

**Зміст електронного журналу
«Наукові доповіді НУБіП України»
№ 1(95) (лютий), 2022**

**Рекомендований до видання Вченою Радою НУБіП України
протокол № 5 від 28 грудня 2021 р.**

Біологія, біотехнологія, екологія

- 1. Тимочко І. Я., Чорнобров О. Ю., Соломаха І. В.** Еколого-типологічні особливості лісової рослинності об'єкта Смарагдової мережі «Циркунівський ліс» Північно-Східного Лісостепу України
- 2. Рик Т. М.** Імуногенетична структура свиней українських порід, придатних для ксенотрансплантації
- 3. Кукол К. П., Воробей Н. А., Пухтаєвич П. П., Коць С. Я.** Вплив протруйників насіння на формування та функціонування симбіотичних систем сої зі стійкими до фунгіцидів ризобіями
- 4. Сидорович М. М.** Порівняльна характеристика рістрегулюючих властивостей комплексу спірокарбону з бурштиновою кислотою та його складових
- 5. Пастошук А., Шустик Д., Зелена П., Юмина Ю., Сківка Л.** Антимікробна активність екзометаболітів *Paenibacillus polymyxa*, виділених з ендofітного угруповання зерна озимої пшениці

Агрономія

- 6. Мазур В. А., Ткачук О. П., Панцирева Г. В., Верхлюк С. Д.** Технологічність, екологічність та продуктивність середньоранньостиглих сортів сої
- 7. Мазур В. А., Панцирева Г. В., Копитчук Ю. М.** Впливу світлового режиму на ріст та розвиток пшениці озимої в агроценозах Правобережного Лісостепу України
- 8. Крижанівський В. Г.** Особливості формування якості зерна сортів пшениці озимої в Правобережному Лісостепу
- 9. Любченко А. І., Рябовол Л. О., Любченко І. О., Сержук О. П., Рябовол Я. С.** Селективний вплив маніту на культуру калюсних тканин рижію ярого
- 10. Гаврилюк О. С., Бондаренко Ю. С., Бойчук Г. Ю., Петренко Д. В.** Формування продуктивності сортів яблуні в умовах Київщини
- 11. Ланкастер Ю. М., Кондратенко С. І.** Вплив тепло- та вологозабезпеченості на прояв селекційно-цінних кількісних ознак ліній кабачка

Тваринництво. Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва

12. Засуха Ю. В., Повозніков М. Г., Отченашко В. В., Грищенко С. М., Грищенко Н. П. Вплив умов годівлі на продуктивність молодняку свиней

Ветеринарна медицина, якість і безпека продукції тваринництва

13. Корнійчук Ю. В., Грушанська Н. Г. Моніторинг показників обміну мінеральних речовин у кролів новозеландської білої породи

14. Тарнавський Д. В., Гірін С. В., Гулій М. А., Горенькова О. К., Ткаченко Т. А., Ткаченко В. В. Нові можливості біорегуляційного підходу в терапії маститу корів

Лісове і садово-паркове господарство

15. Сірко З. С., Протасов О. С., Стрнад Л. Ф., Коренда В. А., Вишняков І. Ю., Охріменко С. М., Стариш Є. А., Торчилевський Д. П., Грицун В. М., Цірень Н. Л. Перспектива засадження волоським горіхом великих територій підприємств України

Техніка та енергетика АПК

16. Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Зарівний О. Ю., Олексійко О. Г. Керування рухом перевернутого маятника: розробка установки, ідентифікація системи та синтез оптимального регулятора її руху

17. Сірко З. С., Протасов О. С., Коренда В. А., Вишняков І. Ю., Охріменко С. М., Торчилевський Д. П., Носов М. Є., Колядюк М. Ж., Єременко Т. Л. Підвищення технічного рівня інструментального господарства підприємства

18. Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Макарець В. В., Щербак О. І. Ідентифікація системи і синтез оптимального регулятора руху системи “кран-вантаж”

Biology, biotechnology, ecology

1. **Tymochko I., Chornobrov O., Solomakha I.** Ecological and typological features of forest vegetation of the emerald network object “Tsirkunivskyi forest” in the North-Eastern Forest Steppe of Ukraine
2. **Ryk T.** Features of the immunogenetic structure of pigs of domestic breeds, suitable for xenotransplantation
3. **Kukol K., Vorobey N., Pukhtaievych P., Kots S.** The influence of seed-dressings on the formation and functioning of symbiotic soybean systems with fungicide-resistant rhizobia
4. **Sidorovich M.** Comparative characteristics of restreguating properties of spirocarbon complex with ambic acid and its components
5. **Pastoshchuk A., Shustyk D., Zelena P., Yumyna Yu., Skivka L.** Antimicrobial activity of exometabolites of *Paenibacillus polymyxa*, isolated from endophytic community of winter wheat grain

Agronomy

6. **Mazur V., Tkachuk O., Pantsyreva H., Verholuk S.** Technologicality, ecologicality and productivity of medium-earring matching soybean varieties
7. **Mazur V., Pansireva H., Kopytchuk Yu.** Influence of the light regime on the growth and development of winter wheat in agrocenosis of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine
8. **Kryzhanovskiy V. G.** Peculiarities of grain quality formation of winter wheat varieties in the right bank forest steppe
9. **Liubchenko A., Riabovol L., Liubchenko I., Serzhuk O., Riabovol Ya.** Selective influence of mannitol on culture of callus tissues of camelina sativa
10. **Havryliuk O., Bondarenko Y., Boichuk H., Petrenko D.** Formation of productivity of apple varieties in Kyiv
11. **Lancaster Yu., Kondratenko S.** Influence of heat and moisture supply on the manifestation of breeding-valuable quantitative traits of courgette lines

Animal science. Technology of production and processing of livestock products

12. **Zasukha Yu., Povochnikov M., Otchenashko V., Gryshchenko S., Hryshchenko N.** Influence of feeding conditions on the productivity of young pigs

Veterinary medicine, quality and safety of livestock products

- 13. Korniiichuk Yu., Grushanska N.** Monitoring of indicators of mineral metabolism in new zealand white rabbits
- 14. Tarnavskiy D., Girin S., Guliy M., Gorenkova O., Tkachenko T., Tkachenko V.** New possibilities of bioregulatory approach in therapy of cow mastitis

Forestry and ornamental plants

- 15. Sirko Z., Protasov O., Strnad L., Korenda V., Vyshniakov I., Okhrimenko S., Starysh E., Torchilevsky D., Gritsun V., Tciren N.** Prospects of planting large territories of Ukrainian enterprises with walnut

Engineering

- 16. Romasevych Yu., Loveikin V., Zarivny O., Oleksiyiko A.** Motion control of the inverted pendulum: development of the installation, identification of the system and synthesis of the optimal motion controller
- 17. Sirko Z., Protasov O., Korenda V., Vishnyakov I., Okhrimenko S., Nosov M., Kolyadiuk M., Torchilevskyi D., Eremenko T.** Prospective industrial technology hydrogen production
- 18. Romasevych Yu., Loveikin V., Makarets V., Scherbak O.** System identification and synthesis of the optimal motion controller of the „crane-load” system

Тимочко І. Я., Чорнобров О. Ю., Соломаха І. В.

УДК 574.2:581.5(477.54)

ЕКОЛОГО-ТИПОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЛІСОВОЇ РОСЛИННОСТІ ОБ'ЄКТА СМАРАГДОВОЇ МЕРЕЖІ «ЦИРКУНІВСЬКИЙ ЛІС» ПІВНІЧНО-СХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

І. Я. ТИМОЧКО, кандидат сільськогосподарських наук, докторант
О. Ю. ЧОРНОБРОВ, кандидат сільськогосподарських наук, науковий
співробітник

І. В. СОЛОМАХА, кандидат біологічних наук, завідувач лабораторії
Інститут агроекології і природокористування НААН

E-mail: i.tymochko@gmail.com; oleksandr.chornobrov@ukr.net; i_solo@ukr.net
<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.01.001>

Анотація. Наведено лісотипологічні та екологічні властивості природних комплексів об'єкта Смарагдової мережі України «Циркунівський ліс» (UA0000290 Tsyrkunivskiy forest) на території Харківської обл., загальною площею 9948,6 га. Вказаний об'єкт розташований в Липецькому та Південному лісництвах ДП «Харківська лісова науково-дослідна станція» у північно-західній частині Харківської обл. Територія дослідженого об'єкта – це хвиляста рівнина з добре представленим долинно-балковим рельєфом та досить розгалуженою яружно-балковою мережею. Лісові ділянки представлено насадженнями 35 деревних видів. Основним лісоутворюючим деревним видом є *Quercus robur* (8830,3 га, 88,75 %), значно меншу площу займає *Pinus sylvestris* (392,1 га, 3,94 %). Інші деревні види займають незначні площі: *Betula pendula* (119,9 га, 1,21 %), *Robinia pseudoacacia* (88,5 га, 0,89 %), *Acer platanoides* (80,7 га, 0,81 %), *Acer campestre* (80,3 га, 0,81%), *Tilia cordata* (75,4 га, 0,76 %), *Populus tremula* (66,4 га, 0,67 %), *Fraxinus excelsior* (52,4 га, 0,53 %) та ін. Досліджувані лісові ділянки представлено 13 едатопами, що охоплюють усі групи трофності та рівні зволоження. Найпоширенішими типами лісорослинних умов є свіжа (7040,2 га; 70,77 %) та суха (2242,3 га, 22,54 %) діброви. На дослідженій території виявлено 19 типів лісу, найпоширенішими серед яких є свіжа кленово-липова діброва (7040,2 га, 70,78 %), децю меншу площу займає суха кленово-липова діброва (2242,3 га, 22,54 %); значно меншу – свіжий дубово-сосновий субір (354,1 га, 3,56 %). *Quercus robur* зростає у 5 типах лісу, найпоширенішими з яких є свіжа (6552,8 га, 74,21 %) та суха (2102,0 га, 23,80 %) кленово-липові діброви.

Ключові слова: типи лісу, Циркунівський ліс, басейн Сіверського Дінця

Актуальність. Під час проведення досліджень сучасного стану рослинного покриву територій, які охоплюють екологічно перспективні об'єкти доводиться застосовувати досить різноманітні підходи. До об'єктів, які віднесено до природно-заповідного фонду, а на Північному Сході Лісостепу України створено національні парки – Слобожанський, Гомільшанські ліси та Дворічанський застосовується

Тимочко І. Я., Чернобров О. Ю., Соломаха І. В.

повномасштабне їх обстеження. Крім них є потреба у виділенні та обстеженні природних територій, які віднесено до Смарагдової мережі. Проведення цього комплексу досліджень дозволить розширити та оптимізувати структуру найбільш цінних природоохоронних територій. За таких досліджень здійснюється вивчення флористичного складу та ценотичних особливостей різноманітних рослинних угруповань, фітосозологічного розмаїття цих територій та особливостей різних типів оселищ. З цією метою також можливо використання і наявних матеріалів лісовпорядкування на вкритих природними лісами та штучно створеними лісовими насадженнями ландшафтах. Значна представленість об'єктів Смарагдової мережі на території Північно-Східного Лісостепу потребує проведення їх додаткових досліджень.

Циркунівський ліс був визначений, як перспективний об'єкт Смарагдової мережі України [1], а 6 грудня 2019 року на засіданні Постійного комітету (Standing Committee) Бернської конвенції він отримав офіційний статус Смарагдового об'єкту «Циркунівський ліс» (UA0000290 Tsyrkunivskiy forest). Площа Смарагдового об'єкта – 9948,6 га, розташований він у Харківському р-ні Харківської обл. У характеристиці його була наведена досить обмежена

інформація з переліком ряду рідкісних видів фауни, тому даний об'єкт потребує виявлення та залучення наявної інформації та проведення додаткових наукових досліджень. У зв'язку з цим ми вважаємо за можливе використання матеріалів лісовпорядкування для з'ясування екологотипологічних особливостей лісової рослинності цього об'єкта Смарагдової мережі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ми вже відзначали значне природоохоронне значення на регіональному й національному рівнях об'єктів, які увійшли до складу Смарагдової мережі України. Нами було досліджено лісотипологічні особливості та екологічне значення низки природо-охоронних територій, які розташовані на сході Лісостепу України. Так, зокрема, було відтворено лісотипологічні та фітосозологічні особливості [2], оцінено запаси відмерлої деревини у лісових екосистемах національного природного парку «Слобожанський» [3], а також було виявлено лісотипологічні та ботанічні особливості об'єкта Смарагдової мережі «Долина річки Мож» [4], які знаходяться поряд з дослідженою територією.

Вивченням лісотипологічної структури лісів Лівобережного Лісостепу України займалися багато вчених, зокрема Л.І. Ткач та інші [5–7], В.П. Пастернак та інші [8; 9]. Значна представленість об'єктів

Тимочко І. Я., Чернобров О. Ю., Соломаха І. В.

Смарагдової мережі на Північному Сході України потребує долучення до аналізу їх екологічних особливостей та сучасного стану рослинного покриву ще й матеріалів лісовпорядкування, проведеного ВО «Укрдержліспроєкт».

Мета дослідження – охарактеризувати лісотипологічні та екологічні властивості природних комплексів об'єкта Смарагдової мережі України «Циркунівський ліс».

Матеріали та методи досліджень. Для проведення аналізу типів лісорослинних умов, типів лісу та видового складу деревостанів території дослідження було використано витяг з повідільної бази даних лісівничо-таксаційних показників лісових ділянок Липецького та Південного лісництв ДП «Харківська лісова науково-дослідна станція» матеріалів лісовпорядкування, яке було проведене ВО «Укрдержліспроєкт» (територія Липецького та Південного лісництв і Смарагдовий об'єкт України «Циркунівський ліс» мають не повне співпадіння, тому відрізняється їхня площа, а для аналізу матеріалів лісовпорядкування була використана загальна площа лісництв). Під час дослідження також було використано картографічні матеріали Інтернет-ресурсів Google Maps та lk.ukrforest.com. Аналіз типологічної структури лісів було проведено за методиками української школи лісової типології [10; 11].

Аналіз даних було проведено програмним забезпеченням MS Excel 2016.

Результати досліджень та їх обговорення. Об'єкт Смарагдової мережі України «Циркунівський ліс» (UA0000290 Tsygkunivskiyi forest) розташований на території Харківської області. За фізико-географічним районуванням він належить до Золочівсько-Чугуївського району Харківської схилово-височинної області Східноукраїнського лісостепового краю Лісостепової недостатньо зволоженої зони Східноєвропейської рівнинної ландшафтної країни [12]. За геоботанічним районуванням територія Смарагдового об'єкту належить до Харківського округу дубових, липово-дубових лісів та лучних степів Середньоруської лісостепової підпровінції Східноєвропейської лісостепової провінції дубових лісів, остепнених луків та лучних степів Лісостепової підобласті (зони) Євразійської степової області [13].

Лісовий масив «Циркунівський ліс» розташований у північно-західній частині Харківської області в північних околицях м. Харків (рис. 1). Ця територія у орографічному відношенні відноситься до південно-західного схилу Середньоросійської височини. Вона є хвилястою рівниною з добре вираженим долинно-балковим рельєфом та розвиненою яружно-балковою

Тимочко І. Я., Чернобров О. Ю., Соломаха І. В. системою. При цьому спостерігається загальне пониження її поверхні у південному напрямку з максимальними відмітками висот у північній частині району, де вони сягають 220–222 м над рівнем моря. Найнижчі ж висоти приурочені до заплав річок: Уда – 101,2 м, Лопань – 104,1 м над рівнем моря. «Циркунівський ліс» розташований у недостатньо вологій, теплій агрокліматичній зоні. На даній території протікають річки басейну Сіверського Дінця – Лозовенька,

Олексіївка, Харків. Найбільш представленими на цій території є чорноземи типові, а також темно-сірі опідзолені, чорноземи опідзолені та лучні солонцюваті ґрунти. Природні ліси та штучні лісові насадження розташовані переважно по схилах ярів та балок, а також на берегах річок та водойм, також досить представленими є полезахисні лісові смуги. Загалом природні та напівприродні ландшафти складають 40,25 %.



Рис. 1. Картосхема розташування Смарагдового об'єкту України «Циркунівський ліс» [1]

Загальна площа вкритих ліською рослинністю лісових ділянок становить 9948,6 га. Основним лісоутворюючим деревним видом є дуб звичайний *Quercus robur* L. (8830,3 га, 88,75 %). Інші деревні види займають незначні площі: сосна

звичайна *Pinus sylvestris* L. (392,1 га, 3,94 %), береза повисла *Betula pendula* Roth. (119,9 га, 1,21 %), робінія псевдоакація *Robinia pseudoacacia* L. (88,5 га, 0,89 %), клен гостролистий *Acer platanoides* L. (80,7 га, 0,81 %), клен польовий *Acer campestre* L.

Тимочко І. Я., Чорнобров О. Ю., Соломаха І. В.

(80,3 га, 0,81 %), липа дрібнолиста *Tilia cordata* Mill. (75,4 га, 0,76 %), осика *Populus tremula* L. (66,4 га, 0,67 %), ясен звичайний *Fraxinus excelsior* L. (52,4 га, 0,53 %), дуб червоний *Quercus rubra* L. (29,4 га, 0,30 %), ясен зелений *Fraxinus lanceolata* Borkh. (24,6 га, 0,25 %), вільха чорна *Alnus glutinosa* (L.) Gaerth. (24,5 га, 0,25 %), тополя біла *Populus alba* L. (18,00 га, 0,18 %), клен татарський *Acer tataricum* L. (11,3 га, 0,11 %), сосна кримська *Pinus pallasiana* (Lamb.) Holmboe (8,6 га, 0,09 %), тополя чорна *Populus nigra* L. (7,4 га, 0,07 %), яблуня лісова *Malus sylvestris* Mill. (5,6 га, 0,06 %), клен ясенелистий *Acer negundo* L. (4,3 га, 0,04 %), верба біла *Salix alba* L. (4,2 га, 0,04 %), сосна жовта *Pinus ponderosa* Douglas ex Lawson (3,0 га, 0,03 %), в'яз граболистий *Ulmus minor* Mill. (2,6 га, 0,03 %), ліщина звичайна *Corylus avellana* L. (2,4 га, 0,02 %), горіх маньчжурський *Juglans mandshurica* Maxim (2,3 га, 0,02 %),

ялина європейська *Picea abies* (L.) H.Karst. (2,3 га, 0,02 %), горіх чорний *Juglans nigra* L. (2,2 га, 0,02 %), модрина європейська *Larix decidua* Mill. (1,5 га, 0,02 %), верба ламка *Salix fragilis* L. (1,4 га, 0,01 %), тополя лавролиста *Populus laurifolia* Ledeb. (1,2 га, 0,01 %), клен цукровий *Acer saccharum* Marsh (1,1 га, 0,01 %), тополя канадська *Populus deltoides* Marsh. (1,1 га, 0,01 %), береза пухнаста *Betula pubescens* Ehrh. (1,0 га, 0,01 %), ялина колюча *Picea pungens* Engelm. (1,0 га, 0,01%), груша звичайна *Pyrus communis* L. (0,8 га, 0,01 %), бархат амурський *Phellodendron amurense* Rupr. (0,7 га, 0,01 %), ялина Енгельмана *Picea engelmannii* W. Parry ex Engelm. (0,1 га, 0,001 %).

Вкриті лісовою рослинністю лісові ділянки представлено 13 едатопами, що охоплюють усі групи трюфності та усі рівні зволоження (табл. 1).

1. Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за едатопами (га)

Гігروتони	Трофотопи				Разом
	A	B	C	D	
0	1,8	-	-	-	1,8
1	-	6,9	3,4	2242,3	2252,6
2	-	354,1	200,5	7040,2	7594,8
3	-	2,6	9,2	60,3	72,1
4	-	-	15,5	4,8	20,3
5	-	-	-	7,0	7,0
Разом	1,8	363,6	228,6	9354,6	9948,6

Серед трюфотопів переважають діброви (груди) (9354,6 га, 94,03 %), значно менше суборів (363,6 га,

3,65 %) та судібров (сугрудів) (228,6 га, 2,30 %), а найменш поширеними є бори (1,8 га, 0,02 %).

Тимочко І. Я., Чернобров О. Ю., Соломаха І. В.

Серед гігротопів значну перевагу мають свіжі умови (7594,8 га, 76,35 %), дещо меншу площі займають сухі (2252,6 га, 22,64 %) умови, а інші гігротопи займають незначні площі: вологі (72,1 га,

0,72 %), сирі (20,3 га, 0,20 %), мокрі (7,0 га, 0,07 %) і дуже сухі (1,8 га, 0,02 %).

На вкритих лісовою рослинністю лісових ділянках виділено 19 типів лісу (табл. 2).

Таблиця 2. Розподіл площі вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок за типами лісу

№ п/п	Назви типів лісу	Індекси типів лісу	Площа, га
1	Дуже сухий сосновий бір	A ₀ -С	1,8
2	Сухий дубово-сосновий суббір	B ₁ -дС	6,9
3	Свіжий дубово-сосновий суббір	B ₂ -дС	354,1
4	Вологий дубово-сосновий суббір	B ₃ -дС	1,4
5	Вологий заплавний осокооровий суббір	B ₃ -Г ³	1,2
6	Суха еродована пакленова судіброва	C ₁ -кпД ^е	3,4
7	Свіжа судіброва	C ₂ -Д	173,2
8	Свіжий липово-дубово-сосновий сугруд	C ₂ -л-дС	27,3
9	Вологий липово-дубово-сосновий сугруд	C ₃ -л-дС	7,2
10	Волога заплавна судіброва	C ₃ -Д ³	2,0
11	Сирий чорновільховий сугруд	C ₄ -Влч	15,5
12	Суха кленово-липова діброва	D ₁ -к-лД	2242,3
13	Свіжа кленово-липова діброва	D ₂ -к-лД	7040,2
14	Волога кленово-липова діброва	D ₃ -к-лД	46,2
15	Волога липово-ясенєва діброва	D ₃ -л-яД	7,7
16	Волога заплавна берестово-пакленова діброва	D ₃ -бр-кпД ³	6,4
17	Сирий заплавний тополево-вербовий груд	D ₄ -тВ ³	4,8
18	Мокрий чорновільховий груд	D ₅ -Влч	5,6
19	Мокрий заплавний вербовий груд	D ₅ -В ³	1,4
Всього			9948,6

Переважає свіжа кленово-липова діброва (7040,2 га, 70,78 %), дещо меншу площу займає суха кленово-липова діброва (2242,3 га, 22,54 %). Значно меншу площу займає свіжий дубово-сосновий суббір (354,1 га, 3,56 %), а інші типи лісу займають незначні площі: свіжа судіброва (173,2 га, 1,74 %), волога кленово-липова діброва (46,2 га, 0,46 %), свіжий липово-дубово-сосновий сугруд (27,3 га, 0,27 %), сирий чорновільховий сугруд (15,5 га,

0,16 %), волога липово-ясенєва діброва (7,7 га, 0,08 %), вологий липово-дубово-сосновий сугруд (7,2 га, 0,07 %), сухий дубово-сосновий суббір (6,9 га, 0,07 %), волога заплавна берестово-пакленова діброва (6,4 га, 0,06 %), мокрий чорновільховий груд (5,6 га, 0,06 %), сирий заплавний тополево-вербовий груд (4,8 га, 0,05 %), суха еродована пакленова судіброва (3,4 га, 0,03 %), волога заплавна судіброва (2,0 га, 0,02 %), дуже сухий сосновий бір

Тимочко І. Я., Чернобров О. Ю., Соломаха І. В. (1,8 га, 0,02 %), вологий дубово-сосновий субір (1,4 га, 0,01 %), мокрий заплашний вербовий груд (1,4 га, 0,01 %), вологий заплашний осоковий субір (1,2 га, 0,01 %).

Дуб звичайний за трофністю умов місцезростання зростає переважно у дібровах (8669,9 га, 98,18 %), і набагато рідше трапляється у судібровах (160,4 га, 1,82 %). За зволоженістю лісових ділянок дуб звичайний зростає переважно у свіжих умовах (6713,2 га, 76,03 %), дещо рідше у сухих (2102,0 га, 23,80 %) і дуже рідко у вологих умовах (15,1 га, 0,17 %). Дуб звичайний зростає у 5 типах лісу, найпоширенішими з яких є свіжа кленово-липова діброва (6552,8 га, 74,21 %), дещо меншу площу займає

суха кленово-липова діброва (2102,0 га, 23,80 %). Інші типи лісу займають незначні площі.

Висновки і перспективи. Отже, еколого-типологічні особливості об'єкту Смарагдової мережі «Циркунівський ліс» полягають у різноманітності природних умов місцезростання, що зумовило формування різноманітності лісових насаджень за широким спектром видового складу деревних видів лісових оселищ, в тому числі внесених у Резолюцію 4 Бернської конвенції. Дані території потребують подальших фітосоціологічних досліджень в усьому спектрі оселищ наявних на території дослідженого смарагдового об'єкта.

Список використаних джерел

1. Залучення громадськості та науковців до проектування мережі Емеральд (Смарагдової мережі) в Україні / за ред. А.А. Куземко. К., 2017. 304 с.
2. Безроднова О.В. та ін. Лісотипологічна та фітосозологічна оцінка лісової рослинності НПП «Слобожанський». *Збалансоване природокористування*. 2020. № 4. С. 157–168. doi:10.33730/2310-4678.4.2020.226651
3. Фурдичко О.І. та ін. Оцінювання запасів грубого деревного детриту у лісових екосистемах національного природного парку «Слобожанський». *Наукові доповіді НУБіП України. Біологія, біотехнологія, екологія*. 2021. 1 (89). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovid/article/view/14760>. doi:10.31548/dopovid2021.01.003
4. Безроднова О.В., Тимочко І.Я., Сенчило О.О., Соломаха В.А. Лісотипологічні та ботанічні особливості об'єкта Смарагдової мережі «Долина річки

Мож». *Агроекологічний журнал*. 2021. № 1. С. 54–67. doi:10.33730/2077-4893.1.2021.227240

5. Ткач Л.І., Бондар О.Б. Типологічна структура лісів водозборів річки Сіверський Донець. *Лісівництво і агролісомеліорація*. Харків: УкрНДЛГА, 2015. Вип. 126. С. 106–113.

6. Ткач Л.І., Бондар О.Б. Типологічне різноманіття лісів водозборів річки Псел. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. 26.5. С. 153–160.

7. Ткач Л.І., Бондар О.Б., Солодовник В.А. Типологічна структура та біорізноманіття лісів малих водозборів річки Ворскла. *Науковий вісник НУБіП України. Лісівництво та декоративне садівництво*. 2016. Вип. 238. С. 56–65.

8. Назаренко В.В., Пастернак В.П. Закономірності формування типів лісу Лісостепу Харківщини. Харків: Вид-во ХНАУ, 2016. 190 с.

9. Пастернак В.П., Яроцький В.Ю., Гармаш А.В. Типологічне різноманіття лісів

Тимочко І. Я., Чернобров О. Ю., Соломаха І. В.

Володимирівського природоохоронного науково-дослідного відділення НПП «Слобожанський». *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія: Біологія*. 2017. Вип. 28. С. 169–174. doi:10.26565/2075–5457–2017–28–22

10. Погребняк П.С. Основы лесной типологии. К.: Изд-во АН УССР, 1955. 456 с.

11. Остапенко Б.Ф., Ткач В.П. Лісова типологія. Харків: Вид-во Харківс. держ. аграрного університету ім. В.В. Докучаєва, 2002. 204 с.

12. Екологічна енциклопедія: у 3 т. / А.В. Толстоухов (гол. редактор). К.: ТОВ «Центр екологічної освіти та інформації», 2007. Т. 1: А-Е. 432 с.

13. Національний атлас України / за ред. Л.Г. Руденка. К.: ДНВП «Картографія», 2008. 440 с.

References

1. Kuzemko, A. (Ed.). (2017). *Zaluchennya gromadskosti ta naukovciv do proektuvannya merezhi Emerald (Smaragdovoyi merezhi) v Ukraini [Involvement of the public and scientists in the design of the Emerald network in Ukraine]*. Kyiv [in Ukrainian].

2. Bezrodnova, O. et al. (2020). Lisotipologichna ta fitosozologichna otsinka lisovoi roslynosti NPP «Slobozhanskyi» [Forest typological and phytosozological assessment of forest vegetation of Slobozhansky national natural park]. *Sustainable management of natural resources*, 4, 157–168. doi:10.33730/2310-4678.4.2020.226651 [in Ukrainian].

3. Furdychko O. et al. (2021). Otsiniuvannya zapasiv hruboho derevnoho detrytu u lisovykh ekosystemakh natsionalnoho pryrodnoho parku «Slobozhanskyi» [Estimation of coarse woody debris stocks in forest ecosystems of Slobozhansky national nature park]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy. Biologhiia, biotekhnologhiia, ekolohiia*. 1 (89). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/14760>. doi:10.31548/dopovidi2021.01.003 [in Ukrainian].

4. Bezrodnova, O., Tymochko I., Senchylo O., Solomakha V. (2021). Lisotipologichni ta botanichni osoblyvosti obiekta Smarahdovoi merezhi «Dolyna richky Mozh» [Forest typological and botanical features of «Mozh river valley» as the object of Emerald Network]. *Agroecological journal*, 1, 54–67. doi:10.33730/2077-4893.1.2021.227240 [in Ukrainian].

5. Tkach, L.I. & Bondar, O.B. (2015). Typologichna struktura lisiv vodozboriv richky Siverskyi Donets [Typological structure of the Siversky Donets river catchment forests]. *Forestry and agroforestry melioration*, 126, 106–113. Kharkiv: UkrNDILHA [in Ukrainian].

6. Tkach, L.I. & Bondar, O.B. (2016). Typologichne riznomanittia lisiv vodozboriv richky Psel [Typological variety of forests of the Psel river basins]. *The Scientific Bulletin of UNFU*, 26.5, 153–160 [in Ukrainian].

7. Tkach, L., Bondar, A. & Solodovnyk, V. (2016). Typologichna struktura ta bioriznomanittia lisiv malykh vodozboriv richky Vorskla [Typological structure and biodiversity of forests in small water catchment areas of the Vorskla river]. *Scientific Bulletin of NUBiP of Ukraine. Forestry and ornamental horticulture*, 238, 56–65 [in Ukrainian].

8. Nazarenko, V.V. & Pasternak, V.P. (2016). *Zakonomirnosti formuvannya typiv lisu Lisostepu Kharkivshchyny [Regularities of forest types formation in the Forest-Steppe of Kharkiv Region]*. Kharkiv: Vyd-vo KhNAU [in Ukrainian].

9. Pasternak, V.P., Yarotskiy, V.Yu. & Garmash, A.V. (2017). Typologichne riznomanittia lisiv Volodymyrivskoho pryrodookhoronnoho naukovо-doslidnoho viddilennia NPP «Slobozhanskyi» [Forest typological diversity of Volodymyrivske environmental research department of NNP «Slobozhanskyi»]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V.N. Karazina. Seriiia «Biologhiia* 28, 169–174. doi:10.26565/2075–5457–2017–28–22 [in Ukrainian].

10. Pohrebniak, P.S. (1955). *Osnovy lesnoy tipologii [Fundamentals of forest typology]*. Kyiv: Izd-vo AN USSR [in Russian].

Тимочко І. Я., Чорнобров О. Ю., Соломаха І. В.

11. Ostapenko, B.F. & Tkach, V.P. (2002). *Lisova typolohiia [Forest typology]*. Kharkiv: Vyd-vo Kharkivskoho derzhavnoho ahrarnoho universytetu im. V.V. Dokuchaieva [in Ukrainian].

12. Tolstoukhov, A.V. (Ed.) (2007). *Ekolohichna entsyklopediia: u 3 t.*

[*Environmental Encyclopedia: in 3 vol.*]. Kyiv: TOV «Tsentralna ekolohichna osvita ta informatsiia». Vol. 1: A-E [in Ukrainian].

13. Rudenko, L.H. (Ed.) (2008). *Natsionalnyi atlas Ukrainy [National atlas of Ukraine]*. Kyiv: DNVP «Kartohrafiia» [in Ukrainian].

ECOLOGICAL AND TYPOLOGICAL FEATURES OF FOREST VEGETATION OF THE EMERALD NETWORK OBJECT “TSIRKUNIVSKYI FOREST” IN THE NORTH-EASTERN FOREST STEPPE OF UKRAINE

I. Ya. Tymochko, O. Yu. Chornobrov, I. V. Solomakha

Abstract. *Forest typological and ecological properties of natural complexes of the Emerald Network object of Ukraine “Tsyirkunivskiy forest” (UA0000290 Tsyirkunivskiy forest) in the Kharkiv region, with a total area of 9948.6 hectares are presented. This object is located in Lipetsk and Southern forest division of the State Forest Enterprise “Kharkiv Forest Research Station” in the north-western part of the Kharkiv region. The territory of the studied object is an undulating plain with a well-represented valley-beam relief and a fairly branched ravine-beam network. Forest areas are represented by stands of 35 tree species. The main forest-forming tree species is *Quercus robur* (8830.3 ha, 88.75 %), a much smaller area is *Pinus sylvestris* (392.1 ha, 3.94 %). Other tree species occupy small areas: *Betula pendula* (119.9 ha, 1.21 %), *Robinia pseudoacacia* (88.5 ha, 0.89 %), *Acer platanoides* (80.7 ha, 0.81 %), *Acer campestre* (80.3 ha, 0.81 %), *Tilia cordata* (75.4 ha, 0.76 %), *Populus tremula* (66.4 ha, 0.67 %), *Fraxinus excelsior* (52.4 ha, 0.53 %) and others. The studied forest areas are represented by 13 edatopes, covering all trophic groups and moisture levels. The most common types of forest vegetation conditions are fresh (7040.2 ha; 70.77 %) and dry (2242.3 ha, 22.54 %) oak dibrova. 19 types of forests were identified in the study area, the most common of which are fresh maple-linden dibrova (7040.2 ha, 70.78 %), a slightly smaller area is dry maple-linden dibrova (2242.3 ha, 22.54 %); much smaller is fresh oak-pine subir (354.1 ha, 3.56 %). *Quercus robur* grows in 5 forest types, the most common of which are fresh (6552.8 ha, 74.21 %) and dry (2102.0 ha, 23.80 %) maple-linden dibrova.*

Key words: *forest types, Tsyirkunivskiy forest, Siversky Dinets basin*

Рик Т. М.

УДК 636.4:636.082:575.827

**ІМУНОГЕНЕТИЧНА СТРУКТУРА СВИНЕЙ УКРАЇНСЬКИХ ПОРІД,
ПРИДАТНИХ ДЛЯ КСЕНОТРАНСПЛАНТАЦІЇ****Т. М. РИК***Львівська медична академія імені Андрея Крупинського*

E-mail: tanya.ryk.77@gmail.com

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.01.002>

Анотація. Використання аборигенних свійських порід свиней України в якості лабораторних тварин, призначених для біомедичних цілей, має велике значення.

Метою дослідження було визначення імуногенетичних особливостей свиней двох українських порід, як за ознаками їх кращої адаптивності, резистентності, репродукції, так і генетичної гомогенності, наявності алелів, що визначають потенційну придатність для використання у ксенотрансплантації.

Дослідження здійснені на вибірках свиней миргородської породи з Державного підприємства «Дослідне господарство імені Декабристів» Інституту свинарства і агропромислового виробництва НААН (ДП «ДГ імені Декабристів Інституту свинарства і АПВ НААН», Полтавська область) ($n=80$), української м'ясної, Державне підприємство дослідне господарство «Гонтарівка» Вовчанського р-ну Харківської області ($n=48$). Імуногенетичні дослідження здійснені у лабораторії генетики Інституту тваринництва НААН України та залученням банку імунодіагностикумів, які відповідають міжнародним вимогам.

Виявлено 24 особини миргородської та 13 особин української м'ясної породи із наявністю генотипів $A^{-/-}$ та $E^{bdgkmp/bdgkmp}$, що визначають придатність тварин до ксенотрансплантації. Свині української м'ясної та миргородської порід мали найбільші відмінності у розподілі алелів за B, E, F, K, L системами груп крові ($p < 0,05$).

Відсутність тісного зчеплення груп крові з ключовими генами адаптивності свиней, за умов направленої селекції сприятиме створенню ліній свиней з високими адаптивними якостями для біомедичних цілей і потреб ксенотрансплантації.

Ключові слова: еритроцитарний антиген, поліморфізм, алель, свині, імуногенетичний профіль, ксенотрансплантація

Актуальність. Одним з перспективних напрямків трансплантології останнім часом вважається ксенотрансплантація - пересадка органів і тканин людині від тварини іншого біологічного виду.

Найбільш імунологічно, фізіологічно та генетично близькими до людині є вищі примати і свині. Перевагами свиней для названої цілі, у порівнянні з приматами, є її широкое розповсюдження, безпроблемне

Рик Т. М.

виращування і утримання, схожість свинячих органів з людськими за розмірами і фізіологією, а також фінансові та етичні питання, що пов'язані з вилученням донорських органів [1, 2]. В останні роки в багатьох країнах світу намітилася певна тенденція до швидкого розширення масштабів використання свиней в якості лабораторних тварин.

Через дефіцит лабораторних дрібних свиней часто доводиться вдаватися до використання звичайних домашніх свиней різних порід. Окрім цього, величина органів і структура тканин свійських свиней, їх функціональні особливості, максимально наближені до анатомо-фізіологічних характеристик людини.

Наразі в Україні не існує жодної породи свиней, яка б використовувалася для біомедичних цілей. Проте склалася сприятлива ситуація для використання окремих порід чи виведення спеціалізованої лінії через попит для потреб ксенотрансплантації.

Суттєвим бар'єром у трансплантації органів від свиней до людини є їхня сумісність за імунологічними показниками. Була встановлена суттєва імуногенетична подібність між антигеном А системи АВО у людини і антигеном Аа системи А у свиней, а також між антигеном е (hr') системи Rh у людини і антигенами Еа і Ее системи Е у міні-свиней. Проте, решта

антигенів людини і свиней має суттєві відмінності.

Відзначено, що присутність сироваткового антигену Аа у внутрішніх органах свиней є однією із можливих причин реакції відторгнення тканин при ксенотрансплантації. Тому для біомедичних цілей оптимально відбирати тварин із відсутністю антигенів за системою А, тобто А(-/-). Цей генотип відповідає 0(1) групі крові людини і потенційно може бути використаний для реципієнтів II-IV груп крові. Бажаною характеристикою свиней-донорів також є високий рівень гомозиготності сумарно за всіма системами груп крові [3].

Виходячи з вищенаведених даних, **метою** нашої роботи було визначення імуногенетичних особливостей свиней двох українських порід, як за ознаками їх кращої адаптивності, резистентності, репродукції, так і генетичної гомогенності, наявності алелів, що визначають потенційну придатність для використання у ксенотрансплантації.

Матеріали та методи досліджень. Весь обсяг проведених камеральних досліджень був здійснений на вибірках свиней миргородської породи з Державного підприємства «Дослідне господарство імені Декабристів» Інституту свинарства і агропромислового виробництва

Рик Т. М.

НААН (ДП «ДГ імені Декабристів Інституту свинарства і АПВ НААН», Полтавська область) (n=80), української м'ясної породи із Державного підприємства «Дослідне господарство «Гонтарівка» Вовчанського р-ну Харківської області (n=48).

Антигени еритроцитів свиней A,B,D,E,F,G,H,K,L визначали за допомогою специфічних імунних сироваток у лабораторії генетики Інституту тваринництва НААН України та залученням банку імунодіагностикумів, які відповідають міжнародним вимогам. Групи крові визначали за реакцією аглютинації, непрямой проби Кумбса і гемолітичного тесту [4,5]

Статистична обробка результатів досліджень проводилась методами математичної статистики, за використання комп'ютерної

програми GenAlex 6.0. [6]. Статистичний аналіз вірогідності різниці між представниками різних популяцій за частотами алелів проводили за алгоритмом Фішера [7].

Результати досліджень. За результатами проведеного імуногенетичного аналізу двох порід було визначено, що кожна з них характеризується своєрідним імуногенетичним профілем, що пов'язано як з породними особливостями та відмінностями, так і методами їх розведення. Різниця між розподілом переважної кількості алелів груп крові була статистично значущою, що наочно відбивається на побудованих діаграмах. Діаграми порівняльної характеристики імуногенетичного профілювання миргородської (М) та української м'ясної порід (УМ) наведені на рис. 1.

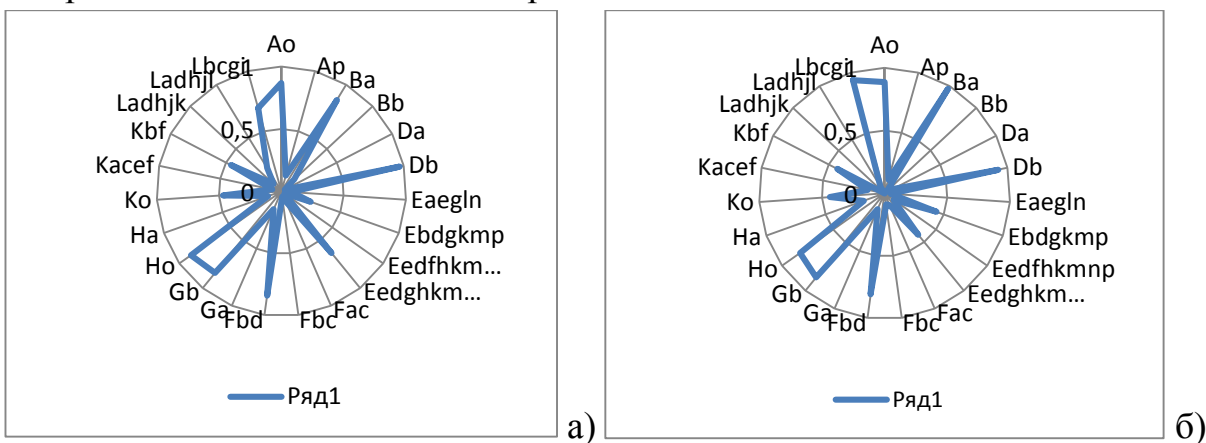


Рис. 1. Діаграми імуногенетичних профілів (а) миргородської та (б) української м'ясної порід свиней

За системою А груп крові, що є аналогом системи АВО людини, частота алеля А-, що визначає

придатність свиней для біомедичного використання, у тварин обох порід сягала суттєвих значень 88,75-86,88 %

Рик Т. М.

(для української м'ясної та миргородської відповідно) із незначущим переважанням цього показника у свиней УМ породи (табл.1). Привертає увагу суттєва різниця у розподілі алеля V^b , частота якого у свиней української м'ясної породи не перевищує значення 0,0250 проти 0,1437 у представників миргородської породи ($p < 0.01$) (рис.1a).

Частота F^a алеля, за численними літературними даними, пов'язана із впливом генотипу дикого кабана і сучасної породи ландрас на формування генетичної структури досліджуваних порід [4]. Проте, для тварин української м'ясної породи більш властиве розповсюдження альтернативного варіанту алеля - F^{bd} , а алельний варіант F^{bc} у особин цієї породи зустрічається вдвічі частіше (0,0875), ніж у миргородських свиней (0,0437) ($p < 0.05$).

Порівнювані породи свиней вирізняються і своєрідним розподілом алелів за системою груп крові К. За частотами розподілу K^i і K^{bf} свині миргородської і української м'ясної порід майже не відрізняються, проте частота алеля K^{acef} у особин української м'ясної породи зустрічається вдвічі частіше (0,1375), ніж у свиней миргородської породи (0,0750) ($p < 0.05$). Система Н груп крові переважною кількістю імуногенетиків і практичних селекціонерів асоціювалася з продуктивними якостями свиней,

насамперед плодючістю. У практичному відношенні важливим є факт генетичного зчеплення локусу Н системі груп крові, з ізоферментами ланки жирового обміну РНІ и 6-PGD, а також стресочутливістю (ген рецептора ріанодину) та якістю м'яса. Частота важливого з селекційної точки зору алеля Н є високою для УМ та М порід із несуттєвим, статистично не вірогідним переважанням цього показника у особин миргородської породи (0,8875 проти 0,8250). Найбільш суттєва різниця між миргородською та українською м'ясною породами спостерігалася за високополіморфними системами груп крові – L та E. Алель L^{adhjk} можна вважати маркерним для миргородської породи свиней, оскільки його концентрація в дослідженій популяції тварин склала майже 8,75% при повній його відсутності у особин української м'ясної породи ($p < 0.05$). За частотою алеля L^{adhjl} різниця між порівнюваними породами була значною і статистично значущою: 0,0625 у особин української м'ясної породи проти 0,2188 у свиней миргородської породи ($p < 0.01$).

Система E груп крові відповідає більш ніж за 50% реалізації генетичної інформації, пов'язаної з поліморфізмом локусів еритроцитарних антигенів. Сам за цим генетичним локусом спостерігається найбільша

Рик Т. М.

відмінність між обраними для дослідження породами свиней.

Частота алеля E^{bdgkmp} що визначає придатність свиней до ксенотрансплантації і відповідає системі резус-фактор Rh людини є найбільшою серед спектру антигенів цієї генетичної системи і дорівнює у свиней української м'ясної породи 0,4375, що вірогідно переважає цей показник у миргородської (0,2500, $p < 0.05$).

Відомо, що селекція за м'ясними якостями підвищує у популяції концентрацію алельних генів E^{def} , проте селекція на життєздатність і резистентність призводить до

накопичення E^{deg} алелів [8]. Частоти E^{def} алеля є доволі низькими у вибірці свиней миргородської породи (0,0313), а у особин української м'ясної породи, у зв'язку з інтенсивною селекцією на м'ясність, значення цього показника було майже вдвічі вищим із значенням 0,0875 ($p \leq 0,05$). Показником кращої життєздатності і адаптивності свиней миргородської породи є висока частота E^{deg} алеля – 0,6375, що статистично вірогідно переважало значення частоти цього антигена у тварин української м'ясної породи – 0,4250 ($p \leq 0,05$).

1. Розподіл алелів у локусах груп крові української м'ясної та миргородської порід

Локус	Алелі	Частота	
		УМ	М
A	-	0,8875	0,8688
	p	0,1125	0,1313
B	a	0,9750	0,8562
	b	<u>0,0250</u>	<u>0,1437**</u>
D	a	0,0750	0,0313
	b	0,9250	0,9688
E	aegl	0,0500	0,0813
	bdgkmp	<u>0,4375</u>	<u>0,2500*</u>
	edfhkmnp	<u>0,0875</u>	<u>0,0313*</u>
	edghkmnp	<u>0,4250</u>	<u>0,6375*</u>
F	ac	0,1000	0,0875
	bc	<u>0,0875</u>	<u>0,0437*</u>
	bd	0,8125	0,8438
G	a	0,1375	0,1563
	b	0,8625	0,8438
H	-	0,8250	0,8875
	a	0,1750	0,1125
K	-	0,4375	0,4688
	acef	<u>0,1375</u>	<u>0,0750*</u>
	bf	0,4250	0,4562
L	adhjk	0,0000	<u>0,0875*</u>
	adhjl	0,0625	<u>0,2188**</u>
	bcgi	<u>0,9375</u>	<u>0,6937*</u>

Примітка: різниця частот розподілу алелів вірогідна за критерієм Фішера: $p \leq 0,05*$ - $p \leq 0,01$ **

Найбільш генетично мономорфною миргородська порода була за D, H і K системами груп крові (із рівнями фактичної гомозиготності – 0,9375, 0,7750, 1,000, відповідно), а висока ступінь реалізації генетичної інформації для вибірки тварин цієї породи була забезпечена поліморфізмом локусів E, K і L груп крові (53, 57, 47%, відповідно). Фактичний рівень гомозиготності загалом за 9 дослідженими системами груп крові у свиней обох порід був майже оптимальним і, незважаючи на інтенсивну селекцію, обмежену ефективну чисельність популяцій, наявність помірного інбридингу, склав 53,89% для української м'ясної та 49,44% для миргородської.

Серед 80 протестованих за імуногенетичними маркерами тварин миргородської породи лише 24 особини були відповідні встановленим критеріям відбору – гомозиготи $A^{-/-}$ та $E^{bdgkmp/bdgkmp}$. Діапазон визначених показників фактичної гомозиготності для відібраних за певними параметрами генотипу тварин коливався від 55,56% до максимального значення – 88,89%, переважно у свиноматок з родини Смородини, Русалки, Сороки і Сойки. Найвищий показник гомозиготності за 9 системами груп крові з урахуванням наявності модельного для ксенотрансплантації імуногенетичного профілю мав кнур №303 з лінії Дніпра.

За даними молекулярно-генетичного аналізу визначено, що встановленим критеріям біомедичної моделі відповідають лише 13 особин української м'ясної породи. Серед тварин із максимальним показником фактичної гомозиготності виділено представників Церери і Цілини, при чому Цілина 4092 була гомозиготою за всіма дослідженими системами груп крові -100%. Кнури 8829721 Імперіал та 8829724 Рекс із значеннями фактичної гомозиготності за 9 системами груп крові 77,78 та 88,89% відповідно можуть бути потенційними плідниками в селекційних схемах із створення спеціалізованих ліній для біомедичного, а саме ксенотрансплантаційного призначення.

Висновки. За популяційно-генетичним аналізом поліморфізму 9 систем еритроцитарних антигенів визначено специфіку імуногенетичних профілів української м'ясної і миргородської порід свиней. Свині української м'ясної та миргородської порід мали найбільші відмінності у розподілі алелів за B, E, F, K, L системами груп крові із наявністю маркерного алеля L^{adhjk} у особин останньої ($p < 0,05$). Встановленим критеріям добору тварин за A і E системами груп крові, за результатами імуногенетичного аналізу відповідали 24 особини свиней миргородської та 13 особин

Рик Т. М.

української м'ясної породи. Відсутність тісного зчеплення груп крові з ключовими генами адаптивності свиней, за умов направленої селекції сприятиме

створенню ліній свиней з високими адаптивними якостями для біомедичних цілей і потреб ксенотрансплантації.

Список використаних джерел

1. Мартыненко Н.А. Свинья как модель в биомедицинских исследованиях. Ксенотрансплантация (обзор). Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2006. №2. С. 181–188.

2. Зиновьева Н. А., Мелерзанов А. В., Петерсен Е. В., Климык Н. Н., Волкова Н. А., Дух А. С., Трусова И. А., Вольф Э., Брем Г. Использование трансгенных GAL-KO свиней в ксенотрансплантации: проблемы и перспективы. *Сельскохозяйственная биология*. 2014. №2. С. 42-49.

3. Станкова, Н.В. Иммунобиологический статус свиней и возможности использования их в целях ксенотрансплантации: дисс. на соиск. уч. степ. кандидата биол. наук. Лесные Поляны, Московская область, 2009. 140 с.

4. Тихонов, В.М. Иммуногенетика и биохимический полиморфизм домашних и диких свиней. Новосибирск: Наука, 1991. – 300 с.

5. Сучасні методики досліджень у свинарстві / [Рибалко В.П., Березовський М.Д., Богданов Г.А. та ін.]. Полтава: Інститут свинарства ім. О.В. Квасницького УААН, 2005. 228 с.

6. Peacall R., Smouse P.E. GENALEX 6: genetic analysis in Excel Population genetics of twarean dresearch. *Molecula Ecology Notes*. 2006. № 6. P. 288–295.

7. Плохинский, Н. А. Руководство по биометрии для зоотехников. Москва: Колос, 1969. 255 с.

8. Сухова, Н.О. Бекенев В.А., Коломников В.А. и др. Связь групп крови с откормочными и м'ясными качествами свиней. Доклады ВАСХНИЛ, 1989. №2. С. 24-26.

Xenotransplantation (overview)]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2:181-188 (in Ukrainian).

2. Zinoveva, N.A., Melerzanov, A.V., Petersen, E.V., Klimyuk, N.N., Volkova, N.A., Duh, A.S., Trusova, I.A., Volf, E. and G. Brem. (2014). Ispolzovanie transgennyih GAL-KO sviney v ksenotransplantatsii: problemy i perspektivy. [The use of transgenic GAL-KO pigs in xenograft: problems and prospects]. *Agricultural biology*. 2:42-49 (in Russian).

3. Stankova, N.V. (2009). Immunobiologicheskii status sviney i vozmozhnosti ispolzovaniya ih v tselyah ksenotransplantatsii: diss. na soisk. uch. step. kandidata biol. Nauk. [Immunobiological status of pigs and the possibility of using them for xenograft purposes: dissertation for the degree of candidate of biological sciences]. 140 (in Russian).

4. Tihonov, V.M. (1991). Immunogenetika i biokhimicheskiy polimorfizm domashnih i dikih sviney. [Immunogenetics and biochemical polymorphism of domestic and wild pigs]. 300 (in Russian).

5. Rybalko, V.P., Berezovskyi, M.D., Bohdanov, H.A. et al. (2005). Suchasni metodyky doslidzhen u svynarstvi. [Modern research methods in pig production]. 228 (in Ukrainian).

6. Peacall, R. and P.E. Smouse. (2006). GENALEX 6: genetic analysis in Excel Population genetics of twarean dresearch. *Molecula Ecology Notes*. 6:288–295 (in English).

7. Plohinskiy, N. A. (1969). Rukovodstvo po biometrii dlya zootekhnikov. *Biometrics Guide for Livestock*. 255 (in Russian).

8. Suhova, N.O., Bekenev, V.A., Kolomnikov V.A. et al. (1989). Svyaz grupp krovi s otkormochnymi i m'yasnimi kachestvami sviney. [The relationship of blood groups with feed and meat qualities of pigs]. *Doklady VASHNIL Reports of Lenin All-Union Academy of Agricultural Sciences*. 2: 24-26 (in Russian).

