

МОЖЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ

резистентністю шкідників продовольчих запасів до фосфіну

Розкрито проблему резистентності шкідників продовольчих запасів до фосфористого водню під час фумігації сільськогосподарської продукції у вітчизняних складських емкостях. Показано причини її виникнення та можливості управління толерантністю популяції деяких комірних шкідників до фосфіну. Виявлено гостру нестачу фумігантів, альтернативних фосфіну. Запропоновано організаційні заходи щодо подолання резистентності шкідників запасів до фосфіну. Також обґрунтовано потребу продовження строків використання препаратів на основі фосфідів алюмінію та магнію.

резистентність, шкідники, фосфін, складські приміщення, термін дії, реєстрація фумігантів, організаційні заходи

Здатність оцінювати дію факторів зовнішнього середовища і проявляти реакції, що забезпечують нормальну життєдіяльність, — унікальна властивість живої матерії. Характер цих реакцій вказує на способи самозахисту живих систем усіх рівнів організації, а саме:

- 1 — у відповідь на дію того чи іншого чинника, як первинна реакція, підвищується резистентність (опірність) системи в результаті активації метаболізму;
- 2 — опір (далі резистентність) системи підвищується в результаті здатності до адаптації;
- 3 — цілісність системи (клітини, організму) зберігається у результаті здатності пошкоджених функціональних частин організму до репарації (самовідновлення).

Резистентність організму (resistentia — опір) — це його протидія різним стресовим чинникам. Всі живі об'єкти мають свою вихідну, тільки їм властиву, генетично задану резистентність. Біологічний організм в процесі філогенезу набув функціональних властивостей, що забезпечують його існування в

Ю.Е. КЛЕЧКОВСЬКИЙ,
доктор сільськогосподарських наук

Є.Ф. НЯМЦУ,
науковий співробітник
Дослідна станція карантину винограду
і плодкових культур ІЗР НААН

умовах безперервної взаємодії із середовищем, багато факторів якого (фізичні, біологічні, хімічні) могли б спричинити порушення життєдіяльності і навіть загибель організму за недостатньої його стійкості до них.

Світова наука накопичила велику кількість відомостей про те, що розвиток резистентності визначається поєднанням генетичних, біологічних та оперативних факторів. Перші дві групи факторів включають характер успадкування резистентності (кількість резистентних генів, їх частота в популяції та фенотипічний вираз, зв'язок зі статтю) та особливості біології шкідливих видів (репродуктивна поведінка, здатність до міграції, число стадій розвитку і генерацій, що знаходяться в оброблюваній продукції, наявність сховищ). Оперативні фактори характеризують інтенсивність фізичного і хімічного впливу (спосіб дії, препаративна форма, метод застосування, норма витрати і кратність обробок, експозиція, розміри партій оброблюваної продукції і, відповідно, чисельність шкідників, що потрапляють під обробки) на біологічні форми [4], що завдають шкоди економіці держави.

Непроста ситуація нині склалася у сфері захисту вітчизняної сільськогосподарської продукції під час її зберігання [1], що зумовлено зростанням опірності шкідників продовольчих запасів проти сучасних пестицидів. Досвід показує, що найбільш швидким і ефективним методом захисту продукції рослинного походження від шкідників є фумігація — обробка газоподібними хімічними інсектицидами. Їх, за способом використання, називають фуміган-

тами. Найвищий рейтинг сучасного застосування серед фумігантів — у фосфористого водню (фосфін). На території України зареєстровано більше десятка препаратів на основі фосфіду алюмінію і фосфіду магнію. Ці препарати за певних параметрів вологості і температури навколишнього середовища виділяють газоподібну речовину — фосфін, який смертельно діє на нервову систему шкідників через органи дихання [2].

