



УДК 57.042/57.044:57.017.3/581.5

ВПЛИВ ІЗАТІЗОНУ ТА НАНОСРІБЛА SS1000 НА РОСТОВІ ПРОЦЕСИ, ЗЕРНОВУ ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ФОТОСИНТЕЗ ВІВСА СОРТУ НЕЗЛАМНИЙ

В. А. КАЦАН, кандидат біологічних наук,
науковий співробітник

Інститут молекулярної біології і генетики НАН України

E-mail: val.katsan@gmail.com

А. І. ПОТОПАЛЬСЬКИЙ, кандидат медичних наук,
доцент, професор Європейської академії проблем людини,
Заслужений винахідник України, директор ІОВНУ
та Благодійного фонду "Небодарний цілитель"

**Інститут оздоровлення і відродження народів України (ІОВНУ),
Центр духовного відродження та оздоровлення людини і довкілля
Національного університету біоресурсів і природокористування України,
завідувач лабораторії модифікації структури біологічно активних речовин**

Інститут молекулярної біології і генетики НАН України,

E-mail: potopalsky@imb.org.ua

<https://doi.org/10.31548/bio2018.05.012>

Здатність поліпшувати адаптаційний потенціал та екологічна безпека є найважливішими вимогами до сучасних засобів захисту рослин. У зв'язку з цим заслуговують на увагу розроблений у нашій лабораторії Ізатізон із відомою противірусною, імуномодулюючою та протипухлинною дією, виявленою на тваринах, та препарати наносрібла, яким також притаманний широкий спектр біологічних ефектів та значно менша токсичність порівняно з йонами срібла. Раніше нами були проведені дослідження впливу Ізатізону, його похідного Ізатітонію та наносрібла SS1000 на ріст, зернову продуктивність вівса сорту Незламний упродовж 3 поколінь після обробки, а також на вміст фотосинтетичних пігментів у його листках під час викидання волотей. Рослини вирощували у відкритому ґрунті, насіння перед висівом 1 покоління обробляли суспензіями препаратів.

Мета даної роботи – провести підсумки цих багаторічних досліджень, виявити закономірності дії препаратів та їх складників.

Основна закономірність дії досліджених препаратів – їх здатність сприяти росту, збільшенню зернової продуктивності, і такі позитивні зміни зберігалися в наступних поколіннях вівса. Пропонується гіпотетичний механізм позитивного впливу Ізатізону та наносрібла на адаптаційний потенціал рослин.

Ключові слова: Ізатізон, наносрібло SS1000, ріст, зернова продуктивність, вміст фотосинтетичних пігментів, адаптаційна модуляція метаболізму, гени стресового сигналіну, гомеостичні гени, рослини TOR кінази



Актуальність. Техногенне забруднення довкілля та зміни клімату спричинюють зниження життєздатності рослин та їх продуктивності, що призводить до значних втрат врожаю. У свою чергу, більшість сучасних хімічних засобів захисту рослин від комплексу шкідників та хвороб теж стають додатковими факторами забруднення довкілля, є токсичними для всього живого, шкідники та фітопатогенні мікроорганізми до них адаптуються, що потребує застосування більших концентрацій таких засобів захисту рослин і призводить до забруднення ними продуктів харчування, виготовлених із отриманої таким чином сільськогосподарської продукції. Тому пошук препаратів нового покоління, здатних забезпечити високий рівень продуктивності рослин в умовах техногенного забруднення довкілля та змін клімату, є однією з найважливіших проблем сьогодення, оскільки дуже важливою вимогою до таких препаратів є також їх екологічна безпека. На нашу думку, сучасні засоби захисту рослин від комплексу стресорів мають бути такими, які поліпшують адаптаційний потенціал, не впливаючи шкідливо на довкілля, і саме таким препаратом може бути розроблений у нашій лабораторії Ізатізон, якому притаманний широкий спектр біологічних ефектів, виявлений на тваринних об'єктах, у тому числі противірусна, імуномодуюча та протипухлинна дія [1]. Попередні дослідження виявили вплив Ізатізону також на рослини, зокрема його здатність пригнічувати фітовірусні інфекції та сприяти підвищенню їх врожайності [2, 3]. На сьогодні все більшого застосування для захисту від мікроорганізмів в різних галузях господарства, медицини та промисловості набувають препарати наносрібла, якому притаманна менша токсичність порівняно з іонами срібла та широкий спектр біологічних ефектів, які залежить не тільки від кон-

центрації та тривалості його дії, розмірів та форми його часточок, їх поверхневого заряду, енергії, сольватації, але й від типу клітин та біомолекул, які стають його мішенями [4], зокрема здатність стимулювати ростові процеси в рослин, і це створює перспективи для застосування наносрібла в рослинництві.

Всі життєві процеси рослин, у тому числі їх продуктивність та адаптаційний потенціал, залежать від фотосинтезу, важливими показниками адаптаційних перебудов у фотосистемах є вміст фотосинтетичних пігментів і, особливо, величина співвідношень вмісту окремих пігментів, які входять до складу реакційних центрів фотосинтезу (РЦ) та світлозбиральних комплексів (СЗК), і такі показники дуже зручні для дослідження великої кількості рослин. Тому мета даного дослідження – провести підсумок досліджень, присвячених вивченню впливу обробок насіння вівса сорту Незламний препаратами Ізатізону та наносрібла на його ростові процеси, зернову продуктивність упродовж 3-х поколінь та на вміст і величини співвідношення хлорофілів і каротиноїдів у його листках у ключову фазу розвитку – на початку викидання волотей упродовж 2 поколінь. Результатам окремих етапів таких досліджень раніше були присвячені кілька наших статей та тези доповідей [5-16].

Матеріали і методи дослідження. Для обробок насіння вівса сорту Незламний використані водні суспензії наступних препаратів: розробленого в нашій лабораторії препарату Ізатізон (**Iz**; розчин N-метилізатин β-тіосемікарбазону в композиції диметилсульфоксиду, **D**, та поліетиленгліколю ПЕГ400, **P** [1]); похідного **Iz** – Ізатітонію (**It**; **Iz** + етоній), а також розчинників **D** та **P** та комплексу **D+P** (за співвідношення **D/P** такому ж, як у препараті Ізатізон); препарату наносрібла **SS1000 (S)**, розробленого в Інституті надтвердих матеріалів ім. М. В. Бакуля НАН України [17] і



люб'язно наданого нам; S було використано окремо та в комплексі з розробленим у нашій лабораторії препаратом Ізатізон та розчинниками, які є його складниками, з метою дослідження біологічної дії складників Ізатізону та можливості створення комплексного препарату з наносріблом на основі Ізатізону.

Концентрацію препаратів у суспензіях для обробок насіння вівса добирали попередніми дослідженнями, результати яких у даній роботі не наводяться. Оскільки було виявлено здатність препаратів позитивно впливати на ріст, розвиток та врожайність рослин при значних розведеннях, для подальших досліджень була обрана оптимальна концентрація серед найбільших розведень за тривалості інфільтрації насіння, рівній 1 добі. Рослини вирощували на дослідній ділянці ІМБГ в умовах відкритого ґрунту та в інститутській теплиці.

Інтенсивність ростових процесів оцінювали за довжиною стебла при виході у трубку (**Ls**), елементи зернової продуктивності: довжину головної волоті (**L**); кількість зерен у головній волоті (**G**); вагу зерна з головної волоті (**W**) та вагу 1000 зерен (**W1000**) досліджували упродовж 3 поколінь.

Стан фотосинтетичного апарату рослин у ключову фазу розвитку – на початку викидання волотей – оцінювали за вмістом хлорофілів і каротиноїдів та співвідношеннями окремих груп пігментів. Уміст хлорофілів a (C_a) та b (C_b), сумарний вміст хлорофілів (C_{a+b}), сумарний вміст каротиноїдів (C_{car}) та величини співвідношення $C_a:C_b$, $C_{a+b}:C_{car}$ визначали в листках одного віку. Пігменти виділяли на холоді 80 % ацетонною кваліфікації “екстра чистий” фірми Merck, спектри поглинання їх екстрактів реєстрували за допомогою спектрофотометра BioMate 5 (Thermo Scientific), уміст хлорофілів (мг/г тканини листка) визначали за формулами Вернона, каротиноїдів – Ветшттейна [13].