References

1. Martynenko, N.A. (2006). Svinia kak model v biomeditsinskih issledovaniyah. Ksenotransplantatsiya (obzor) [A pig as a model in biomedical research.

FEATURES OF THE IMMUNOGENETIC STRUCTURE OF PIGS OF DOMESTIC BREEDS, SUITABLE FOR XENOTRANSPLANTATION**T. N. Ryk**

Abstract. *The comparative assessment of the immunogenetic status of pigs of the Ukrainian meat-type and Myrghorod pigs has been carried out. The specificity of immunogenic profiles has been evaluated, depending on the history of creation and the direction of the productivity of animals. It has been found out that 24 specimens of Myrghorod pigs and 13 specimens of the Ukrainian meat-type pigs have the presence of genotypes $A^{-/-}$ and $E^{bdgkmp/bdgkmp}$ which determine the suitability of animals for xenotransplantation. The Ukrainian meat-type pigs and Myrghorod pigs had the largest differences in the distribution of alleles by B, E, F, K, L blood group systems with the presence of the Ladhjk marker allele in the specimens of Myrghorod pigs. ($p < 0.05$).*

The possibility of occurrence of reproductive and resistance disorders of pigs in the selection by blood groups genotypes modeled for xenotransplantation and the search for ways to their selection overcoming are discussed.

Keywords: *erythrocyte antigen, polymorphism, allele, pigs, immunogenetic profile, xenotransplantation*

ВПЛИВ ПРОТРУЙНИКІВ НАСІННЯ НА ФОРМУВАННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ СИМБІОТИЧНИХ СИСТЕМ СОЇ ЗІ СТІЙКИМИ ДО ФУНГІЦИДІВ РИЗОБІЯМИ**К. П. КУКОЛ**, кандидат біологічних наук, науковий співробітник<https://orcid.org/0000-0002-2889-9957>

E-mail: katerinakukol@gmail.com

Н. А. ВОРОБЕЙ, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник<https://orcid.org/0000-0002-6039-5409>

E-mail: n-vorobey@ukr.net

П. П. ПУХТАЄВИЧ, кандидат біологічних наук, науковий співробітник<https://orcid.org/0000-0002-6179-6239>

E-mail: azotfixation@gmail.com

С. Я. КОЦЬ, доктор біологічних наук, професор, член-кореспондент НАН

України, провідний науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0002-3477-793X>

E-mail: azot@ifrg.kiev.ua

Інститут фізіології рослин і генетики НАН України<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.01.003>

Анотація. *Високою біологічною та господарською ефективністю характеризується застосування у технологіях вирощування сої бактеріальних добрив, виготовлених на основі активних, конкурентоздатних штамів мікроорганізмів-азотфіксаторів і протруйників фунгіцидної дії для передпосівної обробки насіння. У зв'язку із цим актуальним є пошук таких композицій хімічних і мікробних препаратів, за комплексного використання яких буде збережено їх основні властивості. Тому метою нашої роботи було дослідити процеси формування та функціонування симбіотичних систем сої із стійкими у чистій культурі до фунгіцидів бульбочковими бактеріями *Bradyrhizobium japonicum* PC09 і B144 за впливу протруйників Стандак Топ і Февер.*

У результаті проведених досліджень встановлено відмінності у дії хімічних засобів захисту рослин на формування симбіотичних систем сої сорту Алмаз та азотфіксуючих мікроорганізмів. Виявлено зниження кількості сформованих на коренях бульбочок упродовж вегетації сої за комбінованого застосування Феверу з бактеризацією ризобіями штаму PC09 на 9,2–24,1 %. За інокуляції насіння Tn5-мутантом B144 на фоні застосування цього ж препарату зменшення досліджуваного показника порівняно із контрольними рослинами становило 6,5–32,8 %. Встановлено підвищення маси кореневих бульбочок на 10,3–36 % за дії Стандак Топу та бактеризації обома штамами ризобій. Відмічено зниження інтенсивності асиміляції N₂ порівняно з рослинами контролю на 24,2 та 42,3 % у фазу трьох справжніх листків за комплексного

Кукол К. П., Воробей Н. А., Пухтаєвич П. П., Коць С. Я.

застосування Феверу з інокуляцією і поступове зменшення токсичної дії пестициду на функціонування симбіотичних систем у фазу бутонізації-початку цвітіння. За сумісної обробки насіння ризобіями штамів В144 і РС09 та Стандак Топом виявлено підвищення інтенсивності азотфіксації на 6,2–25 % у фазу трьох справжніх листків, 12,5–58 % у фазу бутонізації-початку цвітіння та на 28,1–42,3 % у фазу утворення бобів. Збереження високого рівня нітрогеназної активності бобово-ризобіального симбіозу, сформованого за участю стійких до пестицидів штамів бульбочкових бактерій на фоні застосування протруйників, дозволить забезпечити рослини доступними формами азоту, захист висіяного насіння від ґрунтової та насінневої інфекцій та створить передумови для підвищення зернової продуктивності сої.

Ключові слова: соя, фунгіциди, інокуляція, протруювання насіння, кількість і маса бульбочок, азотфіксувальна активність

Актуальність. Соя є однією з найцінніших сільськогосподарських культур світового землеробства. Її унікальний хімічний склад в якому поєднано високий вміст білка, жиру, вуглеводів, ферментів, вітамінів та мінеральних речовин, доповнюється здатністю у симбіозі з бульбочковими бактеріями асимілювати молекулярний азот [1].

Широке використання біологічної фіксації N_2 у практиці сучасного агропромислового виробництва – це безальтернативний шлях забезпечення рослин азотом, який не порушує екологію природного середовища. Тому обробка насіння бобових культур бактеріальними препаратами, виготовленими на основі вискоєфективних штамів мікроорганізмів-азотфіксаторів є одним із важливих агротехнічних прийомів у технологіях їх вирощування [2].

Важливою складовою отримання стабільно високих врожаїв зерна сої є

захист посівів від збудників хвороб на всіх етапах органогенезу. З подальшим зростанням посівних площ під соєю та інтенсифікацією сільського господарства можна очікувати збільшення ураження цієї культури хворобами, особливо за сприятливих погодних умов [3]. Високу ефективність у захисті рослин від патогенів різної етіології має протруювання насіння хімічними препаратами фунгіцидної дії [4].

Враховуючи економічну і практичну сторони доцільності суміщення процесів бактеризації та протруювання посівного матеріалу, актуальними є дослідження впливу хімічних засобів захисту рослин (ЗЗР) на формування та функціонування симбіотичних систем соя – *Bradyrhizobium japonicum*.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У багатьох країнах світу передпосівне протруювання насіння інсекто-фунгіцидними препаратами набуло значного поширення у зв'язку з тим, що за такого способу

Кукол К. П., Воробей Н. А., Пухтаєвич П. П., Коць С. Я.

застосування норми витрат пестицидів на порядок менші, ніж при обприскуванні рослин. При цьому така обробка забезпечує захист насіння від комплексу шкідливих організмів у період проростання і сприяє збереженню густоти посіву [5].

Після потрапляння пестицидів у ґрунт там проходять процеси розпаду їх молекул, характер і швидкість яких залежить від хімічної природи препаратів, а також від водно-фізичних характеристик середовища. Розрізняють небіотичний та біотичний розпад пестицидів у ґрунті. При чому небіотичний відбувається за рахунок гідролізу і регулюється показником рН середовища, його температури, вологості та мінерального складу [6].

Значна увага в наш час у світі приділяється вивченню впливу протруйників насіння на мікроорганізми-біоагенти мікробних препаратів. У літературі є експериментальні дані про відсутність токсичного впливу Фундазолу і Гезагарду на формування та функціонування симбіозу рослин гороху (*Pisum sativum* L.) і вики (*Vicia sativa* L.) із комплементарними їм ризобіями, що свідчить про можливість сумісного застосування інокулянтів і хімічних ЗЗР у технологіях вирощування вказаних культур [7]. У дослідженнях із визначення впливу ряду фунгіцидів, гербіцидів та інсектицидів на

функціонування симбіозу ризобій з рослинами квасолі (*Phaseolus vulgaris* L.) виявлено, що залучені у роботу сполуки карбарил, діазинон, дікофол, малатіон, ендосульфат, фенвалерат, беноміл, каптан, манеб, тіабендазол, гідроокис міді, трифлураніл, бентазон, діносеб, алахлор та ін. не мали негативного впливу на рівень фіксації азоту кореневими бульбочками за винятком бентазону, який належить до післясходових гербіцидів. Однак, і у рослин цього варіанту інтенсивність асиміляції N₂ через 6 діб після застосування бентазону була на рівні контрольних рослин [8].

Доведено ефективність комплексного застосування протруйників ТМТД, Скарлет, Максим, Фундазол із мікробними препаратами. При цьому обробку насіння ТМТД доцільно проводити завчасно (за 1,5 місяці до посіву), Фундазол, Скарлет або Максим застосовують за 3–5 діб, а бактеризують насіння безпосередньо у день посіву. Такі обробки дозволять захистити рослини на початкових етапах росту і розвитку від фітопатогенів, зберегти азотфіксуючу активність бульбочкових бактерій і підвищити урожайність зерна на 10–20 % [9]. Високий захисний і господарський ефект досягався також при застосуванні комбінованої обробки з використанням хімічного протруйника Максим XL 035 FS та

Кукол К. П., Воробей Н. А., Пухтаєвич П. П., Коць С. Я.

біологічного препарату, виготовленого на основі *V. japonicum* УКМ В-6023 [10].

Згідно даних Zilli J.E. [11] зі співавторами, обробка насіння сої фунгіцидами на основі карбендазиму і тираму є несумісною з інокуляцією *Bradyrhizobium elkanii* SEMIA 587, що виражається у пригніченні нодуляційної активності ризобій і зменшенні урожаю зерна. При цьому не було відмічено негативного впливу протруйника на кількість симбіотичних утворень і асиміляцію ними азоту у варіантах з інокуляцією насіння сої *V. japonicum* SEMIA 5079 та SEMIA 5080, що свідчить про можливість добору композицій фунгіциду і бульбочкових бактерій, при застосуванні яких азотфіксувальна активність не зменшується.

Необхідно також враховувати, що результати лабораторного тестування штамів на резистентність до фунгіцидів не завжди корелюють з їх ефективністю при формуванні бобово-ризобіальних систем за умов застосування хімічних ЗЗР. Тому **мета роботи** – дослідити процеси формування та функціонування симбіотичних систем сої зі стійкими у чистій культурі до пестицидів штамми бульбочкових бактерій за впливу протруйників насіння.

Матеріали і методи досліджень. Вегетаційний дослід проводили з рослинами сої (*Glycine max* (L.) Merr.) сорту Алмаз, що

занесений до Реєстру сортів рослин України з 2007 року, є ранньостиглим, має нейтральну фотоперіодичну реакцію та рекомендований для вирощування у Лісостепу [12].

У дослідженні використовували протруйники з різними діючими речовинами:

1) Стандак Топ т. к. (BASF, Німеччина) – протруйник для контролю основних хвороб та шкідників сої з діючими речовинами: фіпроніл, 250 г/л + тіофанат-метил, 225 г/л + піраклостробін, 25 г/л; норма витрати препарату складає 1–2 л/т, робочого розчину – 10 л/т насіння;

2) Февер т. к. с. (Bayer CropScience AG, Німеччина) – протруйник із активною діючою речовиною протіконазол, 300 г/л; норма витрати препарату становить 0,2–0,4 л/т, робочого розчину – 10 л/т насіння [13].

Після обробки насіння протруйниками через 1 годину його інокулювали (упродовж 60 хвилин) суспензією клітин штаму *V. japonicum* PC09 та Tn5-мутантом B144, отриманим методом транспозонового мутагенезу *V. japonicum* 646 з *Escherichia coli* S17-1, що містить плазмиду pSUP5011::Tn5mob.

Схема досліду включала такі варіанти передпосівної обробки насіння сої:

- 1) *V. japonicum* PC09;
- 2) Стандак Топ + *V. japonicum* PC09;
- 3) Февер + *V. japonicum* PC09;

Кукол К. П., Воробей Н. А., Пухтаєвич П. П., Коць С. Я.

4) *B. japonicum* В144;

5) Стандак Топ + *B. japonicum* В144;

6) Февер + *B. japonicum* В144.

Залучені у роботу штамми *B. japonicum* РС09 та В144 із колекції азотфіксуючих мікроорганізмів Інституту фізіології рослин і генетики НАН України за результатами проведених нами лабораторних дослідів проявили стійкість до фунгіцидів у чистій культурі [14].

Сою вирощували по 10 рослин у 15-ти кілограмових пластикових посудинах за природного освітлення та оптимального (60% ПВ) водозабезпечення на спеціально обладнаному майданчику ІФРГ НАН України. У якості субстрату для вирощування рослин використовували річковий пісок. Джерелом мінерального живлення була поживна суміш Гельрігеля [15]. Обробку насіння протруйниками та інокулянтами здійснювали у день посіву. Робочі розчини хімічних препаратів готували згідно рекомендацій виробників. Титр клітин бульбочкових бактерій *B. japonicum* у мікробному препараті становив 10^9 кл/мл. У контролі інокульоване насіння не обробляли хімічними ЗЗР. Повторність у варіантах досліду шестиразова.

Нодуляційну здатність бульбочкових бактерій оцінювали за кількістю та масою корневих бульбочок, азотфіксувальну активність (АФА) – ацетиленовим

методом [16] на газовому хроматографі «Agilent GC System 6850» (США) з полуменево-іонізаційним детектором. Розділення газів проводили за температури термостата 55°C і детектора – 150°C. Газом-носієм був гелій (20 мл за 1 хвилину). Об'єм аналізованої проби газової суміші становив 1 см³. Вимірювання показників АФА проводили у 5-кратній повторності. Статистичну обробку експериментальних даних здійснювали із залученням пакету програм Microsoft Excel 2019. У таблицях наведено середньоарифметичні дані та їх стандартні похибки.

Результати досліджень та їх обговорення. Бульбочкові бактерії проникають у корінь рослини-хазяїна через кореневі волоски. У коренях ризобії значно збільшуються у розмірах та перетворюються на особливі симбіотичні форми – бактероїди. Навколо них формуються капсули з рослинної тканини і утворюються бульбочки здатні на фіксувати молекулярний азоту [2].

У результаті проведеного досліду, згідно схеми якого здійснювали інокуляцію насіння бульбочковими бактеріями двох штамів на фоні протруєння, було встановлено, що бульбочки на коренях сої сорту Алмаз утворилися на рослинах усіх варіантів, проте їх кількість та маса істотно відрізнялися

Кукол К. П., Воробей Н. А., Пухтаєвич П. П., Коць С. Я.

залежно від впливу діючих речовин пестицидів (рис. 1).



Рис. 1. Бульбочки на коренях сої сорту Алмаз інокульованої *V. japonicum* В144 за обробки насіння протруйниками: А – контроль (без хімічних ЗЗР); Б – Стандак Топ; В – Февер (фаза трьох справжніх листків).

Згідно отриманих результатів, незалежно від використаного для інокуляції штаму *V. japonicum*, за впливу протіоконазолу, що є діючою речовиною Феверу, кількість бульбочок на коренях сої була меншою порівняно з рослинами інших варіантів дослідження впродовж усієї вегетації. При формуванні симбіозу між рослинами сої сорту Алмаз та бактеріями *V. japonicum* РС09 кількість бульбочок за дії Феверу була меншою порівняно з рослинами у контрольному варіанті на 24,1 % (фаза трьох справжніх листків), 23,9 % (бутонізація-початок цвітіння) та 9,2 % (утворення бобів); у варіанті з інокуляцією насіння сої штамом В144 зазначений препарат спричинив зменшення кількості бульбочок на 32,8, 6,5 та 20 % відповідно. Як наслідок, маса

корневих бульбочок сформованих штамми *V. japonicum* РС09 та В144 зменшилася у фазу трьох справжніх листків на 13,8 та 26,3 %, у фазу бутонізації-початку цвітіння – на 34,6 % і 21,0 %. Лише у фазу утворення бобів маса корневих бульбочок у рослин, інокульованих культурами РС09 та В144 на фоні протруювання Февером перевищила аналогічний показник у контрольних рослин.

Інноваційний протруйник Стандак Топ чинив менш виражений токсичний вплив на формування бобово-ризобіального симбіозу порівняно з Февером. Так, у варіанті з протруюванням Стандак Топом та бактеризацією насіння сої *V. japonicum* РС09 у фазу трьох справжніх листків кількість бульбочок на коренях у рослин була

Кукол К. П., Воробей Н. А., Пухтаєвич П. П., Коць С. Я.

на 11,9 % меншою порівняно з контрольними. Надалі впродовж вегетації відмічено перевищення кількості кореневих бульбочок за дії Стандак Топу порівняно з показниками контрольних рослин на 7,1 % у фазу бутонізації-початку цвітіння та на 64,4 % у фазу утворення бобів.

У варіанті з бактеризацією насіння сої транспозоновим мутантом В144 дія протруйника Стандак Топ не

призводила до зменшення кількості корневих бульбочок у рослин. Встановлено збільшення маси бульбочок за використання цього протруйника та бактеризації насіння обома штамми ризобій РС09 та В144 відповідно на 10,3 і 21,2 % у фазу трьох справжніх листків, 18,1 і 19,6 % у фазу бутонізації-початку цвітіння та на 17,7 і 36 % у фазу утворення бобів (табл. 1).

1. Загальна кількість і маса бульбочок на коренях рослин сої сорту Алмаз за обробки протруйниками та інокуляції *V. japonicum* РС09 і В144 (у розрахунку на 1 рослину)

Варіант	Штам-інокулянт	Фаза розвитку рослин:					
		трьох справжніх листків		бутонізації-початку цвітіння		утворення бобів	
		к-ть, шт	маса, г	к-ть, шт	маса, г	к-ть, шт	маса, г
Контроль (без протруйника)	<i>V. japonicum</i> РС09	27,0± 1,6	0,116± 0,006	28,0± 2,1	0,171± 0,010	16,3± 1,0	0,305± 0,012
Стандак Топ		23,8± 1,2	0,128± 0,008	30,0± 1,6	0,202± 0,011	26,8± 1,5	0,359± 0,019
Февер		20,5± 1,0	0,100± 0,004	21,3± 1,5	0,112± 0,006	14,8± 0,96	0,325± 0,013
Контроль (без протруйника)	<i>V. japonicum</i> В144	29,0± 1,5	0,137± 0,006	30,1± 1,8	0,204± 0,010	25,0± 1,2	0,275± 0,015
Стандак Топ		30,0± 2,0	0,166± 0,007	34,5± 2,5	0,244± 0,014	32,0± 2,0	0,374± 0,021
Февер		19,5± 0,9	0,101± 0,005	29,0± 1,6	0,193± 0,011	20,0± 1,0	0,293± 0,016

На підставі отриманих результатів з'ясовано, що рослини сої сорту Алмаз, інокульовані бульбочковими бактеріями *V. japonicum* РС09 та В144 за дії протруйників відрізнялися за інтенсивністю азотфіксації. На фоні обробки рослин Стандак Топом інтенсивність асиміляції N₂

бульбочок сої сформованих РС09 та В144 перевищувала показники контрольних рослин протягом усього періоду досліджень (табл. 2).

На фоні обробки насіння Февером навпаки відмічено зниження показників АФА бульбочок сої сформованих за участю штамів РС09 та В144 відповідно на 24,2 і 42,3 % у

Кукол К. П., Воробей Н. А., Пухтаєвич П. П., Коць С. Я.

фазу трьох справжніх листків і на 15,6 % та 11,4 % у фазу бутонізації-початку цвітіння у порівнянні з контрольними рослинами, що обумовлено меншою масою бульбочок у рослин цих варіантів досліду (табл. 1).

У фазу утворення бобів найвищою азотфіксувальною

активністю (4,81 та 5,92 мкмоль C_2H_4 /(росл•год)) характеризувалися симбіотичні системи сої сформовані за участю *V. japonicum* PC09 на фоні застосування протруйників. У рослин варіанту з бактеризацією B144 найвищий рівень АФА відмічено на фоні обробки Стандак Топом (табл. 2).

2. Азотфіксувальна активність рослин сої (мкмоль C_2H_4 /(росл•год)) за обробки протруйниками та інокуляції *V. japonicum* PC09 і B144

Варіант	Штам-інокулянт	Фаза розвитку рослин:		
		трьох справжніх листків	бутонізації - початку цвітіння	утворення бобів
Контроль (без протруйника)	<i>V. japonicum</i> PC09	2,64±0,15	4,24±0,20	3,38±0,13
Стандак Топ		3,30±0,17	6,70±0,31	4,81±0,25
Февер		2,00±0,06	3,58±0,22	5,92±0,28
Контроль (без протруйника)	<i>V. japonicum</i> B144	3,05±0,11	3,60±0,20	2,92±0,16
Стандак Топ		3,24±0,09	4,05±0,19	3,74±0,24
Февер		1,76±0,07	3,19±0,16	2,32±0,14

Зниження активності симбіотичного апарату у фазу утворення бобів можна пояснити тим, що в цей період уповільнюється процес фотосинтезу і надходження поживних речовин до кореневої системи. У бобах, які утворюються, накопичуються пластичні речовини, при цьому в самій рослині міститься значний запас азоту і вільних амінокислот, які в подальшому при необхідності можуть реутилізуватися у боби [17].

Дослідники вивчаючи вплив передпосівної обробки насіння сої фунгіцидами Максим XL 035 FS і Стандак Топ на процеси нодуляції,

азотфіксації та інтенсивність виділення етилену у різних за ефективністю симбіотичних системах на ранніх етапах онтогенезу встановили, що, незалежно від ефективності соєво-ризобіального симбіозу, найвищий рівень виділення етилену рослинами спостерігається у фази примордіальних листків та першого справжнього листка, що пов'язано із закладкою бульбочкових примордіїв та активним формуванням бульбочок на коренях сої. Таким чином, за дії фунгіцидів відбуваються зміни синтезу етилену рослинами сої, а також процесів нодуляції та азотфіксації, які залежать від

Кукол К. П., Воробей Н. А., Пухтаєвич П. П., Коць С. Я.

здатності бобово-ризобіальних систем реалізувати свій симбіотичний потенціал за відповідних умов вирощування [18].

В останні роки для передпосівної обробки насіння сої все ширше використовуються протруйники нового покоління [13, 19]. Із метою всебічного вивчення можливості сумісного застосування нових штамів ризобій сої та інноваційних препаратів із різними діючими речовинами були проведені численні дослідження. Зокрема, оцінено вплив протруйників Віалтраст, Фундазол, Максим, Скарлет у виробничих нормах і стимуляторів ЕкоЛарікс, Арабіногалактан, Дигідрокверцетин, Премікс у концентрації 10 мг/л на інтенсивність росту штриха чистих культур бульбочкових бактерій двох видів *Bradyrhizobium japonicum* і *Sinorhizobium fredii*. В цілому, колекційні штами *S. fredii* виявилися більш стійкими до досліджуваних препаратів, ніж штами повільнорослих *B. japonicum*. Залучені у роботу препарати з фунгіцидним ефектом не чинили бактерицидної дії на життєздатність клітин бульбочкових бактерій. Автори дійшли висновку, що біологічні препарати ЕкоЛарікс, Арабіногалактан, Дигідрокверцетин, Премікс, які мають стимулюючу дію на ріст і розвиток рослин, можна вводити до складу поживних середовищ культивування ризобій

різних видів або використовувати для комплексних обробок насіння [19].

Вітчизняними науковцями встановлено, що обробка насіння сої фунгіцидами Стандак Топом і Февером у день посіву з подальшою інокуляцією бульбочковими бактеріями *B. japonicum* 643б суттєво пригнічувала функціонування симбіотичного апарату у фази бутонізації (на 55 та 62 %) та масового цвітіння (на 46 та 51 %). Окрім цього було виявлено дисбаланс у синтезі зелених фотосинтетичних пігментів та каротиноїдів, а також у їх співвідношенні у першу половину вегетації сої, який практично вирівнявся до рівня контрольних рослин у фазу масового цвітіння і характеризувався дещо зниженим вмістом хлорофілу *a* (на 15 та 7 %), хлорофілу *b* (на 10 та 4 %) та каротиноїдів (на 11 та 8 %) [20]. Тобто, літературні дані та отримані нами результати підтверджують думку про наявність залежності між інтенсивністю токсичного впливу пестицидів на рослинно-мікробну взаємодію від властивостей біологічних об'єктів та застосованих хімічних речовин, а також вказують на роль адаптаційної здатності бобово-ризобіального симбіозу до дії цього антропогенного фактору.

Досліджуючи ефективність інокуляції сої бактеріальними препаратами на основі *B. japonicum* із додаванням альгінату та обробкою фунгіцидами з діючими речовинами

Кукол К. П., Воробей Н. А., Пухтаєвич П. П., Коць С. Я.

карбендазим і флудіоксоніл, науковці виявили зниження життєздатності ризобій уже через добу після обробки посівного матеріалу. При цьому флудіоксоніл проявив більш сильний інгібуючий вплив на ризобії порівняно з карбендазимом. Крім того, було показано, що альгінат сприяє прилипанню до насіння сої біопрепарату на твердому носії та захисту бактерій, зменшуючи токсичну дію фунгіциду на мікроорганізми. Враховуючи отримані дані, дослідники припускають, що застосування полімерів у інокулянтах є перспективною альтернативою зменшенню негативного впливу фунгіцидів на життєздатність бактерій-азотфіксаторів [21]. Таким чином, вплив пестицидів на формування та функціонування бобово-ризобіального симбіозу в кожному окремому випадку залежить від діючих речовин препаратів, наявності додаткових речовин протекторної дії в їх складі та властивостей штамів бульбочкових бактерій, якими інокулюють насіння. Окрім цього, перед застосуванням

пестицидів у виробничих умовах важливо проаналізувати наявні дані щодо їх стійкості у навколишньому середовищі та впливу на корисну мікробіоту.

Висновки і перспективи. На підставі отриманих результатів в умовах вегетаційних дослідів встановлено, що для забезпечення високих показників азотфіксувальної активності рослинами сої доцільно здійснювати протруєння насіння препаратами Стандак Топ і Февер сумісно з бактеризацією стійкими до пестицидів бульбочковими бактеріями *V. japonicum* PC09 або обробку посівного матеріалу препаратом Стандак Топом із інокуляцією *V. japonicum* B144. Застосування комплексного, науково та практично обґрунтованого добору селекціонованих мікроорганізмів-азотфіксаторів для виготовлення бактеріальних добрив і протруйників із різними діючими речовинами у їх складі, дозволить суттєво зменшити токсичний вплив хімічно синтезованих сполук на формування та функціонування бобово-ризобіальних симбіотичних систем.

Список використаних джерел

1. Kulkarni K.P., Tayade R., Asekova S., Song J.T., Shannon J.G., Lee J.D. Harnessing the potential of forage legumes, alfalfa, soybean, and cowpea for sustainable agriculture and global food security. *Frontiers in plant science*, 2018. 9, 1314. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01314>
2. Коць С.Я., Воробей Н.А., Кириченко О.В. та ін. Мікробіологічні

препарати для сільського господарства. Інститут фізіології рослин і генетики НАН України. Київ: Логос, 2016. 48 с.

3. Поспелова Г.Д., Коваленко Н.П., Нечипоренко Н.І., Кочерга В.Я. Вплив агрокліматичних факторів на розвиток основних хвороб сортів сої. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. 3(107). С. 45–52. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-3(107)

Кукол К. П., Воробей Н. А., Пухтаєвич П. П., Коць С. Я.

4. Munkvold G.P., Watrin C., Scheller M., Zeun R., Olaya G. (2014) Benefits of Chemical Seed Treatments on Crop Yield and Quality. In: Gullino M., Munkvold G. (eds) *Global Perspectives on the Health of Seeds and Plant Propagation Material. Plant Pathology in the 21st Century (Contributions to the 9th International Congress)*, vol 6. *Springer*, Dordrecht. DOI: 10.1007/978-94-017-9389-6_7
5. Трибель С.О., Стригун О.О. Захист рослин – реальний напрям збільшення виробництва рослинницької продукції. *Захист і карантин рослин*. 2013. 59. С. 324–336.
6. Садовникова Л.К., Орлов Д.С., Лозановская И.Н. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении. Москва: *Высшая школа*, 2006. 334 с.
7. Сафронова Г.В., Суховицкая Л.А. Короленок Н.В. Влияние инокулянтов и пестицидов на развитие бобово-ризобияльного симбиоза и продуктивность зернобобовых растений. *Сільськогосподарська мікробіологія*. 2007. № 5. С. 61–73.
8. Schnelle M.A., Hensley D.L. Effects of pesticides upon nitrogen fixation and nodulation by dry bean. *Pest Management Science*. 1990. Т. 28. №. 1. Р. 83–88. <https://doi.org/10.1002/ps.2780280110>
9. Борзенкова Г.А. Оптимизация технологии предпосевного протравливания и возможность его сочетания с инокуляцией для защиты сои от семенной инфекции. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2014. 1 (9). С. 22–30.
10. Миколаєвський В.П., Сергієнко В.Г., Титова Л.В. Розвиток хвороб та продуктивність сої різних сортів за обробки насіння мікробними препаратами. *Агробіологія*. 2016. 2. С. 96–103.
11. Zilli J.É., Ribeiro K.G., Campo R.J., Hungria M. Influence of fungicide seed treatment on soybean nodulation and grain yield. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2009. 33(4). Р. 917–923. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000400016>
12. Білявська Л.Г., Білявський Ю.В. Новий ранньостиглий сорт сої Алмаз. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2007. № 2. С. 56–57.
13. Ящук В.У., Іванов Д.В., Кривошея Р.М., Цибульняк Ю.О., Корецький А.П. Перелік пестицидів і агрохімікатів дозволених до використання в Україні. Київ: *Юнівест Медіа*, 2018. 1040 с.
14. Воробей Н.А., Кукол К.П., Коць С.Я. Оцінка токсичності впливу фунгіцидів на бульбочкові бактерії *Bradyrhizobium japonicum* у чистій культурі. *Мікробіол. журн*. 2020. Т. 82, № 3. С. 45–54. doi: 10.15407/microbiolj82.03.045
15. Гродзинский А.М., Гродзинский Д.М. Краткий справочник по физиологии растений. Киев: *Наук. Думка*, 1964. 388 с.
16. Hardy R.W.F., Holsten R.D., Jackson E.K., Burns R.C. The acetylene-ethylene assay for N₂fixation: laboratory and field evaluation. *Plant Physiol*. 1968. 42, N 8. Р. 1185–1207. <https://doi.org/10.1104/pp.43.8.1185>
17. Kaur S., Kaur G. Morphological and physiological aspects of symbiotic plant–microbe interactions and their significance. *Root Biology*. 2018. Р. 367–407. *Springer*, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75910-4_15
18. Маменко Т.Р., Котс С.Я., Khomenko Y.O. The intensity of ethylene release by soybean plants under the influence of fungicides in the early stages of legume-rhizobial symbiosis. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2020. 11, No 1. Р. 98–104. <https://doi.org/10.15421/022014>
19. Якименко М.В., Бегун С.А., Сорокина А.И. Совместимость коллекционных штаммов ризобий сои с фунгицидами и ростстимулирующими препаратами. *Дальневосточный аграрный вестник*. 2016. 2 (38). С. 38–41.
20. Кириченко Е., Павлище А., Омельчук С., Жемойда А., Коць С. Физиологические аспекты ответа соево-ризобияльного симбиоза на действие фунгицидов Стандак Топ и Февер. *Știința Agricolă*. 2020. 2. С. 59–72. DOI: 10.5281/zenodo.4320984
21. Romero-Perdomo F.A., Camelo M., Bonilla R. Response of *Bradyrhizobium japonicum* to alginate in presence of pelleted fungicides on soybean seeds. *Revista U.D.C.A*

Actualidad & Divulgación Científica. 2015. 18(2). P. 359–364.

References

1. Kulkarni, K.P., Tayade, R., Asekova, S., Song, J. T., Shannon, J.G. & Lee, J.D. (2018). Harnessing the potential of forage legumes, alfalfa, soybean, and cowpea for sustainable agriculture and global food security. *Frontiers in plant science*. 9. 1314. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01314>
2. Kots, S.Ya., Vorobey, N.A., Kyrychenko, O.V. та in. (2016). *Мікробіологічні препарати для сільськогосподарства*. Інститут фізіології рослин і генетики НАН України [Microbiological preparations for agriculture. Institute of Plant Physiology and Genetics NAS of Ukraine]. Kyiv: Logos, 48 p. [in Ukrainian].
3. Pospelova, G.D., Kovalenko, N.P., Nechyporenko, N.I. & Kocherga, V.Ya. (2020). Vplyv agroklimatychnykh faktoriv na rozvytok osnovnykh khvorob sortiv soi [Influence of agroclimatic factors on the development of common soybean diseases]. *Visnyk agrarnoi nauky Prychornomia*. 3(107). p. 45-52. [in Ukrainian]. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-3(107)
4. Munkvold, G.P., Watrin, C., Scheller, M., Zeun, R. & Olaya, G. (2014) Benefits of Chemical Seed Treatments on Crop Yield and Quality. In: Gullino M., Munkvold G. (eds) *Global Perspectives on the Health of Seeds and Plant Propagation Material*. Plant Pathology in the 21st Century (Contributions to the 9th International Congress), vol 6. Springer, Dordrecht. DOI: 10.1007/978-94-017-9389-6_7
5. Trybel, S.O. & Strygun, O.O. (2013). Zakhyst roslyn – realnyi napriam zbilshennia vyrobnytstva roslynnyskoi produktsii [Protection of plants – real trend of increasing crop production]. *Zakhyst i karantyn roslyn*. 59. p.324-336. [in Ukrainian].
6. Sadovnikova, L.K., Orlov, D.S. & Lozanovskaya, I.N. (2006). *Ekologiya i ohrana okruzhayushey sredy pri himicheskoy zagryaznenii* [Ecology and environmental protection in case of chemical pollution]. Moskva: Vysshaya shkola, 334 p. [in Russian].
7. Safronava, G.V., Sukhovitskaya, L.A. & Karalenak, N.V. (2007). Vliyanie inokulyantov i pestitsidov na razvitie bobovozhiznogo simbioza i produktivnost zernobobovyih rasteniy [The effect of inocula and pesticides on development of legume-rhizobial symbiosis and productivity of grain-legume crops]. *Silskohospodarska mikrobiologhiia*. № 5. p. 61-73. [in Russian].
8. Schnelle, M.A. & Hensley, D.L. (1990). Effects of pesticides upon nitrogen fixation and nodulation by dry bean. *Pest Management Science*. T. 28. №. 1. P. 83-88. <https://doi.org/10.1002/ps.2780280110>
9. Borzenkova, G.A. (2014). Optimizatsiya tehnologii predposevnogo protravlivaniya i vozmozhnost ego sochetaniya s inokulyatsiey dlya zaschityi soi ot semennoy infektsii [Optimization of the technology of pre-seeding treatment and possibility of its combination with inoculation for protection of soya against contamination with seed infection]. *Zernobobovyie i krupyanyie kulturyi*. 1(9). p. 22-30. [in Russian].
10. Mikolaievsky, V.P., Sergienko, V.G. & Tytova, L.V. (2016). Rozvytok khvorob ta produktyvnist soi riznykh sortiv za obrobky nasinnia mikrobnymy preparatamy [Diseases development and productivity of soybean at the seeds treatment by microbial formulations]. *Agrobiologhiia*. 2. p. 96-103. [in Ukrainian].
11. Zilli, J.E., Ribeiro, K.G., Campo, R.J. & Hungria, M. (2009). Influence of fungicide seed treatment on soybean nodulation and grain yield. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*. 33(4). p. 917-923. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000400016>
12. Biliavska, L.H. & Biliavskiy, Yu.V. (2007). Novyi rannostyihlyi sort soi Almaz [New early-style soya variety Almaz]. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2. p. 56-57. [in Ukrainian].
13. Yaschuk, V.U., Ivanov, D.V., Krivosheya, R.M., Tsibulnyak, Yu.O. & Koretskiy, A.P. (2018). *Perelik pestydydiv i agrokhimikativ dozvolenykh do vykorystannya v Ukrayini* [The list of pesticides and agrochemicals permitted for use in Ukraine]. Kyiv: Yunivest Media [in Ukrainian].
14. Vorobey, N.A., Kukul, K.P. & Kots, S.Ya. (2020). Otsinka toksychnosti vplyvu funhitsydiv na bulbochkovi bakterii *Bradyrhizobium japonicum* u chystii kulturi [Fungicides toxicity assessment on

Кукол К. П., Воробей Н. А., Пухтаєвич П. П., Коць С. Я.

Bradyrhizobium japonicum nodule bacteria in pure culture]. Mikrobiol. Z., 82(3), p. 45-54. doi: 10.15407/mikrobiolj82.03.045 [in Ukrainian].

15. Grodzinskij A.M., Grodzinskij D.M. (1964). Kratkij spravocnik po fiziologii rastenij. [A short guide to plant physiology]. Kiev: Nauk. Dumka. [in Russian]

16. Hardy, R.W.F., Holsten, R.D., Jackson, E.K. & Burns, R.C. (1968). The acetylene-ethylene assay for N₂fixation: laboratory and field evaluation. Plant Physiol. 42, N 8. P. 1185-1207. <https://doi.org/10.1104/pp.43.8.1185>

17. Kaur, S. & Kaur, G. (2018). Morphological and physiological aspects of symbiotic plant–microbe interactions and their significance. In Root Biology. P. 367-407. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75910-4_15

18. Mamenko, T.P., Kots, S.Ya. & Khomenko, Y.O. (2020). The intensity of ethylene release by soybean plants under the influence of fungicides in the early stages of legume-rhizobial symbiosis. Regulatory

Mechanisms in Biosystems. 11, No 1. P. 98-104. <https://doi.org/10.15421/022014>

19. Yakimenko, M.V., Begun, S.A. & Sorokina, A.I. (2016). Sovmestimost kolleksiionnyih shtammov rizobiy soii s fungitsidami i rostimuliruyuschimi preparatami [Compatibility of collection strains of soy Rhizobia with fungicides and growth stimulants]. Dalnevostochniy agrarniy vestnik. 2 (38). p. 38-41. [in Russian].

20. Kirichenko E., Pavlyshche, A., Omelchuk, S., Zhemojda, A. & Kots S. (2020). Fiziologicheskie aspekty otveta soevorizobial'nogo simbioza na dejstvie fungicidov Standak Top i Fever [Physiological aspects of the response of soybean-rhizobial symbiosis to the action of fungicides Standak Top and Fever]. *Știința Agricolă*. 2. p. 59-72. DOI: 10.5281/zenodo.4320984

21. Romero-Perdomo, F.A., Camelo, M. & Bonilla, R. (2015). Response of *Bradyrhizobium japonicum* to alginate in presence of pelleted fungicides on soybean seeds. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgaciyn Científica. 18(2). p. 359-364.

THE INFLUENCE OF SEED DRESSINGS ON THE FORMATION AND FUNCTIONING OF SYMBIOTIC SOYBEAN SYSTEMS WITH FUNGICIDE-RESISTANT RHIZOBIA

K. P. Kukul, N. A. Vorobey, P. P. Pukhtaievych, S. Ya. Kots

Abstract. *The application of bacterial fertilizers, prepared on the basis of active, competitive strains of nitrogen-fixing microorganisms and fungicidal dressings for pre-sowing seed treatment in soybean cultivation technologies is characterized by high biological and economic efficiency. Therefore, it is important to find such combination of chemicals and microbial preparations, for the complex use of which will be maintained their main purpose. The aim of the work was to investigate the formation and functioning of symbiotic soybean systems with fungicide-resistant nodule bacteria *Bradyrhizobium japonicum* PC09 and B144 under the influence of Standak Top and Fever seed dressings.*

Differences in the effect of chemical plant protection products on the formation of symbiotic systems of soybean variety Almaz and nitrogen-fixing microorganisms have been established. A decrease by 9.2–24.1 % in the number of nodules formed on the roots during the soybean growing season with the combined use of Fever with rhizobia bacterization of PC09 strain was revealed. At inoculation the seed with Tn5-mutant B144, use of the same preparation, the decrease of this indicator compared to control plants was 6.5–32.8 %. An increase in the weight of root nodules by 10.3–36 % was found under the effect of Standak Top and bacterization by both strains of rhizobia.

Кукол К. П., Воробей Н. А., Пухтаєвич П. П., Коць С. Я.

There was a decrease in the intensity of N_2 assimilation compared to control plants by 24.2 and 42.3 % in the stage of three true leaves with the combined use of Fever with inoculation and a gradual decrease of the toxic effect of pesticides on the functioning of symbiotic systems in the budding-flowering stage. At shared treatment of seeds with rhizobia strains B144 and PC09 and Standak Top revealed an increase in nitrogen fixation intensity by 6.2–25 % in the stage of three true leaves, 12.5–58 % in the stage of budding-beginning of flowering and by 28.1–42.3 % in the stage of bean formation. Maintaining high level of nitrogenase activity of legume-rhizobial symbiosis, formed with the participation of pesticide-resistant nodule bacteria with using of seed dressings, will provide plants with available forms of nitrogen, protect sown seeds from soil and seed infections and create conditions for grain production.

Keywords: soybeans, fungicides, inoculation, seed dressing, number and weight of nodules, nitrogen-fixing activity

Сидорович М. М.

УДК 631.811.98

**ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РІСТРЕГУЛЮЮЧИХ
ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПЛЕКСУ СПІРОКАРБОНУ З БУРИШТИНОВОЮ
КИСЛОТОЮ ТА ЙОГО СКЛАДОВИХ****М. М. СИДОРОВИЧ**, доктор педагогічних наук, кандидат біологічних наук,
професор, професор кафедри біології людини та імунології*Херсонський державний університет*

E-mail: marinasidorovich1@gmail.com

<https://doi.org/10.31548/dopovid2022.01.004>

***Анотація.** Екологічна безпечність синтетичних регуляторів росту рослин і поява нових властивостей, що не притаманні їх вихідним складникам відкривають широке можливості для їх практичного застосування. Похідні спірокарбону належать до такого класу хімічних речовин. Фітотестування біологічних властивостей координаційної сполуки спірокарбону з буриштиною кислотою дозволило припустити, що такий похідний здійснює біостимулюючий вплив на формування проростку однодольних. Для доведення припущення проведено моніторинг змін біометричних параметрів модельної системи «проростки однодольних» за дії спектру розчинів чотирьох препаратів. Цей спектр містив комплекс спірокарбону з буриштиною кислотою, їх суміш, спірокарбон і буриштинovu кислоту у концентраціях 10^{-7} - 10^{-2} моль/дм³. Проведені дослідження дали можливість продемонструвати у комплексу спірокарбону з буриштиною кислотою значно більшу ефективність регулювати ріст, ніж у суміші його компонентів. Вказане доводить їх появу саме в синтезованій координаційної сполуки спірокарбону. Поєднання базової речовини з буриштиною кислотою призводить до підвищення рівня вказаних властивостей не тільки у спірокарбону, а і в буриштинової кислоти. У координаційної сполуки спірокарбону з буриштиною кислотою порівняно із її складовими з'являються нові біостимулюючі властивості. Вони доведені засобами моніторингу біометричних ростових показників фітотесту «проростки однодольних», який сформований із пшениці озимої *Triticum aestivum* L. Комплексна сполука спірокарбону й буриштинової кислоти є екологічно безпечним препаратом. Він має нові біологічні властивості порівняно зі своїми складовими. Препарат може бути рекомендований для широкого практичного застосування у сільському господарстві.*

***Ключові слова:** синтетичний регулятор росту рослин, спірокарбон, буриштинova кислота, біостимулюючі властивості регулятора росту, фітотест*

Актуальність. Аналіз останніх досліджень та публікацій. Синтез нових регуляторів росту рослин – одна з актуальних

сільськогосподарських проблем [2, 11, 12]. Особливу увагу приділяють вчені їх екологічній безпечності [8, 10]. Саме до таких препаратів

Сидорович М. М.

належать похідні спірокарбону. Для них вказаний статус доведений засобами фітотестування або повністю [6], або частково (наявність слабого рівня токсичності за концентрації 10^{-2} дм³/л) [7]. Його базовий компонент – спірокарбон або 4,4,10,10-тетраметил –1,3,7,9–тетраазоспиро [5.5] ундекан–2,8–дион, який має рїстрегулюючу властивість, використовують для передпосівної обробки насіння через його змочування у досить низьких концентраціях [4]. У попередніх дослідженнях доведені рїстрегулюючі властивості координаційних сполук спірокарбону з металами відносно одно- і дводольних рослин за дії лише декількох концентрацій препаратів [4, 5]. Комплекс спірокарбону з бурштиною кислотою також належить до вказаного класу синтетичних хїмічних речовин. Власні дослідження у спектрі концентрацій препарату продемонстрували його рїстрегулюючі властивості [1]. Аналіз їх результатів дозволив припустити на відміну від попередніх досліджень [4], наявність у комплексу спірокарбону з бурштиною кислоти біостимулюючого ефекту на процес формування проростку в однодольних. Під таким ефектом розуміли чергування у спектрі концентрацій тих, що стимулюють і гальмують ріст. Тому метою

дослідження стало доведення засобами фітотесту «проростки однодольних» наявність вказаного вище ефекту в комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою щодо процесу формування проростку і з'ясування причин його виникнення.

Матеріали і методи досліджень. Для проведення дослідження використали фітотест «проростки однодольних», що виготовили з пшениці озимої *Triticum aestivum* L, сорт «Астед». Проростки формували у чашках Петрі за постійної $t=26^{\circ}\text{C}$ за загально визнаною методикою. Перед пророщенням насіння замочили у контрольному (дист. вода) й експериментальних варіантах (розчинах комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою – **К**, спірокарбону – **С**, бурштиною кислоти – **Б** та суміші бурштиною кислоти і спірокарбону). Розчини вказаних речовин склали спектр концентрацій від 10^{-7} до 10^{-2} моль/дм³. Із закінченням процесу формування проростків в них визначали біометричні показники, які відображали динаміку двох провідних складових вказаного процесу: росту і координації росту органів проростка. Первинні значення довжини стебла (колеоптиля), максимальної довжини коренів і відношення довжини стебла до довжини кореню склали репрезентативні об'єми. Їх обробили

Сидорович М. М.

статистично з використанням ресурсу Excel і непараметричного критерію Ст'юдента.

Результати досліджень та їх обговорення.

Результати проведеного дослідження щодо змін показників росту органів проростку й координації росту таких самих органів містять таблиці 1-3. Керуючись обчисленням кількості значимих концентрацій препаратів щодо вказаних складових процесу формування проростку фітотесту, найменш ефективним препаратом була суміш спірокарбону й бурштинової кислоти: для трьох його параметрів лише 1 концентрація демонструвала рiстрегулюючі властивості. Наступним за ефективністю впливу на процес формування проростку виявлений спірокарбон, що мав 2 «ефективні» концентрації, що здійснювали гальмування росту органів. Суттєвий регулюючий рiст ефект мали два останні препарати – бурштинова кислота й комплекс спірокарбону з

бурштиновою кислотою. Обидва проявляли вказаний ефект за дії 4-5 концентрацій. Водночас спостерігали й гальмування, і прискорення росту органів проростку. Виявлені властивості бурштинової кислоти не є випадковими. Відомо, що вона активує процес пророщення насіння засобами стимуляції росту меристемних клітин, скорочення їх клітинного циклу, стимуляції дихання, активації гідролітичних ферментів і збільшення вмісту вільної ІУК [3]. Передпосівна обробка бурштиновою кислотою впливає на фотосинтез, поглинання клітинами води, на енергетичний обмін і загалом стимулює безліч процесів у рослинному організмі [9]. Моніторинг змін щодо значень координації росту органів (див.табл.3) за дії препаратів продемонстрував подібні відмінності тим, що наведені вище для ростових процесів. Проте біостимулюючого ефекту знайдено не було.

1. Динаміка довжини стебла проростку пшениці озимої *Triticum aestivum* L. в моніторингу комплексу спірокарбону з бурштиновою кислотою, його окремих складових та їх суміші

Речовина/ варіант, моль/ дм ³	комплекс	суміш	спірокарбон	бурштинова кислота
Контроль	17,3 ± 0,7	13,0±0,7	9,0±0,6	15,1±0,6
10 ⁻⁷	17,3 ± 0,7	13,2±0,1	8,7±0,6	17,6±0,7^a
10 ⁻⁶	17,3 ± 0,7	12,9±0,8	8,4±0,7	15,2±0,6
10 ⁻⁵	12,1 ± 0,6^a	13,0±1,0	8,0±0,7^a	17,3±0,6^a
10 ⁻⁴	18,9 ± 0,8^a	12,3±0,8	8,5±1,2	14,0±0,6
10 ⁻³	13,8 ± 0,7^a	12,9±0,8	8,5±1,2	16,7±0,6^a
10 ⁻²	16,0 ± 0,8^a	9,4±0,6^a	7,1±0,4^a	11,6±2,5^a

^a - достовірно відрізняється від контролю з p=0,05

Сидорович М. М.

2. Динаміка довжини кореню проростку пшениці озимої *Triticum aestivum* L. в моніторингу комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою, його окремих складових та їх суміші

Речовина/ варіант, моль/ дм ³	комплекс	суміш	спірокарбон	бурштинова кислота
Контроль	31,2 ± 1,3	29,5±2,0	18,5 ±1,6	36,5±1,5
10 ⁻⁷	38,2 ± 1,5^a	29,3±2,3	17,6±1,4	40,5±1,5^a
10 ⁻⁶	38,2 ± 1,5^a	31,2±2,1	17,0±1,5	38,0±1,4
10 ⁻⁵	24,8 ± 1,1^a	30,6±2,5	17,0±1,5	41,5±1,3^a
10 ⁻⁴	38,2 ± 1,5^a	29,8±2,1	17,7±2,2	35,0±1,3
10 ⁻³	29,4 ± 1,4	29,9±2,5	16,1±1,6^a	40,5±1,5^a
10 ⁻²	30,5 ± 1,7	22,4±2,0^a	15,1±1,3^a	31,0±2,0^a

^a - достовірно відрізняється від контролю з p=0,05

3. Динаміка відношення довжини стебла до довжини кореню проростку пшениці озимої *Triticum aestivum* L. в моніторингу комплексу спірокарбону з бурштиною кислотою, його окремих складових та їх суміші

Речовина/ варіант, моль/ дм ³	комплекс	суміш	спірокарбон	бурштинова кислота
Контроль	0,59 ± 0,04	0,44±0,02	0,60±0,05	0,44±0,02
10 ⁻⁷	0,50 ± 0,02^a	0,45±0,02	0,60±0,06	0,46±0,01^a
10 ⁻⁶	0,52 ± 0,02^a	0,41±0,03	0,60±0,05	0,42±0,03
10 ⁻⁵	0,53 ± 0,05	0,42±0,02	0,60±0,05	0,42±0,01^a
10 ⁻⁴	0,53 ± 0,05	0,41±0,02	0,60±0,05	0,42±0,03
10 ⁻³	0,50 ± 0,02^a	0,44±0,03	0,70±0,06^a	0,42±0,01^a
10 ⁻²	0,57 ± 0,03	0,42±0,01^a	0,50±0,04^a	0,40±0,02^a

^a - достовірно відрізняється від контролю з p=0,05

У зв'язку з тим, що тестування кожного препарату проводили незалежно, для доведення наявності біостимулюючого ефекту в К одержані результати щодо дії комплексу і його складників порівняли з їх контрольними аналогами і обчислили різницю у відсотках. Особливо актуальним вказане було для ростових параметрів фітотесту. Результати викладено графічно (рис.1-2).

Сидорович М. М.

