485
2. Liebhold, A. M., Yamanaka, T., Roques, A., Augustin, S., Chown, S. L., Brouckhoff, E. G., & Pyšek, P. (2016). Global compositional variation among native and non-native regional insect assemblages emphasizes the importance of pathways. *Biological Invasions*, 18(4), 893-905. DOI 10.1007/s10530-016-1079-4
3. Afonin, A. N., Luneva, N. N., Fedorova, Y. A., Kletchkovskiy, Y. E., & Chebanovskaya, A. F. (2018). History of introduction and distribution of common ragweed (*Amrobia artemisiifolia* L.) in the European part of the Russian Federation and in the Ukraine. *EPPO Bulletin*, 48 (2), 266-273. <https://doi.org/10.1111/epp.12484>
4. Федоренко В. П. Наукове забезпечення фітосанітарних служб ЄС та України: проблеми і перспективи/ В. П. Федоренко, Л. А. Пилипенко// Карантин і захист рослин. – 2008. – № 12. – С. 1 – 3.
5. Pellizzari G., Germain J-F. (2010). Scales (Hemiptera, Superfamily Coccoidea), Pp. 475-510. In: *Alien Terrestrial Arthropods Of Europe* (Roques A., Kenis M., Leeds D., Lopez-Vaamonde C., Rabitsch W., Rasplus J-Y, Roy D. B., Eds).- *Biorisks* 4 (1), Special Issue, Pensoft Publishers, Sofia, Bulgaria. http://www.setscience.com/index.php?go=d1001a2417e2b87d5b-7c53e16c5e1675&conf_id=84&paper_id=28
6. Germain J. F. (2008). Invasive scale insects (Hemiptera: Coccoidea) recorded from France, pp. 77-87. In: *Proceedings of the XI international symposium on scale insect studies* (Branco M., Franco J. C., Hodgson C. J., Eds), Oeiras 24-27 September 2007, ISA Press, Lisbon, Portugal <https://scalenet.info/references/Germai> 2008
7. Trencheva K., Trenchev R., Tomov R., Wu S-A. (2010). Non-indigenous scale insects on ornamental plants in Bulgaria and China: a survey. *Entomologia Hellenica*, 19: 114-123. <https://ejournals.epublishing.ekt.gr/index.php/entsoc/article/view/11578>
8. Mifsud D., Mazzeo G., Russo A., Watson G. W. (2014). The scale insects (Hemiptera: Coccoidea) of the Maltese Archipelago.- *Zootaxa*, 3866 (4), 499-525. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3866.4.3>
9. Łagowska, B., Golan, K., Kot, I., Kmiec, K., Gorska-Drabik, E., & Goliszek, K. (2015). Alien and invasive scale insect species in Poland and their threat to native plants. *Bulletin of Insectology*, 68(1), 13-22. ISSN 1721-8861 <https://www.cabi.org/isc/FullTextPDF/2015/20153229174.pdf>
10. Łagowska, B., & Golan, K. (2020). An updated annotated checklist of scale insects (Hemiptera, Sternorrhyncha, Coccoomorpha)