У вітчизняних зерносховищах вже понад 20 років обробляють продукцію проти шкідників продовольчих запасів одним фумігантом — фосфіном. Цей період часу є достатнім для вироблення у шкідників резистентності до летальних доз зазначеного фуміганту. При цьому, для досягнення якості обробок летальні дози фосфористого водню, з урахуванням резистентності до нього популяції вказаних шкідників, необхідно періодично підвищувати. Це, з часом, неминуче призведе до того, що витрати на придбання та використання препаратів на основі фосфіну будуть вищими за ринкову вартість самої фумігації, а отже — втратиться економічний сенс обробки продукції цим фумігантом і вся лінійка препаратів на його основі покине ринок в силу своєї незатребуваності. Причини, що ведуть до такої перспективи, наступні:

- відсутність моніторингу зерносховищ на предмет виявлення популяцій шкідників продовольчих запасів, резистентних до фосфіну;
- відсутність єдиних технологічних вимог використання фосфіну для захисту від шкідників сільськогосподарської продукції, з урахуванням їх біологічних особливостей і визначення індивідуальної летальної дози для кожного виду, виявленого в конкретно оброблюваній партії;
- відсутність контролю з боку держави за точністю виконання технологічних вимог щодо

обробки рослинної продукції фосфіном, а саме за:

- забезпеченням 100% герметичності оброблюваної складської місткості;
 - дотриманням загальної летальної концентрації фуміганту, яку визначають за летальною концентрацією найбільш стійкого виду шкідника з виявлених у продукції;
 - дотриманням часу розпаду препаратів на основі фосфідів алюмінію та магнію з подальшим виділенням фосфіну відповідно до температури і вологості в середині оброблюваної продукції;
 - дотриманням тривалості самої обробки фосфіном (тобто експозиції), необхідної для набору летальної кількості годинogramів найбільш стійким видом шкідників та за тієї температури оброблюваної продукції в складському приміщенні, що є на момент обробки;
- відсутність контролю відповідності препаратів на основі фосфідів алюмінію та магнію рівню якості від заводу-виготовлювача;
 - часта повторюваність обробок фосфіном протягом сезону зберігання і відсутність чергування обробок іншими інсектицидами, що мають вплив на шкідників але відрізняються за хімічною дією від фосфористого водню;
 - відсутність державної реєстрації інших фумігантів, що відрізняються від фосфіну за своєю хімічною природою та механізмом дії на шкідників;
 - відсутність фітосанітарної гігієни місць зберігання сільськогосподарської продукції (видалення і утилізація всіх її залишків зі сховищ і устаткування, на яких шкідники можуть вижити протягом тривалого часу).

Резистентність шкідників взагалі, а шкідників продовольчих запасів зокрема, заснована на їх біологічних, а саме, на біохімічних особливостях. Вона також залежить від біотичного потенціалу шкідника і кількості його поколінь за сезон, кількості генів резистентності у геномі, контролюючих будову структур, на які діє фумігант: чим менше

число генів управляє процесами, на які впливає фумігант, тим швидше формуються резистентні популяції. Крім того, опірність шкідника до фуміганту залежить від частоти трапляння генів резистентності у його популяціях.

У міжнародній практиці найбільш резистентними до фосфіну є шкіроїди роду *Trogoderma*, зокрема, капровий жук (*Trogoderma granarium*), за ним слідує зерновий точильник (*Rhyzopertha dominica* F.), менш стійкі — комірний (*Sitophilus granarius* L.), рисовий (*Sitophilus oryzae* L.) і кукурудзяний (*Sitophilus zeamais* Motsch.) довгоносики, суринамський борошноїд (*Oryzaephilus surinamensis* L.), малий борошняний хрущак (*Tribolium confusum* J.), борошняний булавовусий хрущак (*Tribolium castaneum* Herbst.), південна комірна (*Plodia interpunctella* Hbn.) і зернова (*Ephesia elutella* Hb.) вогнівки та ін. (рис. а, б, в, г, д, е, ж, з, и). Як правило, всі вони є космополітами. Наприклад, популяції *Rhyzopertha dominica* F., що резистентні до фосфіну, виявлено в Аргентині, Бразилії, Гвінеї, Греції, Індії, Лівії, ОАЕ, США [9]. Наявність популяцій цього шкідника, резистентних до фосфіну, було підтверджено в Австралії та деяких країнах Європи й Азії (табл.).