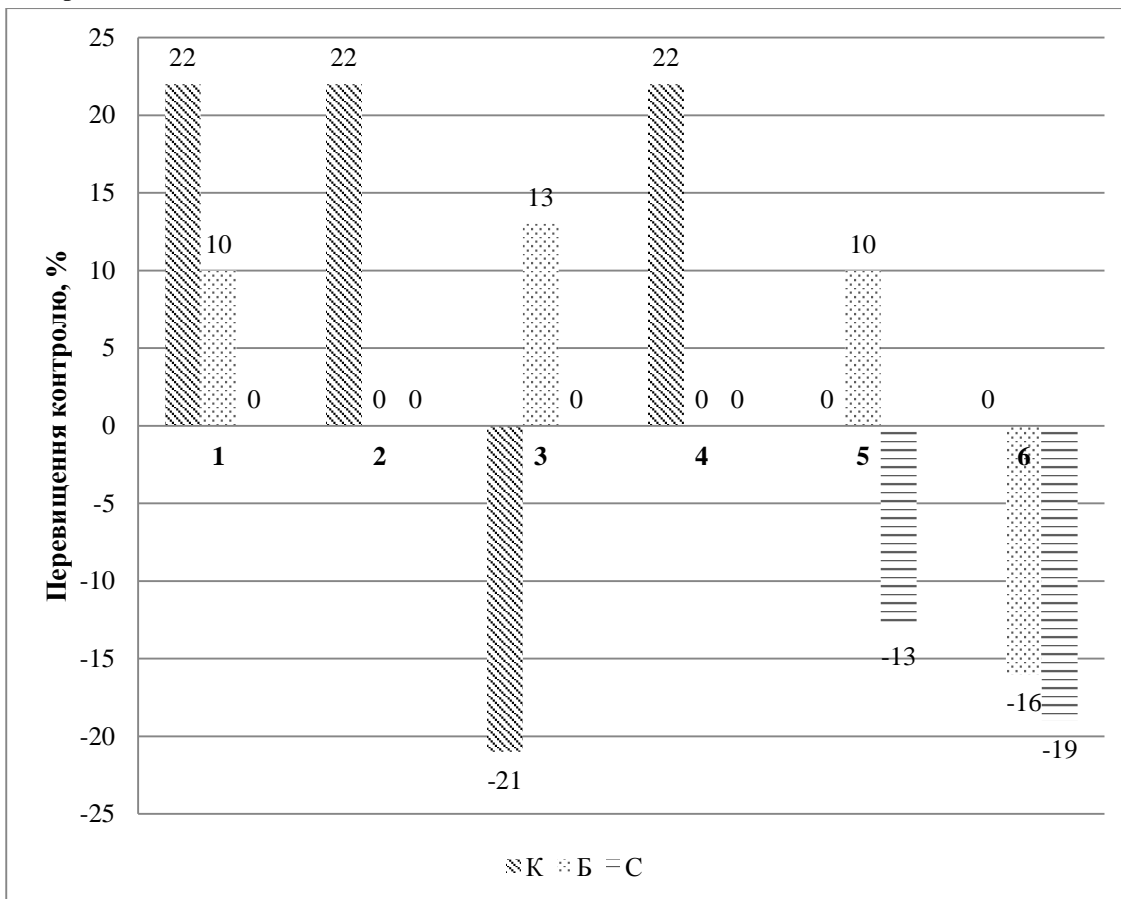


Рис. 1. Різниця результатів виміру довжини стебла (колеоптилю) проростку пшениці від контролю. 1-6 спектр концентрацій препаратів від 10^{-7} до 10^{-2} моль/ дм³: К-комплексу, Б-бурштинової кислоти, С – спірокарбону

Як свідчать їх аналіз:

- у комплексі з бурштиною кислотою спірокарбон набуває більш ефективних рістрегулюючих можливостей:

найвищими концентраціями росту органів в межах 12-22 % для С проти 18-31 % у спектрі концентрацій К і гальмування, і стимулювання росту таких самих органів різниця від контролю;

- поєднання спірокарбону з бурштиною кислотою сприяє 2-кратному підсиленню

рістрегулюючого ефекту і в Б: в комплексу він відрізняється від контролю на 22 % проти 10-13 %, що зафіксований для бурштинової кислоти;

- для різних органів проростку спостерігається неоднаковий напрям дії препаратів К і Б порівняно з контролем: якщо для колеоптилю більшість концентрацій обох препаратів стимулює ріст, то стосовно кореню вплив діаметрально протилежний – К гальмують, а Б – стимулюють ріст цього органу;

Сидорович М. М.

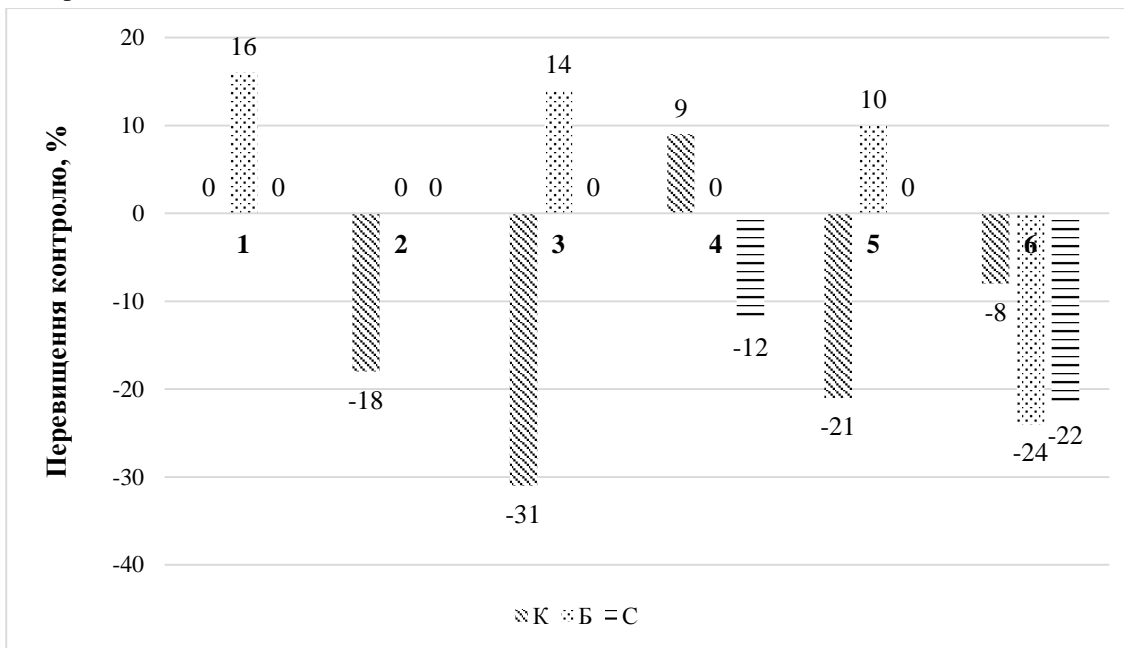


Рис. 2. Різниця результатів виміру довжини кореню проростку пшениці від контролю. 1-6 спектр концентрацій препаратів від 10^{-7} до 10^{-2} моль/ дм³: К-комплексу, Б-бурштинової кислоти, С – спірокарбону

- **К** на відміну від його складників притаманний біостимулюючий ефект щодо росту органів проростку: наприклад, для стебла концентрації 10^{-7} , 10^{-6} - стимулюють ріст, 10^{-5} – його гальмує, 10^{-4} – знов прискорює ріст; водночас у **Б** - 10^{-7} , 10^{-5} , 10^{-3} – стимулюють ріст, 10^{-2} моль/ дм³ – гальмує ріст органу; чергування у спектрі концентрацій не спостерігається;

- водночас виявлений ефект має різну спрямованість для колеоптилю і кореню проростку: у першому випадку домінує стимулювання росту, у іншому – його гальмування.

Висновки і перспективи.

Проведені дослідження дозволили продемонструвати значно більшу ефективність регулювати ріст у комплексу спірокарбону з бурштиновою кислотою, ніж у

суміші його компонентів, що доводить їх появу саме у синтезованій координаційної сполуки спірокарбону. Поєднання базової речовини з бурштиновою кислотою призводить до підвищення рівня вказаних властивостей не тільки у спірокарбону, а і у бурштинової кислоти. До того у координаційної сполуки спірокарбону з бурштиновою кислотою порівняно із її складовими з'являються нові властивості – біостимулюючі, які продемонстровані засобами моніторингу біометричних ростових показників фітотесту «проростки однодольних», що сформований з пшениці озимої *Triticum aestivum* L. Отже синтез комплексної сполуки можна розглядати, як причину набуття її складовими – спірокарбоном і бурштиновою

Сидорович М. М.

кислотою – нових біологічних властивостей. Отже, комплексна сполука спірокарбону і бурштинової кислоти є екологічно безпечним препаратом, який має нові біологічні

Список використаних джерел

1. Баканча, М.В., Гладков А.О., Сидорович М.М. Визначення біостимулюючих властивостей хімічних речовин з класу біциклічних бісечовин засобами фітотестування. Біологічні дослідження – 2015: Збірник наукових праць. Житомир: ПП«Рута», 2015. С. 225-228.

2. Дядюченко Л. В., Тараненко В.В., Стрелков В.Д., Соколов М.С. Разработка новых регуляторов роста озимой пшеницы. *Агротехнология*. 2019. № 6. С. 14-17.

3. Котляров В. В., Федулов Ю. П., Доценко К. А., Котляров Д. В., Яблонская Е. К.. Применение физиологически активных веществ в агротехнология. Краснодар: КубГАУ, 2014. С.49-50.

4. Нетреба Е. Е., Федоренко О. М., Максименко А. В. Исследования на растительных объектах рострегулирующей активности некоторых координационных соединений спироккарбона. *Черноморський ботанічний журнал*. 2013. Т.9. №2. С.203-2013.

5. Речицький О.Н., Пилипчук Л.Л., Косяк Т.А., Єзіков В.І. Дослідження на рослинних об'єктах рістрегулюючої активності спірокарбону та його похідних. *Черноморський ботанічний журнал*, 2010. 6 (1) С. 89-94.

6. Сидорович М. М., Речицький О. Н. Визначення екологічної безпеки синтетичних хімічних речовин за рівнями фітотесту «проростки *Allium cepa* L.». *Ecological research in higher education institutions: a collection of scientific articles*. Kherson: PE Vysheymyrskiy V.S., 2018. С. 56-63.

7. Сидорович М.М., Кундельчук О.П. Визначення біологічних властивостей нового синтетичного регулятора росту рослин – комплексу спірокарбону з борною кислотою засобами фітотестів. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2021. № 6(94).

властивості порівняно зі своїми складовими, і може бути рекомендований для практичного застосування у сільському господарстві.

Електронне видання. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovid/issue/view/675>

8. Ткачук О.О. (2014). Екологічна безпека та перспективи застосування регуляторів росту рослин. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. No 3. С.41-44.

9. Grabovskaya N., Babenko O., Safronova N., Khusainova R. Features of the use of succinic acid as a biostimulator and plant adaptogen. *Scientific and practical journal*, 2020. 1. С.28-32. Kristina Vlahoviček-Kahlina et.al. Synthesis, Characterization, and Encapsulation of Novel Plant Growth Regulators (PGRs) in Biopolymer Matrices *Int J Mol Sci*. 2021 Feb; 22(4): 1847.

10. Il-Doo Kim et.al. Persimmon Fruit Powder May Substitute Indolbi, a Synthetic Growth Regulator, in Soybean Sprout Cultivation *Molecules*. 2017 Sep; 22(9): 1462.

11. Kristina Vlahoviček-Kahlina et.al. Synthesis, Characterization, and Encapsulation of Novel Plant Growth Regulators (PGRs) in Biopolymer Matrices. *Int J Mol Sci*. 2021 Feb; 22(4): 1847.

12. María Isabel Duran et.al. Synthesis of Five Known Brassinosteroid Analogs from Hyodeoxycholic Acid and Their Activities as Plant-Growth Regulators *Int J Mol Sci*. 2017 Mar; 18(3): 516.

References

1. Bakancha, M.V., Hladkov A.O., Sydorovych M.M. (2015). Vyznachennya biostymulyuyuchykh vlastyvostrykh khimichnykh rehovyn z klasu bitsiklichnykh bissechovyn zasobamy fitotestuvannya. [Determination of biostimulating properties of chemicals from the class of bicyclic urea by phytotesting] *Biologichni doslidzhennya – 2015: Zbirnyk naukovykh prats'*. Zhytomyr: PP«Ruta», 2015. S. 225–228. [in Ukrainian].

2. Diadiuchenko L. V., Taranenko V.V., Strelkov V.D., Sokolov M.S. (2019)

Сидорович М. М.

Razrabotka novykh rehuliatorov rosta ozymoi pshenytsy [Development of new regulators of winter wheat growth]. *Ahrokhymia*. № 6. S. 14-17. [in Russian].

3. Kotlyarov V. V., Fedulov YU. P., Dotsenko K. A., Kotlyarov D. V., Yablonskaya Ye. K. (2014). Primeneniye fiziologicheskii aktivnykh veshchestv v agrotekhnologiyakh [The use of physiologically active substances in agricultural technologies]. Krasnodar: KubGAU. 169 s. [in Russian].

4. Ntreba E.E., Fedorenko O.M., Maksymenko A.V. (2013). Icsledovaniya na rastytelnykh ob'ektakh rostrehuliruiushchei aktivnosti nekotorykh koordynatsyonnykh soedyneni spyrokarbona. [Studies on plant objects of rostregulating activity of some coordination compounds of spirocarbon] *Chornomorskyi botanichnyi zhurnal*. T.9. №2. S.203-2013. [in Russian].

5. Rechyt'skyi O.N., Pylypchuk L.L., Kosiak T.A., Yezikov V.I. (2010) Doslidzhennia na roslynnykh ob'ektakh ristrehuliiuchoi aktyvnosti spirokarbonu ta yoho pokhidnykh. [Investigation of plant-regulating activity of spirocarbon and its derivatives. *Chornomorskyi botanichnyi zhurnal*, 6 (1) C. 89-94. [in Ukrainian].

6. Sydorovych M. M., Rechyt'skyi O. N. (2018). Vyznachennya ekolohichnoi bezpeky syntetychnykh khimichnykh rehovyn za rivnyamy fitotestu «prorostky Allium cepa l.». [Determination of ecological safety of synthetic chemicals according to the levels of phytotest "Allium cepa l. Seedlings"] Ecological research in higher education institutions: a collection of scientific articles. [in Ukrainian]. Kherson: PE Vyshemyrskyi V.S. S. 56-63.

7. Sydorovych M.M., Kundel'chuk O.P. (2021). Vyznachennya biolohichnykh

vlastyivostey novoho syntetychnoho rehulyatora rostu roslyn – kompleksu spirokarbonu z bornoyu kyslotoyu zasobamy fitotestiv. [Determination of biological properties of a new synthetic plant growth regulator - a complex of spirocarbon with boric acid by means of phytotests] *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*. 2021. № 6(94). Elektronne vydannya [in Ukrainian]. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/issue/view/675>

8. Tkachuk O.O. (2014). Ekolohichna bezpeka ta perspektyvy zastosuvannia rehuliatoriv rostu roslyn. [Environmental safety and prospects for the use of plant growth regulators]. *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnogo instytutu*. No 3. S.41-44. [in Ukrainian].

9. Grabovskaya N., Babenko O., Safronova N., Khusainova R. (2020). Features of the use of succinic acid as a biostimulator and plant adaptogen. *Scientific and practical journal*. 1. C.28-32. Kristina Vlahoviček-Kahlina et.al. Synthesis, Characterization, and Encapsulation of Novel Plant Growth Regulators (PGRs) in Biopolymer Matrices *Int J Mol Sci*. 2021 Feb; 22(4): 1847.

10. Il-Doo Kim et.al. (2017) Persimmon Fruit Powder May Substitute Indolbi, a Synthetic Growth Regulator, in Soybean Sprout Cultivation *Molecules*. 22(9): 1462.

11. Kristina Vlahoviček-Kahlina et.al. (2021). Synthesis, Characterization, and Encapsulation of Novel Plant Growth Regulators (PGRs) in Biopolymer Matrices. *Int J Mol Sci*. Feb; 22(4): 1847.

12. María Isabel Duran et.al. (2017). Synthesis of Five Known Brassinosteroid Analogs from Hyodeoxycholic Acid and Their Activities as Plant-Growth Regulators *Int J Mol Sci*. Mar; 18(3): 516.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF RESTREGUATING PROPERTIES OF SPYROCARBON COMPLEX WITH AMBIC ACID AND ITS COMPONENTS

M. M. Sidorovich

Abstract. Synthetic plant growth regulators are the focus of modern agriculture. The environmental safety of such drugs and the emergence of new properties that are not inherent in their original components, open wide opportunities for their practical

Сидорович М. М.

*application. Spirocarbon derivatives belong to this class of chemicals. Phytotesting of the biological properties of the coordination compound of spirocarbon with succinic acid suggested that such a derivative may have a biostimulating effect on the formation of monocotyledonous seedlings. To prove the assumption, changes in the biometric parameters of the model system "monocotyledonous seedlings" under the action of the spectrum of solutions of four drugs were monitored. This spectrum contained a complex of spirocarbon with succinic acid, a mixture of spirocarbon and succinic acid in concentrations of 10^{-7} - 10^{-2} mol / dm³. Studies have shown that the complex of spirocarbon with succinic acid is much more effective in regulating growth than in the mixture of its components. This proves their appearance in the synthesized coordination compound of spirocarbon. The combination of the base substance with succinic acid leads to an increase in the level of these properties not only in spirocarbon, but also in succinic acid. Compared to its constituents, the coordination compound of spirocarbon with succinic acid has new biostimulating properties. They are proven by means of monitoring the biometric growth indicators of the phytotest "monocotyledonous seedlings", which is formed from winter wheat *Triticum aestivum* L. A complex compound of spirocarbonate and succinic acid is an environmentally friendly drug. It has new biological properties compared to its components. The drug can be recommended for wide practical use in agriculture.*

Key words: *synthetic plant growth regulator, spirocarbon, succinic acid, biostimulating properties of growth regulator, phytotest*

**АНТИМІКРОБНА АКТИВНІСТЬ ЕКЗОМЕТАБОЛІТІВ
RAENIBACILLUS POLYMUХА, ВИДІЛЕНИХ З ЕНДОФІТНОГО
УГРУПОВАННЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ**

А. ПАСТОШУК, аспірант

Д. ШУСТИК, студент

П. ЗЕЛЕНА, завідувач навчальної лабораторії мікробіології та імунології

Ю. ЮМИНА, кандидат біологічних наук, асистент

Л. СКІВКА, доктор біологічних наук, професор

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

E-mail: kotsyuk93@ukr.net; dasashustik@gmail.com; verdipav@ukr.net;

juliayumyna@ukr.net; rom1996@knu.ua

<https://doi.org/>

Анотація. У попередніх дослідженнях зі складу культурабельного бактеріального ендоефітного угруповання зерна пшениці озимої сорту вітчизняної селекції Подолянка з підвищеною стійкістю до збудника базального бактеріозу зернових культур *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* було виділено штам *Raenibacillus polyмуха* Р6 зі множинними рістстимулювальними властивостями (здатністю до сольобілізації фосфатів, олігонітротрофії та продукції гетероауксинів) та антагоністичною активністю щодо фітопатогенних псевдомонад. Метою цієї роботи було дослідження антимікробної дії екзометаболітів виділеного штаму щодо грамнегативних фітопатогенних мікроорганізмів методом відтермінованого антагонізму за умов культивування бактерії-антагоніста до висіву тест-культур упродовж 72 та 120 год. Як тест-культури використовували мікроорганізми, що зберігаються в колекції Інституту мікробіології і вірусології ім.Д.К.Заболотного НАН України: *Ralstonia solanosearum* B-1109, *Pectobacterium carotovora* subsp. *carotovora* B-1077, *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* B-1022, *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* van Hall 1902 B-1027, *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* B-1011, *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* B-1013, а також *Erwinia amylovora* ATCC 15580. Встановлено, що екзометаболіти *Raenibacillus polyмуха* Р6 чинять додозалежну антимікробну дію щодо всіх досліджених фітопатогенних мікроорганізмів. Найбільш виразний інгібівний ефект зареєстровано щодо *Erwinia amylovora* ATCC 15580, *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* B-1022 та *Ralstonia solanosearum* B-1109: діаметр зони відсутності росту за умов дії екзометаболітів, продукованих упродовж 120 год, складає $25,72 \pm 4,0$ мм, $22,93 \pm 2,0$ мм та $20,30 \pm 4,0$ відповідно. Отримані результати обґрунтовують доцільність подальшого вивчення складу і біологічної активності досліджуваних екзометаболітів у перспективі розробки на їх основі біотехнологічних препаратів.

Ключові слова: фітопатогени, *Raenibacillus polyмуха*, ендоефіт, екзометаболіти, антимікробна дія

Пастошук А., Шустик Д., Зелена П., Юмина Ю., Сківка Л.

Актуальність. Внутрішні тканини рослини злакових культур, у тому числі пшениці, колонізовані великим різноманіттям ендоефітних бактерій (облігатних або факультативних симбіотичних мікроорганізмів, які не викликають захворювань рослини-хазяїна), що належать до різних родів, таких як *Bacillus*, *Acinetobacter*, *Erwinia*, *Arthrobacter*, *Achromobacter*, *Enterobacter*, *Paenibacillus*, *Pantoea* тощо [1,2]. Симбіотичні мікроорганізми рослин, у т.ч. й ендоефітні симбіонти, представляють значний інтерес із погляду їх використання в агробіотехнології для сталого сільського господарства [3,4]. Ендоефітні бактерії чинять сприятливий вплив на рослину-господаря за допомогою різних прямих і непрямих механізмів. Прямі механізми включають продукцію фітогормонів, солюбілізацію фосфатів, фіксацію азоту, поглинання заліза тощо [5]. Крім того, ендоефітні мікроорганізми можуть чинити прямий антагоністичний вплив на фітопатогени шляхом конкурування за джерела живлення, а також шляхом синтезу й секреції інгібіторних біологічно активних медіаторів [6]. Аналіз метаболізму ендоефітних мікроорганізмів диких та культурних рослин виявив, зокрема, що найпоширеніші представники ендоефітних угруповань, що належать до родів *Actinobacteria* та *Bacillus*,

виробляють ароматичні сполуки, ліпопептиди, рослинні гормони, полісахариди та ферменти, пов'язані з метаболізмом фенілпропаноїдів (який служить багатим джерелом метаболітів у рослинах, необхідний для біосинтезу лігніну і є відправною точкою для синтезу багатьох інших важливих сполук, таких як флавоноїди, кумарини та лігнани), таким чином представляючи високий потенціал для рістстимулювальних стратегій управління посівами сільськогосподарських культур. Крім того, було показано, що численні ендоефітні мікроорганізми виробляють вторинні метаболіти з протимікробною та антифунгальною активністю [7]. Зокрема, бактерії роду *Bacillus* є продуцентами лантібіотиків [8], сурфактину, фенгіцину, ітурину [9] та інших антимікробних сполук.

У світі відомий цілий ряд ендоефітних штамів, що використовуються для біоконтролю та стимуляції росту і розвитку рослин у формі агробіотехнологічних препаратів. Вони призначені для широкого кола сільськогосподарських культур та застосовуються для прискорення проростання насіння, стимуляції росту рослин, захисту від захворювань різної етіології, підвищення врожайності, покращення якості продукції, а також мінімізації жорстокого впливу хімічних препаратів. Крім того,

Пастошук А., Шустик Д., Зелена П., Юмина Ю., Сквівка Л.

ендофітні бактерії здатні успадковуватися з покоління в покоління, зберігаючись у рослинних тканинах [10,11]. Цей факт може дозволити створити ефективні біологічні препарати пролонгованої дії на основі ендоефітних бактерій для органічного землеробства.

У попередніх дослідженнях з ендоефітного угруповання зерна пшениці озимої сорту вітчизняної селекції Подолянка, для якого було зареєстровано високу стійкість до ураження основним збудником бактеріозів зернових культур *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens*, нами було виділено грамозитивну спороутворювальну бацилу (ізолят Р6) зі множинними рістстимулювальними властивостями та здатністю до антагоністичної активності проти фітопатогенних псевдомонад. Методами біохімічного та мас-спектрометричного профілювання, а також методом секвенування фрагмента гену 16S рибосомальної РНК цей ізолят було ідентифіковано як *Paenibacillus polymyxa* [12]. Метою цієї роботи було дослідження антимікробної активності метаболітів виділеного ендоефітного мікроорганізму щодо низки фітопатогенних бактерій.

Матеріали і методи досліджень. Штам Р6 (*Paenibacillus polymyxa*) зернового ендоефітного угруповання пшениці озимої сорту Подолянка культивували за 35°C на агаризованому поживному

середовищі картопляний агар (КА): . Антагоністичну активність досліджували методом відтермінованого антагонізму [13,16]. Для цього добуву культуру-антагоніст висівали бляшкою у центр чашки Петрі з КА та інкубували впродовж 3 та 5 діб. Через 72 (3 доби) або 120 (5 діб) год до колонії, що виросла, радіальним штрихом підсівали тест-культури із бактеріальної суспензії з концентрацією клітин $1,5 \times 10^8$. Для оцінки антагоністичної активності вимірювали зони відсутності росту тест-культур навколо колонії антагоніста. Ступінь антагоністичної активності вважали високим у випадку діаметра зони відсутності росту тест культури $\geq 15-30$ мм, середнім - $\geq 8-15$ мм і слабким - $\geq 3-5$ мм [17]. Як тест-культури використовували штами мікроорганізмів, отримані з Української колекції мікроорганізмів (УКМ) Інституту мікробіології і вірусології ім. Д. К. Заболотного НАНУ. До переліку тест-культур входили фітопатогенні бактерії *Ralstonia solanacearum* В-1109, *Pectobacterium carotovora* subsp. *carotovora* В-1077, *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* В-1022, *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* van Hall 1902 В-1027, *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* В-1011, *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* В-1013, а також *Erwinia amylovora* ATCC 15580. Тестові мікроорганізми

Пастошук А., Шустик Д., Зелена П., Юмина Ю., Сківка Л.

культивували на КА за температури 28°C. Як контроль, тестові мікроорганізми культивували у відсутності мікроорганізма-антагоніста.

Всі досліди проводили у шести повторах. Статистичну обробку отриманих даних проводили з використанням програми Microsoft Excel. Для множинного порівняння показників діаметру зони відсутності росту тестових мікроорганізмів застосовували дисперсійний аналіз Anova з апостеріорним критерієм Тьюки та поправкою Бонфероні для контролю ймовірності групової помилки та мінімізації похибки методу. Статистично достовірними вважали відмінності між показниками за $p \leq 0,05$.

Результати досліджень та їх обговорення. За даними Міжнародного союзу охорони природи та природних ресурсів у світі зареєстровано біля 300 тис видів рослин [18]. З них лише у ~10% видів досліджено ендofітні мікробні угруповання [7]. За результатами цих досліджень встановлено, що ендofітні мікроорганізми впливають на фізіологію та розвиток рослин. Зокрема грампозитивні ендofітні бактерії мають важливе значення у процесах біоремедіації, біоконтролю, росту рослин, симбіотично-мутуалістичних, коменсальних, трофобіотичних взаємодіях, контролі ґрунтових патогенів та підтримці захисту рослин-господарів від

стресових чинників навколишнього середовища [19]. Ендofітні мікроорганізми – джерело широкого спектру вторинних метаболітів, які знаходять застосування не лише у сільському господарстві, а й у фармацевтичній та промисловій мікробіотехнології. Деякі вторинні метаболіти, продуковані ендofітними симбіонтами, діють як антимікробні агенти проти патогенів людини тварин і рослин [20]. Найбільш поширеними грампозитивними ендofітними мікроорганізмами, що продукують широкий спектр біологічно активних вторинних метаболітів, є представники родів *Bacillus* і *Streptomyces* [7].

Paenibacillus polymyxa P6, виділена нами із зернового ендofіту пшениці озимої з підвищеною стійкістю до *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens* та ідентифікована із застосуванням біохімічного, мас-спектрометричного та молекулярно-генетичного методів, володіє здатністю до сольобілізації фосфатів, олігонітротрофії та синтезу гетероауксинів. Крім того, методом дифузії з агарових лунок нами було зареєстровано антагоністичну активність цього штаму щодо збудника базального бактеріозу зернових культур [12]. Згідно літературних даних, саме ендofіти зерна становлять особливий інтерес з точки зору їх використання в агробіотехнології через їх унікальні

Пастошук А., Шустик Д., Зелена П., Юмина Ю., Сквівка Л.

властивості, які включають здатність вертикальної передачі між поколіннями, регуляторну роль у процесі колонізації симбіотичною мікробіотою інших тканин рослини та здатність зберігати біологічні властивості впродовж тривалого перебування у стані спокою, пов'язаному зі зберіганням посівного матеріалу [21]. З огляду на це ми вважали поглиблене вивчення антагоністичних властивостей виділеного ендofітного мікроорганізму важливим у перспективі розробки на його основі агробіотехнологічного препарату. Дослідження проводили методом відтермінованого антагонізму. Серед усіх методів дослідження антагоністичної активності мікроорганізмів саме цей метод, заснований на роздільному послідовному культивуванні тестованих та індикаторних культур, дозволяє виявити продуковані антагоністом екзометаболіти, які пригнічують ріст інших мікроорганізмів. Зважаючи на те, що біологічна дія антимікробних сполук має дозозалежний характер, а кінетика синтезу різних екзометаболітів мікроорганізмом-антагоністом може мати різні часові рамки, підсів тест-культур проводили у різні часові точки періоду культивування *P. polytuxa* P6: через 72 год та через 120 год від початку. Як показали результати досліджень, екзометаболіти *P. polytuxa* P6 у

концентрації, синтезованій впродовж 72 год, чинили порівняну середню (помірну) антимікробну дію щодо всіх тест-культур фітопатогенних бактерій (рис.1, таблиця 1).

Антибактеріальна дія екзометаболітів *P. polytuxa* P6 у концентрації, синтезованій впродовж 120 год, різнилася щодо різних фітопатогенів.

Erwinia amylovora – збудник бактеріальної опікової хвороби (*Erwinia amylovora* ATCC 15580 – типовий штам, виділений R. Lelliot із груші в 1959 р), яка спричиняє серйозні втрати врожаю плодів розоцвітних рослин. Застосування антибіотиків, особливо стрептоміцину сульфату, є найбільш ефективною стратегією боротьби з цим захворюванням. Однак, за останні роки зареєстровано численні ізоляти цього фітопатогену зі стійкістю до стрептоміцину [22]. За результатами наших досліджень екзометаболіти *P. polytuxa* P6 у концентрації, синтезованій впродовж 120 год, чинили найбільш виразний інгібівний вплив на ріст цього фітопатогену. Отримані нами дані узгоджуються з даними Dagher et al., 2020 [23], згідно з якими метаболіти *P. polytuxa*, виділених з епіфіту листя і плодів томатів, характеризувалися високим рівнем антагоністичної активності щодо збудника бактеріального опіку. Водночас автори повідомляють про низьку стійкість біологічної

Пастошук А., Шустик Д., Зелена П., Юмина Ю., Сквівка Л.

активності цих екзометаболітів за тривалого зберігання. Arab et al., 2020 зареєстрували потужну інгібовану дію екзометаболітів *P.*

polytuxa, виділених з ендofіту коренів яб луні, щодо *E. amylovora* [24].

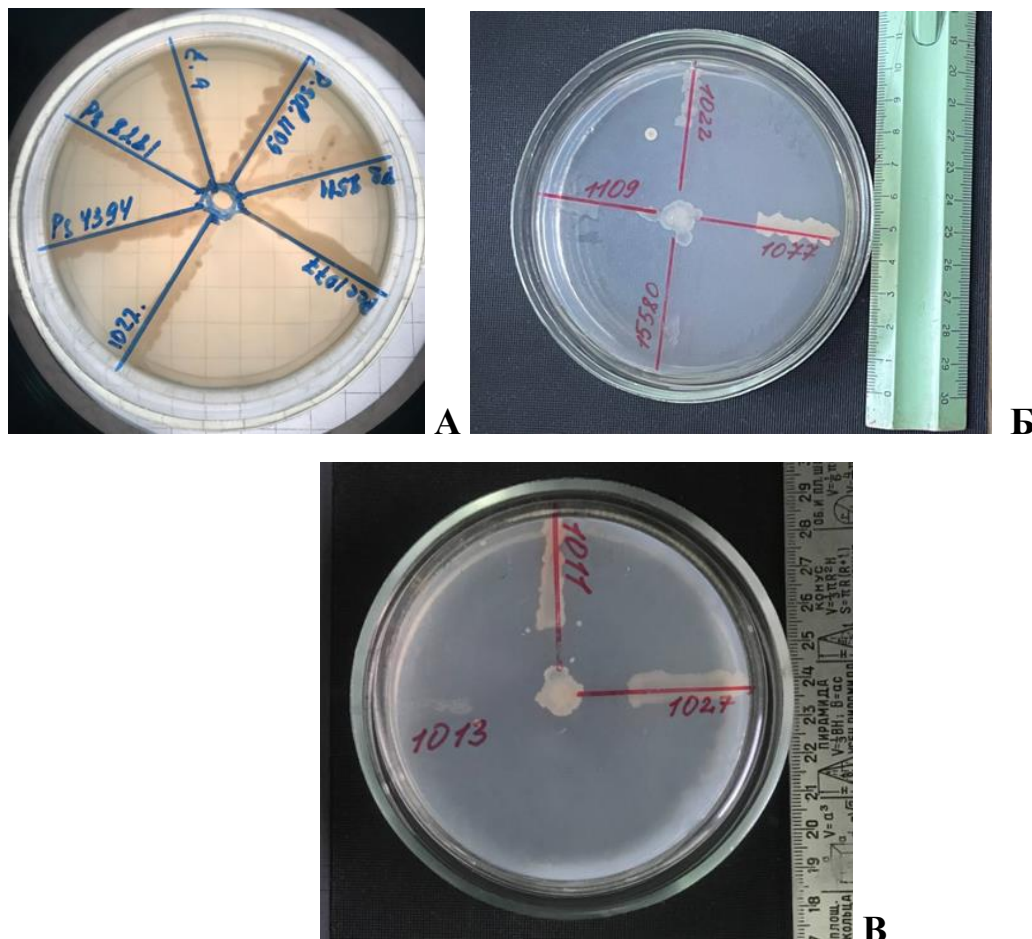


Рис. 1. Репрезентативні ілюстрації антимікробної дії екзометаболітів *P. polytuxa* Р6, продукованих у середовище культивування впродовж 120 год, щодо фітопатогенних мікроорганізмів. А – контроль, Б і В – дослідні зразки.

Примітки: 1109 - *Ralstonia solanacearum* B-1109; 1022 - *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* B-1022; 1077 - *Pectobacterium carotovora* subsp. *carotovora* B-1077; 11580 - *Erwinia amylovora* ATCC 15580; 1013 - *Pseudomonas syringae* pv. *atofaciens* B-1013; 1011 - *Pseudomonas syringae* pv. *atofaciens* B-1011; 1027 - *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* van Hall 1902 B-1027.

Інгібований вплив високого рівня з боку екзометаболітів *P. polytuxa* Р6 у концентрації, синтезованій упродовж 120 год, зареєстровано нами також щодо *Ralstonia solanacearum*, яка посідає друге місце поміж фітопатогенних

бактерій з найвищим руйнівним потенціалом: щорічні світові економічні збитки через втрату врожаїв сільськогосподарських культур, спричинених цим мікроорганізмом оцінюються у більше, ніж мільйон доларів США. *R.*

Пастошук А., Шустик Д., Зелена П., Юмина Ю., Сківка Л.

solanacearum спричиняє захворювання, відоме під назвою бактеріального в'янення, і уражує понад 250 рослин-господарів у 54 родинях, поміж яких основні культури (картопля), плодови культури (банани, томати), олійні культури (соняшник, арахіс), пряні та кормові культури, лісові дерева, бур'яни та багато декоративних рослин. Крім широкого спектру рослин-хазяїв, унікальними властивостями цього фітопатогену є його агресивність у різноманітних умовах середовища та здатність зберігати гени патогенності за відсутності рослини-хазяїна [25].

Наші дані щодо високого рівня інгібівної активності екзометаболітів *P. polytuxa* Р6 щодо цього фітопатогену узгоджуються з даними літератури, згідно з якими антагоністичний ефект зареєстровано для ізолятів *P. polytuxa*, виділених з епіфіту солодкого перцю (*Capsicum annuum*) [26], а також для ендofітних бактерій роду *Bacillus*, виділених з арахісу [27]. Однак, повідомлення про цілеспрямоване дослідження антагоністичної активності екзометаболітів цих антагоністів у зазначених літературних джерелах відсутні.

1. Антагоністична активність бактерій штаму *Raenibacillus polytuxa* Р6 щодо фітопатогенних бактерій

Тестовий мікроорганізм	Зона відсутності росту, 3 доба, мм (M±SD)	Зона відсутності росту, 5 доба, мм (M±SD)
<i>Ralstonia solanacearum</i> В - 1109 (УКМ)	7,19 ± 0,5	20,30 ± 4,0 ^a
<i>Pectobacterium carotovora</i> subsp. <i>carotovora</i> В - 1077 (УКМ)	7,41 ± 1,0	19,26 ± 2,0 ^a
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> В - 1022 (УКМ)	6,32 ± 1,0	22,93 ± 2,0 ^a
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> van Hall 1902 В-1027 (УКМ)	6,46 ± 1,0	12,33 ± 1,0 ^b
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>atrofaciens</i> В - 1011 (УКМ)	5,93 ± 1,5	10,82 ± 2,0 ^b
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>atrofaciens</i> В - 1013 (УКМ)	6,93 ± 2,0	17,57 ± 3,0 ^a
<i>Erwinia amylovora</i> ATCC 15580	7,42 ± 1,5	25,72 ± 4,0 ^a

Примітка: різними літерами позначено статистично достовірні відмінності між варіантами дослідів ($p \leq 0,05$).

Доволі високий рівень інгібівної активності екзометаболітів *P. polytuxa* Р6, виділених у середовище культивування впродовж 120 год, зареєстровано щодо *Pectobacterium carotovorum* subsp. *car*

otovorum, яка спричиняє м'яку гниль різних рослин-господарів та чорну ніжку у картоплі внаслідок деградації клітинної стінки рослини, завдаючи значних економічних збитків в агропромислових секторах усіх країн

Пастошук А., Шустик Д., Зелена П., Юмина Ю., Сківка Л.

світу. Ефективні хімічні засоби боротьби з цими хворобами відсутні, оскільки здатність бактерицидних сполук знезаражувати насіннєві бульби обмежена. Методом запобігання інфекції є використання насіннєвих бульб, отриманих із матеріалу, не забрудненого *Pectobacterium* sp. З огляду на вище зазначене, біологічні засоби контролю цього фітопатогену розглядаються, як єдина ефективна альтернатива застосуванню хімічних чинників [28]. Пошук засобів біоконтролю проводиться й серед ендofітних мікроорганізмів, насамперед, рослин картоплі. Встановлено, зокрема, ефективний антагонізм щодо цього фітопатогену з боку ендofітних актинобактерій картоплі [29]. Літературні дані щодо ендofітних бацил з антагоністичною активністю щодо цього фітопатогену нами не були знайдені.

Рівень антимікробної активності екзометаболітів *P. polytuxa* P6 у концентрації, синтезованій упродовж 120 год, щодо фітопатогенних псевдомонад значно різнився залежно від патовару мікроорганізму. Комплекс *Pseudomonas syringae*, до складу якого входять використані нами патовари, включає різні генетичні групи, котрі, у свою чергу, включають штами, виділені з сільськогосподарських і диких рослин. Описано понад 50 патоварів *P. syringae*, які у сукупності

вражають майже всі економічно важливі види сільськогосподарських культур, що робить цей фітопатоген одним з найпоширеніших. *P. syringae* pv. *syringae* B - 1022 та *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* van Hall 1902 B-1027, які спричиняють апікальний опік рослин, є найбільш поліфаговими бактеріями у комплексі *P. syringae* з широким спектром господарів [30,31]. Серед усіх фітопатогенних псевдомонад, використаних нами як тестові мікроорганізми, до патовару B – 1022 виявлено найвищий рівень інгібівної дії з боку екзометаболітів досліджуваного ендofітного мікроорганізму. Інгібіторна дія щодо інших патоварів цього фітопатогену була більш помірною.

Факультативно-анаеробна *Raenibacillus* є рухомою бактерією, що утворює ендоспори. Раніше *Raenibacillus* була ідентифікована в межах роду *Bacillus*. Однак, після розробки методів молекулярної ідентифікації, у 1993 році вона була виділена як окремий рід, який нині належить до родини *Raenibacillaceae*. Різні види є грам-варіабельними, оскільки вони можуть бути як грампозитивними, так і грамнегативними. Продукція антимікробних речовин різниться між видами через різноманітність генів, що кодують ці сполуки. Антимікробні чинники, продуковані бактеріями роду *Raenibacillus*, включають пептиди, леткі органічні

Пастошук А., Шустик Д., Зелена П., Юмина Ю., Сківка Л.

сполуки та ферменти. Останні чинять потужну протигрибкову дію і включають протеази, целюлази, глюканази та хітинази. Бактерії цього роду виробляють антимікробні пептиди двох типів: нерибосомно синтезовані пептиди і рибосомно синтезовані бактеріоцини. Відомо, що *Paenibacillus* виробляє два з трьох класів бактеріоцинів, деякі види виробляють поліміксини [32]. Згідно даних Hong et al., 2016 [33], *P. polymyxa*, виділена з ризосфери арабідопсису, чинить антагоністичну дію проти кількох патогенів фітопатогенних псевдомонад. Є повідомлення щодо антагоністичної активності *P. polymyxa*, виділених з ендofіту кукурудзи, щодо фітопатогенних грибів [34]. Отриманий нами *P. polymyxa* Р6 найбільш подібний за біологічними властивостями (солюбілізація фосфатів, олігонітротрофія, синтез гетероауксинів, широкоспектровий антагонізм) до *Paenibacillus polymyxa* E681, виділеного з кореневого ендofіту ячменю у Південній Кореї в 1995 році. Мікробіотехнологічний потенціал цього штаму був нещодавно розширений після детального дослідження його геному. Було виявлено щонайменше шість кластерів генів для біосинтезу антибіотиків, у т.ч. поліміксину. Три групи антибіотичних синтаз включають кластери генів, які

кодуєть ферменти, залучені до синтезу нерибосомного пептиду поліміксину, фузарицидину і тридекаптину, лантибіотика панілану і полікетиду [35]. Зважаючи на значну варіабельність у спектрі антимікробних сполук серед штамів *P. polymyxa*, не виключена можливість унікального профілю продукованих екзометаболітів з антимікробною активністю у виділеного нами ендofітного мікроорганізму.

Висновки та перспективи.

Отже, штам *P. polymyxa* Р6, виділений із зернового ендofіту сорту пшениці озимої вітчизняної селекції Подолянка, стійкого до основного збудника базального бактеріозу зернових культур *Pseudomonas syringae* pv. *atrofaciens*, продукує екзометаболіти з антимікробною активністю щодо фітопатогенних грамнегативних бактерій, у т.ч. збудників інфекційних захворювань основних сільськогосподарських культур, які завдають значних економічних збитків агропромислому виробництву. Антимікробна дія досліджуваного штаму має дозозалежний характер і залежить від біологічних характеристик фітопатогенного мікроорганізму. Вивчення складу продукованих екзометаболітів з антимікробною активністю потребує додаткових досліджень.

Список використаних джерел

Пастошук А., Шустик Д., Зелена П., Юмина Ю., Сківка Л.

1. Rana K.L., Kour D., Kaur T., Sheikh I., Yadav AN., Kumar V., Suman A., Dhaliwal H. S. Endophytic Microbes from Diverse Wheat Genotypes and Their Potential Biotechnological Applications in Plant Growth Promotion and Nutrient Uptake. *Proc. Natl. Acad. Sci., India, Sect. B Biol. Sci.*, N90. 2020. P.1-11. <https://doi.org/10.1007/s40011-020-01168-0>.
2. Herrera D., Grossi C., Zawoznik M., Groppa M.D. Wheat seeds harbour bacterial endophytes with potential as plant growth promoters and biocontrol agents of *Fusarium graminearum*. *Microbiol. Res.* 2016. N18. P.37–43. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2016.03.00>
3. Shahzad R., Khan A.L., Bilal S., Asaf S., Lee Y.J. What is there in seeds? Vertically transmitted endophytic resources for sustainable improvement in plant growth. *Front. Plant Sci.* 2018. N9. P. 24. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00024>
4. Shade A., Jacques M.A., Barret M. Ecological patterns of seed microbiome diversity, transmission, and assembly. *Curr. Opin. Microbiol.* 2017. N37. P.15–22. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2017.03.010>.
5. Papik J., Folkmanova M., Polivkova-Majorova M., Suman J., Uhlik O. The invisible life inside plants: Deciphering the riddles of endophytic bacterial diversity. *Biotechnology Advances.* 2020. N44. 107614. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2020.107614>.
6. Karthikeyan G., Rajendran L., Sendhilvel V., Prabakar K., Raguchander T. Diversity and functions of secondary metabolites secreted by epi-endophytic microbes and their interaction with phytopathogens/ Biocontrol Agents and Secondary Metabolites. Ed. Sudisha Jogaiah, Woodhead Publishing, Pages. 2021. P. 495-517.
7. Ek-Ramos MJ, Gomez-Flores R, Orozco-Flores AA, Rodríguez-Padilla C, González-Ochoa G and Tamez-Guerra P Bioactive Products From Plant-Endophytic Gram-Positive Bacteria. *Front. Microbiol.* 2019. N10: 463. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00463>.
8. Deng Y., Zhu Y., Wang P., Zhu L., Zheng J., Li R., et al. Complete genome sequence of *Bacillus subtilis* BSn5, an endophytic bacterium of *Amorphophallus konjac* with antimicrobial activity for the plant pathogen *Erwinia carotovora* subsp. *Carotovora*. *J. Bacteriol.* 2011. N193. P.2070–2071. <https://doi.org/10.1128/JB.00129-11>.
9. Cazorla F. M., Romero D., Pérez-García A., Lugtenberg B. J. J., Vicente A. D., and Bloemberg G. Isolation and characterization of antagonistic *Bacillus subtilis* strains from the avocado rhizosphere displaying biocontrol activity. *J. Appl. Microbiol.* 2007. N103. P.1950–1959. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03433.x>.
10. Compant S., Cambon M.C., Vacher C., Mitter B., Samad A., Sessitsch A. The plant endosphere world—Bacterial life within plants. *Environmental Microbiology.* 2020. N23. P.1812–1829. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.15240>.
11. Kuźniar A., Włodarczyk K., Grządziel J., Woźniak M., Furtak K., Gałązka A., Dziadczyk E., Skórzyńska-Polit E., Wolińska, A. New Insight into the Composition of Wheat Seed Microbiota. *International journal of molecular sciences.* 2020. V.21, N13. 4634. <https://doi.org/10.3390/ijms21134634>.
12. Pastoshchuk A., Yumyna Y., Zelena P., Nudha V., Yanovska V., Kovalenko M., Taran N., Patyka V., Skivka L. Beneficial traits of grain-resided endophytic communities in wheat with different sensitivity to *Pseudomonas syringae*. *Regulatory Mechanisms in Biosystems.* 2021. V.12, N3. P. 498-505. <https://doi.org/10.15421/022168>.
13. Основы учения об антибиотиках: Учебник. 6 издание переработанное/ под ред. Н.С. Егорова. Москва: Издательский дом МГУ, 2004. 528 с.
14. Гужвинська С. О., Палій А. П. Визначення антагоністичних та адгезивних властивостей лактобактерій та біфідобактерій. *Мікробіологічний журнал.* 2018. Т. 80, № 1. С. 36-44. <https://doi.org/10.15407/microbiolj80.01.036>
15. Eldeen I.M.S. Isolation of 12 bacterial endophytes from some mangrove plants and determination of antimicrobial properties of the isolates and the plant extracts.

Пастошук А., Шустик Д., Зелена П., Юмина Ю., Сквівка Л.

International Journal of Phytomedicine. 2014. V.6. N3. P.425-432.

16. Klein J.M., Stockwell V.O., Minsavage G.V., Vallad G.E., Goss E.M., Jones J.B. Improved deferred antagonism technique for detecting antibiosis. *Lett Appl Microbiol.* 2020. V.71. N4. P.330-336. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-09-20-0402-R>.

17. Швець М. Асоційовані з *Enterobacter nimipressuralis* бактерії у патології бактеріальної водянки *Betula pendula* roth. *Науковий вісник. НЛТУ України*. 2017. Т. 27. №3. С. 66-70.

18. New Approach to Conservation: The Importance of the Individual through Wildlife Rehabilitation/ Ed. G. A. Aitken. London: Routledge, 2004. P.218

19. Dudeja S.S., Suneja-Madan P., Paul M., Maheswari R., Kothe E. Bacterial endophytes: Molecular interactions with their hosts. *J Basic Microbiol.* 2021. V.61. N6. P.475-505. <https://doi.org/10.1101/2022.01.04.474905>.

20. Tripathi V. C., Satish S., Horam S., Raj S., Arockiaraj J., Pasupuleti M., et al. Natural products from polar organisms: structural diversity, bioactivities and potential pharmaceutical applications. *Polar Sci.* 2018. N18. P.147-166. <https://doi.org/10.1016/j.polar.2018.04.006>.

21. Compant S., Cambon M. C., Vacher C., Mitter B., Samad A., Sessitsch A. The plant endosphere world – bacterial life within plants. *Environmental Microbiology.* 2020. N23. P. 1812-1829. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.15240>.

22. Jimenez Madrid A. M., Klass T., Roman-Reyna V., Jacobs J., Lewis Ivey M. L. Draft Genome Sequences of Four Streptomycin-Sensitive *Erwinia amylovora* Strains Isolated from Commercial Apple Orchards in Ohio. *Microbiology resource announcements.* 2021. V.10. N50. e0089321. <https://doi.org/10.1128/MRA.00893-21>.

23. Dagher F., Olishavska S., Phillion V., Zheng J., Déziel E. Development of a novel biological control agent targeting the phytopathogen *Erwinia amylovora*. *Heliyon.* 2020. V.6. N10. e05222. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05222>.

24. Arab M., Ahani Azari A. Antagonistic potential of rhizospheric and endophytic bacteria against Fire blight, caused by *Erwinia amylovora*. *International Journal of Molecular and Clinical Microbiology.* 2020. V.10. N2. P.1331-1338.

25. Paudel S., Dobhal S., Alvarez A. M., Arif, M. Taxonomy and Phylogenetic Research on *Ralstonia solanacearum* Species Complex: A Complex Pathogen with Extraordinary Economic Consequences. *Pathogens (Basel, Switzerland)*. 2020. V.9. N11. 886. <https://doi.org/10.3390/pathogens9110886>.

26. Mamphogoro T.P., Kamutando C.N., Maboko M.M., Aiyegoro O.A., Babalola O.O. Epiphytic Bacteria from Sweet Pepper Antagonistic In Vitro to *Ralstonia solanacearum* BD 261, a Causative Agent of Bacterial Wilt. *Microorganisms.* 2021. V.9. N9. 1947. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9091947>.

27. Wang X, Liang G. Control efficacy of an endophytic *Bacillus amyloliquefaciens* strain BZ6-1 against peanut bacterial Wilt, *Ralstonia solanacearum*. *Biomed Res Int.* 2014. V.2014. 465435. <https://doi.org/10.1155/2014/465435>.

28. Wu H.P., Derilo R.C., Chen H.L., Li T.R., Lagitnay RBJS, Chan YC, Chuang Y, Chuang DY. Injectisome T3SS subunits as potential chaperones in the extracellular export of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* bacteriocins Carocin S1 and Carocin S3 secreted via flagellar T3SS. *BMC Microbiol.* 2021. V.21. N1. 345.

29. Padilla-Gálvez N, Luengo-Urbe P, Mancilla S, Maurin A, Torres C, Ruiz P, France A, Acuña I, Urrutia H. Antagonistic activity of endophytic actinobacteria from native potatoes (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum* L.) against *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* and *Pectobacterium atrosepticum*. *BMC Microbiol.* 2021. V.21. N1. 335. <https://doi.org/10.1186/s12866-021-02393-x>.

30. Gutiérrez-Barranquero J.A., Cazorla F.M., de Vicente A. *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* Associated With Mango Trees, a Particular Pathogen Within the "Hodgepodge" of the *Pseudomonas syringae* Complex. *Front Plant Sci.* 2019.

Пастошук А., Шустик Д., Зелена П., Юмина Ю., Сківка Л.

N10. 570.

<https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00570>.

31. Butsenko L.M.

Геномодулювальна активність *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* і *P. syringae* pv. *atrofaciens*. *Біоресурси і природокористування*. 2019. Т.11. № 3-4. С. 25-31.<https://doi.org/10.31548/bio2019.03.003>.32. Eltokhy M.A., Saad B.T., Eltayeb W.N., Yahia I.S., Aboshanab K.M., Ashour M.S.E. Exploring the Nature of the Antimicrobial Metabolites Produced by *Paenibacillus ehimensis* Soil Isolate MZ921932 Using a Metagenomic Nanopore Sequencing Coupled with LC-Mass Analysis. *Antibiotics (Basel)*. 2021. V.11. N1. 12. <https://doi.org/10.3390/antibiotics1101001>.33. Hong C.E., Kwon S.Y., Park J.M. Biocontrol activity of *Paenibacillus polymyxa* AC-1 against *Pseudomonas syringae* and its interaction with *Arabidopsis thaliana*. *Microbiol Res*. 2016. N185. P.13-21. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2016.01.004>34. Liu Y., Wang R., Cao Y. *et al.* Identification and antagonistic activity of endophytic bacterial strain *Paenibacillus* sp. 5 L8 isolated from the seeds of maize (*Zea mays* L., Jingke 968). *Ann Microbiol*. 2016. N 66. P. 653–660. <https://doi.org/10.1007/s13213-015-1150-x>.35. Jeong H, Choi SK, Ryu CM, Park SH. Chronicle of a Soil Bacterium: *Paenibacillus polymyxa* E681 as a Tiny Guardian of Plant and Human Health. *Front Microbiol*. 2019. N10. 467. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00467>.

References

1. Rana, KL, Kour D, Kaur T, Sheikh I, Yadav AN, Kumar V, Suman A, Dhaliwal H S. (2020). Endophytic Microbes from Diverse Wheat Genotypes and Their Potential Biotechnological Applications in Plant Growth Promotion and Nutrient Uptake. *Proc. Natl. Acad. Sci., India, Sect. B Biol. Sci.*, 90, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s40011-020-01168-0>.2. Herrera, D., Grossi, C., Zawoznik, M., Groppa, M.D. (2016) Wheat seeds harbour bacterial endophytes with potential as plant growth promoters and biocontrol agents of *Fusarium graminearum*. *Microbiol. Res*. 186,

37–43.

<https://doi.org/10.1016/j.micres.2016.03.00>3. Shahzad, R.; Khan, A.L.; Bilal, S.; Asaf, S.; Lee, Y.J. (2018). What is there in seeds? Vertically transmitted endophytic resources for sustainable improvement in plant growth. *Front. Plant Sci.*, 9, 24. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2016.03.00>.4. Shade, A., Jacques, M.A.; Barret, M. (2017). Ecological patterns of seed microbiome diversity, transmission, and assembly. *Curr. Opin. Microbiol.* 37, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2017.03.010>.5. Papik, J., Folkmanova, M., Polivkova-Majorova, M., Suman, J., Uhlik, O. (2020). The invisible life inside plants: Deciphering the riddles of endophytic bacterial diversity. *Biotechnology Advances*, 44, 107614. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2020.107614>.<https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2020.107614>.