Результати дослідження та їх обговорення.

1. Вплив препаратів на ріст та елементи зернової продуктивності вівса в 1 поколінні

У 1 поколінні після обробок насіння препаратами виявлено стимулюючий вплив S на ростові процеси вівса (рис. 1, а) та елементи зернової продуктивності. Статистично достовірне зростання L та G (рис. 2) спостерігали в усіх варіантах, крім P та D+P, із максимальним приростом L за дії Iz та G – Iz+S і D+P+S (відповідно на 37,4 % та 32,8 %). Величина W статистично достовірно збільшувалася за дії препаратів It, Iz, S, також розчинника D (рис. 2). Найефективнішим виявився препарат Iz (підвищення W у порівнянні з контролем на 32,3 %), а комплекс розчинників D+P поліпшував стимулюючу дію S на 35 % до величини 27,7 % порівняно з контролем. На вагу 1000 зерен препарати не виявили статистично достовірного впливу, за винятком D та D+P+S, де спостерігали статистично достовірне зниження W1000.

Отже, в 1 поколінні вівса після обробки насіння препаратами S спостерігали стимуляцію ростових процесів на початку викидання волотей. Виявлено позитивний вплив Iz, It та S на такі елементи продуктивності, як L, G та W. Збільшення врожаю зерна з волоті в усіх випадках зумовлювалося зростанням кількості зерен, а не їх ваги. Препарат Iz виявив найбільший стимулюючий ефект на довжину головної волоті та врожай зерна з неї.

Варто зазначити, що в умовах спекотного і посушливого літа нами було виявлено негативний вплив наносрібла SS1000 на елементи зернової продуктивності вівса та на вміст фотосинтетичних пігментів у листках при викиданні волотей [16]. Це є свідченням того, що на проявлення біологічних ефектів наносрібла SS1000 за вирощування рослин у відкритому ґрунті значною мірою впливають стреси довкілля, особливо погодні умови, і

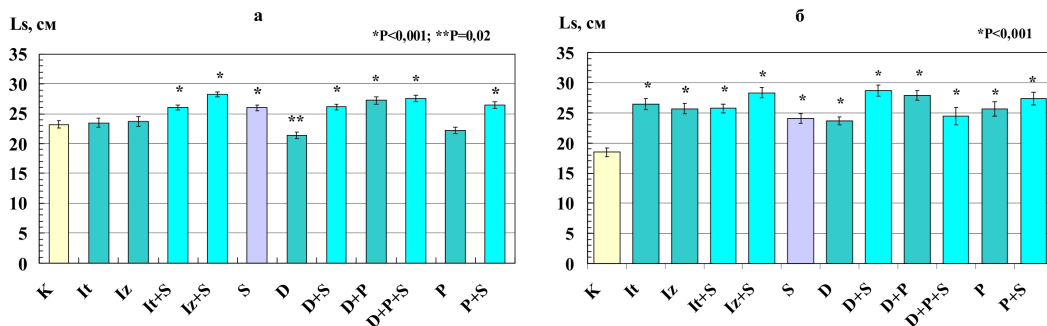


Рис. 1. Довжина стебла вівса сорту Незламний на стадії виходу в трубку (45 доба після посіву) в 1 (а) та 2 (б) поколіннях після обробок його насіння препаратами Ізатізону, Ізатітонію, розчинниками, що є складниками Ізатізону (ДМСО та ПЕГ), наносрібла та їх комплексами; n = 100. По осі x – варіанти досліду; К – контроль, Іz – Ізатізон, Іt – Ізатітоній, S – наносрібло SS1000, D – ДМСО, P – ПЕГ400.

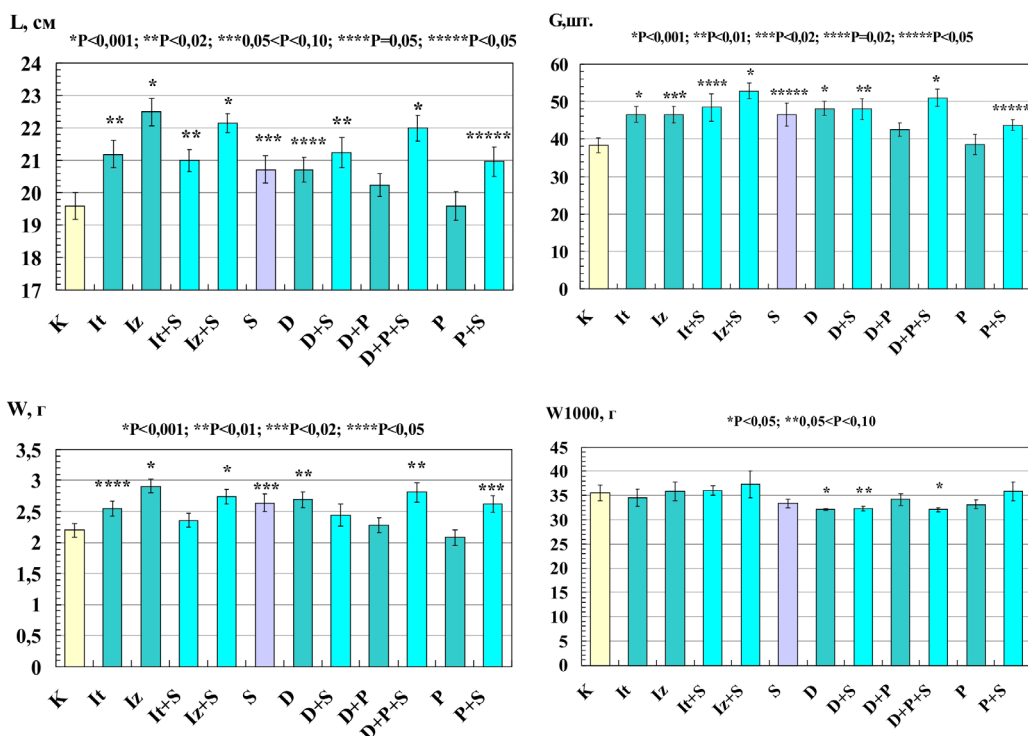


Рис. 2. Елементи зернової продуктивності вівса сорту Незламний (довжина головної волоті, L; кількість зерен у ній, G; вага зерна з головної волоті, W, n = 30; та вага 1000 зерен, W1000, n = 10) у 1 поколінні після обробок його насіння препаратами Ізатізону, розчинниками, що є складниками Ізатізону (ДМСО та ПЕГ), Ізатітонію та наносрібла SS1000 та їх комплексами. Розшифрування варіантів досліду по осі x – як для рис. 1.

зумовлене тим, що механізм дії наносрібла, як і чинників довкілля, полягає в індукуванні оксидативного стресу, який, у залежності від рівня, може мати як стимулюючий, так і деструктивний вплив.

Виявлення негативного впливу на елементи врожайності за екстремальних погодних умов значною мірою залежало від концентрації наносрібла в суспензіях для обробки насіння [16]. Так, стимуляція ростових процесів на стадії виходу у трубку стабільніше проявлялася за високої концентрації (в 50 разів вищої, ніж обрана нами для досліджень), проте, така концентрація негативно впливала на елементи зернової продуктивності, спричинюючи зменшення довжини головної волоті, кількості та ваги зерен у ній. За низьких концентрацій, сумірних з обраною нами для досліджень, негативний вплив перед-

посівних обробок насіння вівса наносріблом на його врожайність проявлявся не завжди і був менш вираженим [16].