Раніше рівні резистентності популяцій цього шкідника встановлювали за імагінальною стадією. Нещодавні експерименти індійських дослідників показали, що у резистентної популяції цього шкідника стійкими до дії фосфіну виявилися і яйця [6]. ЛД99 фосфіну для яєць чутливої раси і резистентної популяції становили 0,56 і 3,25 г/л зернової маси відповідно [3]. Резистентні популяції *Rhyzopertha dominica* F., *Tribolium castaneum* (Herbst), *Oryzaephilus surinamensis*, *Sitophilus granarius*, *Sitophilus oryzae* L. та інших шкідників здатні протистояти впливу фос-

фіну за рахунок двох механізмів — генетичної здатності засвоювати його у малій кількості через низьку частоту дихання і його інтенсивну детоксикацію організмом. Дослідження вказують на те, що особини з більш низькою частотою дихання виявляють більш низьку смертність [11]. На посилену детоксикацію фосфіну шкідниками, генетично вироблену толерантними до фуміганту кількома поколіннями резистентних популяцій, вказують дослідники Чедри і Прайс [8].

ВИСНОВКИ

Враховуючи шляхи виникнення у шкідників опірності до фосфіну та біологічні особливості розвитку стійких популяцій, необхідно розробити заходи керування їх резистентністю.

Головною умовою для встановлення необхідності здійснення цих заходів є моніторинг [10] вітчизняних зерносховищ на предмет виявлення резистентності популяцій шкідників продовольчих запасів до фосфіну з подальшим зберіганням інформації у спеціально створеному електронному реєстрі, доступному для фумігаційних компаній. Очевидно, що це є прерогативою Державної служби України з питань безпеки харчових продуктів та захисту споживачів, яка контролює фітосанітарний стан країни в цілому.

Наступний етап на шляху контролю і керування резистентністю шкідників запасів до фосфіну — це проведення альтернативних винищувальних заходів щодо виявлених популяцій, які володіють високою опірністю до цього фуміганту. Для цього придатні всі відомі методи: фізичний, біологічний, хімічний (інсектицидами іншої хімічної природи або, у разі їх відсутності, сумішшю фосфіну з вуглекислим газом [8] із застосуванням системи рециркуляції). Головна умова ви-

Результати досліджень резистентності шкідників продовольчих запасів впродовж різних періодів часу

Джерела інформації	Період часу	Місця виявлення	% резистентних популяцій			
			<i>Rhyzopertha dominica</i> F.	<i>Tribolium castaneum</i> Herbst.	<i>Sitophilus oryzae</i> L.	<i>Sitophilus granarius</i> L.
Champ and Dyte (FAO)	1972—1973	Всюди	23,4	5,6	5,9	9,4
Taylor and Halliday	1983—1985	Країни, що розвиваються	77,3	48,1	75,0	—
Pacheco et al.	1986—1988	Штат Сан-Паулу, Бразилія	90,0	90,0	100,0	—
Ignatowicz	1997—1998	Польща	9,8	—	—	21,2