6. Karthikeyan, G., Rajendran, L., Sendhilvel, V., Prabakar, K., Raguchander, T. (2021) 22 - Diversity and functions of secondary metabolites secreted by endophytic microbes and their interaction with phytopathogens, Editor(s): Sudisha Jogaiah, Biocontrol Agents and Secondary Metabolites, Woodhead Publishing, 495-517.

7. Ek-Ramos, M.J., Gomez-Flores, R., Orozco-Flores, A.A., Rodríguez-Padilla, C., González-Ochoa, G., and Tamez-Guerra, P. (2019) Bioactive Products From Plant-Endophytic Gram-Positive Bacteria. *Front. Microbiol.*, 10, 463. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00463>.8. Deng, Y., Zhu, Y., Wang, P., Zhu, L., Zheng, J., Li, R., *et al.* (2011). Complete genome sequence of *Bacillus subtilis* BSn5, an endophytic bacterium of *Amorphophallus konjac* with antimicrobial activity for the plant pathogen *Erwinia carotovora* subsp. *Carotovora*. *J. Bacteriol.*, 193, 2070–2071. <https://doi.org/10.1128/JB.00129-11>.9. Cazorla, F. M., Romero, D., Pérez-García, A., Lugtenberg, B. J. J., Vicente, A. D., and Bloemberg, G. (2007). Isolation and characterization of antagonistic *Bacillus subtilis* strains from the avocado rhizosphere displaying biocontrol activity. *J. Appl. Microbiol.* 103, 1950–1959.

Пастошук А., Шустик Д., Зелена П., Юмина Ю., Сківка Л.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03433.x>.

10. Compant, S., Cambon, M.C., Vacher, C., Mitter, B., Samad, A. & Sessitsch, A. (2020) The plant endosphere world—Bacterial life within plants. *Environmental Microbiology*, 23, 1812–1829. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.15240>.

11. Kuźniar, A., Włodarczyk, K., Grządziel, J., Woźniak, M., Furtak, K., Gałazka, A., Dziadczyk, E., Skórzyńska-Polit, E. & Wolińska, A (2020). New Insight into the Composition of Wheat Seed Microbiota. *International journal of molecular sciences*, 21(13), 4634. <https://doi.org/10.3390/ijms21134634>.

12. Pastoshchuk, A., Yumyna, Y., P Zelena, Nudha, V., Yanovska V., Kovalenko, M., Taran, N., Patyka V., Skivka, L. (2021). Beneficial traits of grain-resided endophytic communities in wheat with different sensitivity to *Pseudomonas syringae*. *Regulatory Mechanisms in Biosystems.*, 12(3), 498-505. <https://doi.org/10.15421/022168>.

13. Egorov, I.,S. (2004). Fundamentals of the doctrine of antibiotics: Textbook. 6th ed., Reworked. MSU Publishing House; Science, P.528. (in Ukrainian)

14. Guzhvinskaya, S. O. (2018). Determination of antagonistic and adhesive properties of lactobacilli and bifidobacterial. *Mikrobiol. Z.*, 80(1),36-44. (in Ukrainian). <https://doi.org/10.15407/mikrobiolj80.01.036>.

15. Eldeen, I.,M.,S.(2014). Isolation of 12 bacterial endophytes from some mangrove plants and determination of antimicrobial properties of the isolates and the plant extracts. *International Journal of Phytomedicine*, 6(3), 425-432;

16. Klein JM, Stockwell VO, Minsavage GV, Vallad GE, Goss EM, Jones JB. (2020). Improved deferred antagonism technique for detecting antibiosis. *Lett Appl Microbiol*, 71(4), 330-336. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-09-20-0402-R>.

17. Shvets, M.,V. (2017). Enterobacter nimipressuralis-associated bacteria in the pathology of bacterial edema *Vetula pendula* Roth. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*. 27 (3), 66-70. (in Ukrainian).

18. Aitken, G. (2004). A New Approach to Conservation: The Importance of the Individual through Wildlife Rehabilitation. London: Routledge, 218 p.

19. Dudeja, S.,S, Suneja-Madan, P., Paul, M., Maheswari, R., Kothe, E. (2021). Bacterial endophytes: Molecular interactions with their hosts. *J Basic Microbiol.*, 61(6), 475-505.

<https://doi.org/10.1101/2022.01.04.474905>.

20. Tripathi, V. C., Satish, S., Horam, S., Raj, S., Arockiaraj, J., Pasupuleti, M., et al. (2018). Natural products from polar organisms: structural diversity, bioactivities and potential pharmaceutical applications. *Polar Sci.*, 18, 147–166. <https://doi.org/10.1016/j.polar.2018.04.006>.

21. Compant, S., Cambon, M. C., Vacher, C., Mitter, B., Samad, A. & Sessitsch, A. (2020) The plant endosphere world – bacterial life within plants. *Environmental Microbiology*, 23, 1812–1829. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.15240>.

22. Jimenez Madrid, A. M., Klass, T., Roman-Reyna, V., Jacobs, J., & Lewis Ivey, M. L. (2021). Draft Genome Sequences of Four Streptomycin-Sensitive *Erwinia amylovora* Strains Isolated from Commercial Apple Orchards in Ohio. *Microbiology resource announcements*, 10(50), e0089321. <https://doi.org/10.1128/MRA.00893-21>.

23. Dagher, F., Olishevskaya, S., Phillion, V., Zheng, J., & Déziel, E. (2020). Development of a novel biological control agent targeting the phytopathogen *Erwinia amylovora*. *Heliyon*, 6(10), e05222. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05222>.

24. Arab, M., Ahani Azari, A. (2020). Antagonistic potential of rhizospheric and endophytic bacteria against Fire blight, caused by *Erwinia amylovora*. *International Journal of Molecular and Clinical Microbiology*, 10(2), 1331-1338.

25. Paudel, S., Dobhal, S., Alvarez, A. M., & Arif, M. (2020). Taxonomy and Phylogenetic Research on *Ralstonia solanacearum* Species Complex: A Complex Pathogen with Extraordinary Economic Consequences. *Pathogens (Basel, Switzerland)*, 9(11), 886. <https://doi.org/10.3390/pathogens9110886>.

Пастошук А., Шустик Д., Зелена П., Юмина Ю., Сківка Л.

26. Mamphogoro, T.,P, Kamutando, C.N., Maboko, M.M., Aiyegoro, O.A., Babalola, O.O. (2021). Epiphytic Bacteria from Sweet Pepper Antagonistic In Vitro to *Ralstonia solanacearum* BD 261, a Causative Agent of Bacterial Wilt. *Microorganisms*, 9(9),1947. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9091947>.
27. Wang, X., Liang, G. (20214). Control efficacy of an endophytic *Bacillus amyloliquefaciens* strain BZ6-1 against peanut bacterial Wilt, *Ralstonia solanacearum*. *Biomed Res Int.*, 2014, 465435. <https://doi.org/10.1155/2014/465435>.
28. Wu, H.P., Derilo, R.C., Chen, H.L., Li, T.R., Chan, Y.C., Chuang, Y., Chuang, D.Y. (2021).Injectisome T3SS subunits as potential chaperones in the extracellular export of *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* bacteriocins Carocin S1 and Carocin S3 secreted via flagellar T3SS. *BMC Microbiol.*, 21(1), 345.
29. Padilla-Gálvez, N., Luengo-Urbe, P., Mancilla, S., Maurin, A., Torres, C., Ruiz, P., France, A., Acuña, I., Urrutia, H. (2021). Antagonistic activity of endophytic actinobacteria from native potatoes (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum* L.) against *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* and *Pectobacterium atrosepticum*. *BMC Microbiol*, 21(1), 335. <https://doi.org/10.1186/s12866-021-02393-x>.
30. Gutiérrez-Barranquero, J.A., Cazorla, F.M., de Vicente, A. (2019). *Pseudomonas syringae* pv. *Syringae* Associated With Mango Trees, a Particular Pathogen Within the "Hodgepodge" of the *Pseudomonas syringae* Complex. *Front Plant Sci*, 10:570. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00570>.
31. Butsenko, L., M. (2019). Genomodulatory activity of *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* and *P. syringae* pv. *atrofaciens*. *Bioresources and nature management*.11(3-4), 25-31. (in Ukrainian). <https://doi.org/10.31548/bio2019.03.003>.
32. Eltokhy, M., A, Saad, B.,T, Eltayeb, W.,N, Yahia, I.,S, Aboshanab, K.,M, Ashour, M.,S.,E. (2021). Exploring the Nature of the Antimicrobial Metabolites Produced by *Paenibacillus ehimensis* Soil Isolate MZ921932 Using a Metagenomic Nanopore Sequencing Coupled with LC-Mass Analysis. *Antibiotics (Basel)*, 11(1), 12. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11010012>.
33. Hong, C., E, Kwon, S., Y, Park, J., M. (2016). Biocontrol activity of *Paenibacillus polymyxa* AC-1 against *Pseudomonas syringae* and its interaction with *Arabidopsis thaliana*. *Microbiol Res.*, 185, 13-21. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2016.01.004>
34. Liu, Y., Wang, R., Cao, Y. *et al.* (2016). Identification and antagonistic activity of endophytic bacterial strain *Paenibacillus* sp. 5 L8 isolated from the seeds of maize (*Zea mays* L., Jingke 968). *Ann Microbiol.*, 66, 653–660. <https://doi.org/10.1007/s13213-015-1150-x>.
35. Jeong, H., Choi, S.,K, Ryu, C.,M, Park, S.,H. (2019). Chronicle of a Soil Bacterium: *Paenibacillus polymyxa* E681 as a Tiny Guardian of Plant and Human Health. *Front Microbiol.* 10, 467. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00467>

ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF EXOMETABOLITES OF *PAENIBACILLUS POLYMYXA*, ISOLATED FROM ENDOPHYTIC COMMUNITY OF WINTER WHEAT GRAIN

A. Pastoshchuk, D. Shustyk, P. Zelena, Yu. Yumyna, L. Skivka

Abstract. *In preliminary studies, a strain Paenibacillus polymyxa P6 possessing multiple plant growth-promoting (phosphate solubilization, oligonitrotrophy and production of heteroauxins) and antagonistic activities was isolated from grain-resided cultivable bacterial endophytic community of winter wheat variety of the domestic selection Podolyanka with increased resistance to the causative agent of basal bacteriosis of grain crops Pseudomonas syringae pv. atrofaciens. The aim of*

Пастошук А., Шустик Д., Зелена П., Юмина Ю., Сківка Л.

this work was to study the antimicrobial effect of the exometabolites, produced by isolated strain, towards gram-negative phytopathogenic microorganisms using the method of deferred antagonism under the condition of cultivating the antagonist bacterium for 72 and 120 hours before inoculation of test cultures. Microorganisms stored in the collection of the D.K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, NAS of Ukraine: Ralstonia solanocearum B-1109, Pectobacterium carotovora subsp. carotovora B-1077, Pseudomonas syringae pv. syringae B-1022, Pseudomonas syringae pv. syringae van Hall 1902 B-1027, Pseudomonas syringae pv. atrofaciens B-1011, Pseudomonas syringae pv. atrofaciens B-1013, as well as Erwinia amylovora ATCC 15580 were used as a test-cultures. Paenibacillus polymyxa P6 exometabolites were found to have a dose-dependent antimicrobial effect towards all studied microorganisms. The most pronounced inhibitory effect was registered against Erwinia amylovora ATCC 15580, Pseudomonas syringae pv. syringae B-1022 and Ralstonia solanocearum B-1109: the diameter of the zone of no growth under the action of exometabolites produced for 120 hours are 25.72 ± 4.0 mm, 22.93 ± 2.0 mm and 20.30 ± 4.0 respectively. These results substantiate the expediency of further investigation of the composition and biological activity of the studied exometabolites in the perspective of developing biotechnological preparations.

Key words: *phytopathogens, Paenibacillus polymyxa, endophyte, exometabolites, antibacterial action*

**ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ, ЕКОЛОГІЧНІСТЬ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ
СЕРЕДНЬОРАННЬОСТИГЛИХ СОРТІВ СОЇ****В. А. МАЗУР**, кандидат сільськогосподарських наук, професор**О. П. ТКАЧУК**, доктор сільськогосподарських наук, доцент**Г. В. ПАНЦИРЕВА**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент**С. Д. ВЕРХОЛЮК**, аспірант 1-го року навчання*Вінницький національний аграрний університет*

E-mail: apantsyрева@ukr.net

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.01.006>

***Анотація.** Велике різноманіття середньо ранньостиглих сортів сої, що придатні до вирощування в Україні та належать до найбільш урожайної групи, вимагає вибору оптимальних за параметрами урожайності, технологічності та екологічності. Метою досліджень було проаналізувати сортовий склад середньо ранньостиглих сортів сої за показниками висоти рослин та прикріплення нижніх бобів, стійкості до вилягання, осипання, посухостійкості, стійкості до хвороб, урожайністю насіння та вмістом у ньому білка і жиру. Дослідження проводили опрацюванням матеріалів Державного реєстру сортів рослин України, придатних для вирощування у 2021 році.*

Найвищу урожайність насіння серед усіх середньо ранньостиглих сортів сої, за даними Державного реєстру сортів рослин, придатних для використання у 2021 році, мали сорти Подяка, Езра, Стайн 07Ж22, Саска, Сяйво, Сіпрес, Мальвіна, СВХ15Т1С1, ЕС Композитор, Турізас, Еліна. Найбільший вміст білка мали сорти РЖТ Сфорза, ДШ401, ЕС Башелор, Таурус, НС Діяна, ДШ863, Ленка, жиру – Шарм, Валюта, Браун, Спринт, Еверест, СГ Анзер. Значна частина середньо ранньостиглих сортів сої відзначаються високими балами посухостійкості, стійкості до хвороб, вилягання та осипання насіння, що становили 8 і більше та вказували на сприятливі параметри механізованого збирання та стійкої вегетації.

Ключові слова: соя, сорти, урожайність, технологічність, екологічність

Актуальність. Соя, як культура, що може забезпечити людство доступним рослинним білком для харчових потреб, кормом для тваринницької галузі та сировиною для технічних потреб, відзначається постійним нарощуванням її посівних площ. Найбільші країни виробники сої – США, Бразилія і Аргентина, вирощують її переважно на родючих

грунтах, із сприятливими вологозабезпеченістю і тепловим режимом, у так званому соєвому поясі [1].

Україна має суттєвий потенціал для нарощування як посівних площ, так і урожайності сої. Сприятливими регіонами для вирощування сої в Україні є зона Лісостепу, у якій зосереджено близько 60% усіх

Мазур В. А., Ткачук О. П., Панцирева Г. В., Верхолук С. Д.

посівних площ під соєю, Полісся, де її посівні площі у структурі займають 24% і Степ – 16% посівних площ [2].

За подальшого посушливості клімату в Україні із підвищенням суми позитивних та активних температур впродовж вегетаційного періоду, зменшенням кількості опадів, поширенням ґрунтової і повітряної посухи, істотно зростатиме роль сортів сої у збереженні її стабільної продуктивності та подальшому підвищенні їх урожайності.

При виборі сортів сої необхідно враховувати не лише показники їх продуктивності, але й тривалості вегетації, стійкості до несприятливих умов навколишнього середовища, придатності до механізованого збирання та інші чинники. В умовах великої кількості сортів сої, офіційно внесених у Державний реєстр сортів рослин України та значного засилля сортів іноземної селекції, актуальним завданням виступає оцінка сортів сої за показниками як продуктивності, так і агроекологічної стійкості та технологічності.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасні сорти сої повинні відзначатися високими адаптивними властивостями. Також важливою складовою сортового складу сої має бути якість урожаю, екологічна стійкість до несприятливих чинників навколишнього середовища та

економічна доцільність вирощування [3].

При виборі сорту сої необхідно враховувати природно-кліматичні умови, де він буде вирощуватися, хімічний склад насіння, висоту закладки нижніх бобів. Важливою наявністю у бобі сої не менше 3-х насінин і 10-11 продуктивних вузлів на стеблі. Рослина повинна бути компактною, із закінченим типом росту. Також достиглий і готовий до збирання сорт не повинен розтріскуватися і обсипатися [4].

Проте, на сьогодні існує ряд об'єктивних обставин, які не дозволяють швидкими темпами підвищити продуктивність сої. Серед них – невідповідність сортової політики до наявного асортименту сортів сої різних груп стиглості, які були б придатні до вирощування у конкретних ґрунтово-кліматичних умовах України.

При виборі сорту сої, важливою його характеристикою є інтенсивність росту на початкових етапах. Сорти, які характеризуються високою енергією початкового росту, швидко закривають поверхню ґрунту та зумовлюють менше випаровування вологи з ґрунту. Також важливою характеристикою сортів сої має бути їх висока посухостійкість, зокрема це мають бути сорти, які рекомендовані до вирощування у Степу України. Це дозволить ефективно зберігати та використовувати незначні запаси вологи за рахунок зменшення

Мазур В. А., Ткачук О. П., Панцирева Г. В., Верхолук С. Д.

випаровування та повного покриття ґрунту листовим апаратом, що буде повільніше реагувати на дефіцит вологи [5, 15-22].

Результати наукових досліджень свідчать, що серед п'яти груп стиглості сортів сої, які придатні до вирощування і гарантовано досягають в Україні, саме середньо ранньостиглі сорти забезпечують найвищу урожайність насіння, яка сягає 4 т/га та більше. Зокрема у зонах Лісостепу та Полісся середньо ранньостиглі сорти сої мають бути основними за посівними площами і займати у структурі посівних площ 55-65 % [6, 10-14].

Проте, велике різноманіття сортів сої середньо ранньостиглої групи, внесених до Державного реєстру сортів рослин, придатних до вирощування в Україні у 2021 році, часто є не допомогою, а перешкодою для оптимального підбору сортів.

Мета досліджень. Тому метою наших досліджень було проаналізувати сортовий склад середньо ранньостиглих сортів сої за показниками висоти рослин та прикріплення нижніх бобів, стійкості до вилягання, осипання, посухостійкості, стійкості до хвороб, урожайності насіння та вмістом у ньому білка і жиру.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження проводили опрацюванням Державного реєстру сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 рік [7].

Оцінювали рекомендовані до вирощування в Україні усі внесені до реєстру середньо ранньостиглі сорти сої за показниками тривалості вегетаційного періоду, висоти прикріплення нижнього бобу, висоти рослин, стійкості до вилягання рослин, осипання насіння, посухостійкості та стійкості до хвороб, урожайності насіння та вмісту у ньому білка і жиру.

Зазначені показники визначалися відповідно до Методики проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні [8]. Зокрема стійкість рослин до вилягання, осипання насіння, посухостійкості та стійкості до хвороб визначається візуально за дев'ятибальною шкалою, де використовується наступна градація сортів за балами: 9 балів – сорт відмінний; 7 балів – сорт добрий; 5 балів – сорт задовільний; 3 бали – сорт поганий; 1 бал – сорт дуже поганий.

Стійкість сортів сої визначали по відношенню до таких хвороб: пероноспороз (*Peronospora manshurica* Sydow), аскохітоз (*Ascochyta sojaecola* Abramov), бактеріоз (*Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Erwinia*), септоріоз (*Septoria glycines* T. Hemmi), фузаріоз (*Fusarium* Link.).

Досліди із сортами сої проводилися на ділянках розміром 10-25 м² при чотириразовій

Мазур В. А., Ткачук О. П., Панцирева Г. В., Верхолук С. Д.

повторності державного сорто випробування.

Результати дослідження та їх обговорення. Із п'яти груп сортів сої за скоростиглістю, які придатні для вирощування в Україні – ультра скоростиглих, ранньостиглих, середньо ранньостиглих та середньо пізньостиглих, саме група середньо ранньостиглих сортів з тривалістю вегетаційного періоду 106-125 діб, є найбільш чисельною за даними Державного реєстру сортів рослин України, придатних до вирощування,

станом на 2021 рік. Сортів цієї групи стиглості – 160.

Середня висота рослин середньо ранньостиглих сортів сої становить 82 см. Найвищими були сорти Оксана – 158 см, Саска – 135 см, Ювілейна, Подяка, Витязь 50 – по 115 см, Валюта, Меркур – по 110 см. Найнижчими були сорти Віола – 63 см, РЖТ Сфінкса – 64 см, Криниця – 65 см, Чернівецька 9, Регіна – по 66 см, Астор, Тіваз – по 67 см, Слобода, Акардія, ЕС Професор – по 68 см, Вишиванка, Фантазія, ЕС Луксор – по 69 см (табл. 1).

1. Показники технологічності середньо ранньостиглих сортів сої

Сорт	Тривалість вегетаційного періоду, діб	Висота прикріплення нижнього боба, см	Висота рослини, см	Стійкість до вилягання, бал	Стійкість до осипання насіння, бал
Офелія	125	16	85	8	8
Галлек	114	11	77	9	9
НС Діяна	118	14	84	8	8
Орфей	119	14	77	7	8
Брюненсіс	114	11	77	9	9
СВХ15Т1С1	117	11	78	8	8
Таурус	115	14	89	8	8
Марієм	115	10	71	9	8
Стайн06Х02	119	13	79	8	8
Валюта	115	13	110	8	8
Амадеа	109	14	77	8	8
Албенга	110	11	74	9	8
Монарх	100	16	82	9	9
Феміда	120	15	80	8	8
Золотиста	110	15	95	8	8
Ювілейна	120	18	115	8	8
Святкова	107	11	75	9	9
Омега вінницька	118	15	96	9	9
КиВін	112	13	80	8	8
Монада	121	13	100	8	8
Смолянка	118	14	75	8	8
Шарм	116	13	103	8	8
Даная	125	14	102	9	9
Георгіна	117	23	75	7	7
Сяйво	112	19	90	7	7
Вежа	112	17	75	8	8

Мазур В. А., Ткачук О. П., Панцирева Г. В., Верхолук С. Д.

Хуторяночка	109	13	75	8	8
Сузір'я	112	14	91	8	8
Меркур	112	14	110	8	8
Княжна	108	14	75	8	7
Подяка	116	13	115	8	8
Мальвіна	112	13	75	9	9
Кардифф	115	14	88	9	8
Ромашка	122	19	90	8	8
Золушка	107	12	96	8	9
Луна	120	13	75	8	8
Кофу	112	12	90	8	8
Саска	120	17	135	8	8
Сігалія	122	16	80	8	8
Сінара	125	15	80	9	9
Опалін	116	15	82	9	8
Брюненсіс	117	12	78	9	9
Кассіді	115	13	80	9	9
Кіото	124	13	73	8	8
Криниця	119	13	65	9	9
Діадема Поділля	110	13	75	7	8
Софія	117	12	85	8	8
Кордоба	115	13	85	8	8
Мілленіум	107	17	90	8	8
ДХ 618	119	14	76	8	8
ДХ 530	120	15	87	8	9
ОАЦ Каліпсо	123	15	90	8	8
Аріса	120	13	95	9	6
Асука	115	12	72	8	7
Амадеус	115	12	73	8	8
Нордіка	115	12	80	8	8
Абеліна	115	13	80	8	8
Обелікс	121	12	77	9	9
Азимут	120	15	80	8	8
ЕС Тенор	115	12	77	9	9
Переяславка	115	14	80	8	9
Марися	123	14	78	8	8
Ясочка	115	15	86	9	9
Вишиванка	110	12	69	8	8
Корона	124	13	84	8	8
РЖТ Спеда	115	16	83	9	9
Віола	115	10	63	9	8
Скульптор	115	13	85	9	9
ДШ401	117	13	73	8	8
ДШ863	117	14	73	8	8
Емперор	125	13	80	8	8
Самородок	106	13	74	8	8
ОАЦ Прескот	120	17	90	8	8
ОАЦ Морден	112	19	87	8	8
ОАЦ Страйв	120	14	92	8	8
НС Діяна	118	14	84	8	8

Мазур В. А., Ткачук О. П., Панцирева Г. В., Верхолук С. Д.

Алекса	108	10	74	8	5
Еверест	113	13	73	8	8
РЖТ Свіла	122	13	87	8	8
РЖТ Сфорза	119	13	82	9	8
РЖТ Стумпа	117	14	73	8	8
ЕС Командор	110	14	74	8	9
СГ Кеа	118	13	76	8	8
СГ Анзер	110	14	74	8	8
Амадеа	109	14	77	8	8
Еврідика	122	13	79	7	8
Сільвія ПЗО	116	14	83	9	8
Ленка	118	12	82	8	8
Вольта	117	11	85	9	9
Таурус	115	14	89	8	8
СБ 142	115	13	72	8	8
СБ 143	120	13	71	8	8
Сопрана	114	10	70	8	8
РЖТ Сірока	112	11	75	8	8
ЕС Адвайзер	117	13	86	8	8
Слобода	106	14	68	7	8
Аврора	120	14	89	6	8
Південна Зоря	123	13	94	6	8
Граф	114	14	92	7	8
Браун	122	16	93	7	8
Регіна	110	11	66	9	8
Стайн 06Х02	119	13	79	8	8
Стайн 14Х02	125	13	82	8	8
Стайн 09І36	123	16	85	8	8
Стайн 07Ж22	119	12	79	8	8
Моцарт	111	10	77	9	8
Астор	111	12	67	8	8
Нептун	114	12	72	8	8
Тала	117	13	84	8	8
Сіпресс	117	15	79	8	8
Еліна	106	10	80	8	8
Зевс	119	14	84	7	8
Віталіна	115	10	84	7	8
Кармеліта	117	15	86	7	8
Беттіна	109	10	70	9	8
Ауреліна	107	12	75	8	8
Алтона	111	12	76	8	8
Сірелія	106	11	72	9	9
Тіваз	107	10	67	9	8
Турізас	117	15	78	8	8
Інгуз	116	12	75	8	8
Джейд	114	11	82	8	8
Дара	115	14	81	8	8
Марієм	115	9	71	9	8
Ангеліка	113	12	81	9	9
Атакама	114	12	72	9	9

Мазур В. А., Ткачук О. П., Панцирева Г. В., Верхолук С. Д.

Акардія	115	10	68	7	9
Віста	107	11	71	9	8
Азюра	114	11	78	8	8
Сіберія	106	10	70	9	7
Езра	118	12	83	8	8
ДХ4202	114	12	75	7	9
ДХ4173	116	11	78	9	9
Чураївна	109	12	82	9	8
Солена	110	9	73	9	8
РЖТ Сфінкса	108	9	64	9	9
ЕС Трібор	118	13	72	8	9
ЕС Професор	111	11	68	9	7
ЕС Луксор	111	10	69	9	7
ЕС Композитор	109	14	84	9	9
ЕС Шанцеллор	110	13	82	9	8
ЕС Башелор	112	10	73	9	7
ЕС Декор	106	12	77	9	8
Серенада	114	13	79	7	7
Титан	112	10	70	9	9
Якарі	110	13	72	9	8
Фантазія	106	14	69	4	7
ОАЦ Аклайм	114	12	73	9	9
Витязь 50	119	15	115	8	7
Ізумрудна	120	16	75	8	8
Деймос	122	15	85	8	8
Чернівецька 9	114	11	66	8	8
Артеміда	111	12	84	6	6
Оксана	121	13	158	8	8
Київська 98	113	12	90	8	8
Спринт	116	10	83	8	7
ПР 9368 Б07	125	11	75	9	9
ДМ 503	119	13	81	8	9
Буга	123	16	98	8	8

Середня висота прикріплення нижніх бобів від поверхні ґрунту у сортів сої цієї групи стиглості становила 13 см. Найвище були прикріплені нижні боби у сортів Георгіна – 23 см, Сяйво, ОАЦ Морден – по 19 см, ОАЦ Прескот, Мілленіум, Саска, Вежа – по 17 см. Найнижче розміщувались боби у сортів сої Марієм, Солена, РЖТ Сфінкса – по 9 см, Спринт, Титан, ЕС Башелор, Сіберія, Акардія, Тіваз, Беттіна,

Віталіна, Еліна, Моцарт, Марієм, Віола, Алекса, Сопрана – по 10 см.

Між висотою рослин середньо ранньостиглих сортів сої та висотою прикріплення нижніх бобів встановлений середній позитивний кореляційний зв'язок ($r = 0,383$). Це вказує на пряму залежність між висотою рослин середньо ранньостиглих сортів сої та висоти прикріплення у них нижніх бобів.

Середній бал стійкості середньо ранньостиглих сортів сої до

Мазур В. А., Ткачук О. П., Панцирева Г. В., Верхолук С. Д.

вилягання становив 8,2. Найвищу стійкість до вилягання, з балом 9, мали 49 сортів. Найнижчу стійкість до вилягання мали сорти Фантазія – 4, Артеміда, Аврора, Південна зоря – по 6 балів.

Середня стійкість до осипання досліджуваних сортів сої становила 8,1 бал. Найвищу стійкість – 9 балів, мали 34 сорти сої. Найнижчий бал

стійкості до осипання – 5, мав сорт Алекса, 6 – сорти Артеміда, Аріса, 7 балів – ще 12 сортів.

Бал посухостійкості середньо ранньостиглих сортів сої становив у середньому 8. Найвищий бал – 9, мав 21 сорт сої. Найнижчий бал посухостійкості – 5, мав сорт ОАЦ Аклайм, 6 – сорти Офелія, Фантазія, а 7 балів – ще 16 сортів (табл. 2.).

2. Показники агроекологічної стійкості, урожайності та якості насіння середньо ранньостиглих сортів сої

Сорт	Посухо- стійкість, бал	Стійкість до хвороб, бал	Урожайність насіння, ц/га	Вміст білка в насінні, %	Вміст жиру в насінні, %
Офелія	6	8	20,1	35,6	21,6
Галлек	9	9	26,3	39,3	20,5
НС Діяна	8	9	25,0	44,1	20,7
Орфей	8	9	23,6	41,2	22,3
Брюненсіс	9	9	26,3	39,3	20,5
СВХ15Т1С1	8	8	34,4	38,1	22,3
Таурус	8	9	28,3	44,1	21,1
Марієм	8	8	31,9	40,3	21,7
Стайн 06Х02	8	9	31,4	42,0	19,8
Валюта	8	8	17,5	34,9	23,6
Амадеа	8	9	27,7	40,4	22,9
Албенга	8	8	32,6	41,1	20,8
Монарх	9	9	22,1	39,0	21,7
Феміда	8	8	30,0	37,5	18,0
Золотиста	7	8	30,0	39,7	21,0
Ювілейна	7	8	31,0	39,0	21,5
Святкова	8	8	25,0	38,5	20,5
Омега вінницька	8	9	21,8	36,8	22,9
КиВін	8	8	21,1	36,2	23,0
Монада	8	9	22,0	38,5	18,8
Смолянка	8	9	26,0	36,6	18,1
Шарм	8	8	20,0	36,0	24,5
Даная	8	9	27,9	38,0	21,6
Георгіна	8	9	31,0	41,5	20,4
Сяйво	8	8	35,0	38,5	21,5
Вежа	8	9	28,0	39,3	19,6
Хуторяночка	8	9	35,0	39,0	20,5
Сузір'я	8	8	35,0	42,5	20,5
Меркур	8	9	28,0	39,5	20,0
Княжна	7	9	26,0	38,5	20,0
Подяка	8	8	37,0	39,5	22,5

Мазур В. А., Ткачук О. П., Панцирева Г. В., Верхолук С. Д.

Мальвіна	8	8	34,5	39,5	21,5
Кардифф	8	9	23,4	42,7	20,0
Ромашка	7	8	28,5	40,8	20,9
Золушка	8	9	19,7	39,8	21,3
Луна	8	9	25,0	40,0	20,0
Кофу	8	8	25,0	41,5	22,0
Саска	8	8	35,0	41,0	20,0
Сігалія	8	8	22,0	40,5	21,0
Сінара	8	9	24,8	41,0	21,0
Опалін	8	9	22,6	37,8	21,5
Брюненсіс	9	9	26,3	40,0	19,9
Кассіді	8	9	25,2	40,0	20,0
Кіото	8	8	30,0	43,0	21,0
Криниця	8	9	23,3	39,4	20,0
Діадема Поділля	8	9	29,0	38,7	18,8
Софія	8	9	20,0	39,5	21,0
Кордоба	8	8	25,0	39,0	20,0
Мілленіум	8	9	25,0	41,0	20,0
ДХ 618	9	8	25,0	41,5	19,8
ДХ 530	9	8	22,3	41,5	19,8
ОАЦ Каліпсо	9	9	22,7	39,4	21,2
Аріса	8	8	22,0	40,0	22,0
Асука	9	7	25,4	42,0	20,5
Амадеус	8	9	21,7	42,5	19,0
Нордіка	8	9	25,0	40,0	20,0
Абеліна	8	8	18,0	39,5	20,0
Обелікс	9	9	25,1	40,0	22,4
Азимут	8	9	23,8	39,5	21,7
ЕС Тенор	9	9	23,7	39,3	22,3
Переяславка	9	9	22,0	40,1	22,2
Марися	8	9	24,2	41,1	21,0
Ясочка	9	9	22,4	41,6	21,2
Вишиванка	8	9	24,9	39,2	21,8
Корона	9	8	24,0	40,1	21,7
РЖТ Спеда	9	9	20,9	42,8	21,8
Віола	8	9	20,6	41,8	22,3
Скульптор	8	9	21,0	41,9	21,9
ДШ401	8	9	22,2	45,2	20,6
ДШ863	8	9	23,0	44,1	21,0
Емперор	8	9	23,4	42,5	21,5
Самородок	8	9	22,7	41,0	22,0
ОАЦ Прескот	8	9	24,6	40,0	22,3
ОАЦ Морден	8	9	28,6	40,4	22,5
ОАЦ Страйв	8	9	25,5	42,2	22,1
НС Діяна	8	9	25,0	44,1	20,7
Алекса	8	9	28,4	41,4	21,3
Еверест	8	9	25,4	39,7	23,2
РЖТ Свіла	8	9	23,5	43,5	21,3
РЖТ Сфорза	8	9	23,2	45,5	20,2

Мазур В. А., Ткачук О. П., Панцирева Г. В., Верхолюк С. Д.

РЖТ Стумпа	8	9	26,2	40,0	22,3
ЕС Командор	8	9	26,6	42,0	21,2
СГ Кеа	8	9	26,8	41,0	22,1
СГ Анзер	8	9	25,5	40,0	23,1
Амадеа	8	9	27,7	40,4	22,9
Еврідика	8	9	24,0	42,0	21,6
Сільвія ПЗО	8	9	29,3	38,6	22,6
Ленка	8	9	27,5	43,0	22,0
Вольта	9	8	25,1	40,5	21,7
Таурус	9	8	28,3	44,1	21,1
СБ 142	8	9	30,2	42,5	20,4
СБ 143	9	8	27,6	42,5	20,2
Сопрана	9	8	29,3	39,4	22,4
РЖТ Сірока	9	9	33,4	40,2	22,4
ЕС Адвайзер	8	9	31,5	40,1	22,8
Слобода	8	9	24,7	40,8	20,3
Аврора	8	9	26,6	40,7	21,3
Південна Зоря	7	9	27,3	40,6	21,3
Граф	8	9	32,1	39,9	21,9
Браун	8	9	29,8	37,4	23,4
Регіна	8	9	33,4	41,2	21,8
Стайн 06Х02	8	9	31,4	42,0	19,8
Стайн 14Х02	8	9	32,6	42,3	20,2
Стайн 09І36	8	9	31,0	38,8	22,0
Стайн 07Ж22	8	9	36,5	40,1	20,6
Моцарт	8	9	30,4	42,8	20,0
Астор	7	8	30,3	40,6	22,3
Нептун	8	8	32,8	39,9	22,0
Тала	8	9	30,4	39,3	22,0
Сіпресс	8	9	34,6	40,6	21,0
Еліна	8	8	33,3	40,5	21,9
Зевс	8	8	30,1	40,1	22,1
Віталіна	8	8	30,3	38,3	22,8
Кармеліта	7	8	30,4	41,0	21,3
Бетгіна	8	9	32,2	41,5	21,6
Ауреліна	8	8	31,1	41,9	21,4
Алтона	8	8	32,9	39,1	22,2
Сірелія	8	8	31,0	39,0	22,7
Тіваз	8	8	29,1	40,8	21,9
Турізас	8	8	33,3	38,5	21,5
Інгуз	8	8	31,9	38,3	21,6
Джейд	8	8	33,1	36,8	22,9
Дара	7	8	31,6	37,9	22,4
Марієм	8	8	31,9	40,3	21,7
Ангеліка	9	9	30,0	41,0	20,9
Атакама	8	9	32,3	40,3	21,4
Акардія	8	8	29,7	38,3	21,6
Віста	8	8	30,5	39,8	21,5
Азюра	8	8	29,4	41,8	21,3
Сіберія	7	8	24,5	39,7	20,8

Мазур В. А., Ткачук О. П., Панцирева Г. В., Верхолук С. Д.

Езра	8	8	36,5	37,2	22,2
ДХ4202	8	9	30,8	39,1	22,0
ДХ4173	8	9	29,7	39,4	21,2
Чураївна	7	9	26,4	40,0	21,3
Солена	8	9	30,1	41,0	21,1
РЖТ Сфінкса	7	9	28,7	42,1	20,7
ЕС Трібор	7	9	29,1	41,3	20,6
ЕС Професор	7	8	29,1	42,3	21,0
ЕС Луксор	8	8	26,8	40,9	21,4
ЕС Композитор	8	9	33,3	40,1	22,0
ЕС Шанцеллор	8	9	28,8	39,9	21,3
ЕС Башелор	7	8	26,8	44,7	18,6
ЕС Декор	8	9	28,4	41,9	21,2
Серенада	6	9	24,9	41,7	18,9
Титан	8	9	29,5	42,3	20,9
Якарі	8	8	32,7	40,9	20,6
Фантазія	6	8	23,7	40,6	19,9
ОАЦ Аклайм	5	9	29,3	40,1	21,3
Витязь 50	8	7	25,0	40,0	22,5
Ізумрудна	7	8	26,0	41,0	21,0
Деймос	8	8	22,0	39,2	22,2
Чернівецька 9	8	8	30,0	36,3	21,5
Артеміда	8	6	24,7	39,7	22,2
Оксана	8	8	18,8	37,6	21,4
Київська 98	8	8	17,8	35,7	21,9
Спринт	8	8	18,5	36,2	23,2
ПР 9368 Б07	9	9	26,6	40,0	21,5
ДМ 503	8	9	31,9	39,4	22,4
Буга	7	9	20,9	39,6	20,5

Між балом посухостійкості та стійкості до вилягання рослин середньо ранньостиглих сортів сої встановлений середній позитивний кореляційний зв'язок ($r = 0,334$). Отже, чим вищий бал посухостійкості сортів сої – тим більш вони стійкі до вилягання.

Середній бал стійкості до хвороб досліджуваних сортів сої становив 8,6. Найвищий бал стійкості до хвороб – 9, мали 97 сортів сої. Найнижчий бал стійкості до хвороб мали сорти Артеміда – 6, Асука, Витязь 50 – по 7 балів.

Середній рівень урожайності насіння досліджуваних сортів сої становив 27,2 ц/га. Найвищою урожайністю відзначалися сорти Подяка – 37,0 ц/га, Езра, Стайн 07Ж22 – по 36,5 ц/га, Саска, Сяйво – по 35,0 ц/га, Сіпрес – 34,6 ц/га, Мальвіна – 34,5 ц/га, СВХ15Т1С1 – 34,4 ц/га, ЕС Композитор, Туріас, Еліна – по 33,3 ц/га. Найнижча урожайність насіння була виявлена у сортів Валюта – 17,5 ц/га, Київська 98 – 17,8 ц/га, Абеліна – 18,0 ц/га, Спринт – 18,5 ц/га, Оксана – 18,8 ц/га.

Середній вміст білка у насінні середньо ранньостиглих сортів сої

Мазур В. А., Ткачук О. П., Панцирева Г. В., Верхолук С. Д.

становив 40,2 %. Сорт РЖТ Сфорза мав найвищий вміст білка – 45,5 %, також високий вміст білка мали сорти ДШ401 – 45,2 %, ЕС Башелор – 44,7 %, Таурус, НС Діяна, ДШ863 – по 44,1 %, Ленка – 43,0 %. У той же час наступні сорти сої відзначалися найнижчим умістом білка у насінні: Валюта – 34,9 %, Офелія – 35,6%, Київська 98 – 35,7 %, Шарм – 36,0 %, КиВін, Спринт – по 36,2 %.

Вміст жиру у насінні середньо ранньостиглих сортів сої у середньому становив 21,3 %. Найвищим він був у сортів Шарм – 24,5 %, Валюта – 23,6 %, Браун – 23,4 %, Спринт, Еверест – по 23,2 %, СГ Анзер – 23,1 %. Найнижчий вміст жиру мали сорти Феміда – 18,0 %, Смолянка – 18,1 % та ЕС Башелор – 18,6 %.

Між вмістом жиру та білка у насінні середньо ранньостиглих сортів сої встановлений середній негативний кореляційний зв'язок ($r = -0,330$). Тобто, чим вищий вміст жиру містить насіння середньо

ранньостиглих сортів сої, тим нижчий у них вміст білка.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Найвищу урожайність насіння серед усіх середньо ранньостиглих сортів сої, за даними Державного реєстру сортів рослин, придатних для використання у 2021 році, мали сорти Подяка, Езра, Стайн 07Ж22, Саска, Сяйво, Сіпрес, Мальвана, СВХ15Т1С1, ЕС Композитор, Туріас, Еліна. Найбільший вміст білка мали сорти РЖТ Сфорза, ДШ401, ЕС Башелор, Таурус, НС Діяна, ДШ863, Ленка, жиру – Шарм, Валюта, Браун, Спринт, Еверест, СГ Анзер. Значна частина середньо ранньостиглих сортів сої відзначаються найвищими балами посухостійкості, стійкості до хвороб, вилягання та осипання насіння.

Подальші дослідження мають вестися у напрямі порівняння за показниками урожайності, технологічності та екологічності сортів сої середньо ранньостиглої групи із іншими групами стиглості.

3. Нетіс В.І. Формування елементів продуктивності сої за різних заходів вирощування. Таврійський науковий вісник. Херсон. 2018. Вип. 99. С. 100-107.

4. Шелкопляс Т. Сто бобів для сої – не межа. Агропрофі. URL: <http://www.agroprofi.com.ua/statti/1781-100-bobiv-dlja-soyi-ne-mezha> (дата звернення 21.12.2021).

5. Кифорук В. Вибір сортів сої для вирощування в умовах 2020 року. URL: <https://bionorma.ua/media/articles/vybir-sortiv-soyi-dlya-vyroshhuvannya-v-umovah-2020-roku/> (дата звернення 21.12.2021).

Список використаних джерел

1. Кренців Я., Медведєва Л., Гайденко О. Сорти сої: обираємо кращий. Агробізнес сьогодні. URL: <http://agrobusiness.com.ua/aharni-kultury/item/19517-sorty-soi-obuyraemo-krashchy.html> (дата звернення 21.12.2021).

2. Технологія вирощування сої на прикладі господарств різних регіонів. Суперагроном. URL: <https://superagronom.com/articles/447-tehnologiya-viroschuvannya-soyi-na-prikladi-gospodarstv-riznih-regioniv> (дата звернення 21.12.2021).

Мазур В. А., Ткачук О. П., Панцирева Г. В., Верхолук С. Д.

6. Демидов О.А., Петриченко В.Ф., Січкач В.І., Тимченко В.Н. Соєві амбіції України. Аграрний тиждень. Україна. URL: <https://a7d.com.ua/plants/1074-soyevi-ambiciyi-ukrayini.html> (дата звернення 21.12.2021).

7. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 рік. Київ. 2021. 537 с.

8. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні. Київ. 2016. 81 с. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f4147d3595.pdf> (дата звернення 21.12.2021).

9. Didur I., Bakhmat M., Shynchyk O., Pantsyryeva H., Telekalo N., Tkachuk O. Substantiation of agroecological factors on soybean agrophytocenoses by analysis of variance of the Right-Bank Forest-Steppe in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. 10(5). 54-61.

10. Honcharuk, I. Use of wastes of the livestock industry as a possibility for increasing the efficiency of aic and replenishing the energy balance. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*. 2020. vol. 9, no. 1, pp. 9–14.

11. Панцирева Г. В. Дослідження сортових ресурсів люпину білого (*Lupinus albus* L.) в Україні. Вінниця. 2016. Вип. 4. С. 88-93.

12. Mazur V.A., Myalkovsky R.O., Pantsyryeva H.V., Didur I.M., Mazur K.V., Alekseev O.O. Photosynthetic productivity of potato plants depending on the location of rows placement in agrophytocenosis. *Eco. Env. & Cons*. 2020. Vol. 26 (2). P. 46-55.

13. Didur I., Bakhmat M., Chynchyk O., Pantsyryeva H., Telekalo N., Tkachuk O. Substantiation of agroecological factors on soybean agrophytocenoses by analysis of variance of the Right-Bank Forest-Steppe in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10(5). P. 54-61.

14. Puyu V., Bakhmat M., Pantsyryeva H., Khmelianchyshyn Y., Stepanchenko V., Bakhmat O. Social-and-Ecological Aspects of Forage Production Reform in Ukraine in the Early 21st Century. *European Journal of Sustainable Development* (2021). Vol. 10(1). P. 221-228

15. Didur I.M., Pantsyryeva H.V., Telekalo N.V. Agroecological rationale of technological methods of growing legumes. *The scientific heritage*. 2020. Volume 52. P. 3-7.

16. Bandura V., Mazur V., Yaroshenko L., Rubanenko O. Research on sunflower seeds drying process in a monolayer tray vibration dryer based on infrared radiation. *INMATEN – Agricultural Engineering*, vol. 57, №1, 2019. P. 233-242.

17. Мазур В.А., Дідур І.М., Панцирева Г.В. Обґрунтування адаптивної сортової технології вирощування зернобобових культур в правобережному Лісостепу України. *Сільське господарство та лісництво*. 2020. Випуск. №18. С. 5-16.

18. Панцирева Г.В. Сортові ресурси зернобобових культур в Україні: сучасний стан та перспективи використання. *Сільське господарство та лісництво*. 2020. Випуск №17. С. 30-41.

19. Панцирева Г.В. Особливості водоспоживання рослин люпину білого в умовах правобережного Лісостепу України. *Вісник ЛНАУ*. 2020. Випуск №24. С. 72-78.

20. Kaletnik G. Honcharuk, I. 2013. Innovatsiine zabezpechennia rozvytku biopalyvnoi haluzi: svitovyi ta vitchyzniani dosvid [Innovative support for the development of the biofuel industry: world and national experience]. In *Biznes Inform* [Business Inform], 2013, no. 9, pp. 155–160.

21. Kaletnik G., Honcharuk I., Okhota Yu. The Waste-Free Production Development for the Energy Autonomy Formation of Ukrainian Agricultural Enterprises. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 2020, Volume XI, Summer, 3(43): 513-522. DOI:10.14505/jemt.v11.3(43).02

22. Kaletnik G., Honcharuk I., Yemchyk T., Okhota Yu. The World Experience in the Regulation of the Land Circulation. *European Journal of Sustainable Development*. 2020. № 9(2). P. 557-568

References

1. Krentsiv Y.A., Medvedyeva L., Haydenko O. Sorty soyi: obyayemo krashchyu. [Soybean varieties: choose the best]. *Agribusiness today*. URL: <http://agrobusiness.com.ua/aharni-kultury/item/19517->

Мазур В. А., Ткачук О. П., Панцирева Г. В., Верхолук С. Д.

sorty-soi-obyrainemo-krashchy.html (date of application 21.12.2021).

2. Tekhnolohiya vyroshchuvannya soyi na prykladi hospodarstv riznykh rehioniv. [Soybean growing technology on the example of farms in different regions]. Superagron. URL: <https://superagronom.com/articles/447-tehnolohiya-viroschuvannya-soyi-na-prikladi-gospodarstv-riznih-regioniv> (date of application 21.12.2021).

3. Netis V.I. (2018). Formuvannya elementiv produktyvnosti soyi za riznykh zakhodiv vyroshchuvannya. [Formation of elements of soybean productivity under various measures growing]. Taurian Scientific Bulletin. Kherson. 99. 100-107.

4. Shelkoplyas T. Sto bobiv dlya soyi – ne mezha. [One hundred soybeans is not the limit]. Agroprofessionals. URL: <http://www.agroprofi.com.ua/statti/1781-100-bobiv-dlja-soyi-ne-mezha> (date of application 21.12.2021).

5. Kyforuk V. Vybir sortiv soyi dlya vyroshchuvannya v umovakh 2020 roku. [Choice of soybean varieties for cultivation in 2020]. URL: <https://bionorma.ua/media/articles/vybirsortiv-soyi-dlya-vyroshhuvannya-v-umovah-2020-roku/> (date of application 21.12.2021).

6. Demydov O.A., Petrychenko V.F., Sichkar V.I., Tymchenko V.N. Soyevi ambitsiyi Ukrainy. [Choice of soybean varieties for cultivation in 2020]. Agrarian week. Ukraine. URL: <https://a7d.com.ua/plants/1074-soyevi-ambitsiyi-ukrayini.html> (date of application 21.12.2021).

7. Derzhavnyy reyestr sortiv roslyn, prydatnykh dlya poshyrennya v Ukraini na 2021 rik. [State Register of Plant Varieties Suitable for Distribution in Ukraine for 2021]. Kyiv. 2021. 537.

8. Metodyka provedennya ekspertyzy sortiv roslyn hrupy zernovykh, krup"yanykh ta zernobobovykh na prydatnist' do poshyrennya v Ukraini. [Methods of examination of plant varieties of cereals, cereals and legumes for suitability for distribution in Ukraine]. Kyiv. 2016. 81. URL: <https://sops.gov.ua/uploads/page/5a5f4147d3595.pdf> (date of application 21.12.2021).

9. Didur I., Bakhmat M., Chynchyk O., Pantsyрева H., Telekalo N., Tkachuk O. Substantiation of agroecological factors on soybean agrophytocenoses by analysis of variance of the Right-Bank Forest-Steppe in Ukraine. Ukrainian Journal of Ecology. 2020. 10(5). 54-61.

10. Honcharuk, I. (2020). Use of wastes of the livestock industry as a possibility for increasing the efficiency of aic and replenishing the energy balance. Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development. vol. 9, no. 1, pp. 9–14.

11. Pantsyрева H. V. (2016). Doslidzhennia sortovykh resursiv liupynu biloho (Lupinus albus L.) v Ukraini. Vinnytsia. Vyr. 4. S. 88-93.

12. Mazur V.A., Myalkovsky R.O., Pantsyрева H.V., Didur I.M., Mazur K.V., Alekseev O.O. (2020). Photosynthetic productivity of potato plants depending on the location of rows placement in agrophytocenosis. Eco. Env. & Cons. Vol. 26 (2). P. 46-55.

13. Didur I., Bakhmat M., Shynchyk O., Pantsyрева H., Telekalo N., Tkachuk O. (2020). Substantiation of agroecological factors on soybean agrophytocenoses by analysis of variance of the Right-Bank Forest-Steppe in Ukraine. Ukrainian Journal of Ecology. Vol. 10(5). P. 54-61.

14. Puyu V., Bakhmat M., Pantsyрева H., Khmelianchyshyn Y., Stepanchenko V., Bakhmat O. (2021). Social-and-Ecological Aspects of Forage Production Reform in Ukraine in the Early 21st Century. European Journal of Sustainable Development Vol. 10(1). P. 221-228

15. Didur I.M., Pantsyрева H.V., Telekalo N.V. (2020). Agroecological rationale of technological methods of growing legumes. The scientific heritage. Volume 52. P. 3-7.

16. Bandura V., Mazur V., Yaroshenko L., Rubanenko O. (2019). Research on sunflower seeds drying process in a monolayer tray vibration dryer based on infrared radiation. INMATEN – Agricultural Engineering, vol. 57, №1, P. 233-242.

17. Mazur V.A., Didur I.M., Pantsyрева H.V. (2020). Obgruntuvannya adaptivnoi sortovoi tekhnolohii vyroshchuvannya zernobobovykh kultur v pravoberezhnomu

Мазур В. А., Ткачук О. П., Панцирева Г. В., Верхолюк С. Д.

Lisostepu Ukrainy. Silske hospodarstvo ta lisnytstvo. Vypusk. №18. S. 5-16.

18. Pantsyreva H.V. (2020). Sortovi resursy zernobovovykh kultur v Ukraini: suchasnyi stan ta perspektyvy vykorystannia. Silske hospodarstvo ta lisnytstvo. V. №17. S. 30-41.

19. Pantsyreva H.V. (2020). Osoblyvosti vodospozhyvannia roslyn liupynu biloho v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. Visnyk LNAU. Vypusk №24. S. 72-78.

20. Kaletnik G., Honcharuk, I. (2013). Innovatsiine zabezpechennia rozvytku biopalyvnoi haluzi: svitovi ta vitchyzniani dosvid [Innovative support for the development of the biofuel industry: world and national

experience]. In Biznes Inform [Business Inform], no. 9, pp. 155–160.

21. Kaletnik G., Honcharuk I., Okhota Yu. (2020). The Waste-Free Production Development for the Energy Autonomy Formation of Ukrainian Agricultural Enterprises. Journal of Environmental Management and Tourism, Vol. XI, Summer, 3(43): 513-522.