2. Вплив препаратів на ріст та елементи зернової продуктивності вівса в 2 покоління

У 2 покоління після обробок насіння вівса препаратами, на відміну від 1 покоління, інтенсивність ростових процесів під час виходу у трубку була значно вищою і такий ефект спостерігали в усіх дослідних варіантах (рис. 1, б). Зростання параметра L (рис. 3) було виявлено у варіантах It, It+S, Iz+S, P, P+S, D+S; найвищий приріст L (12,3 %) спостерігали для D+S. На відміну від 1-го покоління (рис. 2), у 2 покоління L збільшувалася також за дії P та залишалася на рівні контролю – за використанні Iz, D, D+P+S. Величина G у 2-му покоління зростала в усіх варіантах, крім D та D+P з найвищими значеннями – для It+S, P+S (на 28,6;

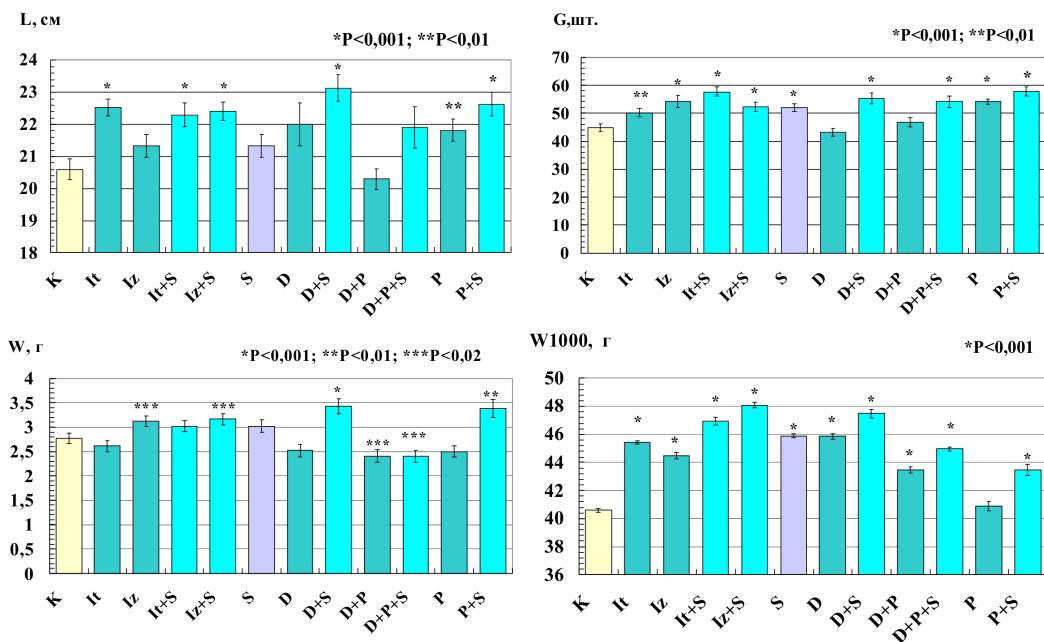


Рис. 3. Елементи зернової продуктивності вівса сорту Незламний у 2-му поколінні після обробок насіння препаратами Ізатізоном та Ізатітоном та наносріблом, розчинниками ДМСО та ПЕГ400. Розшифрування варіантів досліді по осі x – як для рис. 1; елементів зернової продуктивності – як для рис. 2; n = 30.

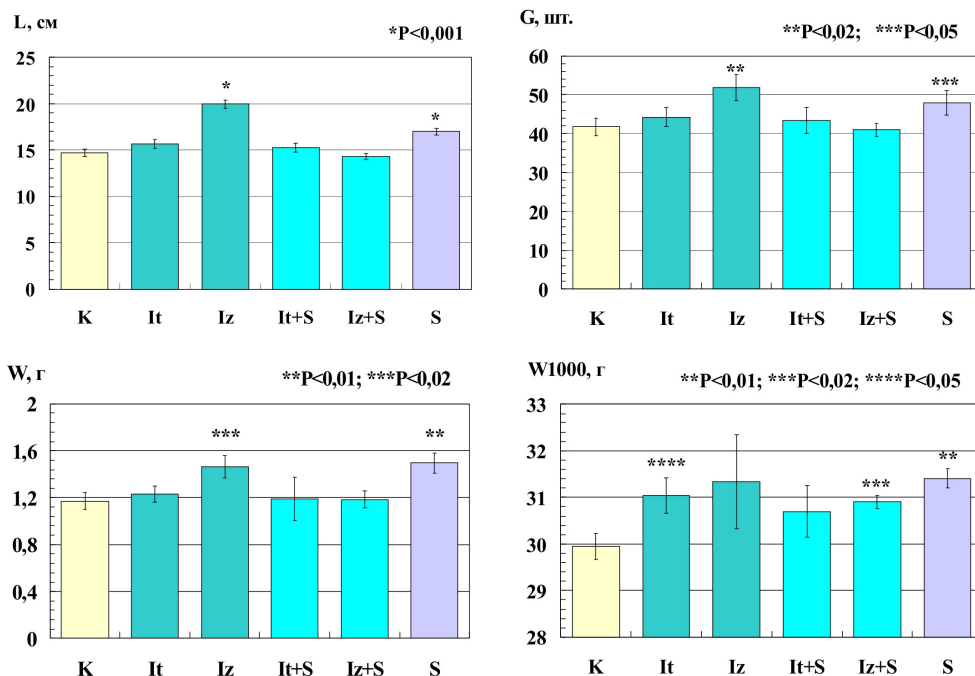


Рис. 4. Елементи зернової продуктивності вівса сорту Незламний у 3 поколінні після обробок насіння препаратами Ізатізону, Ізатітонію та наносрібла. Розшифрування варіантів досліду по осі x – як для рис. 1.

29,1 %). На відміну від 1-го покоління (рис. 2), у 2 поколінні виявлено зростання G за дії P та відсутність ефекту – за дії D. У 2 поколінні спостерігали збільшення параметра W у варіанті, де було використано Iz (рис. 3), на відміну від 1 покоління, де зростання W спостерігали під впливом розчинника D та усіх 3-х препаратів (It, S, Iz; Рис.2) Зниження параметра W виявлено у варіантах D+P, D+P+S. Стимулююча дія S проявлялася в комплексі з одним із розчинників: збільшення W на 23,6 % – для D+S та на 22,0 % – для P+S. Найбільших змін у 2 поколінні зазнав параметр W1000 – його статистично достовірне збільшення виявлено в усіх варіантах, крім P (рис. 3).

3. Вплив препаратів на елементи зернової продуктивності вівса в 3 поколінні

У 3 поколінні варто зазначити появу

ознаки збільшення L у варіанті S (рис. 4) та збереження цієї ознаки – у варіанті Iz. У цих же варіантах, як і в 1 та 2 поколіннях, було виявлено збереження приросту G. Для Iz в 3-му поколінні, як і в перших 2 поколіннях, спостерігали приріст W, у той час як за дії S приріст W виявлявся менш стабільно – тільки в 1 та 3 поколіннях. Ознака приросту W1000, яка з'явилася в більшості варіантів досліду в 2 поколінні (рис. 3), у 3 поколінні зберігалася тільки за дії It, S, Iz+S.

4. Вплив Ізатізону та Наносрібла на вміст хлорофілів та каротиноїдів у листках вівса в 1 поколінні після обробки

Дослідженнями вмісту пігментів фотосинтезу в листках вівса на початку формування волотей виявлено збільшення C_a (на 15,9 %) за дії S+D (рис. 5).