- of Poland. ZooKeys, 918, 65. <https://doi.org/10.3897/zookeys.918.49126>.
11. Стефановська Т., Чумак П., Ковальчук В. Кокциди (Coccoidea) рослин закритого ґрунту: монографія. – К.: НУБІП України, Житомир: ПП «Рута», 2017. – 140 с.
 12. Чумак П. Я., Борzych А. И., Стригун А. А. Совершенствование методов мониторинга калифорнийской щитовки // Защита и карантин растений, 2020, № 4. – С. 37–38.
 13. Борхсениус Н. С. Червецы и щитовки (Coccoidea). – М.–Л.: Наука, 1950. – 250 с.
 14. Wilkey R. F. (1990). 1.5 Techniques. 1.5.1 Collection, Preservation and microslide mounting. – In: Rosen D. (Ed.): Armored Scale Insects – Their Biology, Natural Enemies and Control. Vol. 4A. Elsevier. Amsterdam: 345-352
 15. Ben-Dov Y., C. J. Hodgson. (1997). 1.4 Techniques, 1.4.1 Collecting and mounting. – In: Ben-Dov Y., C. J. Hodgson (Ed.): Soft Scale Insects—Their Biology, Natural Enemies and Control. Vol. 7A, Elsevier, Amsterdam & New York, 389-395. Hardcover ISBN:9780444828439e-Book ISBN: 9780080541358. <https://www.elsevier.com/books/soft-scale-insects/ben-dov/978-0-444-82843-9>
 16. Williams, D. J., & Watson, G. W. (1988). The scale insects of the tropical South Pacific region. Part 1. The armoured scales (Diaspididae). CAB International. <https://www.cambridge.org/core/journals/bulletin-of-entomological-research/article/abs/scale-insects-of-the-tropical-south-pacific-region-by-dj-williams-and-gw-watson-wallingford-uk-cab-international-part-1-the-armoured-scales-diaspididae-1988-290-p>
 17. Longo S; Marotta S; Pellizzari G; Russo A; Tranfaglia A (1995). An annotated list of the scale insects (Homoptera: Coccidea) of Italy. Israel Journal of Entomology, 29,113-130. <https://www.cabi.org/ISC/abstract/19971102314>
 18. Danzig, E. M., & Pellizzari, G. (1998). Diaspididae. Catalogue of Palaearctic Coccoidea, 172-370.
 19. Nakahara S. (1982). Checklist of the Armored Scales (Homoptera: Diaspididae) of the Conterminous United States. Plant Protection and Quarantine, Animal and Plant Health Inspection Service, USDA, Washington, USA, 110 pp
 20. Rosen D., Helle W, Schus R. 1990. Armored scale insects: Their biology, natural enemies, and control. A. Amsterdam: Elsevier. 1–384 p. DOI:10.1086/416999
 21. Шмальгаузен И. И. Факторы эволюции. Теория стабилизирующего отбора/ И. И. Шмальгаузен. – М.: Наука, 1968. – 451 с.
 22. Шмальгаузен И. И. Проблема дарвинизма. – Л.: Наука, 1969. – 494 с.
 23. Майр Э. Популяции, виды и эволюция: перевод с англ./ Э. Майр. – М.: Мир, 1973. – 460 с
 24. Kosztarab M., F. Kozár. (1988). Scale Insects of Central Europe. – Series Entomologica, Akademiai Kiado, Budapest, Vol. 41: 456 p
 25. Ben-Dov Y., D. R. Miller, G. A. P. Gibson. (2013). ScaleNet: A database of the scale insects of the world. Available from <http://www.sel.barc.usda.gov/scalenet/scalenet.htm>

Tatyana R. Stefanovska, Petro Ya. Chumak, (2021). INVASIVE AND INDGENOUS ARMoured SCALES (STERNORRHYNCHA: DIASPIDIDAE) IN URBAN LANDSCAPES OF UKRAINE. BIOLOGICAL SYSTEMS: THEORY AND INNOVATION, 12(3): 60-67. <https://doi.org/10.31548/biologiya2021.03.007>.

Abstract. The results of long-term survey of armoured scales (Sternorrhyncha: Diaspididae) that was provided in urban landscapes in Forest- Steppe and Steppe zones of Ukraine are presented. The species composition of alien armored scales consists of 24 species from 19 genera. 10 species were found in open field whereas 14 species were registered in green house. The most distributed

were *A. nerii*, *D. boisduvalii* ma *D. bromeliae*. The vast majority of species found in survey belong to polyphagous and represent alien species. Due to climate change, in summer there has been a shift of sub tropically originated armor scales(*Aspidiotus nerii*, *Diaspis boisduvalii* and *D. bromeliae*) from greenhouses to open field host plants.

The coconut scale *Pinnaspis buxi* Bouch was recorder for the first time in this study. The features of the invasive armored scales adaptation in light of the of their development is discussed. Analysis of some important aspects of the development of morphological features of armored scales and other soft scales species of under the influence of abiotic factors indicated that the evolution of this group of insects occurred not only by adaptation but also by avoiding environmental influences.

The evolution of environmental avoidance has taken place in all families of Coccoidea. The formation of the shield is seen not only as a way to avoid the influence of the environment, but as the transition of these insects to another level of evolution – the transformation of the environment to their needs.

Keywords: armored scales, invasion, alian species, adaptation, open field, green house, evolution