DOI:10.14505/jemt.v11.3(43).02

22. Kaletnik G., Honcharuk I., Yemchyk T., Okhota Yu. (2020). The World Experience in the Regulation of the Land Circulation. European Journal of Sustainable Development. № 9(2). P. 557-568

TECHNOLOGICALITY, ECOLOGICALITY AND PRODUCTIVITY OF MEDIUM-EARRING MATCHING SOYBEAN VARIETIES

V. A. Mazur, O. P. Tkachuk, H. V. Pantsyreva, S. D. Verholuk

Abstract. *A large variety of medium-early soybean varieties that are suitable for cultivation in Ukraine and are among the most productive, requires the selection of optimal in terms of yield, manufacturability and environmental friendliness. The aim of the study was to analyze the varietal composition of medium-early soybean varieties in terms of plant height and attachment of lower beans, resistance to lodging, shedding, drought resistance, disease resistance, seed yield and protein and fat content. The research was conducted by processing the materials of the State Register of Plant Varieties of Ukraine, suitable for cultivation in 2021.*

According to the State Register of Plant Varieties Suitable for Use in 2021, the highest seed yields among all medium-early soybean varieties were in Thanksgiving, Ezra, Stein 07Z22, Saska, Shine, Cypress, Malvana, SVH15T1S1, ES Composer, Turizas, Elina. The varieties RZHT Sforza, DSh401, ES Bashelor, Taurus, NS Diana, DSh863, Lenka, fat - Charm, Currency, Brown, Sprint, Everest, SG Anzer had the highest protein content. A significant part of medium-early soybean varieties are characterized by high scores of drought resistance, resistance to disease, lodging and shedding of seeds, which were 8 and more and indicated favorable parameters of mechanized harvesting and stable vegetation.

Key words: *soybean, varieties, yield, manufacturability, environmental friendliness*

ВПЛИВ СВІТЛОВОГО РЕЖИМУ НА РІСТ ТА РОЗВИТОК ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В АГРОЦЕНОЗАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

В. А. МАЗУР, кандидат сільськогосподарських наук, професор

Г. В. ПАНЦИРЕВА, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

Ю. М. КОПИТЧУК, аспірант¹

Вінницький національний аграрний університет

E-mail: apantsyрева@ukr.net

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.01.007>

***Анотація.** Проведено дослідження впливу сонячного світла на ріст та розвиток рослин озимої пшениці. Доведено, що швидкість росту рослин також залежить від інтенсивності освітлення. Відмічено, що найшвидше рослини ростуть у ранкові часи, мінімальна швидкість росту приходить на вечірні години доби. У зв'язку з цим, у повній відповідності з наведеними даними, встановлено реакцію пшениці озимої на спектральний склад променів. Відтак, для фотосинтетичної діяльності пшениця найкраще використовує червоно-помаранчеву частину спектру. Визначено, що найкраща освітленість у ценозах пшениці у фазу виходу у трубку була за норми висіву 1,5 млн. шт. нас. / га у 2020 р. (2550 лк). Доведено, що у період молочної стиглості освітленість рослин при різних нормах висіву була суттєво нижчою, оскільки в цей період площа листової поверхні є найвищою. Відтак, у цей період найбільше проникнення світла в середину стеблостою спостерігали за норми висіву 3 млн. шт. нас. / га. Таким чином, дослідження показали, що освітленість у ценозах пшениці як у фазу виходу в трубку, так і у фазу молочної стиглості значною мірою залежить від розподілу рослин на площі, що пов'язано із нормою висіву.*

***Ключові слова:** озима пшениця, агроценози, реакція, освітленість, норма висіву, стиглість*

Актуальність. Життєдіяльність рослин озимої пшениці значною мірою визначається наявністю оптимального світлового режиму, що, безумовно, пов'язано як з метеорологічними чинниками, так і впливом норми висіву насіння, від якої залежить густота стеблостою. Актуальність досліджень обумовлена пошуком нових підходів щодо розробки елементів технології

вирощування озимої пшениці з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов правобережного Лісостепу України.

Озима пшениця – одна з найбільш давніх і поширених культур на земній кулі. Відтак, питома вага земель під посівами цієї культури становила менше 25 % від посівних площ [12]. Особливе значення у технологічному регламенті

¹ кандидат с.-г. наук, професор Вінницького національного аграрного університету Мазур В.А.

Мазур В. А., Панцирева Г. В., Копитчук Ю. М. вирощування даної цінної зернової культури займають такі складові як раціональне внесення добрив, обґрунтовані норми висіву, які дозволяють управляти продукційним процесом посівів озимої пшениці і отримувати високі врожаї, підвищуючи економічну ефективність вирощування культури.

Україна має потужний потенціал для збільшення як посівних площ, так і врожайності пшениці озимої. Сприятливими регіонами для вирощування пшениці озимої в Україні є зона Лісостепу, у якій зосереджено близько 60 % усіх посівних площ під пшеницею [2].

В умовах кліматичних змін в Україні із підвищенням суми позитивних та активних температур впродовж вегетаційного періоду, зменшенням кількості опадів, поширенням ґрунтової і повітряної посухи, істотно зростатиме роль сортів у збереженні її стабільної продуктивності та подальшому підвищенні їх продуктивності.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сонячне світло є одним із основних чинників, що впливає на ріст і розвиток рослин. Світло впливає як на швидкість росту рослин, так і на утворення різних органів [3-4].

Численними дослідженнями встановлено, що по суті жодна властивість анатомічного або ж морфологічного характеру у рослини, а також диференціювання надземних частин, яке спостерігається в природних умовах росту, не

залишається без змін за умови прямої дії сонячного світла [5]. Швидкість росту рослин також залежить від інтенсивності освітлення [6]. Вночі рослини ростуть повільніше, ніж уночі, оскільки низька освітленість значно сповільнює ріст. Найшвидше рослини ростуть у ранкові часи, мінімальна швидкість росту приходить на вечірні години доби. Пояснення цьому наведено у дослідженнях Б.С. Мошкова, який встановив, що найбільш ефективним є бокове освітлення. Саме тому ранкове і вечірнє світло є найбільш сприятливим для росту і розвитку рослин [7-9]. У зв'язку з цим, у повній відповідності з наведеними даними, є реакція пшениці на спектральний склад променів. Для фотосинтетичної діяльності пшениця найкраще використовує червоно-помаранчеву частину спектру.

Світло також безпосередньо впливає на транспортування пластичних речовин у рослині, що, в свою чергу, значною мірою впливає на врожай зерна [10]. Особливого значення набуває сонячна енергія на ранніх етапах вегетації рослин.

Для підвищення урожайності певного значення набуває і направленість рядків під час сівби. Встановлено, що північно-південний напрям рядків під час сівби чи посадки рослин забезпечує поглинання найбільшої кількості сонячної теплової енергії, у той час як західно-східний напрям меншою мірою сприяє цьому процесу [11].

Мазур В. А., Панцирева Г. В., Копитчук Ю. М.

Рівномірність розподілу сонячної енергії між рослинами залежить від розміщення насіння під час сівби. На необхідність більш повного використання рослинами сонячного світла вказували ряд науковців, які стверджували, що ми можемо надати рослині достатню кількість добрив, достатню кількість води, проте не отримаємо органічної речовини більше тієї кількості, яка відповідає кількості сонячної енергії, що дісталася рослині від сонця [12].

Це означає, що для кращого використання енергії сонячного світла першочергового значення набуває розробка таких способів формування ценозу, який забезпечував би найбільш повне і безперешкодне освітлення рослин сонцем.

Мета. Вивчення впливу світлового режиму на ріст та розвиток гібридів озимої пшениці залежно від норм висіву в агроценозах Правобережного Лісостепу України.

Методи. Польові дослідження за темою дисертаційної роботи проводили впродовж 2019-2021 років на базі дослідного господарства

1. Схема польового дослідження

Фактор А (гібрид)	Фактор В (норма висіву)
Тобак	1. 4 млн. шт. нас. / га 2. 3 млн. шт. нас. / га 3. 1,5 млн. шт. нас. / га
Патрас	1. 4 млн. шт. нас. / га 2. 3 млн. шт. нас. / га 3. 1,5 млн. шт. нас. / га

Під час проведення досліджень розробляли схему дослідження згідно методики дослідної справи, а також

«Агрономічне» Вінницького національного аграрного університету в селі Агрономічне Вінницького району Вінницької області. Згідно програми досліджень був закладений один польовий дослід. Поглинання сонячної радіації (ФАР) посівами вимірювали за допомогою фотоінтегратора, сконструйованого Б.І. Гуляєвим.

У досліді вивчали дію та взаємодію трьох факторів: А – сорт, В – норма висіву (табл. 1).

Співвідношення факторів 2:2:3. Повторність у досліді – чотириразова, розміщення варіантів – систематичне у два яруси. Площа облікової дослідної ділянки – 25 м², загальної – 37,5 м². Факторіальна формула 2*2*3=12 варіантів*4 повторення = 48 ділянок.

У дослідженнях використовували високопродуктивні гібриди Патрас та Тобак [13]. Технологія вирощування для рослин озимої пшениці на дослідних ділянках загальноприйнята для ґрунтово-кліматичних умов правобережного Лісостепу України [14].

проводили спостереження, обліки, розрахунки. При проведенні експериментальної роботи

Мазур В. А., Панцирева Г. В., Копитчук Ю. М. використали польовий, статистичний і лабораторний методи досліджень. Ґрунти сірі лісові, середньо суглинкові характеризується за такими показниками: вміст гумусу – середній (2,4 %), забезпеченість P_2O_5 (271,2 мг/кг) та K_2O (220,0 мг/кг) дуже висока. Кислотність ґрунту наближена до нейтральної. Польові досліді закладали рендомізованими блоками. Одержані в досліді показники з рослин озимої пшениці обробляли методом дисперсійного

аналізу.

Результати дослідження та їх обговорення. Вимірювання освітлення у ценозах озимої пшениці гібриду Патрас у фазу виходу у трубку була за норми висіву 1,5 млн. шт. нас. / га у 2020 р. (2550 лк). За звичайної сівби (норма висіву 4 млн. шт. нас. / га) проникність сонячних променів була у 1,3 рази нижчою, ніж за сівби 1,5 млн. шт. нас. / га, і становила 1980 лк (табл.2).

2. Освітленість в ценозах озимої пшениці залежно від норми висіву насіння (середнє за 2019-2021 рр.), лк

Норма висіву, млн. шт.	Роки	Фази розвитку	
		Вихід у трубку	Молочна стиглість
Патрас			
4	2019	1980	680
	2020	1400	400
	2021	1620	510
3	2019	2300	820
	2020	1600	620
	2021	1820	730
1,5	2019	2550	500
	2020	1920	350
	2021	2240	410
Тобак			
4	2019	1760	630
	2020	1320	340
	2021	1510	460
3	2019	2120	710
	2020	1540	490
	2021	1730	610
1,5	2019	2450	450
	2020	1830	310
	2021	2050	390

НІР_{0,05} т/га: А-0,07; В-0,10; АВ-0,12;
 2019 р. НІР_{0,05} т/га: А-0,04; В-0,05; АВ-0,07;
 2020 р. НІР_{0,05} т/га: А-0,05; В-0,06; АВ-0,09;
 2021 р. НІР_{0,05} т/га: А-0,04; В-0,06; АВ-0,08.

У 2021 р. за норми висіву у 1,5 млн. шт. нас. / га освітленість була найбільшою і становила 1920 лк. У

період молочної стиглості освітленість рослин при різних нормах висіву була суттєво нижчою,

Мазур В. А., Панцирева Г. В., Копитчук Ю. М.

оскільки в цей період площа листкової поверхні є найвищою. У цей період найбільше проникнення світла в середину стеблостою спостерігали за норми висіву 3 млн. шт. нас. / га. За норми висіву у 4 млн. шт. нас. / га освітленість була у 1,5 нижчою, ніж за норми 3 млн. шт. нас. / га, і у 1,2 рази вищою, ніж за норми 1,5 млн. шт. нас. / га.

Подібну тенденцію спостерігали у 2020 р.: за норми висіву у 3 млн. шт. нас. / га освітленість була найкращою (620 лк), а за норми висіву 4 млн. шт. нас. / га і 1,5 млн. шт. нас. / га вона не змінювалась, оскільки не виходила за

межі достовірності відмінностей. Аналогічна тенденція зафіксована і на ділянках гібриду Тобак

Дисперсійний аналіз даних показав, що найбільш вагомою часткою впливу на освітленість як у фазу виходу у трубку, так і у фазу молочної стиглості була норма висіву: у першому випадку вона становила 46 %, у другому – 49 %. Умови року також суттєво впливали на етапи вегетаційного періоду, вони були також вагомою часткою, і їх вплив оцінювався відповідно у 32 і 36 % (рис.1, рис. 2).

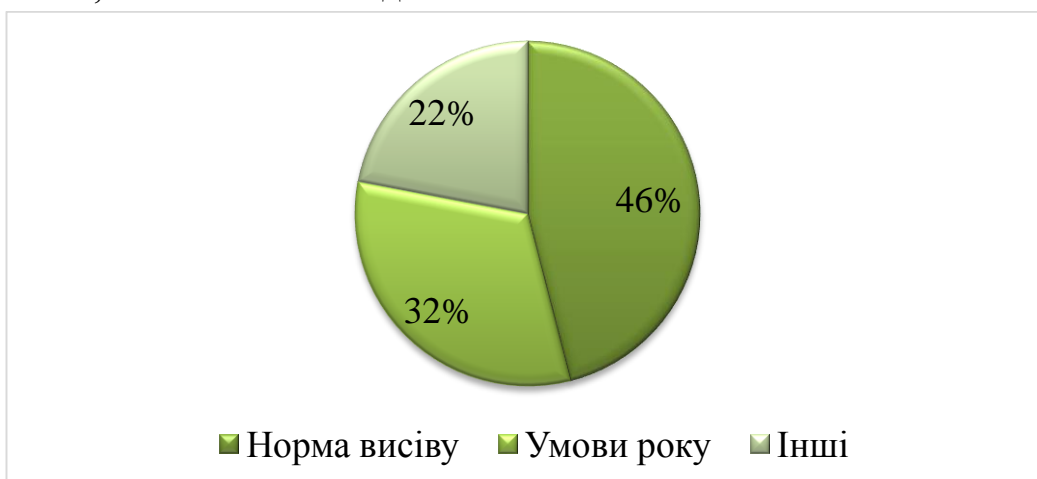


Рис. 1. Вплив норми висіву і умов року на освітленість в ценозах пшениці озимої у фазі виходу в трубку, 2019-2021 рр.

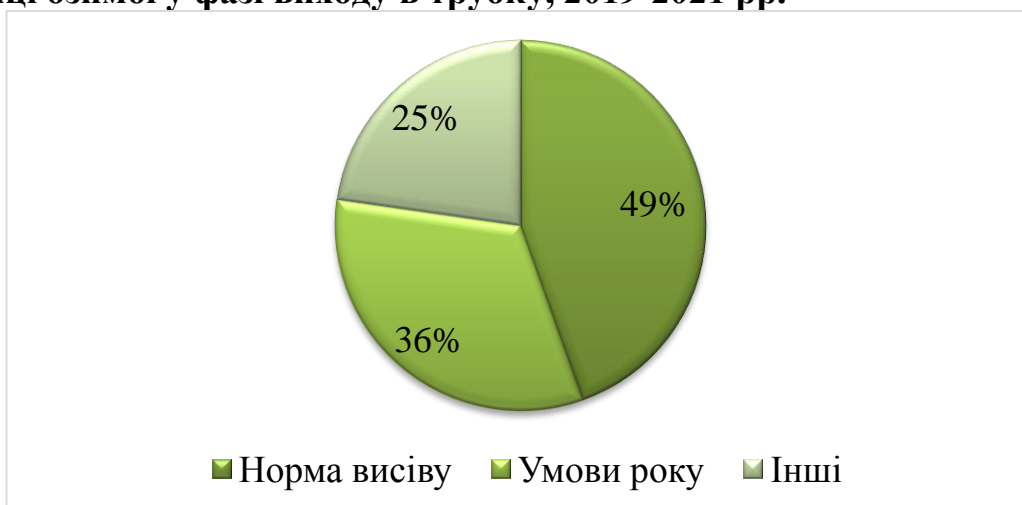


Рис. 2. Вплив норми висіву і умов року на освітленість в ценозах пшениці озимої у фазу молочної стиглості, 2019-2021 рр.

Мазур В. А., Панцирева Г. В., Копитчук Ю. М.

Таким чином, дослідження показали, що освітленість у ценозах пшениці як у фазу виходу в трубку, так і у фазу молочної стиглості значною мірою залежить від розподілу рослин на площі, що пов'язано із нормою висіву.

За норми висіву 3 і 1,5 млн. шт. нас. / га забезпечується краща освітленість, ніж за посіву нормою в 4 млн. шт. нас. / га, що сприятливо впливає на формування урожаю озимої пшениці. Відмічено, переважаючий вплив норми висіву на освітленість у фазу виходу в трубку і у фазу молочної стиглості пшениці, а також суттєвий вплив умов року на цей показник.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Світловий режим в посівах пшениці озимої є важливим фактором, який значно впливає на формування репродуктивних органів, а отже й на продуктивність культури. Світловий режим в посівах досліджуваних

Список використаних джерел

1. Мазур В.А., Панцирева Г.В. Вплив технологічних прийомів вирощування на урожайність і якість зерна люпину білого в умовах Правобережного Лісостепу. Сільське господарство і лісівництво. Вінниця : ВНАУ, 2017. Вип. № 7. Т 1. С. 27-36.

2. Beneduzi A. "Plant growth-promoting Rhizobacteria (PGPR): Their potential as antagonists and biocontrol agents". *Genetics and Molecular Biology*. vol. 35. no. 4. 2012, pp. 1044-1051.

3. Figueiredo M., Seldin L., Araujo F., Mariano R. "Plant growth promoting Rhizobacteria: Fundamentals and applications". Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2010, pp. 21-43.

гібридів найбільше залежить від норм висіву насіння, умов року і сорту. Частка впливу густоти посіву на освітленість в посівах пшениці озимої у фазу молочної стиглості складає 49 %, умов року – 36 %, сорту – 25 %.

Кращий режим освітленості в посівах обох гібридів пшениці озимої, який забезпечує високу їх продуктивність, досягається за норми висіву 1,5 млн. насінин. Вимірювання освітлення у ценозах озимої пшениці гібриду Патрас у фазу виходу у трубку була за норми висіву 1,5 млн. шт. нас. / га у 2020 р. (2550 лк). У 2021 р. за норми висіву у 1,5 млн. шт. нас. / га освітленість була найбільшою і становила 1920 лк. У період молочної стиглості освітленість рослин при різних нормах висіву була суттєво нижчою, оскільки в цей період площа листової поверхні є найвищою. У цей період найбільше проникнення світла в середину стеблостою спостерігали за норми висіву 3 млн. шт. нас. / га.

4. Gamalero E. "Mechanisms used by plant growth-promoting bacteria" in *Bacteria in Agrobiolology: Plant Nutrient Management*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. 2011. pp. 17-46.

5. Jangu O., Sindhu S. "Differential response of inoculation with indole acetic acid producing *Pseudomonas* sp. in green gram (*Vignaradiata* L.) black gram (*Vignamungo* L.)". *Microbiology Journal*. Vol.1. no. 5. 2011. pp. 159-173.

6. Глухова Н. А. Перспективи селекції сортів озимої м'якої пшениці з підвищеним рівнем адаптивності в Лісостепу України. Досягнення і проблеми генетики, селекції та біотехнології: зб. наук. праць. Укр. т-во генетиків і селекціонерів ім. М. І. Вавилова. Київ, 2007. С. 60-68.

Мазур В. А., Панцирева Г. В., Копитчук Ю. М.

7. Мошков Б.С. Выращивание растений на искусственном освещении. Государственное издательство сельскохозяйственной литературы. 1953. 173 с.

8. Державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2021 рік. Київ. 2021. 537 с.

9. Василюк П.М. Агробіологічні особливості сортів-дворучок пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.). Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2012. № 2. С. 4–7.

10. Мазур В. А., Панцирева Г. В., Копитчук Ю. М. Збереження родючості ґрунту за раціонального використання системи удобрення і норми висіву озимої пшениці. Збірник наукових праць ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво. 2020. Вип. 2. №17. С. 5-14.

11. Глупак, З. І., Радченко, М. В., Данильченко, О. М., & Алієв Сімур. (2020). Основні зміни в новому стандарті на пшеницю. Таврійський науковий вісник, 111, 49–54.

12. Hussain, A., Iqbal, A., Khan, Z. H., & Shah, F. (2020). Introductory Chapter: Recent Advances in Grain Crops Research. DOI:

<https://doi.org/10.5772/intechopen.90701>.

13. Жуков, О. В., & Пономаренко, С. В. (2018). Просторово-часова динаміка урожайності зернових та зернобобових культур у Полтавській області. Вісник Полтавської державної аграрної академії, 1, 55–62.

14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Изд. 5-е, перераб. и доп. М. : Агропромиздат, 1985. 351 с.

References

1. Mazur V.A., Pantsyreva H.V. Vplyv (2017). tekhnolohichnykh pryiomiv vyroshchuvannya na urozhainist i yakist zerna liupynu biloho v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu. [Silske hospodarstvo i lisivnytstvo]. Vinnytsia : VNAU, Vyp. № 7. T 1. S. 27-36 (date of application 21.12.2021).

2. Beneduzi A. (2012). “Plant growth-promoting Rhizobacteria (PGPR): Their potential as antagonists and biocontrol agents”.

[Genetics and Molecular Biology]. vol. 35. no. 4. pp. 1044-1051.

3. Figueiredo M., Seldin L., Araujo F., Mariano R. (2010). “Plant growth promoting Rhizobacteria: Fundamentals and applications”. [Berlin Heidelberg: Springer-Verlag]. pp. 21-43.

4. Gamalero E. (2011). “Mechanisms used by plant growth-promoting bacteria” in Bacteria in Agrobiolology: Plant Nutrient Management. [Berlin Heidelberg: Springer-Verlag]. pp. 17-46.

5. Jangu O., Sindhu S. “Differential response of inoculation with indole acetic acid producing *Pseudomonas* sp. in green gram (*Vignaradiata* L.) black gram (*Vignamungo* L.)”. [Microbiology Journal]. Vol.1. no. 5. 2011. pp. 159-173.

6. Hlukhova N. A. Perspektyvy selektsii sortiv ozymoї miakoї pshenytsi z pidvyshchenym rivnem adaptyvnosti v Lisostepu Ukrainy. [Dosiahnennia i problemy henetyky, selektsii ta biotekhnolohii: zb. nauk. prats. Ukr. t-vo henetykiv i selektsioneriv im. M. I. Vavilova]. Kyiv, 2007. S. 60-68.

7. Moshkov B.S. Выращивание растений на искусственном освещении. [Hosudarstvennoe yzdatelstvo selskokhoziaistvennoi lyteratury]. 1953. 173 s.

8. Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini na 2021 rik. Kyiv. 2021. 537 s.

9. Vasyliuk P.M. Ahrobiolohichni osoblyvosti sortiv-dvoruchok pshenytsi miakoї (*Triticum aestivum* L.). [Sortovyvchennia ta okhorona prav na sorty roslyn]. 2012. № 2. S. 4–7.

10. Mazur V. A., Pantsyreva H. V., Kopytchuk Yu. M. Zberezhennia rodiuchosti ґрунту за ratsionalnoho vykorystannia systemy udobrennia i normy vysivu ozymoї pshenytsi. Zbirnyk naukovykh prats VNAU. [Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo]. 2020. Vyp. 2. №17. S. 5-14.

11. Hlupak, Z. І., Radchenko, М. V., Danylchenko, О. М., & Aliiev Simur. (2020). Osnovni zminy v novomu standartі na pshenytsiu. [Tavriiskyi naukovyi visnyk], 111, 49–54.

12. Hussain, A., Iqbal, A., Khan, Z. H., & Shah, F. (2020). Introductory Chapter: Recent Advances in Grain Crops Research. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.90701>.

Мазур В. А., Панцирева Г. В., Копитчук Ю. М.

13. Zhukov, O. V., & Ponomarenko, S. V. (2018). Prostorovo-chasova dynamika urozhainosti zernovykh ta zernobobovykh kultur u Poltavskii oblasti. [Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii], 1, 55–62.

14. Dospekhov B. A. Metodyka polevoho oryba (s osnovamy statystycheskoi obrabotky rezultatov yssledovanyi). Yzd. 5-e, pererab. y dop. M. : Ahropromyzzdat, 1985. 351 s

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE LIGHT REGIME ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF WINTER WHEAT IN AGROCENOSIS OF THE RIGHT BANK FOREST STEPPE

V. Mazur, H. Pansyryeva, Yu. Kopytchuk

Abstract. *A study of the influence of sunlight on the growth and development of winter wheat plants. It is proved that the growth rate of plants also depends on the intensity of light. It is noted that the plants grow the fastest in the morning, the minimum growth rate is in the evening. In this regard, in full accordance with the above data, the reaction of winter wheat to the spectral composition of the rays. Therefore, for photosynthetic activity, wheat makes the best use of the red-orange part of the spectrum. It was determined that the best illumination in wheat cenoses in the tube exit phase was at the sowing rates of 1.5 million seeds / ha in 2020 (2550 lux). It is proved that in the period of milk ripeness the illumination of plants at different seeding rates was significantly lower, because in this period the leaf surface area is the highest. Therefore, during this period, the greatest penetration of light into the middle of the stem was observed at the seeding rate of 3 million seeds / ha. Thus, studies have shown that the light in wheat cenoses, both in the tube phase and in the milk ripeness phase, largely depends on the distribution of plants in the area, which is related to the seeding rate.*

Key words: *winter wheat, agrocenoses, reaction, light, sowing rate, maturity*

Крижанівський В. Г.

УДК 631.24.023:631.115.8

**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ЗЕРНА СОРТІВ ПШЕНИЦІ
ОЗИМОЇ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ****В. Г. КРИЖАНІВСЬКИЙ**, кандидат сільськогосподарських наук,
старший викладач*Уманський національний університет садівництва**E-mail: vitaliy.kryzhanovskiy.82@ukr.net*<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.01.008>

Анотація. Пшениця є основним інгредієнтом більшості видів хліба, булочок, крекерів, печива, бісквітів, пончиків, млинців, оладок, вафель, локшини, пирогів, макаронів, спагеті, пластівців. А так же багатьох інших продуктів для сніданків і дієтичних продуктів для дітей. У зернового виробництва - незліченна кількість зворотних зв'язків: з борошна отримують хлібобулочні, макаронні та кондитерські вироби; з крупи - дієтичні продукти, дитяче харчування, кулінарні напівфабрикати; з крохмалю - глюкозу, ковбасні та кондитерські вироби. Проведено комплексне вивчення технологічних властивостей сортів озимої м'якої пшениці на основі системної поетапної оцінки якості зерна. Вивчено взаємозв'язки врожайності і значень якості зерна. Вперше визначено сортові відмінності екологічної пластичності і стабільності врожайності і основних характеристик якості зерна. Вперше проведено комплексне дослідження врожайності і ознак якості зерна в умовах вегетаційного досліду. Виділено посухостійкі сорти, що формують високу якість зерна в різних умовах вирощування. Пшениця є найважливішою продовольчою культурою в світовому зерновому господарстві. Пшеничне зерно розглядається як висококалорійний продукт харчування, один з важливих джерел білка, вітамінів В1, В2, В3, РР, сполук фосфору і заліза. Хімічний склад зерна пшениці залежить від ґрунтово-кліматичних факторів, умов вирощування, сортових властивостей. Під впливом цих факторів вміст білка може варіювати від 7 до 25 %.

Ключові слова: пшениця озима, фактор, сорт, урожайність, якість, вміст білка, клейковина, масова частка

Актуальність теми.

Підвищення врожайності і якості зерна пшениці є важливим народно-господарським завданням агропромислового комплексу нашої країни. Однак в даний час все більша увага приділяється підвищенню врожайності сільськогосподарських культур, що часто призводить до зниження якості одержуваного зерна.

Якість зерна пшениці – це глобальна і постійно актуальна проблема в усьому світі. Особливо велику увагу якості зерна цієї культури приділяють сучасні світові виробники і експортери зерна (Е. П. Кондратенко, Е. А. Егушова, А. А. Косолапова, І. А. Сергєєва, М. А. Яковченко). Щорічно в світі проводиться близько 250 млн тонн зерна м'якої пшениці,

Крижанівський В. Г.

Більше половини з якого – слабке за якістю. Зерно сортів із середньою якістю пшениці – у два рази менше (25-30 %). Кількість зерна сортів сильної пшениці становить всього лише 15–20 %.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Пшениця – основна продовольча культура України, є важливим джерелом білка, крохмалю, мінеральних речовин і вітамінів в раціоні людини, кормах тварин і птиці. Тому підвищення якості зерна пшениці, поліпшення його технологічних і хлібопекарських властивостей є одним із важливих завдань селекції [1].

За результатами проведених досліджень А. В. Алабушев та О. Ф. Антошко (2020) стверджують, що для успішного вирішення проблеми якості зерна пшениці селекційними методами необхідно використовувати в гібридизації батьківські форми з генетично детермінованими формами та високою якістю зерна [2].

На думку А. І. Антухова (2020) поняття якості зерна необхідно розглядати в двох аспектах: по - перше, з точки зору харчової повноцінності, що залежить від змісту і якості білка та інших складових частин зернівки і по – друге, як вираз його технологічних переваг – придатності зерна для виробництва хліба [3].

Бебякін В.М. (2019) встановив, що проблема якості має і свій

економічний аспект, так як зерно сильної пшениці дає підвищений вихід борошна і хліба, що призводить до зниження його витрати [4].

Бельтюков Л. П. (2018) у своїх дослідженнях встановив, що поняття якості зерна складається з багатьох ознак, які визначаються видовими і сортовими особливостями, фізичними ознаками і хімічними характеристиками [5].

Беляєв А. О. (2016) стверджує, що якісні видові і сортові відмінності виникли в процесі природної еволюції видів і під впливом штучного відбору в процесі селекції. Зерно пшениці – органічний продукт, який характеризується комплексом властивостей [6]. Подібні результати отримали й інші вчені [7–10].

Мета дослідження – провести комплексну оцінку перспективних сортів і ліній озимої м'якої пшениці за параметрами адаптивності врожайності і якості зерна в природних умовах і на провокаційному тлі для створення нових сортів з високою якістю зерна в Правобережному Лісостепу України.

Матеріали та методика досліджень. Лабораторні дослідження за оцінкою ознак якості зерна та борошна озимої пшениці виконували в лабораторії біохімічної оцінки та якості селекційного матеріалу. Оцінку якості зерна та борошна проводили відповідно до методичних вказівок державного

Крижанівський В. Г.

сортовипробування
сільськогосподарських культур.

Щорічно оцінювалася якість за такими ознаками:

- масова частка сирієї клейковини в зерні по ГОСТ 13586.1-68 (ручний метод);

- масова частка білка в зерні по ГОСТ 108460-91 (по Кьельдалю);

Результати досліджень.

Найважливішою ознакою продуктивності озимої м'якої

пшениці є врожайність зерна досліджуваних сортів.

Урожайність досліджуваних сортів озимої м'якої пшениці варіювала в залежності від сортових особливостей від 5,45 т / га у сорту Зерноградка до 6,6 т/га у сорту Танаїс (таблиця 1). У 2019 році врожайність сортів озимої пшениці варіювала від 5,11 т / га у сорту Зерноградка до 6,92 т / га у Танаїс.

1. Урожайність сортів озимої м'якої пшениці інтенсивного типу, 2019-2021 рр.

Сорт	Урожайність, т/га				± до стандарту, т/га	%
	2019	2020	2021	середнє		
Зерноградка , стандарт	5,11	6,57	4,68	5,45	-	-
Єрмак	6,78	7,66	4,70	6,38	+0,93	7,1
Ростовчанка	5,11	7,36	4,82	5,76	+0,31	5,7
Танаїс	6,92	7,89	4,98	6,60	+1,15	21,1
Марафон	6,31	8,01	5,20	6,51	+1,06	19,5
Аксинія	6,40	7,47	4,76	6,21	+0,76	13,9
Находка	6,59	7,66	4,70	6,32	+0,87	16,0
середнє	6,26	7,53	4,81	6,20	-	-
НІР _{0,5}	0,46	0,44	0,45	0,45	-	-

Тільки один сорт Ростовчанка сформував урожайність 5,11 т / га і був на рівні стандартного сорту Зерноградка 10 (5,11 т / га). У решти сортів в досліджуваному наборі відзначено достовірне перевищення. Збільшення варіювали від 0,67 до 1,35 т / га (НІР_{0,5} = 0,46 т / га). У 2020 році врожайність варіювала від 6,57 т / га у сорту Зерноградка 10 до 8,01 т / га у сорту Марафон. Достовірно по врожайності перевищили стандарт Зерноградка (6,57 т / га) 6 сортів

(НІР_{0,5} = 0,44 т / га). У 2021 році врожайність сортів змінювалася від 4,68 т/га у сорту Зерноградка до 5,20 т/га у сорту Марафон. Достовірно по врожайності перевищили стандарт Зерноградка 10 (4,68 т / га) 4 сорти (НІР_{0,5} = 0,45 т / га). Перевищення над стандартом Зерноградка склало від 0,48 до 0,73 т / га. Найбільшу врожайність за 3 роки вивчення сформували сорти озимої м'якої пшениці Танаїс, Марафон, Ростовчанка, надбавки у яких до

Крижанівський В. Г.

стандарту Зерноградка відповідно становили 1,15 т / га, 1,06 т / га, 1,04 т / га.

Продуктивність рослини – комплексна ознака, на яку впливають зовнішні умови. Значення ступеня зв'язку продуктивності з її компонентами, їх важливі для ефективної селекції сільськогосподарських культур. У селекції на підвищення врожайності важливим аспектом є проведення аналізу структури врожаю, за всіма елементами, що дозволить використовувати науково обгрунтований підбір батьківських пар для схрещування. Кількість рослин на одиниці площі є основною

вимогою освіти високого числа класів у високопродуктивному посіві, залежне в значній мірі від генотипу сорту. У результаті двухфакторного дисперсійного аналізу встановлено, що визначальним на формування кількості рослин на 1 м² є фактор «рік» (42,3 %). Внесок взаємодії факторів «сорт-рік» - 25,3 %, на частку сорти доводиться тільки 15,6 %. Сприятливі умови для формування більшої кількості рослин на одиниці площі склалися в 2019 році. Варіювання значень ознаки відзначено від 296 шт / м² у сорту Марафон до 414 шт. / м² у Ростовчанка (табл. 2).

2. Кількість рослин у сортів озимої м'якої пшениці, 2019-2021 рр.

Сорт	Кількість рослин на 1 м ² , шт.				Польова схожість, %	Коефіцієнт варіації, %
	2019	2020	2021	середнє		
Зерноградка, стандарт	436	439	410	428	87,4	27,4
Єрмак	405	454	440	433	87,6	14,8
Ростовчанка	414	477	410	433	87,8	38,1
Танаїс	415	468	440	441	87,1	15,8
Марафон	496	404	460	453	87,4	19,7
Аксинія	462	492	462	472	87,4	18,2
Находка	456	495	450	467	87,9	16,8
Середнє	437	494	433	455		-
НІР _{0,5}	-	-	-	19,34		-

*Норма висіву 5 млн. шт. насінин на 1 га.

У 2020 році кількість рослин варіювало від 204 шт. / м² (Марафон) до 295 шт / м² (Находка). Перевищення над стандартом Зерноградка склалось від 0,48 до 0,73 т / га. У 2021 році кількість рослин варіювало від 210 шт / м²

(Ростовчанка) до 262 шт / м² (Аксинія).

У 2020 році кількість рослин варіювало від 404 шт. / м² (Марафон) до 495 шт / м² (Находка). Перевищення над стандартом Зерноградка склалось від 0,48 до

Крижанівський В. Г.

0,73 т/га. У 2021 році кількість рослин варіювало від 410 шт/м² (Ростовчанка) до 472 шт / м² (Аксинія). У середньому за роки досліджень найбільша кількість рослин спостерігалась у сортів Ростовчанка, Находка, Аксинія та Танаїс. Коефіцієнт варіації коливався від 14,8 % до 38,1 %. Важливим елементом продуктивності колоса є його довжина. Вважається, що ця ознака має високу мінливість у сортів пшениці.

У результаті двухфакторного дисперсійного аналізу нами визначено, що на мінливість довжини колоса впливають сортові особливості – 52,5 %, потім взаємодія факторів «сорт-рік» - 13,0%, на частку фактора «рік» доводиться 4,7 %. Довжина колоса по роках у досліджуваних сортів змінювалася незначно від 7,2 см (Ростовчанка) до 8,2 см (Марафон) (таблиця 3).

3. Довжина колоса у сортів озимої м'якої пшениці, 2019-2021 рр.

Сорт	Довжина колоса, см				Коефіцієнт варіації, %
	2019	2020	2021	середнє	
Зерноградка, стандарт	7,3	7,1	7,5	7,3	3,1
Ермак	8,5	7,4	7,3	7,7	8,7
Ростовчанка	7,6	7,4	6,7	7,2	6,5
Танаїс	8,0	7,4	7,3	7,6	5,0
Марафон	9,0	8,0	7,5	8,2	9,0
Аксинія	8,3	7,6	7,7	7,9	4,7
Находка	8,1	7,3	7,3	7,5	6,0
Середнє	8,2	7,6	7,5	7,8	-
НІР _{0,5}	-	-	-	0,13	-

Коефіцієнти варіації ознаки мали низькі значення від 3,1 % (Зерноградка) до 9,0 % (Марафон), що свідчить про стабільність формування досліджуваної ознаки за сортами.

Масова частка білка коливалася в широких масштабах в залежності ві року і сорту від 14,8 % (Зерноградка) до 17,3 % (Ростовчанка) (таблиця 4).

Середнє значення масової частки білка за вивчений період складало 15,8 %.

У середньому за роки досліджень увесь набір сортів відповідав вимогам, представленим до сильних пшениць відповідно класифікаційним нормам Держкомісії по сортовипробуванню (не менше 14,0 %) і ГОСТ Р 52554-2016 до першого класу за масовою часткою білка (не менше 14,5 %).

Практичний інтерес представляють сорти, у яких максимальна середня масова частка білка і найменший коефіцієнт варіації по роках (Н.С. Кравченко, Н.Н.

Крижанівський В. Г.

Вожжова, Н.Г. Игнатъева, Е.В. Ионова, А.П. Самофалов, 2018), це такі сорти як: Находка (масова частка білка=16,5%; CV=1,3%), Танаїс

(масова частка білка=16,2%; CV=2,0%) і Аксинія (масова частка білка=16,0%; CV=2,2%).

4. Характеристика сортів озимої м'якої пшениці за масовою часткою білка у зерні та клейковини, 2019-2021 рр.

Сорт	Масова частка білка у зерні, %			Масова частка клейковини у зерні, %		
	min-max	середнє значення	CV, %	min-max	середнє значення	CV, %
Зерноградка, стандарт	14,8-16,4	15,7	5,2	23,6-29,2	26,8	10,8
Ермак	15,1-16,2	15,6	3,5	21,5-26,6	24,8	11,5
Ростовчанка	15,7-17,3	16,4	5,2	25,8-30,6	27,8	9,1
Танаїс	15,9-16,5	16,2	2,0	28,4-29,3	28,8	1,6
Марафон	14,9-16,6	15,7	5,6	24,9-28,4	27,0	6,9
Аксинія	15,8-16,4	16,0	2,2	28,1-29,6	28,7	2,8
Находка	16,3-16,7	16,5	1,3	27,0-31,0	28,5	7,7
НІР _{0,5}	-	0,15	-	-	0,34	-

У середньому за роки досліджень максимальна середня масова частка білка відмічена у сортів: Находка (16,5 %), Ростовчанка 3 (16,4 %), Танаїс (16,2 %) і Аксинія (16,0 %). Дані генотипи можуть використовуватися в якості високої масової частки білка в селекційних програмах.

Виділені сорти з врахуванням низького коефіцієнта варіації і високої масової частки клейковини у зерні: Танаїс (CV=1,6 %; 28,8 %), Аксинія (CV=2,8 %; 28,7 %).

Висновки та перспективи.

Виділено генотипи які володіють комплексом цінних властивостей:

- за врожайністю – Танаїс, Марафон, прибавка у яких до стандартного сорту Зерноградка

склала 1,15 т / га, 1,06 т / га, 1,04 т / га і 1,02 т / га відповідно;

- за кількістю рослин на одиниці площі – Находка (467 шт/м²), Аксинія (472 шт/м²), Танаїс (441 шт/м²), Ермак (433 шт/м²);

- за довжиною колоса виділилися сорти: Ростовчанка (7,2 см) і Марафон (8,2 см);

у селекційних програмах зі створення нових сортів озимої м'якої пшениці рекомендуємо використовувати в якості батьківських форм виділені джерела продуктивності і високої якості зерна (Танаїс, Марафон Ростовчанка,), які відрізнялися екологічною пластичністю, стресостійкістю, генетичною гнучкістю і гомеостатичністю;

Крижанівський В. Г.

- за масовою часткою білка у зерні – Находка (16,5%), Ростовчанка (16,4 %), Танаїс (16,2 %) і Аксинія (16,0 %);

Список використаних джерел

1. Алабушев А.В. (2018). Виробництво зерна в Україні. Пропозиція. № 3. С. 69–74.
2. Алабушев А.В., Антошко О.Ф. (2020). Сорт як фактор інноваційного розвитку зернового господарства. Вісник Полтавської державної аграрної академії. №5. С. 22–29.
3. Антухов А.І. (2020). Підвищення якості зерна – комплексне рішення. Пропозиція. № 2. С. 130–138. <https://orcid.org/0000-0001-9803-6593>
4. Бебякін В.М. (2019). Адаптивність сортів пшениці озимої. Вісник Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Вип. 1(45). С.32–37. (Серія: Сільськогосподарська екологія. Аграрні науки).
5. Бельтюков Л. П. (2018). Генетика ознак продуктивності пшениці озимої. Агрозахід. № 9. С. 19–21.
6. Беляєв А. О. (2016). Сорт, технологія, урожай. Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і спеціалістів «Роль наукових досліджень в забезпеченні процесів інноваційного розвитку аграрного виробництва України» (м. Дніпропетровськ, 25–26 трав. 2016 р.). Дніпропетровськ. С. 77–79.
7. Беркутова Л. А. (2016). Технологія виробництва пшениці озимої і якість її переробки. Матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених «Актуальні проблеми агропромислового виробництва України» (с. Оброшино, 16 листоп. 2016 р.). Львів-Оброшино : [Б. в.]. С. 52–54.
8. Беспалова Ю. М. (2019). Генетичні особливості формування адаптивного потенціалу сортів пшениці озимої нового покоління. Вісник ПДАА. № 3. С. 21–28.
9. Блохін Н.І., Блашук І.М., Шпак Є.В. (2016). Методи і заходи підвищення якості зерна пшениці озимої в Правобережному Лісостепу. Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки. Вип. 98. С. 80–87.

- за масовою часткою клейковини у зерні – Танаїс (28,8 %), Аксинія (28,7 %), Находка (28,5 %).

10. Бороєвич В.А. (2018). Принципи і методи селекції рослин. Вісник Полтавської державної аграрної академії. № 1. С. 75–78.

References

1. Alabushev A.V. (2018). Grain production in Ukraine. Offer. № 3. P. 69–74.
2. Alabushev A.V., Antoshko O.F. (2020). Variety as a factor of innovative development of grain economy. Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy. №5. P. 22–29.
3. Antukhov A.I. (2020). Improving grain quality is a comprehensive solution. Offer. № 2. С. 130–138. <https://orcid.org/0000-0001-9803-6593>
4. Bebyakin V.M. (2019). Adaptability of winter wheat varieties. Bulletin of the Dnieper State Agrarian and Economic University. Vip. 1 (45). P.32–37. (Series: Agricultural Ecology. Agronomic Sciences).
5. Beltyukov L.P. (2018). Genetics of signs of winter wheat productivity. Agrowest. № 9. P. 19–21.
6. Belyaev A.A. (2016). Variety, technology, harvest. All-Ukrainian scientific-practical conf. young scientists and specialists "The role of research in ensuring the processes of innovative development of agricultural production in Ukraine" (Dnepropetrovsk, May 25-26, 2016). Dnepropetrovsk. P. 77–79.
7. Berkutova L.A. (2016). Technology of winter wheat production and quality of its processing. Materials All-Ukrainian scientific-practical conf. young scientists "Actual problems of agro-industrial production of Ukraine" (Obroshino, November 16, 2016). Lviv-Obroshino: [B. in.]. P. 52–54.
8. Bepalova Y. M. (2019). Genetic features of formation of adaptive potential of winter wheat varieties of new generation. Bulletin of the PDAA. № 3. P. 21–28.
9. Blokhin N.I., Blaschuk I.M., Shpak E.V. (2016). Methods and measures to improve the quality of winter wheat grain in the Right Bank Forest-Steppe. Taurian Scientific Bulletin. Agricultural sciences. Vip. 98. P. 80–87.

PECULIARITIES OF GRAIN QUALITY FORMATION OF WINTER WHEAT VARIETIES IN THE RIGHT BANK FOREST STEPPE

V.G. Kryzhanovskiy

Abstract. *Wheat is the main ingredient in most types of bread, rolls, crackers, cookies, biscuits, donuts, pancakes, waffles, noodles, pies, pasta, spaghetti, cereals. As well as many other products for breakfast and diet products for children. Grain production has countless feedbacks: bakery, pasta and confectionery products are made from flour; from groats - dietary products, baby food, culinary semi-finished products; from starch - glucose, sausages and confectionery. A comprehensive study of the physical, chemical and technological properties of winter soft varieties has been carried out wheat on the basis of a systematic step-by-step assessment of the quality of grain and flour, with selection for their high quality indicators. The relationship between yield and grain and flour quality values has been studied. For the first time, varietal differences in ecological plasticity and yield stability and basic characteristics of grain quality (mass of grains, mass fraction of protein and gluten in grain) were determined. For the first time a comprehensive study of grain yield and quality traits in the vegetation experiment was conducted. Drought-resistant varieties that form high quality grain in different growing conditions have been isolated. Wheat is the most important food crop in the world grain economy. Wheat grain is considered a high-calorie food, one of the important sources of protein, vitamins B1, B2, B3, PP, phosphorus and iron compounds. The chemical composition of wheat grain depends on soil and climatic factors, growing conditions, varietal properties. Under the influence of these factors, the protein content can vary from 7 to 25 %.*

Key words: *winter wheat, factor, variety, yield, quality, protein content, gluten, mass fraction*

СЕЛЕКТИВНИЙ ВПЛИВ МАНІТУ НА КУЛЬТУРУ КАЛЮСНИХ ТКАНИН РИЖІЮ ЯРОГО

А. І. ЛЮБЧЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Л. О. РЯБОВОЛ, доктор сільськогосподарських наук, професор

І. О. ЛЮБЧЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук

О. П. СЕРЖУК, кандидат сільськогосподарських наук, доцент

Я. С. РЯБОВОЛ, доктор сільськогосподарських наук, доцент

Уманський національний університет садівництва

E-mail: Lybchenko@meta.ua

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.01.009>

***Анотація.** Рижій ярий – сільськогосподарська культура, що забезпечує отримання цінної сировини в різних ґрунтово-кліматичних умовах з низькими виробничими затратами. Незважаючи на перспективність рижію ярого, його посівні площі в Україні залишаються незначними. Основний чинник, що стримує збільшення плану вирощування цієї культури, це відсутність високопродуктивних, адаптованих до несприятливих умов вирощування сортів. Залучення біотехнологічних методів до загальної схеми селекційного процесу дає змогу підвищити ефективність створення генотипів рослин з бажаними ознаками.*

У статті наведено результати досліджень з вивчення впливу маніту на калюсну тканину рижію ярого. Селективний чинник додавали у різних концентраціях (2, 4, 6, 8, 10, 12 %) до модифікованого живильного середовища за прописом Мурасіге-Скуга. На живильний субстрат висаджували морфогенні мікрокалюси, отримані з експлантів рижію ярого сортів Степовий 1, Клондайк, Перемога та Євро 12. У кінці субкультивування визначали життєздатність мікрокалюсів, інтенсивність проліферації та морфогенні характеристики біоматеріалів.

*Встановлено, що залежно від генотипу, концентрація маніту на рівні 8–10 % є оптимальною для добору *in vitro* посухостійких форм культури. Високою стійкістю до осмотичного стресу характеризуються біоматеріали отримані з сортів Степовий 1 та Перемога. Виділено клітинні лінії рижію ярого з високою стійкістю до осмотичного стресу, що можуть слугувати донорами генів посухостійкості в подальшій селекційній роботі.*

***Ключові слова:** рижій ярий, осмотичний стрес, живильне середовище, маніт, калюс, *in vitro**

Актуальність. В Україні дефіцит вологи. Особливо гостро основним негативним природним чинником, що знижує продуктивність сільськогосподарських культур, є ситуація склалася в сучасних умовах глобальних змін клімату. Однією з основних умов ведення ефективного

землеробства в посушливих регіонах є використання посухостійких форм сільськогосподарських культур.

Рижій ярий, завдяки біологічним особливостям, здатен забезпечувати стабільну урожайність в малосприятливих природних умовах з низькими технологічними та матеріальними витратами. Специфічний склад рижієвої олії дає можливість її використовувати в різних цілях, зокрема, харчових, лікувальних, технічних, енергетичних тощо [1–4]. Проте, у нашій країні об'єми виробництва культури є незначними. Впровадження нових високопродуктивних адаптивних сортів дало б змогу суттєво покращити ситуацію. Залучення біотехнологічних методів до загальної схеми селекційного процесу дає змогу підвищити ефективність створення генотипів з бажаними ознаками.

Аналіз основних досліджень та публікацій. Посуха є одним із найпоширеніших несприятливих абіотичних чинників середовища, з якими рослини стикаються впродовж усього періоду онтогенезу. Щорічні втрати урожаю через дефіцит опадів в Україні можуть складати від 10 до 70 %. У роки сильних засух часто відмічають випадки повної загибелі посівів [5].

В умовах осмотичного стресу в рослинах проходять істотні фізіологічні та біохімічні зміни: підвищується активність ферментів,

що активують гідроліз білків, вуглеводів та ліпідів з утворенням токсичних низькомолекулярних продуктів розпаду; змінюється енергетичний обмін клітин та знижується інтенсивність фотосинтезу; порушуються колоїдно-хімічні властивості цитоплазми. Все це викликає зниження життєздатності та продуктивності організму. Адаптація рослин до стресового чинника відбувається на молекулярному, клітинному та організменному рівнях за рахунок фізіолого-біохімічних та анатомо-морфологічних пристосувань [6].

Селекція рослин на стійкість до несприятливих чинників навколишнього середовища передбачає залучення відповідного вихідного матеріалу, створення різних штучних провокаційних фонів для вивчення і добору селекційного матеріалу, його широке екологічне випробування та комплексну оцінку починаючи з початкових етапів роботи [7]. Використання у селекційному процесі біотехнологічної ланки дає можливість працювати протягом року незалежно від погодних умов, повністю контролювати фізичні та трофічні параметри вирощування біоматеріалу, моделювати будь-яку селективну систему та регулювати силу стресового чинника, проводити добір на клітинному рівні, тощо. Це значно підвищує ефективність

Любченко А. І., Рябовол Л. О., Любченко І. О., Сержук О. П., Рябовол Я. С.

створення рослинних форм з бажаними ознаками [8].

Для добору *in vitro* посухостійких зразків сільськогосподарських рослин селективним чинником використовують різноманітні осмотично активні речовини, що знижують зовнішній водний потенціал культурального середовища: поліетиленгліколь (ПЕГ) різної молекулярної маси, сахарозу, сорбітол, ксилозу, осмотин, маніт тощо [9].

Низькомолекулярний маніт має здатність швидко проникати в рослинну клітинну та знижувати оптимальний водний потенціал. Це спричиняє зневоднення та сильне гальмування фізіологічних та біохімічних процесів [10]. Низкою авторів [11–15] встановлено ефективність використання селективної системи *in vitro* з манітом, оскільки це забезпечує повну елімінацію чутливих клітин і високу життєздатність рослин-регенерантів.

За добору *in vitro* вирішальне значення має концентрація селективного агента в живильному середовищі, яку підбирають експериментальним шляхом для кожного біовиду. За створення низького стресового тиску не можливо відібрати стійкі генотипи, а за високого – спостерігається зниження життєздатності та інтенсивності регенерації біоструктур [16].

Мета досліджень – аналіз впливу дії маніту на калюсну культуру рижію ярого для визначення оптимальної концентрації селективного чинника за проведення добору *in vitro* посухостійких форм.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проводили у навчально-науковій лабораторії «Біотехнології» Уманського національного університету садівництва. Як селективний чинник використовували маніт, який додавали у різних концентраціях (2, 4, 6, 8, 10, 12 %) до модифікованого живильного середовища за прописом Мурасіге-Скуга. На живильний субстрат висаджували морфогенні мікрокалуси отриманні з експлантів рижію ярого сортів Степовий 1, Клондайк, Перемога та Євро 12. Тривалість одного субкультивування становила 30–35 діб. Біоматеріал культивували за інтенсивності освітлення 4 кЛк, 16-годинного фотоперіоду, температурного режиму 24–25 °С та відносної вологості повітря 75 %.

У кінці пасажу визначали життєздатність мікрокалусів, інтенсивність росту та морфогенні характеристики індукованих біоматеріалів.

Для визначення інтенсивності наростання калюсів, біоматеріал зважували на початку та в кінці кожного пасажу. Інтенсивність наростання вираховували за формулою Кепліна:

$$\Delta W = \frac{W_t - W_0}{W_0},$$

де ΔW – відносний приріст біомаси; W_0 – початкова маса калюсу; W_t – кінцева маса калюсу.