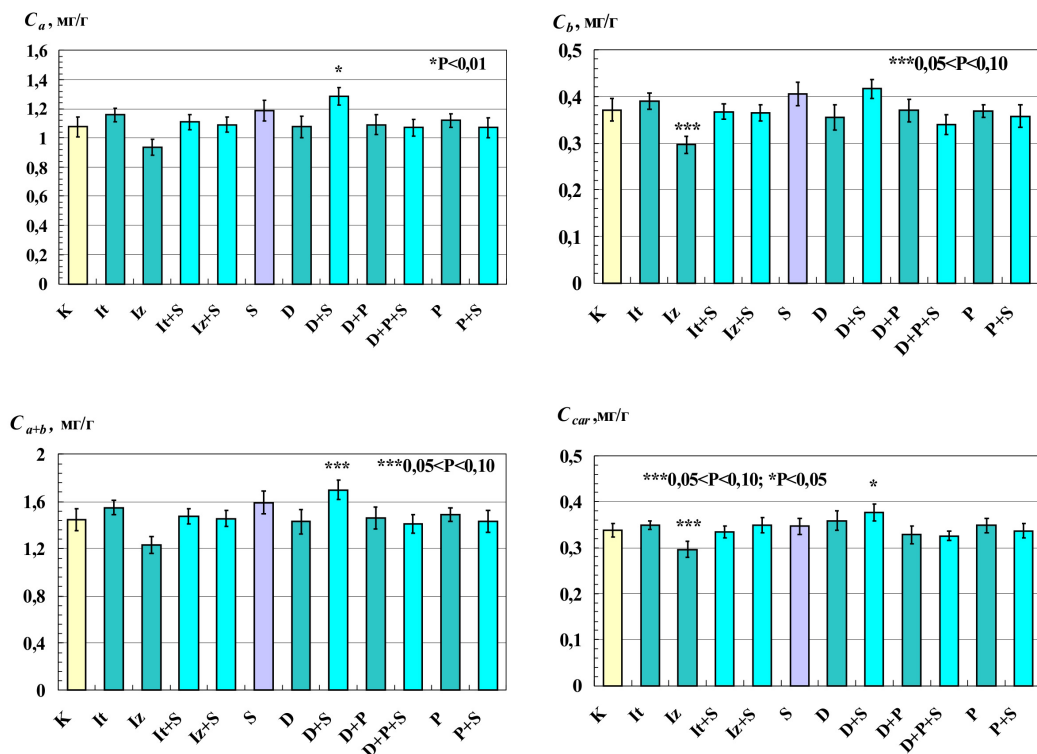


Рис. 5. Вміст хлорофілів та каротиноїдів у листках вівса Незламний на стадії викидання волотей; 1 покоління після обробок його насіння препаратами Ізатізону, Ізатітонію, розчинниками, що є складниками Ізатізону (ДМСО та ПЕГ 400), наносрібла SS1000 та їх комплексами. Розшифрування варіантів дослідів по осі x – як для рис. 1; n = 12.

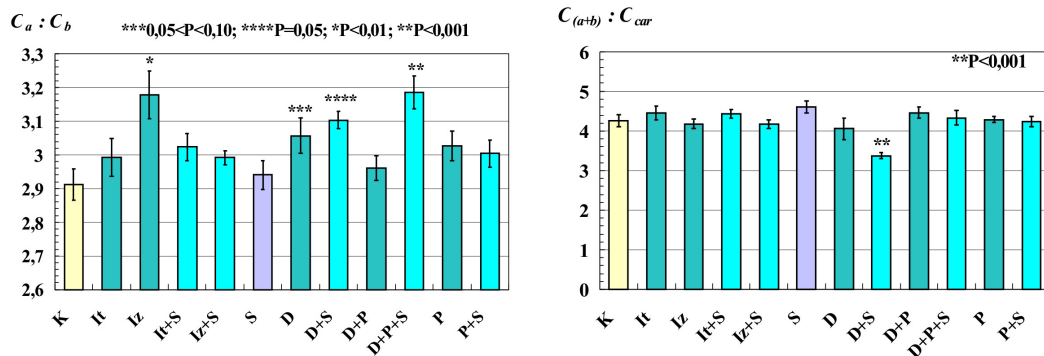


Рис. 6. Співвідношення вмісту хлорофілів а та в (Ca:Cв) та хлорофілів і каротиноїдів (Ca+b:Ccar) у листках вівса Незламний на стадії викидання волотей; 1 покоління після обробок його насіння препаратами Ізатізону, Ізатітонію, розчинниками, що є складниками Ізатізону (ДМСО та ПЕГ 400), наносрібла SS1000 та їх комплексами. Розшифрування варіантів дослідів по осі x – як для рис. 1; n = 12.



Збільшення частки хл *a* (величини $C_a:C_{\sigma}$ рис. 6) в пулі хлорофілів виявлено при застосуванні I_z (на 9,2 %); S+D+P (P – ПЕГ 400) та комплексу S+D (на 6,6 %). За обробки насіння вівса S+D спостерігали також збільшення вмісту (на 11,3 %; рис. 1) та частки каротиноїдів у пулі фотосинтетичних пігментів (на 20,7 %; рис. 6). Варто зазначити, що хл *a* входить до складу РЦ фотосинтезу, тому збільшення його частки може бути свідченням збільшення кількості РЦ, інтенсивнішого фотосинтезу в таких рослинах і бути однією з причин підвищення продуктивності таких рослин, як це спостерігали у варіанті з обробкою препаратом Ізатізон (рис. 2).

За зростання вівса в умовах спекотного і посушливого літа нами було виявлено нега-

тивний вплив передпосівних обробок наносріблом на стан фотосинтетичного апарату рослин у ключову фазу розвитку – на початку викидання волотей [16]. Найбільш пригнічувала вміст хлорофілів найвища з використаних концентрацій SS1000; за зниження її до величин, сумірних з обраною нами для досліджень, негативний ефект виявлявся не завжди, і він був менш вираженим; водночас такі концентрації SS1000 індукували збільшення частки хлорофілу в серед двох основних форм хлорофілу, що може свідчити про збільшення розмірів СЗК у фотосистемах таких рослин [16].

5. Вплив Ізатізону та Наносрібла на вміст хлорофілів та каротиноїдів у листках вівса в другому поколінні після обробки

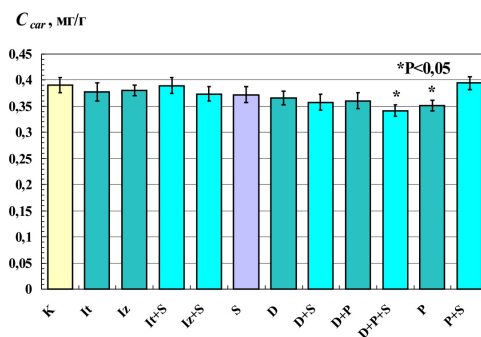
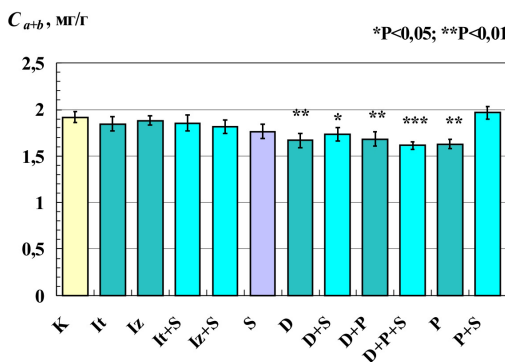
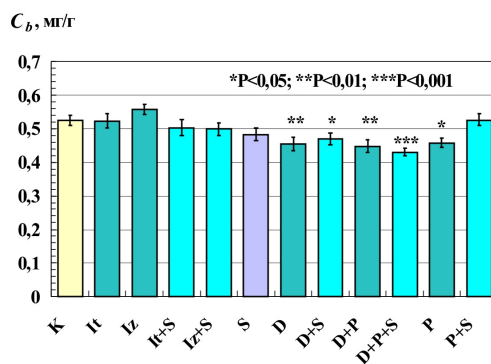
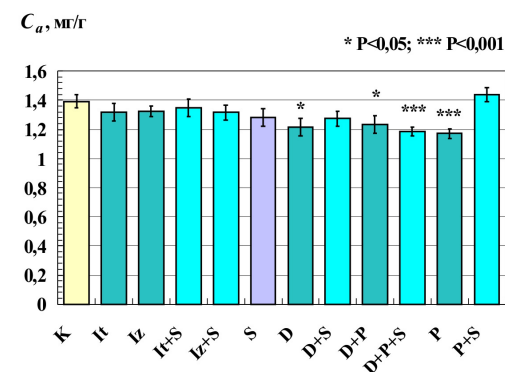


Рис. 7. Вміст хлорофілів та каротиноїдів в листках вівса сорту Незламний на стадії викидання волотей; 2 покоління після обробки препаратами Ізатізону, Ізатітоною, розчинниками, що є складниками Ізатізону (ДМСО та ПЕГ 400), наносрібла SS1000 та їх комплексами. Розшифрування варіантів дослідю – як у підписі до рис. 1; n = 12.