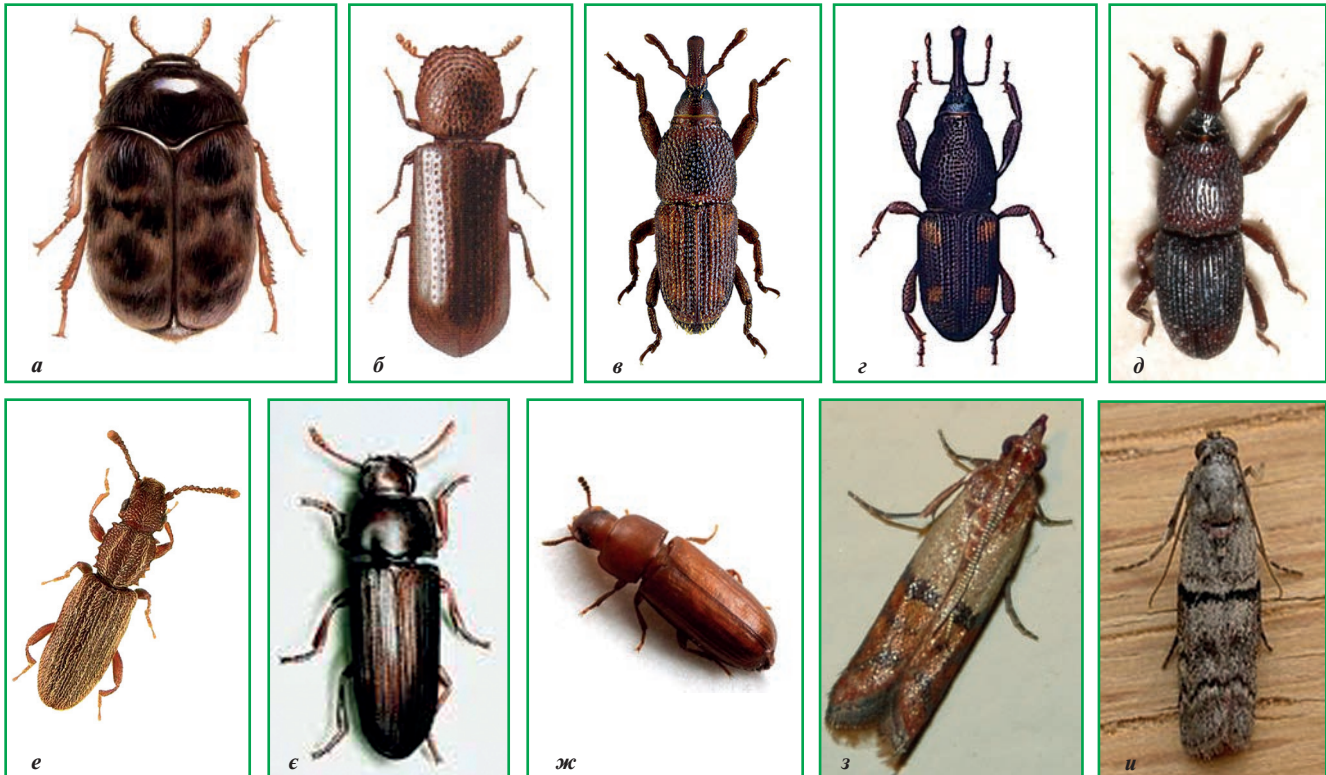


Рис. Шкіроїди роду *Trogoderma*:

a — капровий жук (*Trogoderma granarium*); *б* — зерновий точильник (*Rhyzopertha dominica* F.); *в* — рисовий довгоносик (*Sitophilus oryzae* L.); *г* — кукурудзяний довгоносик (*Sitophilus zeamais* Motsch.); *д* — комірний довгоносик (*Sitophilus granarius* L.); *е* — суринамський борошноїд (*Oryzaephilus surinamensis* L.); *ж* — малий борошняний хрущак (*Tribolium confusum* J.); *з* — борошняний булавовусий хрущак (*Tribolium castaneum* Herbst.); *и* — зернова вогнівка (*Plodia interpunctella* Hbn.); *у* — зернова вогнівка (*Ephesia elutella* Hb.).

нищувальних заходів — досягнення 100% смертності резистентних популяцій шкідників.

Після проведення винищувальних заходів проти виявлених резистентних популяцій потрібно здійснювати жорсткий контроль з боку вказаної вище служби за проведенням обробок продовольчої продукції цим фумігантом надалі. Для цього слід створити і юридично затвердити технологію фумігації фосфіном, вимоги якої повинні бути єдиними для операторів фумігаційного ринку України. Для контролю за дотриманням технологічних вимог, фумігаційні компанії повинні бути акредитовані на право проведення даних видів обробок. Акредитація дозволить позбутися неякісних послуг недбайливих фумігаційних компаній, що порушують технологію обробки продукції фосфіном з метою зниження ціни на фумігацію заради залучення більшої кількості замовлень на обробку.

Державна реєстрація інсектицидів-фумігантів, альтернативних препаратів на основі фосфіду алюмінію і магнію, також дасть можливість керувати опірністю шкідників до

фосфіну в масштабі всієї України. Задля досягнення державних інтересів у фітосанітарній сфері повинна проводитися реєстрація необхідних фумігантів більш оперативним, особливо, якщо вони рекомендовані вищевказаною державною службою. Це дасть можливість мінімізувати застосування фосфіну, а саме, уникнути проведення повторних фумігацій ним зернохосвищ, що зумовлено неефективністю попередніх обробок.

Одним з ефективних важелів припинення поширення популяцій шкідників продовольчих запасів, резистентних до фосфіну, є фітосанітарна гігієна місць зберігання, до якої відноситься видалення і утилізація всіх залишків продукції, що зберігається, зернового пилу, заміченості зі сховищ і устаткування, на яких шкідники можуть виживати протягом тривалого часу [10]. Оскільки зернохосвища і складські приміщення є приватною власністю і дотримання фітосанітарної гігієни в них не контролюється державою, існує необхідність у підвищенні рівня культури зберігання продовольчої продукції за допомогою активної реклами в ЗМІ та інтернеті.