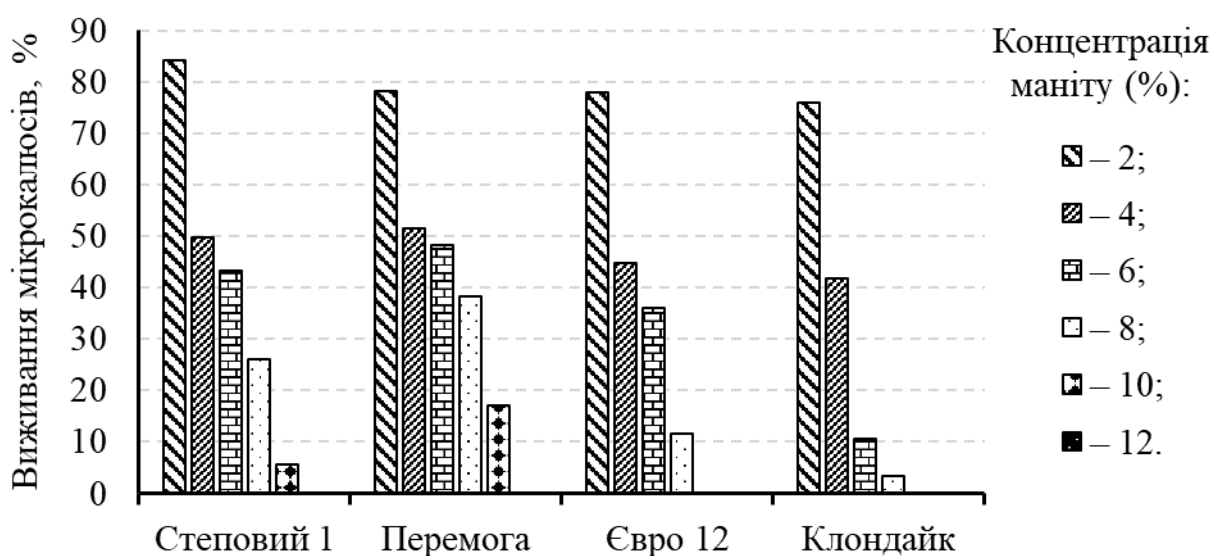
У кожному варіанті досліджень висаджували 50 мікрокалюсів. Повторність досліду триразова.

Результати досліджень та їх обговорення. Присутність у культуральному субстраті маніту в концентрації 2 % залежно від генотипу викликала некроз калюсу на рівні 24,0–15,8 % (рис. 1). Найвищий показник виживання калюсу відмічено у матеріалів, отриманих з сорту Степовий 1 (84,2 %). Підвищення вмісту селективного чинника до 4 % спричиняло зниження виживання мікрокалюсів сорту Степовий 1 до 49,7 %, Перемога –

51,6 %, Євро 12– 44,8 %, Клондайк – 41,8 %.

За 6 % концентрації маніту спостерігали суттєві відмінності стійкості генотипів до осмотичного стресу. Найменш стійким був біоматеріал, отриманий з експлантів сорту Клондайк за збереженості тканини на рівні 10,5 %. Для інших генотипів виживання біоматеріалів варіювало від 36,0 до 48,2 %.

Для ранжування клітинних структур рижію ярого за рівнем стійкості до осмотичного стресу концентрація маніту в живильному середовищі понад 8 % є оптимальною. Найвищий показник виживання біоматеріалу відмічено у калюсу сорту Перемога (38,3 %). Для сортів Степовий 1, Євро 12 і Клондайк частка матеріалів, що зберігали життєздатність, відповідно становила 26,0, 11,6 і 3,4 %.



НІР₀₁: А – 1,0; В – 1,2; АВ – 2,3; А – концентрація у живильному середовищі маніту, В – сорт-донор експлантів

Рис. 1. Виживання калюсної тканини рижію ярого залежно від

концентрації маніту та генотипу вихідного матеріалу

За 10 % концентрації маніту життєздатність зберігали лише калюсні тканини індуковані з експлантів сортів Степовий 1 і Перемога, частка стійких калюсних ліній, відповідно становила 5,6 та 17,0 %. Подальше підвищення концентрації селективного чинника виявилось летальним для калюсу всіх генотипів.

На рівень стійкості біоматеріалу до селективного чинника вказує різниця між приростом біомаси в стресових та оптимальних умовах культивування. Досліджувані генотипи рижію ярого відрізнялись за показниками проліферації калюсної тканини як у контрольному варіанті,

так і за присутності в живильному середовищі маніту (табл. 1).

Найінтенсивніше наростання калюсної маси у контрольному варіанті відмічено у трансплантів сортів Степовий 1 (9,2 пункту) і Перемога (8,6 пункту). Інтенсивність проліферації калюсів сортів Євро 12 і Клондайк була набагато нижчою і відповідно становила 3,5 і 4,0 пункту. За 2 % концентрації селективного чинника у живильному субстраті показники інтенсивності калюсогенезу, залежно від генотипу, знижувались на 8,0–17,1 %. Мікрокалюси зберігали морфогенні показники на високому рівні.

1. Інтенсивність проліферації калюсної тканини рижію ярого залежно від концентрації маніту та генотипу вихідного матеріалу

Концентрація маніту, % (A)	Сорти-донори експлантів (B)							
	Степовий 1		Перемога		Євро 12		Клондайк	
	ΔW	%	ΔW	%	ΔW	%	ΔW	%
0 (контроль)	9,2±2,1	100	8,6±1,7	100	3,5±1,6	100	4,0±1,5	100
2	8,3±1,2	90,5	7,2±1,5	88,7	2,9±1,1	82,9	3,7±1,2	92,0
4	6,8±0,4	73,9	7,1±1,2	82,6	2,7±1,1	30,6	1,9±1,0	47,5
6	3,1±0,5	33,7	3,2±0,3	37,2	1,1±0,4	31,4	0,8±0,2	20,0
8	1,7±0,1	18,5	1,3±0,3	16,1	0,4±0,1	11,4	0,5±0,2	8,0
10	0,7±0,2	7,6	0,9±0,2	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0

HIP₀₁: A – 0,3; B – 0,3; AB; – 0,6

За вмісту маніту в живильному середовищі на рівні 4 % відносний

приріст біомаси досліджуваних генотипів варіював від 7,1 до

Любченко А. І., Рябовол Л. О., Любченко І. О., Сержук О. П., Рябовол Я. С.

1,9 пункту. Найістотніше зниження темпів наростання калюсної тканини за відношенням до контрольного варіанту відмічено у сортів Євро 12 та Клондайк.

Підвищення концентрації маніту до 6 % викликало зниження інтенсивності проліферації на 74,4–80,0 %. Відносний приріст калюсної тканини у сорту Степовий 1 склав 3,1 пункту, сорту Перемога – 3,2, сорту Євро 12 – 1,1, сорту Клондайк – 0,8.

За присутності маніту в живильному середовищі на рівні 8 % відносний приріст калюсної тканини сортів Степовий 1 і Перемога відповідно становив 1,7 і 1,3 (18,5 і 16,1 % до контролю). Така концентрація маніту є граничною для сортів Євро 12 і Клондайк – приріст калюсної біомаси не перевищував

0,5 пункту, біоматеріали мали низькі морфогенні показники.

Десятивідсоткова концентрація маніту здійснювала сильний токсичний стрес на калюсну тканину рижію ярого. Інтенсивність проліферації біомаси, у порівнянні з неселективними умовами культивування, знижувалась на 89,5–92,4 %. Відносний приріст мікрокалюсів сорту Степовий 1 становив 0,7 пункту, сорту Перемога – 0,9 пункту.

За результатами одержаних експериментальних даних було проведено порівняльний аналіз впливу досліджуваних чинників (генотип і концентрація маніту в живильному середовищі) на збереженість та інтенсивність проліферації калюсної тканини рижію ярого в умовах осмотичного стресу (рис. 2).

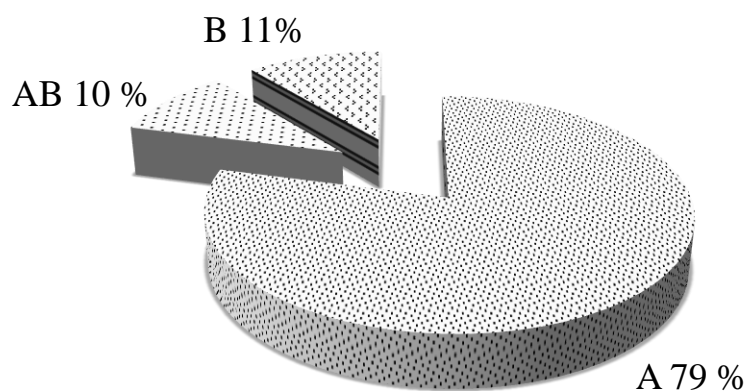


Рис. 2. Частка впливу досліджуваних чинників на виживання калюсної тканини рижію ярого в умовах осмотичного стресу:

А – концентрація маніту в живильному середовищі; В – генотип рослини донора експланта; АВ – взаємодія чинників.

Найбільший вплив на виживання калюсної тканини рижію ярого в

умовах осмотичного стресу мала концентрація маніту в живильному

Любченко А. І., Рябовол Л. О., Любченко І. О., Сержук О. П., Рябовол Я. С.

середовищі (79 %). Частка впливу генотипу рослини донора-експланта і сукупна взаємодія обох чинників відповідно становила 11 та 10 %.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У процесі досліджень виявлено стресову дію маніту на калюсну тканину рижію ярого. Встановлено, що залежно від генотипу, концентрація маніту на рівні 8–10 % є оптимальною для

добору *in vitro* посухостійких форм культури. Високою стійкістю до осмотичного стресу характеризуються біоматеріали отримані з сортів Степовий 1 та Перемога. Виділено клітинні лінії рижію ярого з високою стійкістю до осмотичного стресу, що можуть використовуватись донорами генів посухостійкості в подальшій селекційній роботі.

Список використаних джерел

1. Комарова І. Б., Рожкован В. В. Рижій – альтернативна олійна культура та перспективи його використання. *Пропозиція*. 2003. № 1. С. 46–47.

2. Москва І. С. Стан та перспективи вирощування рижію ярого на півдні Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2016. Вип. № 1. С. 99–109.

3. Лях В. О., Комарова І. Б. *Вміст та жирнокислотний склад олії рижію ярого*. *Бюлетень Інституту зернового господарства*. 2010. № 38. С. 137–142.

4. Каленська С. М., Юник А. В. Роль олійних культур у вирішенні енергетичної безпеки України. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2011. № 2. С. 90–96.

5. Адаменко Т. І. Агрокліматичне зонування території України з врахуванням зміни клімату. Біла Церква: «РІА»БЛПЦ, 2014. 16 с.

6. Жук О. І. Формування адаптивної відповіді рослин на дефіцит води. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2011. Т. 43. № 1. С. 26–37.

7. Дзюбецький Б. В., Черчель В. Ю. Адаптивна селекція сільськогосподарських рослин. Дніпро: ДУ ІЗК НААН, 2019. 100 с.

8. Бабилова А. В., Горпенченко Т. Ю., Журавлев Ю. Н. Растение как объект биотехнологии. *Комаровские чтения*. 2007. Вип. LV. С. 184–211.

9. Дубровна О. В., Чугункова Т. В., Бавол А. В., Лялько І. І. Біотехнологічні та цитогенетичні основи створення рослин, стійких до стресів: монографія. за ред. Моргун В. В. Київ: Логос, 2012. 428 с.

10. Генерозова І. П., Маевская С. Н., Шугаев А. Г. Ингибирование метаболической активности митохондрий этиолированных проростков гороха, подвергнутых водному стрессу. *Физиология растений*. 2009. Т. 56. № 1. С. 45–52.

11. Дубровна О. В., Моргун Б. В., Бавол А. В. Біотехнології пшениці: клітинна селекція та генетична інженерія. Київ: Логос, 2014. 375 с.

12. Butt A., Ahmed N., Mubin M. Effect of pegand mannitolinduced water stress on regeneration in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*. 2015. Vol. 52. № 4. P. 1025–1033.

13. Аль-Холани Х. А., Долгих Ю. И. Определение концентрации манита для использования в процессе клеточной селекции на устойчивость к засухе у кукурузы. *Вестник Российского университета дружбы народов*. 2007. № 1–2. С. 38–42.

14. Пикало С. В., Бавол А. В., Дубровна О. В. Цитогенетичні особливості калюсних культур тритикале озимого за дії осмотичного стресу. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2015. Т. 17. С. 230–235.

15. Коцар М. О., Бех Н. С. Моніторинг видів міскантусу на

посухостійкість з використанням біотехнологічних методів. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 17. С. 233–236.

16. Сидоров В. А. Биотехнология растений. Клеточная селекция. Киев: Наукова думка, 1990. 280 с.

Reference

1. Komarova, I. B., Rozhkovan, V. V. (2003). Ryzhij – al'ternatyvna olijna kul'tura ta perspektyvy joho vykorystannia [Camelina is an alternative oil-bearing culture and prospects of her development]. *Offer*. 1, 3–12.

2. Moskva, I. S. (2016). Stan ta perspektyvy vyroschuvannia ryzhiiu iaroho na pivdni Stepu Ukrainy [The state and prospects of growing camelina in the south of the Ukrainian steppe]. *Bulletin of the agrarian science of the black sea region*. 1, 99–109.

3. Liakh, V. O., Komarova, I. B. (2010). Vmist ta zhynokyslotnyj sklad olii ryzhiiu iaroho [The content and fatty acid composition of camelina oil]. *Bulletin of the Institute of grain farming*. 38, 137–142.

4. Kalens'ka, S. M., Yunyk, A. V. (2011). Rol' olijnykh kul'tur u vyrishenni enerhetychnoi bezpeky Ukrainy [Oilseeds role in addressing the energy security of Ukraine]. *Collection of scientific works of the Institute of bioenergetic plants and sugar beet*. 2, 90–96.

5. Adamenko, T. I. (2014). Ahroklimatychne zonuvannia terytorii Ukrainy z vrakhovanniam zminy klimatu [Agroclimatic zoning of the territory of Ukraine taking into account climate change]. *Bila Tserkva: «RIA»BLITS*, 16.

6. Zhuk, O. I. (2011). Formuvannia adaptivnoi vidpovidy roslin na defitsyt vody [Formation of adaptive response of plants to water deficiency]. *Physiology and biochemistry of cultivated plants*, 43/1, 26–37.

7. Dziubetskyi, B. V., Cherchel, V. Yu. (2019). Adaptivna selektsiia silskohospodarskykh roslin [Adaptive selection of agricultural plants]. *Dnipro: DU IZK NAAN*, 100.

8. Babikova, A. V., Gorpenchenko, T. Ju., Zhuravlev, Ju. N. (2007). Rastenie kak ob'ekt biotekhnologii [Plants as object biotechnology]. *Komarov readings*. LV, 184–211.

9. Dubrovna, O. V., Chuhunkova, T. V., Baval, A. V., Lialko, I. I. (2012). *Biotekhnologichni ta tsytohenetychni osnovy stvorennia roslin, stiikykh do stresiv: monohrafiia*. za red. Morhun, V. V. [Biotechnological and cytogenetic bases of creation of plants resistant to stress: monograph. for ed. Morhun, V. V.]. *Kyiv: Lohos*, 428.

10. Generozova, I. P., Maevskaya, S. N., Shugaev, A. G. (2009). Ingibirovanie metabolicheskoy aktivnosti mitohondrij etiolirovannykh prorstkov goroha, podvergnutykh vodnomu stressu [Inhibition of metabolic activity of mitochondria of etiolated pea seedlings exposed to water stress]. *Plant physiology*. 56/1, 45–52.

11. Dubrovna, O. V., Morhun, B. V., Baval, A. V. (2014). *Biotekhnologii pshchenytsi: klitynna selektsiia ta henetychna inzheneriia* [Wheat biotechnology: cell selection and genetic engineering]. *Kyiv: Lohos*, 375.

12. Butt, A., Ahmed, N., Mubin, M. (2015). Effect of pegand mannitolinduced water stress on regeneration in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*. 52/4, 1025–1033.

13. Al'-Holani, H. A., Dolgih, Yu. I. (2007). Opredelenie koncentracii manita dlya ispol'zovaniya v processe kletочноj selektsii na ustojchivost' k zasuhe u kukuruzy [Determination of manitol concentration for use in cell breeding for drought resistance in maize]. *Bulletin of the peoples' friendship university of Russia*. 1–2, 38–42.

14. Pykalo, S. V., Baval, A. V., Dubrovna, O. V. (2015). Tsytohenetychni osoblyvosti kaliusnykh kultur trytykale ozymoho za dii osmotychnoho stresu [Cytogenetic features of winter triticale crops due to osmotic stress]. *Factors of experimental evolution of organisms*. 17, 230–235.

15. Kotsar, M. O., Bekh, N. S. (2013). *Monitorynh vydiv miskantusu na posukhostiikist z vykorystanniam biotekhnologichnykh metodiv* [Monitoring of miscanthus species for drought resistance using biotechnological methods]. *Collection of scientific works of the Institute of bioenergetic plants and sugar beet*. 17, 233–236.

SELECTIVE INFLUENCE OF MANNITOL ON CULTURE OF CALLUS TISSUES OF CAMELINA SATIVA**A. I. Liubchenko, L. O. Riabovol, I. O. Liubchenko, O. P. Serzhuk, Ya. S. Riabovol**

Abstract. *Camelina sativa* is an agricultural crop that provides valuable raw materials in different soil and climatic conditions with low production costs. Despite the prospects of *camelina sativa*, its sown areas in Ukraine remain insignificant. The main factor holding back the increase in the cultivation plan of this crop is the lack of highly productive, adapted to adverse growing conditions varieties. Involvement of biotechnological methods in the general scheme of selection process allows to increase efficiency of creation of genotypes of plants with desirable signs.

*The article presents the results of research on the effect of mannitol on the callus tissue of *camelina sativa*. The selective factor was added at various concentrations (2, 4, 6, 8, 10, 12 %) to the modified nutrient medium according to the Murashige-Skuga recipe. Morphogenic microcalls obtained from explants of *camelina sativa* Stepovy 1, Klondike, Peremoha and Euro 12 were planted on the nutrient substrate. At the end of subculturing, microcall viability, proliferation intensity and morphogenic characteristics of biomaterials were determined.*

*It was found that, depending on the genotype, the concentration of mannitol at the level of 8–10 % is optimal for the selection of in vitro drought-resistant culture forms. High resistance to osmotic stress is characterized by biomaterials obtained from the varieties Stepovy 1 and Peremoha. Isolated *camelina sativa* cell lines with high resistance to osmotic stress have been identified, which can serve as donors of drought resistance genes in further breeding research.*

Key words: *camelina sativa, osmotic stress, nutrient medium, mannitol, callus, in vitro*

ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОРТІВ ЯБЛУНІ ЗА УМОВ КИЇВЩИНИ

О. С. ГАВРИЛЮК, доктор філософії (PhD), асистент

Ю. С. БОНДАРЕНКО* магістр 1 року

Г. Ю. БОЙЧУК* магістр 1 року

Д. В. ПЕТРЕНКО* магістр 1 року

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: o.havryliuk@nubip.edu.ua

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.01.010>

***Анотація.** Вирощування високих урожаїв плодів у яблуневих садах є одним із першочергових завдань садівників України. Водночас важливе значення має розміщення насаджень у найбільш сприятливих за кліматичними умовами зонах та на ділянках із відповідними для тих чи інших сортів яблуні ґрунтовими умовами. Досягається це введенням у насадження високоврожайних, скороплідних, імунних сортів із високими якість плодів, впровадженням відповідних підщеп, особливо слабо- та середньорослих, використанням оптимальних схем садіння, правильних прийомів обрізування дерев.*

Метою було дослідження продуктивності нових сортів яблуні в умовах Київщини. Відповідно до мети вирішували такі завдання: встановити особливості проходження фенологічних фаз росту й розвитку рослин яблуні; виконати обліки урожайності молодих дерев яблуні; визначити біометричні параметри дерев та плодів; підрахувати кількості сформованих плодових утворень; визначити економічну ефективність вирощування досліджуваних сортів яблуні.

Дослідження виконували упродовж 2020-2021 рр. на кафедрі садівництва ім. проф. В.Л. Симиренка НУБіП України. Експериментальною базою проведення досліджень слугували насадження яблуні, які розташовані на території Навчальної лабораторії «Плодоовочевий сад» НУБіП України (м. Київ).

Дослідна ділянка лежить у північній частині Лісостепу України.

Під час досліджень проводили фенологічні спостереження, вивчали морфологічні особливості молодих рослин, визначали площу асиміляційної поверхні, обліковували кількість плодових утворень, встановлювали стійкість досліджуваних сортів до комплексу шкідників та збудників хвороб, а також визначали економічну ефективність вирощування нових сортів яблуні в умовах Київщини.

Найбільш інтенсивно квітування відбувалось у 'Дміана' (9 балів), тоді як решта сортів квітнула — помірно (2-6 балів). Тривалість квітування становила 7 ('Паланка', 'Багачка') – 11 днів ('Джсонаголд'). Тривалість росту

* Науковий керівник – доктор філософії (PhD), асистент кафедри садівництва ім. В.Л. Симиренка Гаврилюк О.С.

Гаврилюк О. С., Бондаренко Ю. С., Бойчук Г. Ю., Петренко Д. В.
пагонів — 67 ('Паланка') - 74 дні ('Голд Раш', 'Джулія', 'Сябріна', 'Багачка', 'Дміана').

Кількість плодів, що зав'язалась на другий рік у саду була найвищою в сорту 'Дміана' (в середньому 20 шт./дерево). Результати досліджень показали, що більшість досліджуваних сортів виявилися скороплідними.

Найбільше плодів утворень формувалось у сортів 'Сябріна' (52 шт.), 'Голд Раш' (45 шт.), 'Гарант' (43 шт.). За отриманими даними можна стверджувати, що у цих сортів на третій рік після садіння відбувається нарощування продуктивності.

Досліджувані сорти на 2-й рік після садіння мають висоту 204 ('Гарант') - 156 см ('Розела'). Прослідковується закономірність: малий діаметр штамба корелює з невеликим розміром самого дерева в сортів 'Рубінола', 'Голд Раш', 'Джонаголд', і 'Розела'. Сорти з великою окружністю штамба характеризуються значною силою росту дерева ('Берегиня', 'Паланка', 'Сябріна', 'Багачка'). Винятками є сорти 'Гарант' (високе дерева з досить малою окружністю штамба) та 'Джулія' і 'Дміана' (велика окружність штамба за низької висоти дерев).

Найбільша площа листкової поверхні виявилась у сортів 'Берегиня' (1284,3 м²/га) та 'Багачка' (1221,1 м²/га). Слабкою облистяністю характеризувалися сорти 'Голд Раш' (218,9 м²/га), 'Рубінола' (412,0 м²/га) та 'Джонаголд' (348,3 м²/га)

З погляду рентабельності доцільним є вирощування всіх сортів. Такі сорти як: 'Дміана', 'Джулія', 'Джонаголд' і 'Паланка' мають найвищі показники рентабельності (128 %), тоді як у 'Розела' і 'Рубінола', цей показник найменший (63,6 %).

На основі проведених досліджень усі досліджувані сорти рекомендуються для вирощування в Київській області. Особливої уваги заслуговують сорти 'Дміана', 'Джулія' і 'Паланка', які показали найкращі результати продуктивності та стійкості до комплексу хвороб.

Ключові слова. яблуня, сорт, продуктивність, квітування, плодів утворення, рентабельність

Актуальність. Яблуня є однією із найпоширеніших культур у світі, водночас маючи високий попит і рентабельність. Ця культура є досить невибагливою до умов вирощування. Хоча для отримання високих врожаїв потрібно дотримуватись високої технології догляду за насадженнями.

Яблуня (*Malus domestica*) належить до родини *Rosaceae*. Внаслідок того, що культура яблуня є

досить популярною не тільки в Україні, а також у всьому світі, виробництво плодів і попит на них є досить високими, що в свою чергу збільшує бажання споживача до різноманіття сортів [21]. Селекціонери всього світу в даний час ведуть селекцію нових і вдосконалення старих сортів яблуні [23]. Виробники ж намагаються зменшити собівартість і збільшити

Гаврилюк О. С., Бондаренко Ю. С., Бойчук Г. Ю., Петренко Д. В.

кількість вироблених плодів. Усі ці фактори свідчать про необхідність наукових досліджень біологічних особливостей яблуні та її продуктивності, особливо нових сортів [22].

Згідно статистичних даних в Україні занижене споживання плодової та ягідної продукції. Усього на душу населення, станом на 2018 рік, за інформацією Л. Галат [3], виробляється близько 64,2 кг/люд., хоча оптимальна мінімально обґрунтована норма споживання становить близько 100 кг. З огляду на це, вирощування високих урожаїв плодів у яблуневих садах є одним з першочергових завдань садівників України. При цьому важливе значення має розміщення насаджень у найбільш сприятливих за кліматичними умовами зонах та на ділянках з відповідними для тих чи інших сортів яблуні ґрунтовими умовами [13, 14]. Досягається це введенням у насадження високоврожайних скороплідних імунних сортів з високими якість плодів [31], впровадженням відповідних підщеп, особливо слабо- та середньорослих, використанням оптимальних схем садіння, правильних прийомів обрізування дерев [2, 29].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Продуктивність

плодових культур визначає ефективність заходів догляду за садом. Вона також залежить від

погодних умов, які неможливо контролювати [24]. Також при неперевищенні економічного порогу ефективності та збільшенні об'єму виробництва яблук зростає рівень рентабельності виробництва.

Урожайність яблуні та якість продукції значною мірою залежать від своєчасного і вмілого захисту рослин від пошкодження шкідниками та ураження хворобами [5].

Нині у зв'язку з інтенсифікацією виробництва старі сади з урожайністю до 20 т/га стали недоцільними, і економічно не вигідними. Сучасні тенденції сприяють збільшенню кількості виробленої продукції при менших площах насаджень [33]. Тому, при перегляді статистичних даних інколи можливо зауважити, що площі майже незмінні від року в рік, а ось валове виробництво яблук збільшується.

Одним із найяскравіших чинників, що впливають на продуктивність садів, крім системи догляду і живлення, є використання нових урожайніших сортів і гібридів, а також використання саджанців на клонових карликових підщепах за допомогою яких можливо збільшити продуктивність до 150 і більше т/га інтенсивного саду.

Але при закладанні плодових насаджень слід враховувати їх тривалий строк окупності, необхідність у щорічному догляді та великі витрати ручної праці.

Гаврилюк О. С., Бондаренко Ю. С., Бойчук Г. Ю., Петренко Д. В.

Підвищення рівня механізації у садівництві становить 15-20 %, у розсадництві – 7-8 %. Виробництво плодів яблуні на сучасному етапі залишається одним з найбільш трудомістких [29, 30, 35].

Основними операціями у технології догляду за садом є: формування крони й обрізка, захист від шкідників та хвороб, утримання міжряддя та прикореневої зони, система живлення і зволоження, прорідження зав'язі.

Запилення саду є важливою складовою його утримання, яка впливає на майбутній урожай. Оскільки яблуня самобезплідна культура, а пилок досить тяжкий для перенесення на великі відстані, то бджоли є основними запилювачами. Проте за низьких температур (менше 10 °С) вони не літають. Як альтернативу використовують джмелів, які запилюють сад за температур вищих 6 °С. Також застосовують осмій, якщо для них створені відповідні умови вони самі поселяються в садах [17].

Водоспоживання саду залежить від віку дерев, їх розміру, кількості зав'язі, агротехніки, ґрунтових умов і, головним чином, від метеорологічних факторів. Також потрібно мати на увазі такі фактори як випаровування, транспірацію, вологість та швидкість повітря [6].

Для отримання високих врожаїв за вегетаційний період повинно випадати щонайменше 450 мм опадів.

У Лісостепу України в середньому за рік випадає від 430 до 500 мм опадів та 300-350 мм за період вегетації. Тому для отримання високих урожаїв в регіонах з низьким рівнем опадів необхідно застосовувати зрошення [18].

Важливим фактором, що впливає на урожайність плодових культур, є догляд за міжряддями. Утримання під паром є актуальним лише в перші роки після закладання. Зазвичай використовують спеціальні суміші трав (вони повільно ростуть і є низькорослими).

Визначальну роль у формуванні типових, великих однорідних плодів має проріджування зав'язі. Цей захід також сприяє зниженню періодичності плодоношення. Проріджування зав'язі буває: механічне, ручне, хімічне і комбіноване [18].

На врожайність також впливає ступінь підмерзання дерев. Зазвичай після високих показників урожайності спостерігається зниження стійкості дерев до морозів. Зимостійкість рослин знижується при пошкодженні хворобами або агрохімікатами, а також при розміщенні дерев у знижених місцях [2].

Важливим фактором у садівництві є фітосанітарний стан насаджень, який дуже сильно впливає на урожайність, а інколи може призвести й до повної загибелі насаджень. Ураження хворобами та

Гаврилюк О. С., Бондаренко Ю. С., Бойчук Г. Ю., Петренко Д. В.

шкідниками, особливо коли воно не контролюється, може призвести до втрати плодів і кінцевого їх осипання [31].

Вік насаджень також впливає на їх продуктивність. Молодим насадженням потрібно деякий період для вступу в плодоношення та його нарощування. У старих насадженнях збільшення продуктивності неможливе, тому що запускаються природні процеси відмирання і їх продуктивність безупинно знижується.

Таким чином, на продуктивність плодового саду впливає комплекс факторів і для отримання високих і стабільних врожаїв якісної продукції необхідно дотримуватись високої агротехніки по догляду за деревами.

Метою було дослідження продуктивності нових сортів яблуні в умовах Київщини.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження виконували протягом 2020-2021 рр. на кафедрі садівництва ім. проф. В.Л. Смиренка НУБіП України. Експериментальною базою проведення досліджень слугували насадження яблуні, які розташовані на території Навчальної лабораторії «Плодоовочевий сад» НУБіП України (м. Київ). Дослідна ділянка знаходиться у північній частині Лісостепу України.

Клімат регіону – помірно-континентальний з теплим літом та м'якою зимою. Середня багаторічна

температура повітря становить 8,0 °С. Найхолоднішим місяцем є січень з середньорічною температурою -3,5 °С, найтеплішим – липень (20,2 °С). Перші осінні заморозки спостерігаються із другої декади жовтня. Зимовий період починається наприкінці листопада. Тривалість зими становить 90-120 діб. Зима тривала, але відносно тепла. Стійкий сніговий покрив встановлюється в грудні. Середньорічна кількість днів зі сніговим покривом – 79, середня висота покриву – 8 см. Стале зниження середньодобової температури нижче 0 °С починається в третій декаді листопада, а підвищення – в третій декаді березня [8].

Відлига протягом зимового періоду (грудень–лютий) триває в середньому 40 діб (повторюється від 8 до 10 разів з тривалістю п'ять діб)[1]. Середньорічна кількість опадів становить 595 мм, максимум опадів припадає на червень (84 мм), мінімум – на січень (29 мм). У холодний період року (XI–III) кількість опадів дорівнює 172 мм, у теплий (IV–X) – 423 мм. Протягом року середня кількість днів з опадами становить 160. Вологість повітря в середньому за рік дорівнює 75 %, влітку – 65 %, а взимку – 80–90 %. Атмосферне зволоження території (гідротермічний коефіцієнт) за період із середньодобовою температурою повітря 10 °С і більше становить 1,4. Навесні періодично спостерігаються

Гаврилюк О. С., Бондаренко Ю. С., Бойчук Г. Ю., Петренко Д. В.

заморозки, які закінчуються до початку травня. Тепер через зміни клімату все більше теплих літніх днів припадає на кінець квітня. Середньомісячна температура повітря всіх літніх місяців перевищує +18 °С, а максимальні денні температури +39–40 °С. За даними Адаменко Т [1] сума активних середніх добових температур повітря за період із середньою добовою температурою 10 °С і більше ($\Sigma akt \geq 10$ °С) в умовах Київщини становить від 2780 °С. Початок осені припадає на першу декаду жовтня, коли середньодобова температура опускається нижче +10 °С. Осінь суха і по-літньому тепла. У листопаді (дуже рідко в жовтні) можливе встановлення тимчасового снігового покриву [12]. Таким чином, осінь триває до третьої декади листопада, але через зміни клімату, цей період може тривати до середини грудня.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем дерново-середньопідзолений крупнопилуватий середньосуглинковий, сформований на лесових відкладах, типовий для північної частини Лісостепу. Аналіз ґрунту в лабораторії агрохімії ІС НААН показав, що вміст гумусу в орному шарі (0–40 см) становить 0,69–2,07 %, рН водної витяжки є оптимальним для культивування рослин та дорівнює 6,47–6,81. Забезпеченість ґрунту лужногідролізованим азотом дуже

низька (за Корнфільдом), а вміст рухомих сполук фосфору (за Чіріковим) – високий у всіх горизонтах, в орному шарі ґрунту (0–40 см) – дуже високий. Загалом ґрунт садопридатний.

Дослідження проведено в польових умовах відповідно до «Программы и методики сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [15]. та «Методики проведення польових досліджень з плодовими культурами» [10].

Характеристику метеорологічних умов (елементів) місця проведення досліджень за період досліджень виконали на основі даних метеостанції Meteotrek, навчальної лабораторії «Плодоовочевий сад» НУБіП України.

Фізіологічні дослідження охоплювали визначення площі листової пластинки ваговим методом з відбором висічок за методикою Фулги [19].

У процесі статистичного опрацювання результатів польових і лабораторних вимірювань проводили дисперсійний і кореляційний аналіз за Доспеховим [4] із використанням засобів Excel за Меженським [11]. Економічне обґрунтування ефективності досліджуваних варіантів здійснювали за методикою Шестопада [9].

Результати дослідження. Відомо, що зміни погодних умов

Гаврилюк О. С., Бондаренко Ю. С., Бойчук Г. Ю., Петренко Д. В.

істотно перетворюють середовище існування сільськогосподарських рослин, унаслідок чого змінюються біохімічні процеси обміну в їхніх тканинах, терміни та тривалість органогенезу, іншою мірою реалізується генетичний потенціал [7]. Тому, для оцінювання сорту в процесі його вивчення обов'язковим завданням є дослідження фенологічних фаз розвитку рослин в певних кліматичних умовах, оскільки ріст та

розвиток передусім залежить від чинників довкілля.

Фенологічні спостереження проводяться від початку розпускання бруньок і до листопада (у нашому випадку – до закінчення періоду дозрівання плодів). Кожна фенофаза поділяється на три періоди (початок, середина і завершення). Тривалість їх проходження залежить від сортових особливостей та погодних умов. Результати наших спостережень внесені до табл. 1.

1. Дати настання основних фенологічних фаз яблуні (2021 р.)

Назва сорту	Фенологічні фази						
	Набубнявіння бруньок	Рихлий бутон	Початок квітування	Масове квітування	Завершення масового квітування	Початок інтенсивного росту пагонів	Завершення росту пагонів
‘Багачка’	14.04	29.04	01.05	03.05	07.05	05.05	16.07
‘Берегиня’	13.04	28.04	29.04	01.05	07.05	03.05	12.07
‘Гарант’	13.04	29.04	01.05	03.05	10.05	05.05	17.07
‘Голд Раш’	14.04	27.04	29.04	01.05	08.05	03.05	15.07
‘Джонаголд’	15.04	29.04	01.05	03.05	11.05	05.05	15.07
‘Джулія’	14.04	25.04	27.04	29.05	05.05	29.04	10.07
‘Дміана’	13.04	26.04	29.04	01.05	07.05	03.05	15.07
‘Паланка’	13.04	29.04	01.05	03.05	07.05	05.05	10.07
‘Розела’ (к)	14.04	28.04	29.04	01.05	07.05	03.05	11.07
‘Рубінола’	14.04	27.04	29.04	01.05	07.05	02.05	12.07
‘Сябріна’	14.04	26.04	29.04	02.05	09.05	02.05	15.07

Фенофаза набубнявіння бруньок пройшла у всіх сортів у короткі терміни з 13 по 15 квітня. На другий рік росту в саду фенофаза квітування була зафіксована у всіх досліджуваних сортів. Найбільш інтенсивно вона проходила у ‘Дміана’ (9 балів), тоді як решта сортів

квітували помірно (2-7 балів). Тривалість квітування досліджуваних сортів становила 7 (‘Паланка’, ‘Багачка’) – 11 днів (‘Джонаголд’). Погодні умови в цей період характеризувались пониженими температурами та опадами, що

Гаврилюк О. С., Бондаренко Ю. С., Бойчук Г. Ю., Петренко Д. В.

негативно позначилось на зав'язуванні плодів.

Початок інтенсивного росту пагонів відбувається у сортів яблуні одночасно із цвітінням. Тривалість росту пагонів становила 67 днів ('Паланка') –74 дні ('Голд Раш', 'Джулія', 'Сябріна', 'Багачка', 'Дміана').

У плодових рослин в процесі еволюції виникли й успадкувалися різні біологічні форми надземної частини. За формами, розмірами, будовою та довговічністю їх поділяють на певні групи.

Габітус (морфологія, зовнішній вигляд у рослини) диктує закономірності росту і плодоношення, дає уявлення про численні ознаки будови дерева в цілому і його окремих частин (тип галуження, густота крони, кути відходження основних (скелетних) гілок, напрям їх росту і розміщення, характер утворення плодоносної деревини, бруньок, листків та врожаю)[26]. Поєднання цих ознак залежить від віку дерев і тому постійно змінюється.

Вегетативна маса дерева є основою продуктивності саду і її показник напряму впливає на урожайність [23]. Основними функціями листка зеленої рослини є фотосинтез [25, 30], транспірація і

синтез ряду органічних речовин, у тому числі деяких фітогормонів (ауксинів, гіберелінів, абсцизової кислоти) [21, 28]. Крім цього, лист володіє пристосувальними властивостями до умов навколишнього середовища, що виражається в зміні площі асиміляційної поверхні рослини в залежності від факторів зовнішнього середовища [32, 33].

Відомо, що на формування одного плоду необхідно 25–30 листків [2]. Так, найбільша площа листової поверхні облікована в сортів 'Берегиня' (1284,32 м²/га) та 'Багачка' (1221,08 м²/га)(табл.2).

Високий показник показали сорти 'Дміана' (1186,96 м²/га), 'Джулія' (1153,7 м²/га), 'Розела' (1055,54 м²/га), 'Паланка' (953,33 м²/га). Дещо нижчий – у 'Сябріна' (870,48 м²/га) і 'Гарант' (705,15 м²/га). Слабкою облистяністю характеризувались сорти 'Голд Раш' (218,88), 'Рубінола' (412,0) та 'Джонаголд' (348,3 м²/га).

Колекційний сад було закладено у 2018 році й усі досліджувані сорти мають один вік та вирощені на одній підщепі (54-118), тому про ефективність і нарощування майбутньої урожайності можна сказати по габітусу дерева і окружності штамба.

2. Площа асиміляційної поверхні

Сорт	Середні показники				
	Кількість листків на рослині	Маса 20 листків	Маса висічки 20 листків	Площа листової поверхні на рослині (м ²)	Площа листової поверхні на 1 га (м ²)
‘Багачка’	528,0	20,1	0,87	1,22	1221,1
‘Берегиня’	708,6	17,6	0,97	1,28	1284,3
‘Гарант’	337,3	17,3	0,83	0,71	705,1
‘Голд Раш’	152,0	10,1	0,70	0,22	218,8
‘Джонаголд’	182,0	16,3	0,85	0,35	348,4
‘Джулія’	404,0	22,6	0,79	1,15	1153,7
‘Дміана’	434,0	22,7	0,83	1,19	1187,0
‘Паланка’	375,0	22,9	0,90	0,95	953,3
‘Розела’ (к)	674,3	15,3	0,98	1,06	1055,5
‘Рубінола’	257,6	15,7	0,98	0,41	412,0
‘Сябріна’	423,3	19,7	0,96	0,87	870,5
НІР	299,20	6,51	0,15	0,63	634,52

Досліджувані сорти за показником висоти дерева можна поставити в такий порядок (від вищих до нижчих): ‘Гарант’ (204,3 см), ‘Берегиня’ (196,7 см), ‘Паланка’ (193,5 см), ‘Сябріна’ (187,7 см),

‘Багачка’ (185,0 см), ‘Дміана’ (177,0 см), ‘Рубінола’ (177,0 см), ‘Голд Раш’ (166,3 см), ‘Джулія’ (161,7 см), ‘Джонаголд’ (159,3 см), і ‘Розела’ (156,7 см) (табл.3).

3. Біометричні показники росту дерев яблуні

Сорт	Середні показники, см					
	Висота дерева	Висота крони	Висота штамба	Діаметр крони	Діаметр штамба	Окружність штамба
‘Багачка’	185,0	127,3	57,7	105,2	3,0	9,4
‘Берегиня’	196,7	97,3	99,3	138,8	3,1	9,7
‘Гарант’	204,3	140,3	64,0	120,7	2,8	8,8
‘Голд Раш’	166,3	105,0	61,3	81,5	2,1	6,7
‘Джонаголд’	159,3	92,3	67,0	66,7	1,6	5,1
‘Джулія’	161,7	111,0	50,7	102,8	3,2	9,9
‘Дміана’	177,0	115,5	61,5	106,0	3,5	11,1
‘Паланка’	193,5	129,0	64,5	131,0	2,9	8,9
‘Розела’ (к)	156,7	88,3	68,3	68,8	2,8	8,6
‘Рубінола’	177,0	111,0	66,0	72,8	2,4	7,5
‘Сябріна’	187,7	136,7	51,0	99,7	3,2	10,1
НІР	35,61	53,1	41,29	45,04	1,02	3,13

За показником окружності наступному порядку (від більшого до меншого): ‘Дміана’ (11,1 см),

Гаврилюк О. С., Бондаренко Ю. С., Бойчук Г. Ю., Петренко Д. В.

‘Сябіна’ (10,1 см), ‘Джулія’ (9,9 см), ‘Берегиня’ (9,7 см), ‘Багачка’ (9,4 см), ‘Паланка’ (8,9 см), ‘Гарант’ (8,8 см), ‘Розела’ (8,6 см), ‘Рубінола’ (7,5 см), ‘Голд Раш’ (6,7 см), ‘Джонаголд’ (5,1 см).

Очікувана врожайність, як неодмінний компонент продуктивності саду, визначається у три етапи: за кількістю плодкових утворень, інтенсивністю цвітіння та перед збиранням плодів.

При дослідженні кількості сформованих плодкових утворень у

молодих дерев можна зробити наступні висновки: досліджувані сорти переважно формували кільцівки (45–75 % від загальної маси плодкових утворень), списики (10–49 %) і прутики (12–29 %).

Так кільцівковий (spurs type) тип плодоношення характерний для сортів ‘Сябіна’, ‘Гарант’, ‘Паланка’, ‘Берегиня’, ‘Голд Раш’, ‘Багачка’, ‘Джулія’. Змішаний тип плодоношення у ‘Джонаголд’, ‘Розела’, ‘Рубінола’, ‘Дміана’ (табл. 4).

4. Кількість плодкових утворень досліджуваних сортів яблуні наприкінці 2-го року росту в саду (підщепа 54-118)

Сорт	Середні показники					
	Кільцівки		Списики		Прутики	
	шт.	%	шт.	%	шт.	%
‘Багачка’	19,3	66,3	5,0	17,6	4,7	16,1
‘Берегиня’	23,7	69,9	5,0	15,6	4,7	14,5
‘Гарант’	31,7	72,6	6,7	15,7	5,0	11,7
‘Голд Раш’	31,3	68,2	7,7	17,2	6,3	14,6
‘Джонаголд’	9,5	45,4	11,0	45,0	2,0	9,7
‘Джулія’	13,7	63,0	3,3	15,7	4,7	21,3
‘Дміана’	10,5	50,0	4,5	28,9	4,5	21,2
‘Паланка’	21,0	55,2	4,0	19,0	4,0	26,0
‘Розела’ (к)	8,3	42,9	5,3	29,8	4,0	27,3
‘Рубінола’	10,3	55,3	3,0	16,8	5,7	27,9
‘Сябіна’	39,0	73,1	5,3	11,7	7,3	15,2

Найбільше плодкових утворень формувалось у сортів ‘Сябіна’ (52 шт.), ‘Голд Раш’ (45 шт.), ‘Гарант’ (43 шт.). Середня їх кількість утворилась у ‘Берегиня’ (33 шт.), ‘Паланка’ (29 шт.), ‘Багачки’ (29 шт.), найменша – у ‘Джонаголд’ (23 шт.), ‘Джулія’ (21 шт.), ‘Дміана’ (20 шт.), ‘Рубінола’ (19 шт.) та ‘Розела’ (18 шт.).

Кількість плодів, що зав’язалась на другий рік росту в саду була найвищою у сорту ‘Дміана’ (в середньому 20 шт./дерево). Високим цей показник був у сортів ‘Сябіна’ і ‘Голд Раш’ (13–14 плодів/дерево), середнім – у ‘Паланка’, ‘Гарант’, ‘Багачки’ (4–6 плодів/дерево) і низьким у ‘Джулія’ та ‘Берегиня’ (1–

Гаврилюк О. С., Бондаренко Ю. С., Бойчук Г. Ю., Петренко Д. В.

2 плода/дерево). Сорти 'Джонаголд' та 'Рубінола' плодів не зав'язали.

У садах інтенсивного типу стійкість сортів до шкідників і збудників хвороб набуває особливого значення, оскільки за більш щільного розміщення дерев виникає підвищена небезпека спалахів захворювань і швидкого поширення хвороб і шкідників [16]. Витрати на боротьбу зі шкідниками та хворобами при вирощуванні стійких сортів майже наполовину нижчі, ніж у садах зі звичайними неімунними сортами. Вважається, що біологічний потенціал сортів, імунних і високостійких проти грибних хвороб, є основою одержання стабільних, екологічно чистих і дешевих урожаїв [8]. На боротьбу з хворобами та шкідниками в яблуневих садах щорічно витрачається велика кількість пестицидів, що підвищує

вартість яблук, призводить до значного забруднення навколишнього середовища, знищення корисної ентомофауни, погіршення екологічного стану в насадженнях.

Стан плодівих дерев, їх сила росту, урожайність залежать від ураження хворобами [27]. На фоні чотирьох обприскувань проти комплексу грибних хвороб препаратами Хорус або Скор і Актара високою стійкістю (до 2 балів) до парші, борошнистої роси та бурої плямистості характеризувались сорти 'Джулія', 'Паланка', 'Берегиня', 'Гарант', 'Багачка'; із слабкими ураженнями були сорти (3–4 бали) – 'Дміана', 'Сябріна', 'Розела', 'Рубінола' із середньою уражуваністю (більше 5 балів) – 'Джонаголд' та 'Голд Раш' (табл. 5).

5. Ураження досліджуваних сортів до основних хвороб

Сорти	Парша, балів	Борошниста роса, балів	Бура плямистість, балів
'Багачка'	1	2	1
'Берегиня'	1	1	2
'Гарант'	2	2	2
'Голд Раш'	6	2	1
'Джонаголд'	5	7	2
'Джулія'	2	2	-
'Дміана'	2	2	3
'Паланка'	2	1	1
'Розела' (к)	2	2	3
'Рубінола'	4	2	3
'Сябріна'	2	1	3

Основним завданням для кожного виробництва є отримання прибутку. Виробництво плодів яблуні не є винятком – нові системи догляду, нові

сорта і гібриди з вищими показниками якості та ефективності спрямовані насамперед для задоволення потреб виробника, мета

Гаврилюк О. С., Бондаренко Ю. С., Бойчук Г. Ю., Петренко Д. В.

якого одна – з меншими затратами отримати більші прибутки. Тому показник економічної ефективності є однією з основ для ствердження про доцільність вирощування того чи іншого сорту.

Яблуня є культурою багаторічною і нарощування врожайності відбувається, залежно від підщепи і сорту, від 3 років до 10 років. Тому дана культура вимагає високих капіталовкладень, при цьому маючи довгий строк окупності.

На закладання яблуневого саду площею 1 гектар (схема садіння 4×2,5 м) за даними ІС НААН потрібно приблизно 270 тис. грн. Ця сума включає в себе: витрати коштів на підготовку земельної ділянки, маркування площі, копання ям,

внесення органічних і мінеральних добрив та безпосередню посадку саджанців. Також одним із важливих моментів є закладання поливу, без якого в наш час отримання високої кількості і якості продукції неможливе.

На утримання яблуневого саду до вступу в товарне плодоношення у рік потрібно 107 тис. грн. Ця сума включає в себе: заробітну плату працівникам, витрати на мінеральні та органічні добрива, препарати для захисту саду.

Досліджувані сорти на другий рік росту в саду дали урожай перших плодів. У таблиці 6 змодельовано продуктивність насадження 3-го року після садіння.

6. Змодельована окупність молодих насаджень яблуні за роками вегетації

Сорт	3 рік вегетації			6 рік вегетації		
	Урожайність на 3 рік вегетації (т)	Виручка (тис.грн) з 1 га	Прибуток (тис. грн) з 1 га	Урожайність на 4 рік вегетації (т)	Виручка (тис.грн) з 1 га	Прибуток (тис. грн) з 1 га
‘Багачка’	3,0	21,0	-86	30	210	103
‘Берегиня’	3,0	21,0	-86	30	210	103
‘Гарант’	3,0	21,0	-86	30	210	103
‘Голд Раш’	3,0	21,0	-86	30	210	103
‘Джонаголд’	3,5	24,5	-82,5	35	245	138
‘Джулія’	3,5	24,5	-82,5	35	245	138
‘Дміана’	3,5	24,5	-82,5	35	245	138
‘Паланка’	3,5	24,5	-82,5	35	245	138
‘Розела’ (к)	2,5	17,5	-89,5	25	175	68
‘Рубінола’	2,5	17,5	-89,5	25	175	68
‘Сябріна’	2,7	18,9	-88,1	27	189	82

Водночас витрати на його вирощування ще не окупаються. На 6-

й рік росту в саду спрогнозована урожайність дерев, яка забезпечує

Гаврилюк О. С., Бондаренко Ю. С., Бойчук Г. Ю., Петренко Д. В.
високий рівень рентабельності
насадження (табл. 7).

7. Змодельована рентабельність виробництва сортів яблуні

Сорт	Товарна врожайність, т	Виручка (тис.грн) з 1 га	Прибуток (тис. грн) з 1 га	Рентабельність, %
‘Багачка’	30	210	103	96,3
‘Берегиня’	30	210	103	96,3
‘Гарант’	30	210	103	96,3
‘Голд Раш’	30	210	103	96,3
‘Джонаголд’	35	245	138	128
‘Джулія’	35	245	138	128
‘Дміана’	35	245	138	128
‘Паланка’	35	245	138	128
‘Розела’ (к)	25	175	68	63,6
‘Рубінола’	25	175	68	63,6
‘Сябріна’	27	189	82	76,6

Примітка: Вартість 1 т продукції при оптовому продажі становить 7000 грн.

Витрати на закладання і вирощування молодого саду починають окупатись на 6-й рік після посадки (2024 р.). Строк окупності капітальних витрат становить 4 роки з моменту вступу в товарне плодоношення (2024–2028 рр.).

З точки зору рентабельності доцільним є вирощування всіх сортів. Такі сорти як: ‘Дміана’, ‘Джулія’, ‘Джонаголд’ і ‘Паланка’ мають найвищі показники рентабельності (128%), тоді як у ‘Розела’ і ‘Рубінола’, цей показник найменший (63,6%).

Висновки і перспективи. Фенофаза набухання бруньок пройшла у всіх сортів у короткі терміни з 13 по 15 квітня. Найбільш інтенсивно квітування відбувалось у ‘Дміана’ (9 балів), тоді як решта сортів — помірно (2–6 балів). Тривалість квітування становила 7 (‘Паланка’, ‘Багачка’) – 11 днів (‘Джонаголд’). Тривалість росту

пагонів — 67 (‘Паланка’) – 74 дні (‘Голд Раш’, ‘Джулія’, ‘Сябріна’, ‘Багачка’, ‘Дміана’).

Кількість плодів, що зав’язалась на другий рік в саду була найвищою у сорту ‘Дміана’ (в середньому 20 шт./дереву). Високим цей показник був у сортів ‘Сябріна’ і ‘Голд Раш’ (13–14 плодів/дереву), середнім – у ‘Паланка’, ‘Гаранта’, Багачки (4–6 плодів/дереву) і низьким у ‘Джулія’ та ‘Берегиня’ (1–2 плода/дереву). Сорти ‘Джонаголд’ та ‘Рубінола’ плодів не зав’язали. Результати досліджень показали, що більшість досліджуваних сортів виявилися скороплідними.

Найбільше плодів утворень формувалось у сортів ‘Сябріна’ (52 шт.), ‘Голд Раш’ (45 шт.), ‘Гарант’ (43 шт.). Середня кількість утворилась у ‘Берегиня’ (33 шт.), ‘Паланка’ (29 шт.), ‘Багачки’ (29 шт.), ‘Джонаголд’ (23 шт.), найменша – у

Гаврилюк О. С., Бондаренко Ю. С., Бойчук Г. Ю., Петренко Д. В.

‘Джулія’ (21 шт.), ‘Дміана’ (20 шт.), ‘Рубінола’ (19 шт.) та ‘Розела’ (18 шт.). За цими даними можна стверджувати, що у даних сортів на третій рік після садіння відбувається нарощування продуктивності.

Досліджувані сорти на 2-й рік після садіння мають висоту 204 (‘Гарант’) - 156 см (‘Розела’). Найбільшу окружність штамба мали сорти: ‘Дміана’ (11,1 см), ‘Сябріна’ (10,1 см), ‘Джулія’ (9,9 см), ‘Берегиня’ (9,7 см), ‘Багачка’ (9,4 см), середню – ‘Паланка’ (8,6 см), ‘Гарант’ (8,8 см), ‘Розела’ (8,6 см), ‘Рубінола’ (7,5 см) і найменшу – сорти ‘Голд Раш’ (6,7 см) та ‘Джонаголд’ (5,1 см).