У 2 поколінні, на відміну від 1, виявлено зменшення C_a у варіантах D; D+P; P та D+P+S (на 11,3 – 15,9 %; рис. 7); C_b – у варіантах D; D+P; D+S; P та D+P+S (на 10,6 – 18,0 %) та C_{a+b} – у варіантах D; D+P; P та D+P+S (на 12,2 – 15,1 %). Сумарний уміст каротиноїдів у рослин вівса 2 покоління знижувався у варіантах P; D+P+S (на 10,0 та 12,5 %; рис. 7); у той час як у 1 поколінні було виявлено тенденцію до зниження C_{car} за дії Iz та достовірне збільшення – у разі застосування D+S.

Особливої уваги заслуговують зміни величини $C_a:C_b$ у рослин 2 покоління – збільшення частки хл b за дії Iz (на 10,1 %; рис. 8) та P (на 3,5 %) та збільшення частки хл a – у варіантах D+P; P+S; D+P+S (на 3,4 – 3,9 %), на відміну від 1 покоління, де спостерігали збільшення частки хл a у варіантах Iz; D+S; D+P+S та тенденцію до збільшення – за дії D (рис. 5). Збільшені частки хл a та хл b , виявлені в рослин 2 покоління, можуть бути свідченням адаптаційних перебудов у фотосистемах; зокрема, хл b входить переважно до складу СЗКП, тому збільшення його частки в пулі хлорофілів може бути пов'язане зі збільшенням розмірів СЗКП (механізм адаптації до умов освітлення).

Отже, досліджені препарати виявили здатність індукувати у вівса як зміни рівня вмісту пігментів, що входять до складу РЦ та СЗКП фотосистем, так і зміни частки основних форм хлорофілу в пулі пігментів, які виявляються упродовж 2 поколінь.

Отримані дані є свідченням того, що препарати Ізатізону та наносрібла за обраних умов досліду здатні індукувати у вівса позитивні зміни ростових процесів та елементів зернової продуктивності, які можуть зберігатися в наступних поколіннях. Характер таких змін, поряд зі змінами вмісту та співвідношень фотосинтетичних пігментів, дають можливість зробити припущення, що як наносрібло, так і сполуки, що є складниками Ізатізону, можуть слугувати сигнальними молекулами для активації адаптаційних перебудов метаболізму. З огляду на це, варто зазначити, що діюче начало Ізатізону – N-метилізатин β -гіосемікарбазон є похідним ізатину, універсального месенджера стресових сигнальних шляхів [18] та відомого стимулятора росту рослин; молекула N-метилізатин β -гіосемікарбазону здатна набувати різну конформацію, що створює передумови для її взаємодії з багатьма біомолеку-

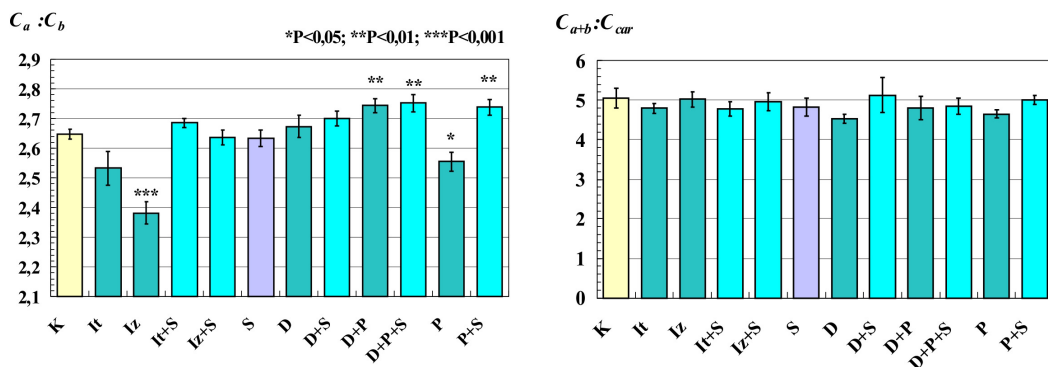


Рис. 8. Співвідношення вмісту хлорофілів a та b ($C_a:C_b$) та хлорофілів і каротиноїдів ($C_{a+b}:C_{car}$) у листках вівса Незламний на стадії викидання волотей; 2 покоління після обробки його насіння препаратами Ізатізону, Ізатітонію, розчинниками, що є складниками Ізатізону (ДМСО та ПЕГ400), наносрібла SS1000 та їх комплексами. Розшифрування варіантів досліду – як у підписі до рис. 1; $n = 12$.



лами, в тому числі із ДНК [1]; ДМСО і ПЕГ400, які входять до його складу, також є біологічно активними речовинами [19–21] і в даному випадку виявляють таку активність на рослинах вівса. Зокрема, ПЕГ є індуктором осмотичного стресу та експресії генів, пов'язаних з епігенетичними явищами [19, 20]. Для ДМСО відомий дуже широкий спектр біологічної дії, зумовлений його здатністю взаємодіяти з багатьма біологічно активними молекулами, в тому числі з білками та ліпідами клітинних мембран, впливаючи на передачу сигналів від рецепторів [21]. Біологічна дія наносрібла зумовлюється індукуванням оксидативного стресу і, як уже наголошувалося, залежить не тільки від концентрації та тривалості його дії, від розмірів та форми його часточок, їх поверхневого заряду, енергії, сольватації, але й від типу клітин та біомолекул, що стають його мішенями [4]. Отже, спектр отриманих нами змін може зумовлюватися комплексами сигнальних молекул, що є складниками досліджених препаратів, індукторами адаптаційних сигнальних шляхів та можливих взаємодій між ними. На нашу думку, тут може бути задіяним шлях, який веде від ключових компонентів сітки сигналіну від стресорів, що як правило, є факторами транскрипції, зокрема, такими, які кодуються гомеотичними генами [22, 23], до модуляторів метаболізму, зокрема, TOR кінази, яка є універсальним модулятором адаптаційних перебудов метаболізму і притаманна також рослинам [24–27].

Висновки і перспективи. Ізатізон та наносрібло SS1000 за обраних умов дослідження здатні впливати на адаптаційний потенціал вівса, сприяючи ростовим процесам, збільшенню зернової продуктивності, і такі позитивні зміни зберігаються в наступних поколіннях.

Для препарату наносрібла SS1000 в 1 поколінні після обробок насіння виявля-

но стимулюючий ефект на ростові процеси вівса при вигоні стебла, і цей ефект збільшувався при застосуванні комплексу SS1000 з Ізатізоном та розчинниками, що є його складниками.

В 1 поколінні спостерігали також позитивний вплив препаратів SS1000, Ізатітону та Ізатізону на ріст та розвиток волотей – збільшення врожайності завдяки збільшенню кількості зерен у них.

Стимулююча дія наносрібла SS1000 на врожайність волотей у 1 поколінні значною мірою посилювалась при його застосуванні разом з комплексом розчинників, які є складниками Ізатізону, сприяючи збільшенню довжини волотей та кількості зерен у них.

У 2 поколінні вівса виявлено збереження деяких ознак, притаманних 1 поколінню, та появу багатьох нових ознак як щодо росту, так і продуктивності.

У 2 поколінні після обробок насіння вівса препаратами, на відміну від 1 покоління, інтенсивність ростових процесів при виході в трубку була значно вищою, і такий ефект спостерігали для всіх досліджених препаратів.

У 2 поколінні спостерігали збереження приросту кількості зерен у волоті за дії Ізатізону, Ізатітону та SS1000. Збільшення ваги зерна з волоті зберігалось в 2 поколінні тільки в разі застосування Ізатізону, також наносрібла разом із розчинниками.

У зв'язку з появою нової ознаки – збільшення ваги зерен, приріст врожаю зерна з волоті під впливом обробок насіння вівса препаратами у 2 поколінні зумовлювався як зростанням кількості зерен, так і їхньої ваги.

Зміни вмісту фотосинтетичних пігментів у листках вівса на початку викидання волотей (формування врожаю зерна) спостерігали як у першому, так і в другому поколінні після обробки насіння препаратами Ізатізону та наносрібла SS1000.