Комплексно застосовуючи зазначені вище заходи, можна успішно контролювати резистентність шкідників продовольчих запасів до фосфіну і тим самим подовжити термін використання препаратів на основі фосфіду алюмінію і магнію на українському ринку використання пестицидів. Крім того, ці заходи дадуть можливість вийти на більш якісний рівень зберігання продовольчої продукції у вітчизняних складських ємкостях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бондаренко І.В. Членистоногі шкідники зерна колосових культур при зберіганні та заходи щодо регулювання їх чисельності в лівобережному Лісостепу України : дис. ... канд. с-г наук : 2016 / І.В. Бондаренко. — К. — 230 с.
2. Быстрое обеззараживание хранящихся продуктов за один или два дня до проведения фумигации фосфином / П. Дуком, С. Рассел, В. Стефанини // Сборник трудов международной конференции: Контролируемая атмосфера и фумигация хранящихся продуктов, Золотой берег, Австралия, С. 47—52. Издательство ФТИЦ ООО, Израиль, 8—13 августа 2004.
3. Мордкович Я.Б. Устойчивость вредителей запасов к препаратам алюминия фосфида / Я.Б. Мордкович // Защита и карантин растений. — 2004. — №12. — С. 43—44.

4. Рославцева С.А., Диденко Л.Н. Резистентность к инсектоакарицидам вредителей запасов / С.А. Рославцева, Л.Н. Диденко. — Агрохимия: Ежемес. научн. журн. — 2008. — № 2. — С. 86—90.

5. Сухорученко Г.И. Резистентность вредных организмов к пестицидам — проблема защиты растений второй половины XX столетия в странах СНГ / Г.И. Сухорученко // Вестник защиты растений. — 2001. — №1. — С. 18 — 37.

6. Сухорученко Г.И. Мониторинг резистентности к пестицидам в популяциях вредных членистоногих / Г.И. Сухорученко, В.И. Долженко // Методические рекомендации. ВНИИЗР. — Санкт-Петербург, 2013. — С. 150.

7. Akhlaq A., Mubarik A., Noorullah Qazi M. A., Muhammad A. and Saqib A. Monitoring of Resistance Against Phosphine in Stored Grain Insect Pests in Sindh. Middle-East Journal of Scientific Research 16 (11): 1501—1507, 2013.

8. Chaudhry M.Q. and Price N.R. Insect mortality at doses of phosphine which produce equal uptake in susceptible and resistant strains of *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae). Journal of Stored Products Research // Volume 26, Issue 2, April 1990, Pages 101—107.

9. Desmarchelier, J.M. 1984. Effect of carbon dioxide on the efficacy of phosphine against different stored product pests. Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry, Berlin. No. 220, 57 pp.

10. Mills K.A. Phosphine resistance: where to now? Proc. Int. Conf., Fresno, CA. 29 Oct. — 3 Nov. 2000, Executive Printing Services, Clovis, CA, U.S.A. pp. 583—591.

11. Pat Collins. Strategy to manage resistance to phosphine in the Australian grain industry. Post-Harvest Integrity Research. www.crcplant-biosecurity.com.au.

12. Pimentel M.A.G., L.R.D'A Faroni, R.N.C. Guedes, A.P. Neto and F.M. Garcia. 2006. Phosphine resistance, respiration rate and fitness consequences *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae), pp. 344—351. International Working Conference on Stored Product Protection 9th. Brazilian Post-Harvest Association. São Paulo, Brazil.

Ю.Э. Ключковский, Е.Ф. Нямцу

Возможности управления резистентностью вредителей продовольственных запасов к фосфину

Раскрыта проблема резистентности вредителей продовольственных запасов к фосфористому водороду при фумигации сельскохозяйственной продукции в отечественных складских емкостях. Показаны причины её возникновения и возможности управления толерантностью популяций некоторых амбарных вредителей к фосфину. Выявлен острый недостаток в фумигантах, альтернативных к фосфину. Предложены организационные мероприятия по преодолению сопротивления вре-

дителей запасов к воздействию фосфина и продления сроков использования препаратов на основе фосфидов алюминия и магния.