Прослідковується закономірність: малий діаметр штамба корелює з невеликим розміром самого дерева у сортів ‘Рубінола’, ‘Голд Раш’, ‘Джонаголд’, і ‘Розела’. Сорти з великою окружністю штамба характеризуються значною силою росту дерева (‘Берегиня’, ‘Паланка’, ‘Сябріна’, ‘Багачка’). Винятками є сорти ‘Гарант’ (високе дерева з досить малою окружністю штамба) та ‘Джулія’ і ‘Дміана’ (велика

окружність штамба при низькій висоті дерев).

Найбільша площа листової поверхні виявилась у сортів ‘Берегиня’ (1284,32 м²/га) та ‘Багачка’ (1221,08 м²/га). Високий показник показали сорти ‘Дміана’ (1186,96 м²/га), ‘Джулія’ (1153,7 м²/га), ‘Розела’ (1055,54 м²/га), ‘Паланка’ (953,33 м²/га). Дещо нижчий – у ‘Сябріна’ (870,48 м²/га) і ‘Гаранта’ (705,15 м²/га). Слабкою облистяністю характеризувались сорти ‘Голд Раш’ (218,88 м²/га), ‘Рубінола’ (412,0 м²/га) та ‘Джонаголд’ (348,3 м²/га).

Такі сорти як — ‘Дміана’, ‘Джулія’, ‘Джонаголд’ і ‘Паланка’ мають найвищі показники рентабельності (128%), тоді як у ‘Розела’ і ‘Рубінола’, цей показник найменший (63,6%).

Рекомендації виробництву. На основі проведених досліджень всі досліджувані сорти рекомендуються для вирощування в Київській області.

Особливої уваги заслуговують сорти ‘Дміана’, ‘Джулія’ і ‘Паланка’, які показали найкращі результати за показниками продуктивності та стійкості до комплексу збудників хвороб.

яблунь. *Вісник аграрної науки*, 2019 а. 97(6), 27-34. doi.org/10.31073/agrovisnyk201906-04

3. Галат Л. М. Плодоовочева складова у формуванні продовольчої безпеки України. *Агровісті*, 2020, Вип. 2, с. 89–100. doi.org/10.32702/2306-6792.2020.2.89

4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической

Список використаних джерел

1. Агрокліматичний довідник по території України / за редакцією: Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіді, А. Л. Прокопенка. Кам’янець-Подільський : ПП Галагодза Р.С., 2011. 108 с

2. Гаврилюк О., Кондратенко Т., Гончарук, Ю. Особливості формування продуктивності колоноподібних

- Гаврилюк О. С., Бондаренко Ю. С., Бойчук Г. Ю., Петренко Д. В. Обработка результатов исследования. Москва : Колос, 1979. 416 с.
5. Заморський В.В., Заморський О.О. Формування та Реалізації продуктивності яблуневого саду в зоні Центрального Лісостепу. Вісник аграрної науки. 1999. №9 С. 58-61 с.
 6. Исаева И. С. Продуктивность Яблони: (процесс формирования). М.: МГУ. 1989. – 149 с.
 7. Кондратенко Т. Є., Кондратенко П. В. Фенологія яблуні (*Malus domestica* Borkh.) на Київщині в умовах зміни клімату. Сортовивчення та охорона прав на сорти рослин. 2015. № 1–2 (26–27). С. 49–53.
 8. Кондратенко Т.Є. сорти яблуні для стабільного виробництва продукції. *Садівництво*. 2004, Вип. 55. С 72–78 .
 9. Методика економічної та енергетичної оцінки типів плодоягідних насаджень, помологічних сортів і результатів технологічних досліджень у садівництві / За ред. О.М. Шестопаля. Київ : Інститут садівництва УААН, 2002. 133 с.
 10. Кондратенко П.В., Бублик М.О. Методика проведення польових досліджень з плодовими культурами: Київ Аграрна наука. 1996 р.
 11. Основи наукових досліджень у садівництві. Розрахунки в Microsoft Excel: Навчальний посібник. Київ: Видавництво Ліра-К 2017, 212 с.
 12. Апостолов О.А. Парниковий ефект і зміни клімату в Україні: оцінка та наслідки: монографія / за ред. Академіка НАН України В. І. Лялька; К.: Наукова думка, 2015. 286 с.
 13. Кондратенко Т.Є., Кузьмінець О.М. Помологія. Поширені та перспективні сорти зерняткових культур: навч. пос. Київ : ЦП Компринт, 2018. 227 с.
 14. Помологія. Яблуна / під загальною редакцією П.В. Кондратенка, Т.Є. Кондратенко. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2013. 626с., іл.
 15. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под ред. Е. Н. Седова, Т. П. Огольцовой. Орел: Изд-во Всероссийского научно-исследовательского института селекции плодовых культур, 1999. 608 с.
 16. Савельев, Н. И. Создание новых сортов плодовых культур с генетической устойчивостью к болезням, высоким содержанием витаминов. пригодных для получения продуктов питания функционального назначения. *Проблемы НИИР и развития субтропического и южного садоводства*, (2001-2002), 2007 106-107.
 17. Головецький І.І., Лосєв О.М. Санітарно-гігієнічні аспекти ведення бджільництва. К.: ТОВ «НВП» Інтерсервіс, 2013. 312 с
 18. Сіленко В. О. Сучасні технології садівництва. 2015, 196 с.
 19. Фулга И. Г. Изучение фотосинтетической поверхности растений. Кишенев: Картя Молдовеняскэ, 1975.
 20. Bergamini A., Giongo, L. Red Earlib: a new red scab resistant apple cultivar. In *International Symposium on Apple Breeding for Scab Resistance 595*, 2000, (pp. 83-86). doi.org/[10.17660/ActaHortic.2002.595.13](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.595.13)
 21. Blanco F., Folegatti M. A new method for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants. *Horticultura Brasileira*, 2003. 21(4), 666-669. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362003000400019>
 22. Brown S. K., Maloney K. E., Hemmat, M., Aldwinckle H. S. Apple breeding at Cornell: Genetic studies of fruit quality, scab resistance and plant architecture. In *XI Eucarpia Symposium on Fruit Breeding and Genetics 663*(pp. 693-698), 2003. doi.org/[10.17660/ActaHortic.2004.663.124](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.663.124)
 23. Fideghelli C., Sartori A., & Grassi F. Fruit tree size and architecture. In *XXVI International Horticultural Congress: Genetics and Breeding of Tree Fruits and Nuts 622*(pp. 279-293), 2002. doi.org/[10.17660/ActaHortic.2003.622.26](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.622.26)
 24. Fischer C. Apple breeding in the Federal centre for plant breeding research, institute for fruit breeding at Dresden-Pillnitz, Germany. In *Eucarpia symposium on Fruit Breeding and Genetics 538* (pp. 225-227). 1999. doi.org/[10.17660/ActaHortic.2000.538.38](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.538.38)
 25. Formaggio E., Cinque, G., Bassi, R. Functional architecture of the major light-harvesting complex from higher plants. *Journal*

- Гаврилюк О. С., Бондаренко Ю. С., Бойчук Г. Ю., Петренко Д. В. *of molecular biology*, 2001, 314(5), 1157-1166. <https://doi.org/10.1006/jmbi.2000.5179>
26. Gelvonauskienė D., Gelvonauskis B., Sasnauskas A. Impact of rootstocks on columnar apple tree growth in a nursery. *Sodininkystė ir daržininkystė*, 2006, 25, 51-56. Retrieved from [http://www.lsd.lt/straipsniai/25\(3\).pdf#page=51](http://www.lsd.lt/straipsniai/25(3).pdf#page=51)
27. Gessler C., Patocchi A., Sansavini, S. Tartarini, S., Gianfranceschi L.. Venturia inaequalis resistance in apple. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 2006, 25(6), 473-503. DOI: <https://doi.org/10.1080/07352680601015975>
28. Gibson J. P., Gibson T. R. Plant ecology. Infobase Publishing. 2006. 189 p.
29. Havryliuk O. S., Kondratenko, T. E., & Kytaiev, O. I. Діагностика функціонального стану рослин колоноподібних сортів яблуні. *Науковий журнал «Рослинництво та ґрунтознавство»*, 2019б. 10(2), 70-80. DOI:<http://dx.doi.org/10.31548/agr2019.02.070>
30. Havryliuk O. S.; Kondratenko, T. Ye. Структурно-функціональний стан листків колоноподібних сортів яблуні в умовах Київщини. *Наукові доповіді НУБіП України*, 2 (84). 2020. <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.02.013>
31. Lapins K.O. Segregation of compact growth types in certain apple seedling progenies. *Canadian Journal of Plant Science*, 1969, 49.6: 765-768. <https://doi.org/10.4141/cjps69-130>
32. Schulze E., Beck, E., Müller-Hohenstein, K. *Plant Ecology*–Springer Berlin. 2005.
33. Valk A. *Herbaceous plant ecology: recent advances in plant ecology*. Springer. 2009. 368 p.
34. Vasylenko, O., Kondratenko, T., Havryliuk, O., Andrusyk, Y., Kutovenko, V., Dmytrenko, Y., ... & Marchyshyna, Y. (2021). The study of the productivity potential of grape varieties according to the indicators of functional activity of leaves. *Slovak Journal of Food Sciences*, 15. <https://doi.org/10.5219/1638>
35. Shevchuk, L., Grynyk, I., Levchuk, L., Babenko, S., Podpriatov, H. & Kondratenko, P. Fruit Quality Indicators of Apple (*Malus domestica* Borkh.) Cultivars Bred in Ukraine. *Journal of Horticultural Research*, 2021, 29(2) 95-106. <https://doi.org/10.2478/johr-2021-0019>

References

1. Adamenko, T., Kulbida, M., & Prokopenko, A. (2011) *Ahroklimatychnyi dovidnyk po terytorii Ukrainy [Agroclimatic guide to the territory of Ukraine]*. Kamyanets-Podilsky: PE Galagodza. S. 108. (In Ukrainian)
2. Havryliuk, O., Kondratenko, T. & Honcharuk, Yu. (2019b). Osoblyvosti formuvannya produktyvnosti kolonopodibnykh yablun [Features of formation of productivity of columnar apple-tree]. *Bulletin of Agricultural Science*. №6 (795): 27-34. DOI: doi.org/10.31073/agrovisnyk201906-04
3. Galat, L. (2020). Plodoovocheva skladova u formuvanni prodovolchoi bezpeky Ukrainy [Fruit and vegetable component in the formation of food security of Ukraine], *Agrosvit*, vol. 2, pp. 89–100. (In Ukrainian). DOI: [10.32702/2306-6792.2020.2.89](https://doi.org/10.32702/2306-6792.2020.2.89)
4. Dospikhov, B. A. (1979). *Metodyka polevoho opyta: (S osnovamy statystycheskoi obrabotky rezultatov yssledovanyi [Field experience methodology: (With the basics of statistical processing of research results)]*. S. 416. (In Russian)
5. Zamorskyi, V.V., & Zamorskyi, O.O. (1999). *Formuvannya ta Realizatsii produktyvnosti yablunevoho sadu v zoni Tsentralnoho Lisostepu [Formation and Implementation of productivity of the apple orchard in the Central Forest-Steppe zone]*. *Bulletin of Agricultural Science*. Vol 9, S. 58-61. (In Ukrainian)
6. Isaeva, I. S.. (1989). *Produktivnost' Yabloni: (process formirovaniya) [Apple tree productivity: (formation process)]*. 149 s. (In Russian)
7. Kondratenko T. Ye., & Kondratenko P. V. (2015). Fenolohiia yabluni (*Malus domestica* Borkh.) na Kyivshchyni v umovakh zminy klimatu [Phenology of the apple tree (*Malus domestica* Borkh.) in the Kiev region in a temperate climate]. *Plant Varieties Studying and Protection*. № 1–2 (26–27). S. 49–53. (In Ukrainian)

Гаврилюк О. С., Бондаренко Ю. С., Бойчук Г. Ю., Петренко Д. В.

8. Kondratenko, T. Ye. (2004). Sorty yabluni dlia tekhnolohii stabilnoho vyrobnytstva produktsii [Varieties of apple trees for technologies of stable production of products]. *Sadivnytstvo*. Vol. 55. 72–78 s. (In Ukrainian)
9. Shestopal, O. M. (2002). Metodyka ekonomichnoi ta enerhetychnoi otsinky typiv plodovo-yahidnykh nasadzen, pomolohichnykh sortiv i rezultativ tekhnolohichnykh doslidzhen u sadivnytstvi [Methods of economic and energy assessment of types of fruit and berry plantations, pomological varieties and results of technological research in horticulture]. 133 s. (In Ukrainian)
10. Kondratenko, P. V., & Bublyk, M. O. (1996). Metodyka provedennia polovykh doslidzhen z plodovymy kulturamy [Methods of conducting field research with fruit crops]. S. 95. (In Ukrainian)
11. Mezhenskyi, V. M. (2017). Osnovy naukovykh doslidzhen u sadivnytstvi. Rozrakhunky v Microsoft Excel: Navch. Posibnyk [Fundamentals of research in horticulture. Calculations in Microsoft Excel: A Tutorial]. S. 212. (In Ukrainian)
12. Lialko, V. I., Yelistratova, L. O., Kulbida, M. I., Apostolov, O. A., & Barabash, M. M. (2015). Parnykovi efekt i zmini klimatu v ukraini: otsinky ta naslidky [Greenhouse effect and climate change in Ukraine: assessment and consequences: monograph]. S. 286. (In Ukrainian)
13. Kondratenko, T. Ye., & Kuzminets, O. M. (2018). Pomolohiia. Poshyreni ta perspektyvni sorty zerniatkovykh kultur [Pomology. Common and promising varieties of grain crops]. S. 227. (In Ukrainian)
14. Kondratenko, P. V., & Kondratenko, T. Ye. (2013). Pomolohiia. Yablunia [Pomology. Apple]. s. 626. (In Ukrainian)
15. Sedov, E. N., & Ogol'cova, T. P. (1999). Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur [Program and methodology for variety study of fruit, berry and nut crops]. s. 608. (In Russian)
16. Holovetskyi, I. I., & Losiev, O. M. (2013). Sanitarno-hihiienichni aspekty vedennia bdzhilnytstva [Sanitary and hygienic aspects of beekeeping]. s. 312. (In Ukrainian)
17. Silenko, V. O. (2015). Suchasni tekhnolohii sadivnytstva [Modern gardening technologies]. S. 196. (In Ukrainian)
18. Havryliuk, O., & Kondratenko, T. (2020). Strukturno-funksionalnyi stan lystyviv kolonopodibnykh sortiv yabluni v umovakh Kyivshchyny [THE INTENSITY OF PHOTOSYNTHESIS OF THE SURFACE OF COLUMNAR APPLE-TREE IN THE CONDITIONS OF KYIV]. 0(2(84)). DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.02.013>
19. Navryliuk, O., Kondratenko, T., & Kytaiev, O. (2019b). Diahnostyka funktsionalnoho stanu roslyn kolonopodibnykh sortiv yabluni [Diagnostics of the functional state of plants of colonial varieties of apple]. *PLANT AND SOIL SCIENCE*, 10(2), 70-80. (In Ukrainian). DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/agr2019.02.070>
20. Fulga, I. G. (1975). Izuchenie fotosinteticheskoy poverkhnosti rastenij [Study of the photosynthetic surface of plants]. Kishenev: Kartya Moldovenyashkeh. (In Russian)
21. Kondratenko, T. E., & Kondratenko, P. V. (2015). Fenologiya yabluni (*Malus domestica* Borkh.) na Kievshchine v usloviyakh izmeneniya klimata [Phenology of the apple tree (*Malus domestica* Borkh.) in the Kyiv region under the conditions of climate change]. *Plant Varieties Studying and Protection*, (1-2 (26-27)). 49-53 s. (In Russian)
22. Lapins, K. (1969). Segregation of compact growth types in certain apple seedling progenies. *Canadian Journal of Plant Science*, 49(6), 765-768. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjps69-130>
23. Blanco, F. F., & Folegatti, M. V. (2003). A new method for estimating the leaf area index of cucumber and tomato plants. *Horticultura Brasileira*, 21(4), 666-669. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362003000400019>
24. Gibson, J. P. & Gibson, T. R. (2006). *Plant ecology*. Infobase Publishing. 189 p.
25. Schulze, E. D., Beck, E., & Müller-Hohenstein, K. (2005). *Plant Ecology*—Springer Berlin.
26. Valk, A. (2009). *Herbaceous plant ecology: recent advances in plant ecology*. Springer. 368.

Гаврилюк О. С., Бондаренко Ю. С., Бойчук Г. Ю., Петренко Д. В.

27. Bergamini, A., & Giongo, L. (2000, September). Red Earlib: a new red scab resistant apple cultivar. In *International Symposium on Apple Breeding for Scab Resistance* 595 (pp. 83-86). DOI: doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.595.13
28. Brown, S. K., Maloney, K. E., Hemmat, M., & Aldwinckle, H. S. (2003, September). Apple breeding at Cornell: Genetic studies of fruit quality, scab resistance and plant architecture. In *XI Eucarpia Symposium on Fruit Breeding and Genetics* 663 (pp. 693-698). DOI: doi.org/10.17660/ActaHortic.2004.663.124
29. Fideghelli, C., Sartori, A., & Grassi, F. (2002, August). Fruit tree size and architecture. In *XXVI International Horticultural Congress: Genetics and Breeding of Tree Fruits and Nuts* 622 (pp. 279-293). DOI: doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.622.26
30. Fischer, C. (1999, September). Apple breeding in the Federal centre for plant breeding research, institute for fruit breeding at Dresden-Pillnitz, Germany. In *Eucarpia symposium on Fruit Breeding and Genetics* 538 (pp. 225-227). DOI: doi.org/10.17660/ActaHortic.2000.538.38
31. Formaggio, E., Cinque, G., & Bassi, R. (2001). Functional architecture of the major light-harvesting complex from higher plants. *Journal of molecular biology*, 314(5), 1157-1166. DOI: <https://doi.org/10.1006/jmbi.2000.5179>
32. Gelvonauskienė, D., Gelvonauskis, B., & Sasnauskas, A. (2006). Impact of rootstocks on columnar apple tree growth in a nursery. *Sodininkystė ir daržininkystė*, 25, 51-56. Retrieved from [http://www.lsd.lt/straipsniai/25\(3\).pdf#page=51](http://www.lsd.lt/straipsniai/25(3).pdf#page=51)
33. Gessler, C., Patocchi, A., Sansavini, S., Tartarini, S., & Gianfranceschi, L. (2006). Venturia inaequalis resistance in apple. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 25(6), 473-503. DOI: <https://doi.org/10.1080/07352680601015975>
34. Savel'ev, N. I. (2007). Sozdanie novykh sortov plodovykh kul'tur s geneticheskoy ustojchivost'yu k bolezniam, vysokim soderzhaniem vitaminov. prigodnykh dlya polucheniya produktov pitaniya funkcional'nogo naznacheniya [Creation of new fruit crops with genetic probability, high availability of vitamins. acceptable for functional food products]. 106-107 s. (In Russian)
35. Shevchuk, L., Grynyk, I., Levchuk, L., Babenko, S., Podpriatov, H. & Kondratenko, P. (2021). Fruit Quality Indicators of Apple (*Malus domestica* Borkh.) Cultivars Bred in Ukraine. *Journal of Horticultural Research*, 29(2) 95-106. <https://doi.org/10.2478/johr-2021-0019>

FORMATION OF PRODUCTIVITY OF APPLE VARIETIES UNDER THE CONDITIONS OF KYIV REGION

O. S. Havryliuk, Y. S. Bondarenko, H. U. Boichuk, D. V. Petrenko

Abstract. Growing high harvest of fruit in apple orchards is one of the priority tasks of gardeners in Ukraine. It is important to place the plantations in the most favorable zones for climatic conditions and in areas with appropriate soil conditions for certain apple varieties. This is achieved by introducing high-yielding, early-fruited, immune varieties with high fruit qualities, introducing appropriate rootstocks, especially weak and medium-sized, using optimal planting schemes, the correct methods of pruning trees.

The aim is to study the productivity of new apple varieties in the Kyiv region.

The research was performed during 2020-2021 at the Department of Horticulture prof. V.L. Symyrenko NULES of Ukraine. The experimental base for the research was apple orchards, which are located on the territory of the Training Laboratory "Fruit and Vegetable Garden" of NULES of Ukraine (Kyiv). The research site is located in

Гаврилюк О. С., Бондаренко Ю. С., Бойчук Г. Ю., Петренко Д. В.

the northern part of the Forest-Steppe of Ukraine. In the course of research conducted phenological observations, also, studied the morphological features of young plants, determined the assimilation surface area, counted the number of fruit formations, established the resistance of the studied varieties to the complex of pests and diseases, and determined the economic efficiency of growing new apple varieties in Kyiv region. The most intensive flowering took place in 'Dmiana' (9 points), while the other varieties - about (2-6 points). Flowering time was 7 ('Palanka', 'Bahachka') - 11 days ('Dzhonahold'). Shoot duration - 67 ('Palanka') - 74 days ('Hold Rash', 'Dzhuliia', 'Siabrina', 'Bahachka', 'Dmiana').

The number of fruits tied for the second year in the garden was the highest in the 'Dmiana' variety (average 20 pieces / tree). The results of research showed that most of the studied varieties were precocious.

Most fruit formations were formed in the varieties 'Siabrina' (52 pieces), 'Hold Rash' (45 pieces), 'Harant' (43 pieces). According to the data obtained, it can be stated that in these varieties for the third year after planting there is an increase in productivity.

The studied varieties for the 2nd year after planting have a height of 204 cm ('Harant') - 156 cm ('Rozela'). There is a pattern: the small diameter of the trunk correlates with the small size of the tree itself in the varieties 'Rubinola', 'Hold Rash', 'Dzhonahold', and 'Rozela'. Varieties with a large trunk circumference are characterized by significant tree growth ('Berehynia', 'Palanka', 'Siabrina', 'Bahachka'). The exceptions are 'Harant' (tall trees with a fairly small trunk circumference) and 'Dzhuliia' and 'Dmiana' (large trunk circumference at low tree height).

The largest leaf surface area was found in the varieties 'Berehynia' (1284.32 m² / ha) and 'Bahachka' (1221.08 m² / ha). 'Hold Rash' (218.88 m² / ha), 'Rubinola' (412.0 m² / ha) and 'Dzhonahold' (348.3 m² / ha) were characterized by weak foliage.

From the point of view of profitability it is expedient to grow all varieties. Varieties such as 'Dmiana', 'Dzhuliia', 'Dzhonahold' and 'Palanka' have the highest profitability rates (128 %), while 'Rozela' and 'Rubinola' have the lowest rates (63.6 %).

Based on research, all varieties are recommended for cultivation in the Kiev region. Of particular note are the varieties 'Dmiana', 'Dzhuliia' and 'Palanka', which showed the best results in terms of productivity and resistance to a complex of diseases.

Keywords. *apple tree, variety, productivity, flowering, fruit formation, profitability*

**ВПЛИВ ТЕПЛО- ТА ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ НА ПРОЯВ
СЕЛЕКЦІЙНО-ЦІННИХ КІЛЬКІСНИХ ОЗНАК ЛІНІЙ КАБАЧКА****Ю. М. ЛАНКАСТЕР**, аспірант

E-mail: ovoch.iob@gmail.com

С. І. КОНДРАТЕНКО, доктор сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник, завідувач відділом селекції і насінництва
овочевих і баштанних культур*Інститут овочівництва і баштанництва НААН*

E-mail: shtirlitsmail@gmail.com

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.01.011>

Анотація. Вступ. Одним із пріоритетних завдань сучасної селекції кабачка є створення сортів і гібридів F_1 , які б поєднували високу продуктивність та стійкість до абіотичних факторів вирощування. Мета – дослідити кореляційні зв'язки між рівнем прояву кількісних ознак і гідротермічним коефіцієнтом (ГТК) у селекційно-цінних ліній кабачка та визначити перспективні форми з низькою залежністю від кліматичних умов вирощування. Методи. Селекційну роботу проводили з 20 лініями кабачка іноземного походження. Кореляційний зв'язок визначали між ГТК та ознаками, що є структурними компонентами урожайності та визначають фенологічні фази розвитку рослин. Результати. Одержано 3 перспективні лінії (ЛК 17-11, РВЛ-19, ВЛ-91), у яких мав місце середньої сили кореляційний зв'язок між ГТК та тривалістю періоду плодоношення ($r_p = 0,37...0,45$). Виділена група ліній (ЛК 17-42, ЛК 17-44, ЛК 17-47), у яких за показниками урожайності та продуктивності рослин спостерігався середній і помірний кореляційний зв'язок з ГТК ($r_p = 0,3...0,70$). Виділилася одна лінія, ЛК-17-11, яка мала слабкі кореляційні зв'язки з ГТК за трьома важливими кількісними ознаками – “Загальна урожайність”, “Товарна урожайність”, “Загальна продуктивність однієї рослини” ($r_p = 0,12...0,14$). Висновки і перспективи. Одержані дані щодо кореляційних взаємовідносин між ГТК і селекційно-цінними кількісними ознаками є цінним інформаційним джерелом в аспекті прогнозу їх прояву у відібраних ліній кабачка, серед яких є такі важливі як “Загальна урожайність” і “Період плодоношення”. Одержані дані дозволять суттєво спростити добір вихідного матеріалу для проведення екологічної селекції кабачка.

Ключові слова: кабачок, лінія, гідротермічний коефіцієнт, кореляційний зв'язок, кількісні ознаки

Актуальність. Дослідженнями Інституту овочівництва і баштанництва НААН доведена принципова можливість і економічна доцільність вирощування кабачка в зоні Східного Лісостепу України [1; 2;

3]. Доведено, що зовнішні чинники вирощування по різному впливають на продуктивність рослин кабачка у різні періоди вегетації, внаслідок чого спостерігається значна варіація прояву ряду селекційно-цінних кількісних

Ланкастер Ю. М., Кондратенко С. І.

ознак, які є структурними компонентами урожайності та тривалості вегетаційного періоду [4]. Про процеси, які відбуваються у різних видів рослин під дією чинників довкілля, свідчать ряд зовнішніх і внутрішніх їх ознак, які змінюються в онтогенезі у відповідності з їх біологічними особливостями [5]. На розвиток рослин кабачка впливають численні чинники – світло, тепло, волога, ґрунти, наявність питомих речовин та ін. Всі ці чинники діють не ізольовано один від одного, а у тісній взаємодії, водночас результат їх дії на вегетацію рослин є інтегральним [4]. Виходячи з вищенаведеного, нами було досліджено вплив тепло- і вологозабезпеченості на прояв цінних з селекційної точки зору кількісних ознак ліній кабачка, створених на основі генетичних джерел іноземного походження. Для цієї мети був проведений розрахунок гідротермічного коефіцієнту (ГТК) Селянінова за весняно-літній період (травень-серпень), який припадає на проходження основних фаз розвитку рослин кабачка упродовж вегетаційного періоду для певного року польових досліджень [6]. У подальшому було проведено кореляційний аналіз між рівнем прояву кількісних ознак ліній кабачка і ГТК за роками досліджень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кабачок – овочева рослина, яка досить вимоглива до вологи і здатна найефективніше

реалізувати сортові апробаційні характеристики за оптимальної денної позитивної температури 20–25 °С. Недостатня відсутність опадів у період вегетації негативно впливає на продуктивність рослин та знижує якість плодів. Оптимальна вологість ґрунту для вирощування високого врожаю плодів кабачка повинна становити 70–80 % НВ, а відносна вологість повітря – 80–85 %. Тому збереження оптимального режиму зволоження і температури є досить важливим фактором при створенні вихідного селекційного матеріалу [4]. Залежно від кліматичної зони вирощування середня урожайність кабачка в Україні коливається в межах 35–50 т/га [7; 8]. Для східної частини Лісостепу України характерний помірноконтинентальний клімат. Середня багаторічна сума активних температур становить 2669 °С, а середня температура повітря за місяці, в які проходить вегетаційний період овочевих рослин (травень–вересень) складає +17 °С [9]. У першій декаді квітня відбувається перехід середньодобової температури повітря через +5 °С. Середня багаторічна температура повітря у червні становить +18,9 °С, в липні +21,0 °С, в серпні +19,7 °С. Максимальна температура повітря у літній період в окремі роки сягає +37 °С, а на поверхні ґрунту до +54 °С. У вересні середньодобова температура повітря становить +14,1 °С. Більшість діб з опадами (35–40 мм) приходить на літній період. За вегетаційний період

Ланкастер Ю. М., Кондратенко С. І.

овочевих видів рослин кількість опадів у середньому складає 285,0 мм.

Існуючі сорти кабачка української селекції переважно відносяться до інтенсивного типу вирощування і в значній мірі залежать від сприятливих місцевих ґрунтово-кліматичних умов вирощування, що не завжди досягається за сучасних змін клімату у бік збільшення жари, посухи та зменшеної кількості опадів [7; 10]. Отже, одним із пріоритетним завдань сучасної селекційної кабачка є створення високоадаптивних сортів і гібридів F_1 з високою стійкістю до абіотичних факторів вирощування. Проведені останніми роками селекційні дослідження в Інституті овочівництва і баштанництва НААН були скеровані на створення цінного селекційного матеріалу кабачка з поєднанням високого адаптивного потенціалу до стресових факторів вирощування та стабільністю прояву ознак продуктивності і ранньостиглості [11; 12].

Мета дослідження – дослідити кореляційну залежність між рівнем прояву кількісних ознак і гідротермічним коефіцієнтом у селекційно-цінних ліній кабачка та визначити перспективні форми з низькою залежністю від кліматичних умов вирощування.

Матеріали і методи дослідження. Селекційні дослідження на кабачку проводилися у польових умовах протягом 2017–2019 років на експериментальній базі Інституту

овочівництва і баштанництва НААН, розташованому у Лівобережному Лісостепу України у центральному середньо зволоженому районі Харківської області. Агротехнічне забезпечення вирощування кабачка було загальноприйнятим для овочевих видів овочевих рослин [13]. У відкритому ґрунті досліди розміщувалися в овочевій сівозміні. Ґрунт дослідних ділянок представлений потужним мало гумусовим чорноземом важко суглинистим по механічному складу. Вирощування рослин кабачка проводилося у богарних умовах. Селекційну роботу проводили з колекцією ліній різного географічного походження, яка налічувала 20 зразків (табл. 1). Лінії порівнювали із сортом-стандартом вітчизняної селекції Чаклун, який занесений до Державного Реєстру сортів рослин України.

Для встановлення імовірного зв'язку між проявом селекційно-цінних кількісних ознак та погодними умовами років досліджень в експериментальній роботі використовувалися розрахунки гідротермічного коефіцієнту (ГТК) за формулою Г. Т. Селянинова [6]:

$$ГТК = \frac{\sum r}{0,1 * \sum t^{\circ}C},$$

де: $\sum r$ – сума опадів за період вегетації, мм;

$\sum t^{\circ}C$ – сума температур вище $10^{\circ}C$ за той же період;

0,1 – постійний коефіцієнт.

1. Лінії кабачка, які вивчалися протягом 2017–2019 рр.

№ з/п	Зразок	Походження	№ з/п	Зразок	Походження
1.	сорт Чаклун, st (к-1768)	Україна	12.	ВЛ-90 (к-1986)	Іспанія
2.	ЛК 17-1 (к-1891)	Англія	13.	ВЛ-91 (к-1994)	Іспанія
3.	ЛК 17-2 (к-1901)	Англія	14.	ВЛ-92 (к-2005)	Іспанія
4.	ЛК 17-4 (к-1907)	Англія	15.	ЛК 17-42 (к-2112)	Англія
5.	ЛК 17-5 (к-1918)	Англія	16.	ЛК 17-44 (к-2019)	Італія
6.	ЛК 17-7 (к-1928)	Англія	17.	ЛК 17-45 (к-2043)	Італія
7.	ЛК 17-8 (к-1939)	Англія	18.	Vedi (к-2024)	Італія
8.	ЛК 17-10 (к-1953)	Англія	19.	ЛК 17-47 (к-2037)	США
9.	ЛК 17-11 (к-1963)	Англія	20.	ЛК 17-48 (к-2038)	Італія
10.	ЛК 17-50 (к-1964)	Англія	21.	ЛК 17-49 (к-2113)	Італія
11.	РВЛ-19 (к-1972)	Англія	-	-	-

Згідно агрокліматичного районування зона Східного Лісостепу України, у якій проводилися польові дослідження на кабачку є помірно-посушливою (ГТК = 0,7...1,0). Ступінь відповідності (комфортність) умов за значеннями ГТК визначається як: 0,4...0,7 – дуже посушливі; 0,8...1,0 – посушливі (помірно посушливі); 1,1...1,3 – слабо посушливі (недостатньо зволожені); 1,4...1,6 – оптимальні (достатньо зволожені); більше 1,6 – надмірно зволожені [6]. Диференціацію та систематизацію лінійних і гібридних зразків проводили за мінливістю наступних кількісних ознак: “Загальна і товарна урожайність”, “Загальна продуктивність однієї рослини”, “Середня маса товарного плоду” [14]. Фенологічні спостереження проводилися за наступними фазами росту рослин кабачка: “Період від масових сходів до масового цвітіння жіночих квіток”, “Період від масових сходів до масового цвітіння чоловічих квіток”, “Період від масових сходів до

першого збору”, “Період плодоношення” [14]. Дані щодо стабільності прояву окремих селекційно-цінних кількісних ознак ліній кабачка були оприлюднені авторами публікації у попередніх роботах [11; 12].

Результати досліджень та їх обговорення. Під час проведення польових досліджень протягом 2017–2019 років з вирощування рослин ліній кабачка погодні умови відзначилися високою не стабільністю. У третій декаді травня, під час якої з’являлися сходи кабачка, мали місце різкі коливання середньодобової температури повітря від 17,8 до 19,7 °С, тоді як мінімальна температура варіювала в межах 4,0–5,0 °С. Максимальна температура повітря становила 27,0–30,0 °С, а мінімальна температура ґрунту 2,0–5,0 °С.

У травні 2017 році опадів випало 6,0 мм, у 2018 році опадів не було, а в 2019 році їх випало 58,5 мм при багаторічній нормі 26,0 мм, що на 32,5 мм більше за багаторічну норму. У

Ланкастер Ю. М., Кондратенко С. І.

червні спостерігалось 14,0–80,5 мм опадів при багаторічній нормі – 25,3 мм. Середньодобова температура повітря у червні варіювала від 20,8 °С до 24,0 °С за багаторічної норми – 22,2 °С. Максимальна температура повітря сягала 34,0–38,0 °С.

Згідно фенологічної фази розвитку кабачка у липні місяці проходило формування зав'язі кабачка. У 2017 і 2019 роках у цьому місяці спостерігалась жарка погода. Середньодобова температура повітря становила від 20,8 °С до 24,7 °С при багаторічній – 21,0–21,6 °С. Максимальна температура повітря становила 31,0–36,0 °С за мінімальної – 6,0–16,0 °С. Опадів у липні випало 19,0–55,0 мм, за багаторічної норми – 73,3 мм. Мінімальна температура ґрунту становила 6,0–7,0 °С, що призвело до різкого падіння здатності засвоювати рослинами кабачка поживні елементи. Липень 2018 року відзначився оптимальною температурою повітря, але був посушливим за сумою опадів. Середньодобова температура повітря становила 20,8–22,1 °С при багаторічній 21,0–21,6 °С. Максимальна температура повітря становила 32,0 °С, мінімальна – 12,0 °С. Опадів у липні випало 51,0 мм, при багаторічній нормі 73,3 мм. Мінімальна температура ґрунту становила 8,0 °С, що також призвело до різкого падіння здатності засвоювати рослинами поживні елементи.

В цілому, погодні умови 2017–2019 років виявилися несприйнятливими для росту і розвитку рослин кабачка, оскільки вони негативно вплинули на процес запліднення, урожайність і товарність. Показник ГТК за роки проведених досліджень на кабачку (травень–серпень місяці) становив у 2017 р. – 0,14, у 2018 р. – 0,54 та у 2019 р. – 0,46. Отже, усі роки досліджень були посушливими. Як свідчать дані таблиці 2, у більшості лінійних зразків відмічалися сильні ($r_p < 0,7 \dots 0,90$) або дуже сильні ($r_p < 0,90 \dots 0,99$) кореляційні зв'язки між ГТК та такими фенологічними фазами розвитку рослин як “Період від масових сходів до масового цвітіння жіночих квіток”, “Період від масових сходів до масового цвітіння чоловічих квіток”, “Період від масових сходів до першого збору”. Найбільш високу залежність від погодних умов мала фаза настання цвітіння жіночих квіток ($r_p = 0,67 \dots 1,0$). Деякі лінійні генотипи відзначилися слабким ($r_p < 0,1 \dots 0,3$), середнім ($r_p < 0,3 \dots 0,5$) або помірним ($r_p < 0,5 \dots 0,7$) кореляційним зв'язком з ГТК. Найбільше таких генотипів припадає на фенологічну фазу розвитку “Період від масових сходів до масового цвітіння чоловічих квіток” ($r_p = 0,20 \dots 0,64$) – ВЛ-92 ($r_p = 0,20$), ЛК 17-44 ($r_p = 0,39$), ЛК 17-7 ($r_p = 0,44$), РВЛ-19 ($r_p = 0,64$).

Два лінійні генотипи, ЛК 17-45 та ВЛ-91, відзначилися середніми кореляційними зв'язками ($r_p =$

Ланкастер Ю. М., Кондратенко С. І.

0,36...0,42) з ГТК за проявом фази розвитку “Період від масових сходів до першого збору”. Аналіз впливу погодних умов на період плодоношення рослин кабачка засвідчив більшу диференціацію лінійних генотипів за рівнем сили кореляційного зв'язку між ГТК та тривалістю даної фенологічної фази розвитку. Середньої сили зв'язок спостерігався у 3 ліній – ЛК 17-11, РВЛ-19, ВЛ-91 ($r_p = 0,37...0,45$). Помірної сили зв'язок спостерігався у більшості ліній – ЛК 17-4, ЛК 17-5, ЛК 17-7, ЛК 17-8, ЛК 17-10, ЛК 17-50, ВЛ-90, ЛК 17-42, ЛК 17-44, ЛК 17-48 ($r_p = 0,55...0,68$). Решта 7 ліній мали сильний або дуже сильний кореляційний зв'язок – ЛК 17-1, ЛК 17-2, ВЛ-92, ЛК 17-45, Vedi, ЛК 17-47, ЛК 17-49 ($r_p = 0,70...1,0$).

В цілому, одержані дані свідчать про визначний вплив ГТК на перебіг фенологічних фаз розвитку у ліній кабачка. За усіма, чотирма дослідженими фенологічними фазами розвитку рослин сорт-стандарт Чаклун мав сильний або дуже сильний кореляційний зв'язок з ГТК ($r_p = 0,70...0,99$), що відповідає його біологічним особливостям як сорту, що належить до інтенсивного типу вирощування (табл. 2). Аналіз кореляційних зв'язків між ГТК та іншими кількісними ознаками ліній засвідчив більш складну їх генетичну організацію та їх взаємодію із факторами навколишнього середовища. Оскільки ГТК

складається з двох компонентів – суми опадів та суми активних температур, то очевидно, що потрібно враховувати кожен з цих компонентів окремо на фенотипову реакцію досліджених ліній кабачка. Якщо збільшення значення ГТК супроводжувалося одночасним пропорційним збільшенням вищевказаних двох компонентів, то імовірно, що кожен з них мав певний або позитивний, або негативний вплив як на прояв ознаки “Загальна урожайність”, та прояв інших ознак, які є складовими компонентами урожайності – “Товарна урожайність”, “Загальна продуктивність однієї рослини”, “Середня маса товарного плоду” (табл. 3).

Встановлено, що найбільшу залежність від рівня ГТК за проявом чотирьох вищевказаних ознак мав сорт-стандарт Чаклун (К-1768) та ще 8 ліній – ЛК 17-1, ЛК 17-2, ЛК 17-8, ЛК 17-50, РВЛ-19, ВЛ-91, ВЛ-92, Vedi. Дані зразки кабачка мали сильні або дуже сильні кореляційні зв'язки з ГТК ($r_p = 0,7...0,99$). За своїми показниками до цієї групи наближається лінія ЛК 17-10, у якої мав місце помірний кореляційний зв'язок з ГТК ознаки “Товарна урожайність” ($r_p = 0,65$). Виділена група ліній, у яких спостерігався сильний або дуже сильний кореляційний зв'язок з ГТК за проявом трьох кількісних ознак, які є структурними компонентами урожайності. Зокрема, це такі лінії як ЛК 17-4, ЛК 17-7, ЛК 17-48 і ЛК 17-49. Серед них, у лінії ЛК 17-4

Ланкастер Ю. М., Кондратенко С. І.

спостерігався середній кореляційний зв'язок з ГТК за ознакою “Товарна урожайність” ($r_p = 0,30$). У лінії ЛК 17-7 аналогічний зв'язок мав місце за ознакою “Середня маса товарного плоду” ($r_p = 0,47$). У лінії ЛК 17-48 спостерігався слабкий кореляційний

зв'язок з ГТК за ознакою “Середня маса товарного плоду” ($r_p = 0,05$), а у лінії ЛК 17-49 аналогічний зв'язок спостерігався за ознакою “Товарна урожайність” ($r_p = 0,06$).

2. Кореляційний зв'язок між тривалістю фенологічних фаз розвитку рослин кабачка та ГТК, за усередненими даними 2017–2019 рр.

№ з/п	Назва лінії	Коефіцієнт кореляції (r_p) між ГТК та кількісними ознаками:			
		період від масових сходів до масового цвітіння жіночих квіток, діб	період від масових сходів до масового цвітіння чоловічих квіток, діб	період від масових сходів до першого збору, діб	період плодоношення, діб
1.	сорт Чаклун, st	0,99	0,80	0,96	0,70
2.	ЛК 17-1	0,73	0,78	0,91	0,88
3.	ЛК 17-2	0,73	0,73	0,85	0,78
4.	ЛК 17-4	0,87	0,69	0,79	0,57
5.	ЛК 17-5	0,99	0,69	1,0	0,67
6.	ЛК 17-7	0,67	0,44	0,85	0,54
7.	ЛК 17-8	0,99	0,58	0,70	0,55
8.	ЛК 17-10	0,99	0,88	0,76	0,55
9.	ЛК 17-11	0,96	0,97	0,99	0,37
10.	ЛК 17-50	0,99	0,90	1,0	0,58
11.	РВЛ-19	0,67	0,64	0,91	0,41
12.	ВЛ-90	0,78	0,70	0,83	0,67
13.	ВЛ-91	0,93	0,92	0,42	0,45
14.	ВЛ-92	0,96	0,20	0,81	0,87
15.	ЛК 17-42	0,76	0,74	0,86	0,68
16.	ЛК 17-44	0,83	0,39	0,85	0,55
17.	ЛК 17-45	0,90	0,88	0,36	0,85
18.	Vedi	0,97	0,89	0,86	1,0
19.	ЛК 17-47	0,98	0,99	0,93	0,86
20.	ЛК 17-48	0,95	0,86	0,96	0,68
21.	ЛК 17-49	1,0	0,97	0,39	0,99
	X_{min}	0,67	0,20	0,36	0,37
	X_{max}	1,0	0,99	1,0	1,0
	$A_m = X_{max} - X_{min}$	0,33	0,79	0,64	0,63

Примітка *. – Статистичну достовірність парних коефіцієнтів кореляції Пірсона (r_p) підтверджено на рівні значущості $p < 0,05$.

3. Кореляційний зв'язок між рівнем прояву ознак, які визначають урожайність та її компоненти та ГТК, за усередненими даними 2017–2019 рр.

№ з/п	Назва лінії	Коефіцієнт кореляції (r_p) між ГТК та кількісними ознаками:			
		загальна урожайність	товарна урожайність	загальна продуктивність однієї рослини	середня маса товарного плоду
1.	сорт Чаклун, st	1,0	0,84	0,99	0,93
2.	ЛК 17-1	0,90	0,84	0,90	1,0
3.	ЛК 17-2	0,93	1,0	0,94	1,0
4.	ЛК 17-4	0,95	0,30	0,95	0,93
5.	ЛК 17-5	0,49	0,42	0,49	0,09
6.	ЛК 17-7	0,89	0,90	0,89	0,47
7.	ЛК 17-8	0,92	0,87	0,92	0,97
8.	ЛК 17-10	0,91	0,65	0,91	0,88
9.	ЛК 17-11	0,14	0,13	0,12	0,60
10.	ЛК 17-50	1,0	0,83	1,0	0,94
11.	РВЛ-19	0,74	0,94	0,99	0,83
12.	ВЛ-90	0,80	0,55	0,80	0,28
13.	ВЛ-91	0,99	0,79	0,99	1,0
14.	ВЛ-92	0,99	0,95	0,99	1,0
15.	ЛК 17-42	0,68	0,31	0,68	0,98
16.	ЛК 17-44	0,64	0,46	0,64	0,94
17.	ЛК 17-45	0,55	0,46	0,55	0,01
18.	Vedi	0,97	0,85	0,97	0,95
19.	ЛК 17-47	0,38	0,31	0,38	0,86
20.	ЛК 17-48	0,93	0,86	0,94	0,05
21.	ЛК 17-49	0,96	0,06	0,96	0,99
	X_{min}	0,14	0,06	0,12	0,01
	X_{max}	1,0	1,0	1,0	1,0
	$A_m = X_{max} - X_{min}$	0,86	0,94	0,88	0,99

Примітка *. – Статистичну достовірність парних коефіцієнтів кореляції Пірсона (r_p) підтверджено на рівні значущості $p < 0,05$.

Виділилися група лінійних зразків, у яких за ознакою “Середня маса товарного плоду” мав місце дуже сильний або дуже сильний кореляційний зв'язок з ГТК, але при цьому за іншими кількісними ознаками був середній і помірний зв'язки. Серед них, лінія ЛК 17-42, ЛК 17-44 та ЛК 17-47 (табл. 3).

Інші дослідні лінії кабачка мали більш складну реакцію на погодні умови вирощування, про що свідчить

варіація значень коефіцієнту кореляції з ГТК здебільшого в діапазонах слабких, помірних або середніх кореляційних зв'язків з кількісними ознаками, які визначають урожайність та її структурні компоненти. Особливо контрастно в цьому цензі є лінія ЛК 17-11, у якої за такими кількісними ознаками як “Загальна урожайність”, “Товарна урожайність” і “Загальна продуктивність однієї рослин” спостерігався слабкий кореляційний

Ланкастер Ю. М., Кондратенко С. І.

зв'язок з ГТК ($r_p = 0,12 \dots 0,14$). Але ж за ознакою “Середня маса товарного плоду” цей зв'язок був помірним ($r_p = 0,60$). Близькими за реакцією на погодні умови виявилися лінії ЛК 17-5, ЛК 17-45 і ВЛ-90, у яких за ознакою “Середня маса товарного плоду” був слабкий, або повністю відсутній кореляційний зв'язок з ГТК ($r_p = 0,01 \dots 0,28$), а за комплексом інших кількісних ознак середній або сильний кореляційні зв'язки ($r_p = 0,42 \dots 0,80$) (табл. 3).

Висновки і перспективи. В цілому, динаміка параметрів метеорологічних умов на рівні багаторічних середніх значень за роками досліджень відповідала для східної частини Лісостепу України в аспекті біологічного оптимуму для рослин кабачка. Але метеорологічні умови років досліджень значно різнилися за температурним режимом та режимом вологозабезпеченості як в цілому за вегетаційний період, так і за окремими фазами розвитку рослин кабачка. Це дало можливість отримати об'єктивні дані щодо визначення ліній, які мали підвищену стійкість до зниження рівня вологозабезпечення та підвищення добових температур підчас проходження вегетативної фази розвитку. Встановлено, що більшість ліній мали сильні ($r_p = 0,7 \dots 0,90$) або дуже сильні ($r_p = 0,9 \dots 0,99$) кореляційні зв'язки між ГТК та тривалістю фенологічних фаз розвитку рослин, які визначають періоди від появи масових сходів до масового

цвітіння жіночих, чоловічих квіток та до першого збору. Аналіз впливу погодних умов на період плодоношення засвідчив більшу диференціацію лінійних зразків за рівнем сили кореляційного зв'язку між ГТК та тривалістю даної фенологічної фази розвитку. Виділилися 3 лінії, у яких мав місце середньої сили даний зв'язок – ЛК 17-11, РВЛ-19, ВЛ-91 ($r_p = 0,37 \dots 0,45$).

Виділилися 8 ліній (ЛК 17-1, ЛК 17-2, ЛК 17-8, ЛК 17-50, РВЛ-19, ВЛ-91, ВЛ-92, Vedi) переважно з інтенсивним типом вирощування, у яких спостерігалися сильні або дуже сильні кореляційні зв'язки між рівнем ГТК ($r_p < 0,7 \dots 0,99$) та проявом чотирьох кількісних ознак (загальна і товарна урожайність, загальна продуктивність однієї рослини, середня маса товарного плоду). За своєю реакцією на умови вирощування до цієї ж групи слід віднести і сорт-стандарт Чаклун.

Виділена група ліній (ЛК 17-42, ЛК 17-44, ЛК 17-47), у яких за показниками загальної і товарної урожайності та продуктивності рослин спостерігався середній і помірний кореляційний зв'язки з ГТК ($r_p = 0,3 \dots 0,70$). Серед лінійних зразків виділився один, ЛК-17-11, який мав слабкі кореляційні зв'язки з ГТК за трьома важливими кількісними ознаками – “Загальна урожайність”, “Товарна урожайність”, “Загальна продуктивність однієї рослини” ($r_p = 0,12 \dots 0,14$).

Ланкастер Ю. М., Кондратенко С. І.

Одержані дані щодо кореляційних взаємовідносин між ГТК і селекційно-цінними кількісними ознаками є цінним інформаційним джерелом в аспекті прогнозу прояву цінних селекційних ознак у відібраних ліній

кабачка, серед яких є такі важливі як “Загальна урожайність” і “Період плодоношення”. Одержані дані дозволять суттєво спростити добір вихідного матеріалу для проведення екологічної селекції кабачка.

Список використаних джерел

1. С. І. Корнієнко та ін. Удобрення овочевих та баштанних культур: монографія; Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. 370 с.

2. Кондратенко С. І., Сергієнко О. В., Самовол О. П., Крутько Р. В., Ланкастер Ю. М. Рівень адаптивного потенціалу ліній кабачка за ознаками продуктивності. *Наукові доповіді НУБіП України (Сер. “Агрономія”)*. 2020. Вип. № 1 (83). DOI: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.01.004>

3. Сергієнко О. В. Кабачок-цукіні: особливості і технологія. *Овощи и фрукты*. 2020. 10. С. 20–24.

4. Вдовенко С. А., Паламарчук І. І. Особливості технології вирощування кабачка в умовах відкритого ґрунту: монографія. Вінниця: ВНАУ, 2019. 195 с.

5. Божко Л. Ю. Клімат і продуктивність овочевих культур в Україні: монографія. Одеса: Екологія, 2010. 368 с.

6. Селянинов Г. Т. Методы сельскохозяйственной характеристики климата Мировой агроклиматический справочник. Ленинград: Гидрометеиздат, 1937. С. 5–27.

7. Катаева Т. Є. Новий середньостиглий сорт кабачка консул. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2011. № 1. С. 69–71.

8. Пузік Л. М., Образцова З. Г. Особливості формування врожайності кабачка залежно від кліматичних умов. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 1. С. 30–32.

9. Кліматичні дані по м. Харків за період з 1899 року. Український гідрометеорологічний центр. Офіційний інформаційний сервер. URL: http://meteo.gov.ua/ua/33345/climate/climate_stations/62/10/

10. Паламарчук И. И. Урожайность и плодоношение сортов и гибридов кабачка в условиях Правобережной Лесостепи Украины. *Вестник КрасГАУ*. 2013. Вип. 12. С. 92–96.

11. Кондратенко С. І., Сергієнко О. В., Самовол О. П., Ланкастер Ю. М. Адаптивний потенціал ліній кабачка іноземного походження за комплексом ознак продуктивності. *Овочівництво і баштанництво: міжвід. темат. наук. зб.* 2020. Вип. 68. С. 6–15. DOI: <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2020-68-6-15>.

12. Кондратенко С. І., Шевченко Т. В., Сергієнко О. В., Самовол О. П., Ланкастер Ю. М. Стабільність прояву біохімічних ознак плодів кабачка за різних умов вирощування лінійного матеріалу. *Рослинництво та ґрунтознавство*. 2020. Vol. 11 (3). С. 70–79. DOI: <https://doi.org/10.31548/agr2020.03.070>

13. Методика проведення експертизи сортів рослин картоплі та груп овочевих, баштанних, пряно-смакових на придатність до поширення в Україні (ПСП) / За ред. Ткачик С. О. Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю., 2017. 95 с.

14. Сучасні методи селекції овочевих і баштанних культур / за наук. ред. Т. К. Горова, К. І. Яковенко. Харків: ДП Харківська друкарня № 2, 2001. 644 с.

References

1. Kornienko, S. I., Goncharenko, V. Yu., Khodieva, L. P., Gladkikh, R. P., Paramonova, T. V., Kuts, O. V., ... Plyushenko, G. Ya. (2014). Udobrennia ovochevykh ta bashtannykh kultur: monohrafiia [Fertilization of vegetable and melon crops : monograph]. Vinnytsia, Ukraine : Nilan Ltd., 370.