У першому поколінні препарат наносрібла SS1000, застосований разом із розчинником ДМСО, виявив здатність спри-



чинювати підвищення вмісту хлорофілу a (C_a) на 19,4 % ($P < 0,01$) та вмісту каротиноїдів (C_{car}) на 11,3 % ($P < 0,05$) в листках вівса на початку формування врожаю зерна.

Для Ізатизону та наносрібла SS1000 за використання його разом з ДМСО або з комплексом ДМСО + ПЕГ, який використовується в препараті Ізатизон, в 1-му поколінні виявлено здатність індукувати збільшення частки хлорофілу a ($C_a:C_b$) на 9,2; 6,6 та 9,4 % ($P < 0,01$; $P = 0,05$ та $P < 0,001$).

У 2 поколінні виявлено негативний вплив розчинників, які входять до складу Ізатизону, на вміст фотосинтетичних пігментів у листках вівса. У варіантах, де були застосовані розчинники та їх композиція, притаманна препарату Ізатизон, спостерігали зниження вмісту хл a та b (на 10,6–15,9 %; $P < 0,05$; $P < 0,01$; $P < 0,001$); e разі застосування ПЕГ 400 знижувався також вміст каротиноїдів (на 10,0 %; $P < 0,05$).

У 2 поколінні спостерігали зміни співвідношень вмісту основних форм хлоро-

філу в листках вівса: збільшення частки хлорофілу a – за обробки насіння комплексом розчинників та у варіантах, де наносрібло SS1000 було застосоване разом із ПЕГ400 та з комплексом ДМСО+ПЕГ 400 (на 3,4-3,9 %, $P < 0,01$); збільшення частки хлорофілу b – за дії Ізатизоном та ПЕГ 400 (на 10,1 та 3,5 %; $P < 0,001$; $P < 0,02$).

Одержані дані можуть бути важливими як для подальшого вивчення генетичних аспектів дії природних біологічно речовин і їх аналогів на рослини, так і для прикладної генетики і селекції.

На нашу думку, перспектива подальших досліджень з метою використання в рослинництві належить Ізатизону, оскільки позитивні ефекти проявлялися за значних розведень препарату і мали стабільніший вияв у наступних поколіннях. Наносрібло SS1000, в залежності від умов довкілля, за значних розведень може не проявляти бажаних ефектів, а збільшення його концентрації може спричинювати негативний вплив на вміст фотосинтетичних пігментів та врожайність.

Література

1. Заїка Л.А., Болсунова О.І., Потопальський А.І. Противірусні, протипухлинні та імунomodуючі властивості лікувального препарату Ізатизон: монографія. Київ: Колоб'іг, 2010. 212 с.
2. Харіна А. В., Кот Т. Г., Полішук В. П., Заець І. Є., Черватюк Н. В., Потопальський А.І. Ізатизон як інгібітор фітовірусних інфекцій. Мікробіологія і біотехнологія. 2009, № 8. С. 58–63.
3. Potopalsky A.I., Yurkevych L.N., Katsan V.A. Use of Isatizon for Improvement of Plant Adaptability. Adaptation Strategies of Living Systems: Proceedings of the Interdisciplinary Scientific Conference (Novy Svet, AR Crimea, Ukraine, June 11–16, 2012). P. 309–310.
4. Bartłomiejczyk T., Lankoff A., Kruszewski M., Szumiel I. Silver Nanoparticles – Allies or Adversaries? Annals of Agricultural and Environmental Medicine. 2013. Vol. 20, No 1. P. 48–54.
5. Potopalsky A.I., Yurkevych L.N., Katsan V.A. Influence of Isatizon and Nanosilver Preparations on the Photosynthesis Pigments Level Content in Leaves, Growth Processes and Productivity of Oat Plants Cultivar Nezlamny. Biologically Active Substances and Materials: Fundamental and Applied Problems: Proceedings of the International Interdisciplinary Scientific Conference (Novy Svet, AR Crimea, Ukraine; May 27 – June 1, 2013). Volume 1. P. 233–234.
6. Potopalsky A.I., Yurkevych L.N., Katsan V.A. Influence of Isatizon and Nanosilver Preparations on the Growth, the Productivity Elements and on the Photosynthetic Pigments Content of the Oat Plants Cultivar Nezlamny. The Second Generation after Treatment. Adaptation Strategies of the Living Systems: Proceedings of the Interdisciplinary Scientific Conference (Novy Svet, AR Crimea, Ukraine, May 12–17, 2014). P. 44–45.



7. Katsan V.A., Yurkevych L.N., Potopalsky A.I. Nanosilver and Izatison may improve adaptability and productivity of the oat plant cultivar Neznamny. *Nanotechnology and Nanomaterials (NANO-2014)* (Yaremche-Lviv, Ukraine, August 23–30, 2014): Abstract Book of Summer School and International research and practice conference. P.543.
8. Юркевич Л. Н., Кацан В. А., Потопальський А. І. Ізатизон та Наносрібло впливають на ріст та розвиток рослин вівса, їхню продуктивність та вміст фотосинтетичних пігментів. *Матеріали XI Українського біохімічного конгресу* (м. Київ, 6–10 жовтня 2014 р.). *Ukrainian Biochemical Journal*. 2014. Vol. 86, Issue 5 (Supplement 2). P. 168–169.
9. Кацан В. А., Юркевич Л. Н., Потопальський А. І. Ізатизон та наносрібло здатні індукувати зміни ростових процесів та продуктивності вівса сорту Незламний, які зберігаються в наступних поколіннях. *Фактори експериментальної еволюції організмів: зб. наук. праць*. Київ : Укр. т-во генетиків і селекціонерів ім. М.І.Вавилова. 2015. Т.16 С. 114–119.
10. Potopalsky A.I., Yurkevych L.N., Katsan V.A. Izatison and Nanosilver Induce the Changes in Productivity and Adaptability of Oat Plant Cultivar Neznamny Persisting in the Next Generations: Genetics and Biotechnology XXI centure: problems, edvances and perspectives: *Proceedings of II International scientific conference* (Minsk, Belarus, Oktober 13–16, 2015). P.146.
11. Anatoly Potopalsky, Larysa Yurkevich, Valentyna Katsan. Influence of Nanosilver at Different Concentrations on the Growth and the Grain Productivity of the Oat Plant Cultivar Neznamny. *Advances in Cell Biology and Biotechnology: Proceedings of International conference* (Lviv, Ukraine, October 11–13, 2015). P.132.
12. Anatoly Potopalsky, Larysa Yurkevych, Valentyna Katsan. Influence of Nanosilver at Different Concentrations on the Photosynthetic Pigments Content in the Leaves of the Oat Plant Cultivar Neznamny in the Onset of Panicle Formation. *Advances in Cell Biology and Biotechnology: Proceedings of International conference* (Lviv, Ukraine, October 11–13, 2015). P.133.
13. Кацан В. А., Потопальський А. І., Юркевич Л. Н. Вплив Ізатизону і Наносрібла на вміст фотосинтетичних пігментів у вівса сорту Незламний в першому та другому поколіннях після обробки. *Фактори експериментальної еволюції організмів: зб. наук. праць*. Київ: Укр. Т-во генетиків і селекціонерів ім. М.І.Вавилова. 2016. Т.19. С. 133–138.
14. Katsan V.A., Potopalsky A.I., Yurkevych L.N. Izatison and Its Constituents May Induce the Changes of Some Adaptive Functions of Plants Persisting in the Next Generations after Treatment. *Fourth International Conference on Radiation and Applications in Various Fields of Research: Books of Abstracts*. (Niš, Serbia, May 23–27, 2016). P. 74.
15. Katsan V.A., Potopalsky A.I. Izatison Constituents DMSO and PEG 400 Can Also Influence on the Productivity and Adaptability of the Oat Plants. *Genetics and Biotechnology XXI centure: problems, edvances and perspectives: Proceedings of III International scientific conference* (Minsk, Belarus, November 23–25, 2016). P.163.
16. Кацан В. А., Потопальський А. І., Задорожній Б. О. Вплив наносрібла різної концентрації на ріст, зернову продуктивність рослин вівса сорту Незламний та на вміст фотосинтетичних пігментів у листках на стадії викидання волотей. *Фактори експериментальної еволюції організмів: зб. наук. праць*. Київ: Укр. Т-во генетиків і селекціонерів ім. М.І.Вавилова. 2017. Т.21. С. 52–56.
17. Kisterska L.D., Spivak M.Ya., Perevertailo V.M., Lazarenko L.M., Sadochin V.V., Sadochin V.P., Loginova O.B., Bagno N.G. (2010). Nanodispersni suspenzii sribla ta yich protyvirusni vlastyvoli [Nanodispersic suspensions of silver and their antivirus properties]. *Nanostructurnoye materialovedeniye [Nanostructural materials science]*, 3, 62-69.
18. Medvedev A., Buneeva O., Glover V. Biological Targets for Isatin and its Analogues: Implication for Therapy. *Biologics: Targets & Therapy*. 2007. Vol. 1, Issue 2. P.151–162.
19. Su LC, Deng B, Liu S, Li LM, Hu B, Zhong YT, Li L. Isolation and characterization of an osmotic stress and ABA induced histone deacetylase in *Arachis hyogogaea*. *Front Plant Sci*. 2015. 13; 6:512. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006291X1630016X>.
20. Uzilday B, Turkan I, Ozgur R, Sekmen AH. Strategies of ROS regulation and antioxidant defense during transition from C3 to C4 photosynthesis in the genus *Flaveria* under PEG-induced osmotic stress. *J Plant Physiol*. 2014. Vol. 171, Issue 1. P. 65-75.
21. Kakolyri M, Margaritou A, Tiligada E. Dimethyl sulphoxide modifies growth and senescence and induces the non-revertible petite phenotype in yeast. *FEMS Yeast Res*. 2016, 16(2). Available at: <http://www.femsyr.oxfordjournals.org/content/16/2/fow008.long>.