резистентность, вредители, фосфин, складские помещения, срок действия, регистрация фумигантов, организационные мероприятия

Klechkovskiy Yu., Nyamtsu E.

The ability to manage resistance of pests of food stocks to phosphene

The article deals with a problem of pests resistance of food storage to hydrogen phosphide during fumigation of agricultural products in national warehouse capacities. It shows reasons of its occurrence and capabilities to control tolerance of populations of some storage pests to phosphine. It has revealed an acute shortage in fumigants which are an alternative to phosphine. There have been proposed organizational arrangements to overcome resistance of storage pests to effects of phosphine and to extend the life of disinfectants based on aluminum and magnesium phosphides.

resistance, pests, phosphine, warehouse premises, term of validity, fumigant registration, organizational arrangements

Рецензент:

Федоренко А.В.

кандидат сільськогосподарських наук
Інститут захисту рослин НААН



Відзначила свій ювілей **Парфенюк Алла Іванівна** — вчений у галузі фітопатології, імунології та екології, доктор біологічних наук, професор. Народилася 23 вересня 1951 року в с. Білопілья Козятинського району Вінницької області в селянській родині.

По закінченні середньої школи з 1969 по 1971 рр. працювала в колгоспі. 1971 року вступила до факультету захисту рослин Української сільськогосподарської академії, який закінчила в 1976 р. Впродовж 1971—1973 рр. — працівник радгоспу квітково-декоративних культур «Троянда» в м. Києві.

З 1973 по 2005 рр. трудова та наукова діяльність А.І. Парфенюк була пов'язана з Інститутом захисту рослин НААН. Впродовж найтривалішого часу працювала в лабораторії імунітету сільськогосподарських рослин до хвороб: старший лаборант, з 1978 р. — молодший науковий співробітник, з 1981 р. — аспірант (науковий керівник — М.П. Лісовий), з 1984 р. — молодший, з 1986 р. — старший, 1989—2004 рр. — провідний науковий співробітник. Провадила наукові дослідження з вивчення білої й сірої гнилей соняшнику, розробила та впровадила в практику методи оцінки та відбору стійких форм рослин проти збудників цих захворювань, а на підставі одержаних матеріалів підготувала і в 1984 р. захистила кандидатську дисертацію. Була провідним виконавцем у групі з розробки імунологічних методів оцінки та пошуку джерел стійкості пшениці проти церкоспорельозу, соняшнику — проти збудників білої й сірої гнилей. Брала активну участь у розробці комплексної програми «Імуні-

Вітаємо!

тет» та виконанні досліджень по ній. Надавала наукову й методичну допомогу сільськогосподарському виробництву, наукові розробки впроваджувала на дослідних станціях, виступала з лекціями, доповідями на Всесоюзних нарадах, республіканських конференціях і семінарах.

З 2005 року Алла Іванівна працює в Інституті агроєкології і природокористування НААН. Спочатку обіймала посаду провідного наукового співробітника лабораторії біотехнології. В 2006 р. організувала лабораторію біоконтролю агроєкосистем, якою завідує й донині. Напрямами наукової її діяльності є такі: дослідження взаємодії рослин і ендоефітних мікроорганізмів для виявлення корисних штамів ендоефітів, здатних стимулювати ріст і розвиток рослин та пригнічувати розвиток фітопатогенів; вивчення особливостей взаємодії популяцій шкідливих організмів і сортів сільськогосподарських культур для виявлення генотипів, здатних стримувати накопичення інфекційних структур в агроценозах; вивчення екологічних особливостей трансгенних рослин картоплі та розробка методів їх біоконтролю. На підставі одержаних численних наукових даних підготувала і в 2012 р. успішно захистила докторську дисертацію за темою «Формування грибного фітопатогенного фону в агроценозах».

У доробку А.І. Парфенюк понад 100 опублікованих наукових праць, зокрема 1 монографія, 4 авторських свідоцтва, 6 патентів, понад 10 розроблених ДСТУ.

Співробітники Інституту захисту рослин, Інституту агроєкології і природокористування НААН, колеги бажають Аллі Іванівні міцного здоров'я, щастя, достатку й благополуччя, творчого натхнення, нових здобутків для блага нашої країни.