22. Elhiti M., Stasolla K. Structure and function of homodomain-leucine zipper (HD-Zip) proteins. *Plant Signalling & Behavior*. 2009. Vol. 4, Issue 2. P. 86–88.
23. Wang H., Li G.B., Zhang D.Y., Lin J., Sheng B.L., Han J.L., Chang Y.H. [Biological functions of HD-Zip transcription factors]. *Yi Chuan* (China). 2013. Vol. 35, Issue 10. P. 1179–88.
24. Xiong Y., Sheen J. Novel links in the plant TOR kinase signaling network. *Curr Opin. Plant Biol*. 2015, Dec.; 28. P. 83–91. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4612364/>.
25. Roustan V., Jain A., Teige M., Ebersberger I., Weckwerth W. An evolutionary perspective of AMPK-TOR signaling in the three domains of life. *J. Exp. Bot*. 2016. Vol. 67, Issue 13. P.3897–3907.
26. Figueroa C.M., Lunn J.E. A Tale of Two Sugars: Trehalose 6-Phosphate and Sucrose. *Plant Physiol*. 2016. Vol. 172, Issue 1. P. 7-27.
27. Sun L., Yu Y., Hu W., Min Q., Kang H., Li Y., Hong Y., Wang X., Hong Y. Ribosomal protein S6 kinase1 coordinates with TOR-Raptor2 to regulate thylakoid membrane biosynthesis in rice. *Biochim Biophys Acta*. 2016. Vol. 1861, Issue 7. P. 639–49.

References

1. Zaika L.A., Bolsunova O.I., Potopalsky A.I. (2010). Protivirusni, protypuchlynni ta imunomoduliuuchi vlastyosti likuvalnogo preparatu Izatson [Antivirus, antitumor and immunomodulating properties of curing preparation Izatson]. Kyiv, Ukraine: Kolobig, 212.
2. Kharina A.V., Kot T.G., Polischuk V.P., Zaiets I.Ye., Chervatiuk N.V., Potopalsky A.I. (2009). Izatson yak inhibitor phitovirusnykh infekciy [Izatson as an inhibitor of the phytovirus infections]. *Microbiology and Biotechnology (Ukraine)*, 8, 58–63.
3. Potopalsky A.I., Yurkevych L.N., Katsan V.A. (2012). Use of Isatizon for Improvement of Plant Adaptability. Adaptation Strategies of Living Systems. Proceedings of the Interdisciplinary Scientific Conference (Novy Svet, AR Crimea, Ukraine, June 11–16, 2012), 309–310.
4. Bartlomiejczyk T., Lankoff A., Kruszewski M., Szumiel I. (2013). Silver Nanoparticles – Allies or Adversaries? *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. 20 (1), 48–54.
5. Potopalsky A.I., Yurkevych L.N., Katsan V.A. (2013). Influence of Izatson and Nanosilver Preparations on the Photosynthesis Pigments Level Content in Leaves, Growth Processes and Productivity of Oat Plants Cultivar Neznamny. Biologically Active Substances and Materials: Fundamental and Applied Problems. Proceedings of the International Interdisciplinary Scientific Conference (Novy Svet, AR Crimea, Ukraine; May 27 – June 1, 2013), Volume 1, 233–234.
6. Potopalsky A.I., Yurkevych L.N., Katsan V.A. (2014). Influence of Izatson and Nanosilver Preparations on the Growth, the Productivity Elements and on the Photosynthetic Pigments Content of the Oat Plants Cultivar Neznamny. The Second Generation after Treatment. Adaptation Strategies of the Living Systems. Proceedings of the Interdisciplinary Scientific Conference (Novy Svet, AR Krimia, Ukraine, May 12–17, 2014), 44–45.
7. Katsan V.A., Yurkevych L.N., Potopalsky A.I. (2014). Nanosilver and Izatson may improve adaptability and productivity of the oat plant cultivar Neznamny. *Nanotechnology and Nanomaterials (NANO–2014)* (Yaremche-Lviv, Ukraine, August 23–30, 2014). Abstract Book of Summer School and International research and practice conference, 543.
8. Yurkevych L.N., Katsan V.A., Potopalsky A.I. (2014). Izatson ta Nanosriblo vplyvayut na rist ta rozvytok Roslyn vsva, yichnyu productyvnist ta vmist fotosyntetychnykh pigmentiv [Izatson and Nanosilver influence on the growth and development of the oat plants, their productivity and on the content of photosynthetic pigments. Proceedings of XI Ukrainian Biochemical Congress (Kyiv, Ukraine, October 6–10, 2014 p.). *Ukrainian Biochemical Journal*, 86 (5, Supplement 2), 168–169.
9. Katsan V.A., Yurkevych L.N., Potopalsky A.I. (2015). Izatson ta nanosriblo zdatni inducovaty zminy rostovykh procesiv ta productyvnosti vsva sortu Neznamnyi, yaki zberigayutsya v nastupnykh pokolinnnyakh [Izatson and Nanosilver are able to induce the changes in growth and productivity of the oat plant cultivar Neznamny persisting in the next generations]. *Factors of Experimental Evolution of Organisms*. Kyiv: Vavilov Society of Geneticists and Breeders of Ukraine, 16, 114–119.
10. Potopalsky A.I., Yurkevych L.N., Katsan V.A. (2015). Izatson and Nanosilver Induce the Changes in Productivity and Adaptability of Oat Plant Cultivar Neznamny Persisting in the Next Generations: Genetics and Biotechnology XXI century: problems, edvances and perspectives. Proceedings of II International scientific conference (Minsk, Belarus, Oktober 13–16, 2015), 146.



11. Anatoly Potopalsky, Larysa Yurkevych, Valentyna Katsan. (2015). Influence of Nanosilver at Different Concentrations on the Growth and the Grain Productivity of the Oat Plant Cultivar Neznamny. *Advances in Cell Biology and Biotechnology. Proceedings of International conference (Lviv, Ukraine, October 11–13, 2015)*, 132.
12. Anatoly Potopalsky, Larysa Yurkevych, Valentyna Katsan. (2015). Influence of Nanosilver at Different Concentrations on the Photosynthetic Pigments Content in the Leaves of the Oat Plant Cultivar Neznamny in the Onset of Panicle Formation. *Advances in Cell Biology and Biotechnology. Proceedings of International conference (Lviv, Ukraine, October 11–13, 2015)*, 133.
13. Katsan V.A., Potopalsky A.I., Yurkevych L.N. (2016). Vplyv Izatisonu i Nanosribla na vmist photosynthetychnych pigmentiv u vivsa sortu Neznamnyi v pershomu ta drugomu pokolinnyach pislya obrobky. [Influence of Izatison and Nanosilver on the photosynthetic pigments content in the oat cultivar Neznamny over two generations after treatment]. *Factors of Experimental Evolution of Organisms. Kyiv: Vavilov Society of Geneticists and Breeders of Ukraine*, 19, 133–138.
14. Katsan V.A., Potopalsky A.I., Yurkevych L.N. (2016). Izatison and Its Constituents May Induce the Changes of Some Adaptive Functions of Plants Persisting in the Next Generations after Treatment. *Fourth International Conference on Radiation and Applications in Various Fields of Research. Books of Abstracts (Ni, Serbia, May 23–27, 2016)*, 74.
15. Katsan V.A., Potopalsky A.I. (2016). Izatison Constituents DMSO and PEG 400 Can Also Influence on the Productivity and Adaptability of the Oat Plants. *Genetics and Biotechnology XXI century: problems, edvances and perspectives. Proceedings of III International scientific conference (Minsk, Belarus, November 23–25, 2016)*, 163.
16. Katsan V.A., Potopalsky A.I., Zadorozhnii B.O. (2017). Vplyv nanosribla riznoi koncentracii na rist, zernovu productyvnist roslin vivsa sortu Neznamnyi ta na vmist photosynthetychnych pigmentiv u lystkach na stadia vykydannya volotei [Influence of the nanosilver different concentrations on the growth, the grain productivity of the oat cultivar Neznamny and on the photosynthetic pigments content in the leaves in the onset of panicle formation]. *Factors of Experimental Evolution of Organisms. Kyiv: Vavilov Society of Geneticists and Breeders of Ukraine*, 21, 52–56.
17. Kisterska L.D., Spivak M.Ya., Perevertailo V.M., Lazarenko L.M., Sadokhin V.V., Sadokhin V.P., Lohinova O.B., Bahno N.H. (2010). Nanodispersni suspenszii sribla ta yikh protyvirusni vlastyvoli. *Nanostrukturnoe materyalovedenye*, 3 : 62-69.
18. Medvedev A., Buneeva O., Glover V. (2007). Biological Targets for Isatin and its Analogues: Implication for Therapy. *Biologics: Targets & Therapy*, 1(2), 151–162.
19. Su LC, Deng B, Liu S, Li LM, Hu B, Zhong YT, Li L. (2015). Isolation and characterization of an osmotic stress and ABA induced histone deacetylase in *Arachis hypogaea*. *Front Plant Sci*. 13; 6:512. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006291X1630016X>.
20. Uzilday B, Turkan I, Ozgur R, Sekmen A.H. (2014). Strategies of ROS regulation and antioxidant defense during transition from C3 to C4 photosynthesis in the genus *Flaveria* under PEG-induced osmotic stress. *J Plant Physiol.*, 171 (1), 65-75.
21. Kakolyri M, Margaritou A, Tiligada E. (2016). Dimethyl sulphoxide modifies growth and senescence and induces the non-revertible petite phenotype in yeast. *FEMS Yeast Res.* 2016, 16(2). Available at: <http://www.femsyr.oxfordjournals.org/content/16/2/fow008.long>.
22. Elhiti M., Stasolla K. (2009). Structure and function of homodomain-leucine zipper (HD-Zip) proteins. *Plant Signalling & Behavior*. 4 (2), 86–88.
23. Wang H., Li G.B., Zhang D.Y., Lin J., Sheng B.L., Han J.L., Chang Y.H. (2013). [Biological functions of HD-Zip transcription factors]. *Yi Chuan (China)*, 35 (10), 1179–1188.
24. Xiong Y., Sheen J. Novel links in the plant TOR kinase signaling network. (2015). *Curr Opin. Plant Biol.* Dec.; 28, 83–91. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4612364/>.
25. Roustan V., Jain A., Teige M., Ebersberger I., Weckwerth W. (2016). An evolutionary perspective of AMPK-TOR signaling in the three domains of life. *J. Exp. Bot.*, 67 (13), 3897–3907.
26. Figueroa C.M., Lunn J.E. A Tale of Two Sugars: Trehalose 6-Phosphate and Sucrose. (2016). *Plant Physiol.*, 172(1), 7-27.
27. Sun L., Yu Y., Hu W., Min Q., Kang H., Li Y., Hong Y., Wang X., Hong Y. (2016). Ribosomal protein S6 kinase1 coordinates with TOR-Raptor2 to regulate thylakoid membrane biosynthesis in rice. *Biochim Biophys Acta*, 1861 (7), 639–649.



SUMMARY

V. A. Katsan, A. I. Potopalsky. Influence of izatison and nanosilver SS1000 on the growth, the grain productivity and on the photosynthesis of the oat cultivar nezlamny. *Biological Resources and Nature Management*. 2018. 10, № 5–6. P. 88–102. <https://doi.org/10.31548/bio2018.05.012>

The ability to improve the adaptation possibility and the ecological safety are the most important requests for the modern means of the plant protection. In this connection, of a special attention are elaborated in our laboratory Izatison, possessing the known antiviral, immune modulating and antitumor action revealed on animals, and the nanosilver preparations possessing also the broad spectrum of the biological effects and the lower toxicity in comparison with the silver ions. Earlier we carried out the investigations of the influence of Izatison, its derivative Izolitony and the nanosilver SS1000 on the growth, the grain productivity of the oat cultivar Nezlamny over three generations after treatment and also on the content of the photosynthetic pigments in its leaves at the onset of panicles formation in the first and the second generations. The plants were grown in conditions of unprotected soil; their seeds were

treated by the suspensions of the preparations before the sowing of the first plant generation. The aim of this study is sum up of these many years old investigations, to reveal the regularities of the action of the preparations and their constituents.

The main regularity of the action of the investigated preparations is their ability to promote the growth, the increasing of the grain productivity, and such positive changes are persisting in the next generations. The possible mechanism of the positive influence of Izatison and the nanosilver SS1000 on the plant adaptability are proposed.

Keywords: Izatison, nanosilver SS1000, growth, grain productivity, content of photosynthetic pigments, adaptive modulation of metabolism, genes of stress signaling, homeotic genes, plants TOR kinases

АННОТАЦІЯ

В. А. Кацан, А. І. Потопальський. Вплив ізатізону та наносрібла ss1000 на ростові процеси, зернову продуктивність та фотосинтез вівса сорту незламний. *Биоресурсы и природопользование*. 2018. 10, № 5–6. С. 88–102. <https://doi.org/10.31548/bio2018.05.012>

Способность повышать адаптационный потенциал растений и экологическая безопасность – наиболее важные требования к современным средствам защиты растений. В связи с этим заслуживают на внимание разработанный в нашей лаборатории Изатизон с известным противовирусным, иммуномодулирующим и противоопухолевым действием, выявленным на животных, и препараты наносеребра, которому присущи широкий спектр биологических эффектов и значительно меньшая токсичность по сравнению с ионами серебра. Ранее нами были проведены исследования влияния Изатизона, его производного Изатитония и наносеребра SS1000 на рост, зерновую продуктивность овса сорта Незламный на протяжении 3-х поколений, а также на содержание фотосинтетических пигментов в его листьях при выбрасывании мете-

лок. Растения выращивали в условиях открытого грунта, семена перед высевом 1 поколения обрабатывали суспензиями препаратов.

Цель данной работы – подвести итоги этим многолетним исследованиям, выявить закономерности действия препаратов и их составляющих.

Основная закономерность действия исследованных препаратов – ускорение роста, увеличение зерновой продуктивности, и такие положительные изменения сохранялись в следующих поколениях овса. Предлагается гипотетический механизм положительного влияния Изатизона и наносеребра на адаптационный потенциал растений.

Ключевые слова: Изатизон, наносеребро SS1000, рост, зерновая продуктивность, содержание фотосинтетических пигментов, адаптационная модуляция метаболизма, гены стрессового сигналинга, гомеотические гены, TOR киназы растений