2. Kondratenko, S.I., Sergienko, O. V., Samovol, O. P., Krutko, R. V., Lancaster, Yu. M. (2020). Riven adaptivnoho potentsialu linii

Ланкастер Ю. М., Кондратенко С. І.

kabachka za oznakamy produktyvnosti [The level of adaptive potential of courgette lines on the basis of productivity]. Scientific reports of NULES of Ukraine, 1(83). doi: <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2020.01.004>

3. Sergienko, O. V. (2020). Kabachok-tsukini: osoblyvosti i tekhnolohiia [Zucchini: features and technology]. Vegetables and fruits, 10, 20–24.

4. Vdovenko, S. A., Palamarchuk, I. I. (2019). Osoblyvosti tekhnolohii vyroshchuvannia kabachka v umovakh vidkrytoho gruntu: monohrafiia [Peculiarities of the technology of growing zucchini in open ground: a monograph]. Vinnytsia, Ukraine : VNAU, 195.

5. Bozhko, L. Yu. (2010). Klimat i produktyvnist ovochevykh kultur v Ukraini: monohrafiia [Climate and productivity of vegetable crops in Ukraine: monograph] Odessa, Ukraine : Ecology, 368.

6. Selyaninov G. T. (1937). Metody sel'skohozyajstvennoj harakteristiki klimata [Agricultural climate characterization methods]. World agro-climatic guide. Leningrad, USSR : Gidrometeoizdat, 5–27.

7. Katayeva, T. Ye. (2011). Novyy seredn'ostyhlyy sort kabachka Konsul [New midseason courgette variety Consul]. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, 1, 69–71.

8. Puzik, L. M., Obratsova, Z. G. (2012). Osoblyvosti formuvannia vrozhaivnosti kabachka zalezno vid klimatychnykh umov [Features of formation of courgette yield depending on climatic conditions]. Bulletin of Poltava State Agrarian Academy, 1, 30–32.

9. Klimatychni dani po m. Kharkiv za period z 1899 roku [Climatic data on the city of Kharkiv for the period from 1899]. Ukrainian Hydrometeorological Center. Official information server. URL:

http://meteo.gov.ua/ua/33345/climate/climate_stations/62/10/

10. Palamarchuk, I. I. (2013). Urozhajnost' i plodonoshenie sortov i gibridov kabachka v usloviyah Pravoberezhnoj Lesostepi Ukrainy [Productivity and fruiting of varieties and hybrids of zucchini in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine]. Bulletin of the Krasnodar State Agrarian University, 12, 92–96.

11. Kondratenko, S. I., Sergienko, O. V., Samovol, O. P., Lancaster, Yu. M. (2020). Adaptivnyi potentsial linii kabachka inozemnoho pokhodzhennia za kompleksom oznak produktyvnosti [Adaptive potential of courgette lines of foreign origin by the complex of traits of productivity]. Vegetable and melon growing, 68, 6–15. doi: <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2020-68-6-15>.

12. Kondratenko, S. I., Shevchenko, T. V., Sergienko, O. V., Samovol, O. P., Lancaster, Yu. M. (2020). Stabilnist proiavu biokhimichnykh oznak plodiv kabachka za riznykh umov vyroshchuvannia liniinoho materialu [Stability of manifestation of biochemical characteristics of courgette fruits under different growing conditions of linear material]. Plant and Soil Science, 11(3), 70–79. doi: <https://doi.org/10.31548/agr2020.03.070>

13. Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn kartopli ta hrup ovochevykh, bashtannykh, priano-smakovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini (PSP) [Methods of expertise of potato plant varieties and groups of vegetables, melons, spices for suitability for distribution in Ukraine (PSP)] (2017). Vinnytsia, Ukraine: FOP Korzun D. Yu., 95.

14. Suchasni metody selektsii ovochevykh i bashtannykh kultur. [Modern methods of selection of vegetable and melons] (2001). Kharkiv, Ukraine: State Enterprise Kharkiv Printing House № 2, 644.

INFLUENCE OF HEAT AND MOISTURE SUPPLY ON THE MANIFESTATION OF BREEDING-VALUABLE QUANTITATIVE TRAITS OF COURGETTE LINES

Yu. M. Lancaster, S. I. Kondratenko

Abstract. *Introduction. One of the priorities of modern courgette breeding is the creation of F_1 varieties and hybrids that combine high productivity and resistance to*

Ланкастер Ю. М., Кондратенко С. І.

abiotic growing factors. Purpose. The goal is to investigate the correlation between the level of manifestation of quantitative traits and the hydrothermal coefficient (HTC) in selectively valuable courgette lines and to identify promising forms with a low dependence on climatic growing conditions. Methods. Breeding work was carried out with 20 lines of courgette of foreign origin. The correlation relationship was determined between the HTC and traits that are structural components of yield and determine the phenological phases of plant development. Results. 3 perspective lines were obtained (LK 17-11, RVL-19, VL-91), in which there was an average correlation between the HTC and the duration of the fruiting period ($r_p = 0.37 \dots 0.45$). A group of lines (LK 17-42, LK 17-44, LK 17-47) was identified, in which, in terms of yield and productivity of plants, an average and moderate correlation with the HTC was observed ($r_p = 0.3 \dots 0.70$). One line stood out, LK-17-11, which had weak correlations with the HTC for three important quantitative traits - "Total yield", "Fruiting yield", "Total productivity of one plant" ($r_p = 0.12 \dots 0.14$).

Key words: *courgette, line, hydrothermal coefficient, correlation, quantitative traits*

ВПЛИВ УМОВ ГОДІВЛІ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ МОЛОДНЯКУ СВИНЕЙ

Ю. В. ЗАСУХА, доктор сільськогосподарських наук, професор,

<https://orcid.org/0000-0002-7180-9881>

Білоцерківський національний аграрний університет

E-mail: zasuhau56@gmail.com

М. Г. ПОВОЗНІКОВ, доктор сільськогосподарських наук, професор,

<https://orcid.org/0000-0002-8187-4812>

E-mail: povoznikov@i.ua

В. В. ОТЧЕНАШКО, доктор сільськогосподарських наук, професор

E-mail: otchenashko@nubip.edu.ua

С. М. ГРИЩЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0003-2286-0776>,

E-mail: Smgrishchenko@nubip.edu.ua

Н. П. ГРИЩЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

<https://orcid.org/0000-0001-7269-1806>

E-mail: Nphrishchenko@nubip.edu.ua

Національний університет біоресурсів і природокористування України

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.01.012>

***Анотація.** У статті досліджено вплив умов годівлі поросят-сисунів на їх ріст у подальші періоди вирощування. Метою науково-господарського дослідження передбачалося встановити вплив режиму підсису поросят на підвищення продуктивності лактуючих свиноматок а також ріст, розвиток, споживання кормів та етіологію і кормову активність поросят як у підсисний період, так і після відлучення їх від свиноматок. З цією метою сформувавши за принципом аналогів 4 групи свиноматок по три голови у кожній. Через 5 днів після опоросу у кожному гнізді під час підсису залишили по 10 поросят. При цьому враховували живу масу їх при народженні та у 5-добовому віці. Свиноматки контрольної групи годували по 10 поросят, тоді як свиноматки 2-, 3- та 4-ї груп відповідно по 20, 30 та 40 поросят.*

Після досягнення поросятами 5-добового віку режим підсису за винятком тварин контрольної групи штучно регулювали. Для цього свиноматок виганяли на час, передбачений схемою дослідження на вигульний майданчик, де вони одержували згідно норм годівлі стандартний комбікорм.

Поросята-сисуні, перебуваючи у місці, відведеному для їх підгодівлі, одержували коров'яче молоко і відвійки, а також мали вільний доступ до комбікормів відповідно до віку.

У результаті проведених досліджень встановлено, що зменшення кількості підсисів за добу до 8-24 разів порівняно із вирощуванням поросят з вільним доступом до матки зумовлює більше поїдання комбікорму у підсисний і

Засуха Ю. В., Повозніков М. Г., Отченашко В. В., Грищенко С. М., Грищенко Н. П.

подальші періоди вирощування свиней. При цьому у молодняку свиней, який раніше адаптувався до споживання комбікорму під час підсисного періоду і мав регульований підсис у подальшому відбувається збільшення живої маси, середньодобових приростів, маси та об'єму шлунку та підвищення показників їх продуктивності. Доведено, що умови регульованого підсису суттєво впливають на кратність і термін споживання поросятами материнського молока.

Ключові слова: поросята, свиноматки, годівля, молодняк свиней, жива маса, середньодобові прирости, витрати корму, етологічні показники

Актуальність статті та аналіз останніх досліджень і публікацій.

Відомо, що ріст і розвиток поросят-сисунів зумовлюється в основному молочністю свиноматок, а після їх відлучення – рівнем споживання і якістю кормів. При цьому краща збереженість і швидкий ріст спостерігається у поросят, які з перших днів життя у більшій кількості споживали рослинні корми. Раннє привчання поросят до корму сприяє підвищенню їх росту, розвитку травних органів, дозволяє знизити втрати живої маси свиноматок за лактаційний період [1].

Молочна продуктивність підсисних свиноматок пов'язана з кількістю поросят у гнізді. Із ростом їх чисельності вона підвищується. Молочна продуктивність маток у другу лактацію, порівняно з першою, зростає на 28%, потім стабілізується до четвертої і зменшується, починаючи з п'ятої лактації. Маса маток, за винятком першопоросок, не впливає на молочну продуктивність. Життєздатність поросят теж впливає на продукцію молока: здоровий і сильний приплід висмоктує все

молоко з молочної залози, стимулюючи його секрецію; слабкі поросята висмоктують його неповністю, що гальмує секрецію молока [2-4].

У зв'язку з недостатньою молочністю маток і раннім відлученням поросят зростає значення штучної годівлі новонароджених. Так, при підгодівлі поросят з часу народження до 7-добового віку при заміні 15 мл молока з розрахунку на одну голову дворазовою підгодівлею на день їх збереженість може зростати на 20 % [4, 5].

Таким чином, вивчення питання впливу різних умов годівлі молодняку свиней є необхідним на сьогоднішній день та має важливе господарське значення.

Матеріали та методи досліджень.

Експериментальні дослідження були проведені в умовах ТОВ «Дніпро-гібрид» Дніпропетровської області.

Метою науково-господарського дослідження передбачалося встановити вплив режиму підсису поросят на підвищення продуктивності

лактуючих свиноматок а також ріст, розвиток, споживання кормів та етологію і кормову активність поросят як у підсисний період, так і після відлучення їх від свиноматок.

З цією метою сформували за принципом аналогів 4 групи поросних свиноматок по три голови у кожній. Через 5 днів після опоросу у кожному гнізді під час підсису залишили по 10 поросят. При цьому враховували живу масу їх при народженні та у 5-добовому віці (табл. 1).

1. Схема науково-господарського дослідження

Група	Кількість поросят у групі, гол.	Жива маса поросят, кг		Тривалість дії досліджуваного фактора, дів	Режим підсису	
		при народженні	на початок дослідження у 5-добовому віці		кількість підсисів за добу	час між підсисами, год.
1-контрольна	30	1,45±0,04	2.41±0,11	25	Вільний доступ до матки (48-36)	0,5-0,7
2-дослідна	60	1,44±0,05	2.40±0,12	25	24	1
3-дослідна	90	1,41±0,09	2.42±0,11	25	12	2
4-дослідна	120	1,42±0,03	2.45±0,09	25	8	3

Поросята-сисуні, перебуваючи у місці, відведеному для їх підгодівлі, одержували коров'яче молоко і відвійки згідно з нормою годівлі. Вони мали вільний доступ до комбікормів відповідно до віку, склад і поживність яких наведено у таблиці 2.

Зважували поросят при народженні, у 5-, 21-добовому віці та через кожні 10 дів до досягнення

Згідно схеми дослідження свиноматки контрольної групи годували по 10 поросят, тоді як свиноматки 2-, 3- та 4-ї груп відповідно по 20, 30 та 40 поросят.

Після досягнення поросятами 5-добового віку режим підсису за винятком тварин контрольної групи штучно регулювали. Для цього свиноматок виганяли на час, передбачений схемою дослідження на вигульний майданчик, де вони одержували згідно норм годівлі стандартний комбікорм [5].

ними 40-добового віку. З другого місяця життя молодняк зважували щомісяця.

Кількість спожитого поросятами комбікорму визначали щоденно зважуванням заданої кількості і решток. Після досягнення поросятами 30-добового віку 4-х найбільш типові тварини з кожної групи забивали і вивчали об'єм і масу шлунка за методикою О.В.Квасницького [6].

Засуха Ю. В., Повозніков М. Г., Отченашко В. В., Грищенко С. М., Грищенко Н. П.

Етологічні показники методикою В. Великжанина [7] та піддослідних тварин вивчали рекомендаціями, що викладені у методом візуальних і підручнику Т. Венедиктової та ін. [8]. хронометражних спостережень за

2. Склад та поживність комбікормів та кормів для піддослідних свиней, %

Компонент	Комбікорм			Молоко коров'яче	Відвійки
	до 2-місячного віку	від 2 до 4-місячного віку	старші 4-місячного віку		
Ячмінь:					
екструдований	38,5	46,5	-	-	-
подрібнений	-	-	47,5	-	-
Пшениця екструдована	10,0	12,0	22,0	-	-
Горох екструдований	27,0	27,0	27,0	-	-
Сухе збиране молоко	15,0	5,0	-	-	-
Борошно: рибне	4,0	4,0	-	-	-
Дріжджі кормові	2,5	2,5	-	-	-
Премікс	1,0	1,0	1,0	-	-
Дикальційфосфат	1,0	1,0	1,0	-	-
Крейда	0,6	0,6	1,0	-	-
Сіль кухонна	0,4	0,4	0,5	-	-
В 1 кг комбікорму міститься:					
обмінної енергії, МДж	13,0	12,8	12,5	1,30	0,85
протеїну,г	218	180	160	35,7	33,4
жиру,г	40,8	30,1	37,9	37,0	1,1
клітковини,г	36,5	35,9	30,5	-	-
кальцію,г	10,5	9,4	8,9	1,4	1,35
фосфору,г	7,7	6,5	5,7	1,2	1,0
лізину, г	9,56	8,47	7,51	2,8	2,9
метіоніну,г	5,67	5,09	4,91	0,70	0,72
цистину,г	3,21	3,18	3,0	0,50	0,52
триптофану,г	3,35	3,2	3,1	0,72	0,70

Результати досліджень опрацьовані методом варіаційної статистики [9] за допомогою програмного забезпечення MS Excel з використанням вбудованих статистичних функцій.

Результати досліджень та їх обговорення. Результати зважування піддослідних поросят у різні вікові періоди свідчать, що їх жива маса і

середньодобові прирости з віком при різному режимі підсису та кількості під свиноматкою змінювалися неоднаково. Дані таблиці 3 показують, що уже у 21-добовому віці поросята 2-ї групи за живою масою перевершували аналогів контрольної групи відповідно на 27,6 % ($p < 0,01$). Поросята 3-ї групи мали майже таку саму живу масу, як і поросята

контрольної групи, а 4-ї – на 0,20 кг

менше.

3. Жива маса піддослідних тварин у основний період досліду, кг

Вік свиней, діб	Групи			
	1-контрольна	2-дослідна	3-дослідна	4-дослідна
21	4,99±0,25	6,37±0,23***	4,99±0,26	4,79±0,25
30	6,25±0,29	8,41±0,26***	6,65±0,29	5,93±0,25
40	6,57±0,22	10,69±0,24***	8,71±0,25***	7,31±0,24**
60	12,49±0,47	18,75±0,24***	17,47±0,32***	15,13±0,29***
90	24,29±1,15	31,98±0,28***	31,54±0,73***	28,12±0,52**
120	39,9±1,59	49,03±0,39***	47,71±0,43***	44,47±0,62**
150	60,4±1,55	71,1±0,35***	71,4±0,68***	66,7±0,73***
180	81,3±1,59	93,9±0,49***	95,1±0,59***	89,7±0,92***
210	97,9±2,59	112,3±1,38***	115,0±0,59***	108,9±1,02***

** p<0,01; *** p<0,001 порівняно з 1-ю групою

У 30-добовому віці при відлученні від маток жива маса поросят 2-ї групи була відповідно на 2,16 кг більшою (p<0,001), ніж у поросят контрольної групи.

Для живої маси поросят 3- і 4-ї груп картина аналогічна тій, що спостерігалася у поросят цих груп у 21-добовому віці. Зокрема, тварини цих груп перевершували контрольних на 6,7 %, четвертої – відставали від контрольних на 5,1 %.

Після відлучення від маток і досягнення поросятами 60-добового віку відмінності за живою масою були ще більшими. Поросята всіх дослідних груп за живою масою істотно (p<0,001) переважали поросят контрольної групи, зокрема 2-ї групи на 50,2 %, 3-ї – на 32,6 %, 4-ї – на 21,2%.

У поросят 2 і 3-ї груп, вирощених відповідно при 24 і 12 підсисах з

перервою між ними у 1 і 2 год збільшення живої маси порівняно з контролем було ще істотнішим. Так, у перших воно становило у 3-місячному віці 31,8 %, у 4-місячному – 22,9 %, у 5-місячному – 17,9%, у 6-місячному – 15,5%, у других – відповідно 30,0 %, 19,8; 18,4 та 17,0 %. Названа різниця за живою масою у поросят 2 і 3-ї груп у всіх випадках вірогідна (p<0,001).

На кінець досліду у 7-місячному віці найбільшої живої маси досягли свині 3 і 2-ї груп відповідно 115 і 112,3 кг. Вони перевершували свиней контрольної групи відповідно на 17,7 % і 14,9 %. Названа різниця за живою масою у свиней 2, 3 і 4-ї груп статистично вірогідна (p<0,001).

Про інтенсивний ріст свиней дослідних груп свідчать також середньодобові прирости їх живої маси у різні вікові періоди (табл.4). Із

Засуха Ю. В., Повозніков М. Г., Отченашко В. В., Грищенко С. М., Грищенко Н. П.

введенням режимного підсису з 6-добового віку до досягнення тваринами 21-добового віку середньодобовий приріст у поросят 2-

ї групи збільшився відповідно на 87 г або на 61,0 % порівняно з поросятами контрольної групи ($p < 0,001$).

4. Середньодобові прирости живої маси молодняку свиней у основний період досліджу, г

Вік свиней, діб	Групи			
	1-контрольна	2-дослідна	3-дослідна	4-дослідна
6-21	141±17	248±12***	161±16	146±11
22-30	140±19	227±18***	181±14	126±10
31-40	60±21	228±13***	206±11***	137±10**
41-60	296±21	403±8***	438±6***	391±9***
61-90	393±28	441±6*	469±14**	433±14
91-120	521±39	571±8	539±15	541±7
121-150	681±24	735±10*	789±15***	741±6*
151-180	700±33	760±12	791±9**	766±15
181-210	546±48	613±39	665±2*	641±20
6-210	464±12	536±7***	549±5***	519±9***

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ порівняно з 1-ю групою

Аналогічна картина середньодобових приростів живої маси у піддослідних поросят характерна і для періоду їх життя з 22 до 30-го дня. Так, щоденні прирости живої маси поросят 2- і 3-ї груп були відповідно на 62,0 і 28,6 % більшими, ніж поросят контрольної групи. Поросята 4-ї групи, як і у попередній період, відставали за цим показником від контрольних на 11,1 %.

У перший місяць після відлучення від маток (31-40-й день) поросята всіх дослідних груп істотно перевершували у рості поросят контрольної групи, зокрема 2-ї у 3,8 рази ($p < 0,001$), 3-ї у 3,4 рази ($p < 0,001$), 4-ї у 2,1 рази ($p < 0,01$). Подібна картина росту характерна для

піддослідних поросят і у 41- і 60-добовому віці. З віком різниця у середньодобових приростах свиней контрольної і дослідних груп на користь останніх дещо зменшується.

Встановлено, що у основний період досліджу свині усіх дослідних груп залежно від режиму підсису поросят при вирощуванні їх з 6 до 30-добового віку, за середньодобовими приростами живої маси переважали тварин контрольної групи, зокрема 2-ї – на 15,5 %, 3-ї – на 18,2, 4-ї – на 11,9 %. У всіх випадках різниця була високовірогідною ($p < 0,001$).

Інтенсивний ріст свиней дослідних груп порівняно з контрольними зумовлений більшим споживанням кормів, яке спричинене

Засуха Ю. В., Повозніков М. Г., Отченашко В. В., Грищенко С. М., Грищенко Н. П.

різним режимом підсису поросят при вирощуванні з 6 до 30- добового віку (табл. 5).

5. Витрати корму піддослідними поросятами до 60-денного віку, г (на 1 голову за добу)

Вік свиней, діб	Корми	Групи			
		1-контрольна	2-дослідна	3-дослідна	4-дослідна
30	комбікорм	30	233	283	307
	молоко	-	-	-	-
	відвійки	267	1567	1433	1367
6-30	комбікорм	14	103	139	161
	молоко	52	520	513	495
	відвійки	87	558	505	667
60	комбікорм	1000	1315	1370	1426
	молоко	-	-	-	-
	відвійки	1000	1000	1000	1000
31-60	комбікорм	447	611	709	744
	молоко	-	-	-	-
	відвійки	849	838	838	838
6-60	комбікорм	116	195	231	245
	молоко	11	109	108	104
	відвійки	233	356	344	339

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ порівняно з 1-ю групою

Доведено, що протягом перших 25 днів основного періоду, коли поросята знаходилися під свиноматками відповідно до схеми досліду, режим підсису суттєво впливав на споживання ними кормів. Зокрема, поросята 2-ї – споживали відповідно на 468 г молока, або у 10 разів, на 471 г відвійок, або у 6,4 раза і на 89 г комбікорму або у 7,4 раза; 3-ї відповідно – на 461 г або у 9,9 раза, на 418 г або у 5,8 раза і на 125 г або у 9,9 раза більше, ніж їх аналоги з контрольної групи. Поросята 4-ї групи щоденно споживали молока, відвійок і комбікорму відповідно на 443 г або у 9,5 раза, на 580 г або у 7,7

раза, на 147 г або у 11,5 раза більше порівняно з поросятами контрольної групи.

Коров'яче молоко піддослідним поросяткам давали до досягнення ними 30-добового віку. З 6-добового віку поряд з материнським молоком вони одержували відвійки і комбікорм. При цьому тварини дослідних груп споживали названих кормів більше, ніж поросята контрольної групи: 2-ї – на 1300 г або у 5,9 раза і на 203 г або у 7,8 раза; 3-ї – на 1166 г або у 5,4 раза і на 253 г або на 9,4 раза; 4-ї – на 1100 г або у 5,1 раза і на 277 г або у 10,2 раза.

Засуха Ю. В., Повозніков М. Г., Отченашко В. В., Грищенко С. М., Грищенко Н. П.

З досягненням поросятами 60-добового віку добове споживання ними комбікорму порівняно з 30-денними зросло у контрольній групі на 970 г у 2-й на 1082 г, у 3-й на 1087 г, у 4-й на 1119 г. Одночасно споживання відвійок у поросят контрольної групи зросло на 733 г, а у поросят дослідних груп воно зменшилося.

Хоч після відлучення від маток поросята контрольної і дослідних груп знаходилися в однакових умовах утримання і годівлі, середньодобове споживання ними комбікорму було різним. Зокрема, поросята 2-ї – на 164 г або на 36,7%, 3-ї – на 332 г або на 58,6%, 4-ї – на 297 г або на 66,4% більше, ніж поросята контрольної групи. При цьому середньодобове споживання відвійок поросятами дослідних груп було на 11 г або на 1,3% менше, ніж контрольної.

За період вирощування з 6 до 60-добового віку поросята 2-ї групи у середньому за добу споживали молока у 9,9 раза, відвійок на 52,8% і комбікорму на 68,1% більше, ніж поросята контрольної групи; 3-ї – у 9,8 раза, на 47,6% і на 99,1%; 4-ї – у 9,4 раза, на 45,5% і у 2,1 раза.

Дослідження показали, що кількість спожитих кормів поросятами у підсисний період є важливою передумовою досягнення високої інтенсивності росту молодняка у післямолочний період. Цей показник також залежить від молочності матері, хоча потреба

поросят 15-30-добового віку у поживних речовинах не може повністю забезпечуватися за рахунок материнського молока. Проте споживання рослинних кормів поросятами-сисунами контрольної групи у цей період і до моменту відлучення (30 днів) було незначним. На наш погляд ефективним є спосіб систематичної ізоляції свиноматок від поросят. Обмежуючи фізіологічну частоту ссання у поросят активізується напрацювання рефлексу пошуку і споживання рослинного корму.

У результаті проведених досліджень з вивчення етології поросят встановлено, що умови регульованого підсису (обмежений доступ поросят до свиноматок) суттєво впливають на кратність і термін споживання поросятами материнського молока (табл.6).

Так, якщо поросята контрольної групи в підсисний період витрачали на ссання в середньому 18,5 % загального часу спостереження, то у тварин дослідних груп цей час був скорочений відповідно на 6,0; 5,0 і 3,3 %. При цьому у молодняка дослідних груп суттєво підвищилась активність на пошук і споживання корму, тобто збільшилась аліментарна активність, а саме, на 20-ту добу досліду витрата часу на споживання комбікорму збільшилась відповідно у 14,3; 16 і 15,1 раза порівняно з аналогами контрольної групи. Встановлено, що у всіх піддослідних поросят з віком

час на споживання рослинних кормів значно збільшився і у тварин дослідних груп на 31-й день життя цей показник перевищував аналогів з контрольної групи відповідно на 2,85; 2,40 і 2,22 раза.

Між тваринами окремих груп спостерігалась закономірна різниця за такими етологічними показниками, як лежання і рухлива активність.

6. Характеристика поведінки поросят за режимного підсису, % до загального часу спостереження

Доба дослідю	Ссання	Споживання			Лежать	Рухаються
		комбікорму	незбираного молока	знежиреного молока		
1 – контрольна група						
15-а	17,85	0,56	2,35	-	68,15	11,90
20-а	19,14	2,11	7,18	1,21	51,83	18,53
31-а	-	15,97	-	6,57	40,29	37,17
2-дослідна група						
15-а	6,66	15,34	2,35	-	55,06	20,59
20-а	6,66	23,09	7,69	1,61	48,62	12,33
31-а	-	37,72	-	15,75	44,32	2,21
3-дослідна група						
15-а	5,00	20,04	2,15	-	49,74	23,07
20-а	5,00	30,12	7,31	1,43	40,65	15,49
31-а	-	45,58	-	13,19	33,64	7,59
4-дослідна група						
15-а	3,33	25,42	1,87	-	44,09	25,29
20-а	3,33	33,79	6,51	1,07	37,62	17,68
31-а	-	38,35	-	10,11	42,17	9,37

Необхідно відмітити, що при зміні режиму підсису, особливо у перші дні основного періоду дослідю, у поросят дослідних груп спостерігалось збільшення часу на рух, що можна вважати стресом, який виник у зв'язку з впливом на поросят неспецифічних подразників, якими у цей час є порушення контакту між поросятами і маткою, а також порушення кратності споживання материнського молока.

Дані дослідю свідчать, що існує певна корелятивна залежність між аліментарною активністю поросят і

кількістю спожитого ними корму, а саме, при довшій відсутності контакту з маткою та частотою ссання.

Різний режим підсису, зумовивши неоднакове споживання кормів піддослідними поросятами, позначився на об'ємних і вагових показниках їх шлунка (табл.7).

У поросят усіх дослідних груп, забитих на 30-у добу життя, тобто через 25 днів регульованого підсису під матками, спостерігалось збільшення об'єму шлунка порівняно з поросятами контрольної групи.

Засуха Ю. В., Повозніков М. Г., Отченашко В. В., Грищенко С. М., Грищенко Н. П.

Найбільшим за об'ємом шлунок був у поросят 4- і 3-ї груп, у яких кількість підсисів за добу становила відповідно 12 і 8 разів з перервою між ними у 3 і 2 год, переважаючи відповідний показник поросят контрольної групи у 2,9 раза ($p < 0,001$)

і у 2,8 раза ($p < 0,001$). Дещо менша різниця в об'ємі шлунка спостерігалася у поросят 2-ї дослідної групи, у яких він був відповідно на 200,6 мл або у 2,5 раза більшим, ніж у поросят контрольної групи.

7. Об'ємні та вагові показники шлунка піддослідних поросят у 30-добовому віці

Показник	Групи			
	1-контрольна	2-дослідна	3-дослідна	4-дослідна
Об'єм шлунка, мл	130,7±4,3	331,3±4,1***	367,0±7,9***	375,0±16,1***
Маса шлунка, г	32,7±0,99	56,3±0,75***	60,3 ±1,78***	58,7±1,04***
Передзабійна жива маса поросят, кг	6,5±0,25	8,43±0,71*	6,63 ±0,44	5,86 ±0,44
До контрольної групи, %				
об'єм шлунка	100	253,5	280,1	286,9
маса шлунка	100	172,2	184,4	179,5

* $p < 0,05$; *** $p < 0,001$ порівняно з 1-ю групою

Встановлено, що із збільшенням об'єму шлунка у поросят дослідних груп зростала і його маса. Найбільшою вона була у поросят 3- і 4-ї груп, які за цим показником переважали контрольних відповідно на 27,6 г або у 1,84 раза і на 26,0 г або у 1,80 раза. Слід відмітити, що різниця в об'ємі і масі шлунка між поросятами дослідних і контрольної груп була статистично вірогідною ($p < 0,001$).

Порівняння різниці передзабійної живої маси поросят дослідних груп з різницею об'єму і маси їх шлунка свідчить, що між цими величинами немає прямої залежності. Так, у поросят 2-ї групи з найбільшою передзабійною живою масою

(відповідно 8,43) об'єм і маса шлунка були меншими, ніж у поросят 3- і 4-ї груп, у яких передзабійна жива маса становила 6,63 і 5,86 кг.

Висновки

1. Проведені дослідження показали, що режим підсису поросят при відлученні їх від маток у 30-добовому віці істотно впливає на споживання кормів, їх ріст і розвиток не тільки у названий, а і у подальші вікові періоди.

2. Встановлено, що обмежене перебування поросят під матками зумовлює краще поїдання ними кормів, зокрема комбікорму, якого поросята, що вирощувалися за 12-8-ма підсисами у 5,0-7,5 і з 24-ма підсисами – у 3 рази більше, ніж

Засуха Ю. В., Повозніков М. Г., Отченашко В. В., Грищенко С. М., Грищенко Н. П.

поросята з вільним доступом до матки.

3. Доведено, що рання адаптація поросят до споживання комбікорму при регульованому режимному підсисі сприяла збільшенню їх живої маси та середньодобових приростів у всі вікові періоди їх вирощування аж до зняття з відгодівлі у 7-місячному віці.

4. Встановлено, що існує певна корелятивна залежність між

Список використаних джерел

1. Іванов В. О., Волошук В. М. Біологія свиней. К. : ЗАТ «НІЧЛАВА», 2009. 304 с.

2. Походня Г.С. Теория и практика воспроизводства и выращивания свиней. М.: Агрпромиздат, 1990. 271 с.

3. Грищенко С.М. Етологія свиней за різних умов утримання. Наукові доповіді НУБіП України. 2017. № 3 (67). <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi2017.03.018>.

4. Современное свиноводство. Актуальные статьи из немецкого специализированного журнала / [сост. М. Нойнабер]. Фастов : Юнивест Медиа, 2010. 112 с.

5. Дурст Л. Кормление сельскохозяйственных животных [Текст] / Л. Дурст, М. Виттман ; пер. с нем. под ред. И. И. Ибатуллина, Г. В. Проваторова. Винница : Новая книга, 2003. – 384 с.

6. Квасницкий А.В. Физиология пищеварения у свиней. М.: Сельхозгиз, 1951. 231 с.

7. Великжанин В. И. Методические рекомендации по изучению поведения сельскохозяйственных животных. Вып.1. Л.: ВНИИРГЖ, 1975. 84 с.

8. Венедиктова Т. Н., Колобова П. Г., Пушкарский В. Г. Что мы знаем о поведении животных. М. : Колос, 1978. 175 с.

9. Плохинский Н. А. Руководство по биометрии для зоотехников. Колос, 1969. 246 с.

аліментарною активністю поросят і кількістю спожитого ними корму, а саме, при довшій відсутності контакту з свиноматкою та частотою ссання.

5. Встановлено, що у поросят через 25 днів регульованого підсису під матками, спостерігалось збільшення об'єму і маси шлунка порівняно з поросятами, які мали вільний доступ до свиноматки під час підсисного періоду.

References

1. Ivanov V. O., Voloshuk V. M. (2009) *Biologiya svynei*. Kyiv: NICHLAVA, S. 304.

2. Pohodnya G.S. (1990) *Teoriya i praktika vosproizvodstva i vyirashchivaniya sviney*. M.: Agropromizdat, 271 s.

3. Gryshchenko S.M. (2017) *Etolohiia svynei za riznykh umov utrymanna*. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy. № 3 (67). <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi2017.03.018>.

4. Noynaber M. (2010) *Sovremennoe svinovodstvo. Aktualnyie stati iz nemetskogo spetsializirovannogo zhurnala*. Fastov: Yunivest Media, S. 112.

5. Durst, L., Vittman, M. (2003) *Kormlenie selskohozyaystvennyih zhivotnyih. Per. s nem. pod red. I. I. Ibatullina, G. V. Provatorova*. Vinnytsia: The New Book, S. 384.

6. Kvasnitskiy A.V. (1951) *Fiziologiya pischevareniya u sviney*. M.: Selhozgiz, S. 231.

7. Velikzhanin V. I. (1975) *Metodicheskie rekomendatsii po izucheniyu povedeniya selskohozyaystvennyih zhivotnyih*. Leningrad: VNIIRGZH, S. 84.

8. Venediktova T. N., Kolobova, P. G., Pushkarskiy, V. G. (1978) *Chto myi znaem o povedenii zhivotnyih*. Moscow: Kolos, S. 175.

9. Plokhynskiy N. A. (1969). *Rukovodstvo po byometryu dlia zootekhnikov*. M. Kolos, S. 246.

INFLUENCE OF FEEDING CONDITIONS ON THE PRODUCTIVITY OF YOUNG PIGS

**Yu. Zasukha, M. Povochnikov, V. Otchenashko, S. Gryshchenko,
N. Hryshchenko**

Abstract. *The influence of feeding conditions of suckling piglets on their growth in the subsequent periods of cultivation is investigated in the article. The aim of the scientific and economic experiment was to establish the effect of suckling piglets on increasing the productivity of lactating sows and growth, development, feed consumption and etiology and foraging activity of piglets both in the suckling period and after weaning from sows. For this purpose, 4 groups of sows with three heads in each were formed on the principle of analogues. Five days after farrowing, 10 piglets were left in each nest during weaning. This took into account their live weight at birth and at 5 days of age. The sows of the control group fed 10 piglets, while the sows of the 2nd, 3rd and 4th groups fed 20, 30 and 40 piglets, respectively.*

After the piglets reached 5 days of age, the suckling regime, except for the animals of the control group, was artificially regulated. To do this, sows were expelled for the time provided by the scheme of the experiment on the playground, where they received according to the norms of feeding standard feed.

The suckling piglets received cow's milk and weaning from a place where they were fed, and had free access to feed according to age.

As a result of research, it was found that reducing the number of suckling pigs per day to 8-24 times compared to raising piglets with free access to the uterus leads to more eating of feed in suckling and subsequent periods of pig breeding. At the same time, in young pigs, which previously adapted to the consumption of feed during the weaning period and had a regulated weaning, there is an increase in live weight, average daily gain, weight and volume of the stomach and increase their productivity. It is proved that the conditions of the regulated subsystem significantly affect the multiplicity and duration of consumption of breast milk by piglets.

Key words: *piglets, sows, feeding, young pigs, live weight, average daily gains, feed costs, ethological indicators*

**МОНІТОРИНГ ПОКАЗНИКІВ ОБМІНУ МІНЕРАЛЬНИХ РЕЧОВИН У
КРОЛІВ НОВОЗЕЛАНДСЬКОЇ БІЛОЇ ПОРОДИ****Ю. В. КОРНІЙЧУК**, аспірант**Н. Г. ГРУШАНСЬКА**, доктор ветеринарних наук, доцент*Національний університет біоресурсів і природокористування України*

E-mail: lisa8919@bigmir.net, grushanska_ng@nubip.edu.ua

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.01.013>

***Анотація.** Від мінерального статусу тварини залежить її добробут, а також якість продукції тваринництва. Дослідження мінеральних елементів надає можливість дослідити зміни навколишнього середовища і попередити негативні впливи як на організм тварини, добробут якої повністю залежить від людини, так і на організм людини, як кінцевого споживача їжі тваринного походження. Перспективним напрямом ветеринарної медицини є розроблення нових методів неінвазивної діагностики для оцінювання стану здоров'я і для визначення порушень обміну есенціальних елементів в організмі кролів, адже ці методи будуть більш гуманними, і полегшуватимуть роботу лікаря ветеринарної медицини.*

Метою дослідження було визначити особливості обміну мінеральних речовин у кролів новозеландської білої породи за віком і статтю та інформативність оцінки обміну речовин за використання різних біологічних матеріалів.

Дослідження проводили в умовах виробництва на 24 клінічно здорових кролях новозеландської білої породи, різного віку і статі. Для дослідження у тварин відбирали кров, сечу і волосся. Вміст мікроелементів в біологічних матеріалах визначали методом атомно-емісійної спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою.

Встановлено достовірну кореляцію між вмістом в плазмі крові кролів Кальцію з волоссям (-0,42), Мангану з волоссям (-0,32), Феруму з волоссям (0,63), Цинку з волоссям (0,40), Купруму з волоссям (0,39) і з сечею (0,44); між вмістом в цільній крові кролів Кальцію з волоссям (0,47) і з сечею (-0,33), Мангану з волоссям (-0,32); між вмістом в сечі кролів Кобальту з волоссям (-0,35). З'ясовано динаміку вмісту Кальцію, Мангану, Феруму, Цинку, Кобальту і Купруму в біологічних матеріалах кролів залежно від їх віку і статі на що вказує достовірне зростання в плазмі крові Кальцію, Мангану, Феруму, Цинку, Кобальту і Купруму у самиць від 70 діб до 240 діб, та достовірне зростання Мангану і Цинку та зниження Купруму у самців від 70 до 90 діб.

Експериментально й теоретично обґрунтовано інформативність неінвазивного методу діагностики мікроелементозів у кролів та доведено інформативність мікроелементного складу волосся для біогеоценотичної діагностики, що є доцільним під час диспансеризації та масових досліджень кролів.

Корнійчук Ю. В., Грушанська Н. Г.

У перспективі плануємо дослідити в різних біологічних матеріалах кролів інші елементи з наступним оціненням інформативності неінвазивних методів для діагностики порушень обміну мінеральних речовин.

Ключові слова: *Купрум, Манган, Кобальт, Цинк, Кальцій, Фосфор, атомно-емісійна спектрометрія з індуктивно-зв'язаною плазмою (АЕС-ІЗП), кров, волосся, плазма, сеча*

Актуальність. Від мінерального статусу тварини залежить її добробут, а також якість продукції тваринництва. Незалежно від того, що технології кліткового утримання кролів розроблені вже давно і добре досліджені з наукової точки зору, екологічна ситуація набуває постійних змін. Надходження необхідних поживних речовин в організм кроля в умовах кліткового утримання, залежить від антропогенного фактору, якості кормів та регіональних особливостей мінерального складу кормів. І саме дослідження мінеральних елементів надає можливість дослідити ці зміни навколишнього середовища і попередити негативні впливи як на організм тварини, добробут якої повністю залежить від людини, так і на організм людини, як кінцевого споживача їжі тваринного походження.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Вчені проводять дослідження мінерального статусу за різних патологічних станів організму тварин роду гризунів [2, 8, 11, 14, 30], за порушення норм годівлі або під час додавання до раціонів різних біологічно активних добавок і

мінералів [4, 6, 7, 9, 15, 16, 18, 21, 23, 24, 27, 28, 29].

Chiericato G. M. з колегами досліджували динаміку мінерального складу плазми крові у кролиць від 35 до 120 денного віку [17].

Лебедев С. В. і Кван О. В. в своїх дослідженнях визначали референтні показники макро- і мікроелементів в тілі лабораторних щурів [5].

Вчені проводять дослідження щодо інформативності діагностики різних біологічних матеріалів (крові, волосся, сечі тощо) при визначенні мінерального статусу тварин роду гризунів [1, 2, 10, 27].

Барашков Г. К. з колегами в своїх дослідженнях не виявили кореляцію очищеного волосся, цільної крові і плазми крові за мінеральним складом, а показники неочищеного волосся вважають статистично недостовірними. За висновками вчених неочищене волосся не може використовуватись для оцінки рівня мінералів в організмі тварин [1].

Скальний А. А. з колегами, досліджуючи кореляцію між сироваткою крові, волоссям, нирками, печінкою, м'язами стегна і серця встановили, що аналіз волосся є інформативним методом оцінки статусу Кальцію, Цинку, Купруму і

Корнійчук Ю. В., Грушанська Н. Г.

Селену в організмі. Аналіз сироватки крові в меншій мірі відображує стан обміну елементів, порівняно з волоссям. Вчені припускають, що цей факт зумовлений впливом гомеостатичних механізмів на склад сироватки крові, в той час як на склад елементів в волоссі гомеостаз не впливає [10].

Гітіатуліна Е. Р. з колегами встановили, що мікроелементний аналіз волосся може служити індикатором порушення обміну мікроелементів за хвороб печінки [2].

Paradomichelakis G. З колегами в своїх дослідженнях показали, що плазма крові і волосся можуть бути біологічним індикатором мікроелементного статусу в кролів. Кров, порівняно з волоссям, є більш чутливою за незначних змін в профілі мікроелементів у кролів [27].

Проводячи дослідження обміну окремих мінералів у тварин роду гризунів вчені використовують наступні біологічні матеріали, які відбирають інвазивним шляхом або після забою тварин: цільну кров кролів [1, 4, 15, 16], мишей [20], плазму крові кролів [1, 17, 27, 28]; сироватку крові кролів [13, 21, 24, 25], щурів [8, 10]; тканини і органи (мозок, м'язи, кістки, печінка, нирки, серце, кишковик та ін.) кролів [4, 6, 7, 24], мишей [20], щурів [5, 11, 23, 29]. В той же час інші дослідники застосовували неінвазивний шлях відбору біологічного матеріалу: волосся кролів [1, 6, 7, 27], щурів [2, 5, 10, 23,

29]; сечу кролів [3, 12, 16, 17, 25, 28]; фекалії кролів [18].

Досліджуючи рівні мінералів в біологічних матеріалах вчені застосовували такі методи: атомно-емісійної спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою (ICP-OES) [9, 26], мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою (ICP-MS) [1, 2, 4, 5, 10, 20, 27], атомно-абсорбційної спектрофотометрії з графітовою піччю (ETAAS) [19], полум'яної атомно-абсорбційної спектрофотометрії (FAAS) [16, 17, 22], іоноселективний метод [25], атомно-абсорбційної спектрометрії (AAS) [5, 6, 7, 8, 11, 18, 23, 24, 28, 29], біохімічні методи – спектрофотометрії [13, 17], метод спектрального аналізу (XRF) [3, 12].

Перспективним напрямом ветеринарної медицини є розроблення нових методів неінвазивної діагностики для оцінювання стану здоров'я і для визначення порушень обміну есенціальних елементів в організмі кролів, адже ці методи будуть більш гуманними, і полегшуватимуть роботу лікаря ветеринарної медицини.

Для дослідження рівнів мінералів у біологічних матеріалах тварин вчені використовують різні методи і в своїх роботах висвітлюють показники в різних одиницях, а їх дослідження зазвичай охоплюють лише окремий перелік мінералів в окремих біологічних матеріалах,

Корнійчук Ю. В., Грушанська Н. Г.

уникаючи комплексності досліджень обміну мінералів в організмі. А це в свою чергу ускладнює використання цих даних іншими вченими для аналітичних досліджень, а через появу нових аналітичних методів також потребує оновлення референтних показників. По опрацьованим нами даним в Україні робіт, які б були присвячені одночасному комплексному дослідженню мінеральних речовин у різних біологічних матеріалах (цільна кров, плазма крові, сеча і волосся) кролів новозеландської білої породи з урахуванням віку і статі методом атомно-емісійної спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою відсутні. Таким чином, робота спрямована на отримання нових комплексних даних є перспективним напрямом досліджень.

Мета дослідження - визначити особливості обміну мінеральних речовин у кролів новозеландської білої породи за віком і статтю та інформативність оцінки обміну речовин за використання різних біологічних матеріалів.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводили на 24 клінічно здорових кролях новозеландської білої породи, різного віку і статі. Було сформовано 5 дослідних груп (1 група – самки 70 добового віку, 2 група - самці 70 добового віку, 3 група – самки 90 добового віку, 4 група – самці 90 добового віку, 5 група – самки 240

добового віку), контрольну групу не формували. Відбір тварин для дослідження проводився рандомно з подальшим поділом відібраних тварин по групам за віком, статтю і беручи до уваги, що вага тварин в межах однієї групи повинна коливатися не більше 3 % від середньої ваги в групі.

Досліджень проводили в умовах виробництва (Філія «Антонов-Агро») з використанням лактуючих кролиць. 8 лактуючих кролиць (вік 8 місяців – 240 діб) утримувались індивідуально в клітках і отримували раціон збалансований за основними показниками, водопостачання централізоване, напування з автопоїлок. До складу кормової суміші для лактуючих кролиць входить (г/кг): сіно люцерни 200, пшениця 200, соняшниковий шрот 150, ячмінь 175, овес 100, соєвий шрот 65, сухе молоко 65, крейда 10, премікс “FYS” 5 (в 1 кг преміксу кальцій карбонату 650 г, сарапоніну 30 - 100 г, олігосахариду 250 г), Клінофід 4 (нейтролізатор мікотоксинів на основі кліноптилоліту і гейландиту), монокальцій фосфат 4, сіль 4, лізин 2, глюкоза 10, лактоза 5, метіонін 1. Відбір біологічного матеріалу у 8 лактуючих кролиць проводили у віці 240 діб. У 16 кролів на відгодівлі (8 самців і 8 самок, вік 70 та 90 діб). Кролі утримувались індивідуально у клітках і отримували раціон збалансований за основними

Корнійчук Ю. В., Грушанська Н. Г.

показниками, водопостачання централізоване, напування індивідуальне з поїлок. До раціону кролів входили (г/кг): сіно люцерни 265, пшениця 140, соняшниковий шрот 110, ячмінь 309, овес 100, соєвий шрот 58, Люманце Ц 1, крейда 4, премікс «FYS» 4,5 (в 1 кг преміксу кальцій карбонату 650 г, сарапоніну 30 100 г, олігосахариду 250 г), Клінофід 2 (нейтролізатор мікотоксинів на основі кліноптїлолу і гейландиту), трикальцій фосфат 4, сіль 1,5, лізин 1. Відбір біоматеріалу від 16 кролів проводили дворазово у віці 70 і 90 діб.

Для дослідження у тварин відбирали кров, сечу і волосся, всі біологічні матеріали від однієї тварини відбирали в один день. Вміст мікроелементів в біологічних матеріалах визначали методом атомно-емісійної спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою на приладі Optima 2100 DV фірми (PerkinElmer Inc., США, 2004).

Для оцінки результатів і аналізу отриманих даних використовувались всі без виключення зразки біологічних матеріалів отримані від тварин.

Одержані цифрові данні для визначення середнього арифметичного (M), середньої статистичної помилки (m), достовірної різниці (p) і кореляції ® опрацьовували статистично з використанням програми Microsoft EXCEL. Для визначення вірогідності

відмінностей між середніми величинами застосовували критерій Стьюдента.

Результати дослідження та їх обговорення. Клінічні показники кролів під час проведення відбору біологічних матеріалів знаходились в межах фізіологічних коливань. Від кожної окремої тварини всі досліджувані біологічних матеріалів, а саме цільну кров, плазму крові, сечу і волосся, відбирали одночасно.

В цільній крові кролів залежно від віку у самиць встановлено вірогідне зниження вмісту Кальцію у 5 групі порівняно з 1 групою в 2 рази і у 5 групі порівняно з 3 групою в 2,1 рази, вірогідне зниження вмісту Плюмбуму у 3 групі порівняно з 1 групою в 3,5 рази, вірогідне збільшення вмісту Мангану у 3 групі порівняно з 1 групою в 2,3 рази, у 5 групі порівняно з 1 групою в 3,8 рази (табл. 1).

В цільній крові кролів залежно від віку у самців встановлено вірогідне збільшення вмісту Мангану у 4 групі в порівнянні з 2 групою в 3,2 рази, вірогідне збільшення вмісту Кадмію у 4 групі в порівнянні з 2 групою в 1,9 рази (табл. 1).

В плазмі крові кролів залежно від віку у самиці встановлено вірогідне збільшення вмісту Кальцію у 5 групі порівняно з 1 групою в 3 рази і у 5 групі порівняно з 3 групою в 3,1 рази, вірогідне збільшення вмісту Мангану у 3 групі порівняно з 1 групою в 1,6 рази і у 5 групі порівняно з 1 групою в

Корнійчук Ю. В., Грушанська Н. Г.

2,4 раза, вірогідне збільшення вмісту Цинку у 5 групі порівняно з 1 групою в 3 рази і у 5 групі порівняно з 3 групою в 2,9 раза, вірогідне збільшення вмісту Феруму у 5 групі порівняно з 1 групою в 2,3 раза і у 5 групі порівняно з 3 групою в 3 рази, збільшення вмісту Кобальту у 3 групі

порівняно з 1 групою в 1,9 раза і у 5 групі порівняно з 1 групою в 4,5 раза і у 5 групі порівняно з 3 групою в 2,4 раза, вірогідне збільшення вмісту Купруму у 5 групі з 1 групою в 4,9 раза і у 5 групі порівняно з 3 групою в 4,2 раза (табл. 1).

1. Вміст елементів у крові кролів новозеландської білої породи (мг/л, $M \pm m$, $n=6-8$)

Показник	Групи залежно від віку (діб) та статі				
	70		90		240
	1 група самки, n=8 ♀	2 група самці, n=7 ♂	3 група самки, n=8 ♀	4 група самці, n=6 ♂	5 група самки, n=8 ♀
**Ca	80,75±2,55	81,33±2,14	85,05±1,73	86,63±2,80	40,85±1,86 ▲▲▲ ΔΔΔ
Lim min-max	66,8–91,6	74,6–90,6	80,9–93,5	76,5–93,3	35,4–51,6
*Ca	60,43±4,15	59,48±3,49	58,16±4,49	64,42±5,34	178,04±16,62 ▲▲▲ ΔΔΔ
Lim min-max	38,76–78,96	47,87–72,59	39,76–70,05	51,48 - 90,16	112,54 -236,32
**Mn	0,0038±0,0009	0,0038±0,0007	0,0086±0,0018 ▲	0,0122±0,0016 ■ ■ ■	0,0144±0,0022 ▲▲▲
Lim min-max	0,0016–0,0085	0,0024–0,0062	0,0018–0,016	0,0082–0,018	0,0087–0,021
*Mn	0,009±0,001	0,007±0,001	0,014 ±0,001 ▲▲	0,015 ±0,001 ■ ■ ■	0,022±0,006 ▲
Lim min-max	0,0068-0,013	0,0039 -0,011	0,0091 -0,018	0,011 -0,022	0,0079-0,044
**Pb	0,021±0,006	0,025±0,009	0,006±0,001 ▲	0,027±0,008	0,029±0,002 ΔΔΔ
Lim min-max	0,006–0,05	0,007–0,085	0,004–0,01	0,01–0,05	0,02–0,04
**Cd	0,0040±0,0008	0,0021±0,0004	0,0036±0,0010	0,0040±0,0011	0,0021±0,0005
Lim min-max	0,001–0,0078	0,00096–0,0036	0,001–0,0066	▲ 0,0011–0,0072	0,00095–0,0063
*Fe	0,79±0,07	0,76±0,11	0,61±0,11	0,64±0,05	1,84±0,24
Lim min-max	0,49–1,09	0,48–1,16	0,06–1,13	0,43–0,73	▲▲▲ ΔΔΔ 1,09–3,04
*Zn	1,66±0,40	0,66±0,08 ▲	1,72±0,24	1,56±0,15 ■ ■ ■	4,99±0,75 ▲▲ ΔΔΔ
Lim min-max	0,46–2,63	0,43–0,86	0,71–2,68	0,81–1,9	3,17–7,66
*Co	0,0033±0,0004	0,0033±0,0005	0,0062±0,0010 ▲	0,0056±0,0010	0,0149±0,0036 ▲▲ Δ
Lim min-max	0,0022–0,0049	0,00098–0,0053	0,0028–0,0097	0,0029–0,0084	0,0048–0,031
*Cu	0,25±0,052	0,52±0,07 ▲▲	0,29±0,04	0,28±0,06 ■	1,23±0,10 ▲▲ ΔΔΔ
Lim min-max	0,055–0,45	0,3–0,73	0,14–0,44	0,19–0,54	0,6–1,8

Примітки: * – вимірювали в плазмі крові; ** – вимірювали в цільній крові; ▲ - $P < 0,05$; ▲▲ - $P < 0,01$; ▲▲▲ - $P < 0,001$; Δ - $P < 0,05$; ΔΔ - $P < 0,01$; ΔΔΔ - $P < 0,001$; ■ $P < 0,05$; ■■ $P < 0,01$; ■■■ - $P < 0,001$

Корнійчук Ю. В., Грушанська Н. Г.

В плазмі крові кролів залежно від віку у самців встановлено вірогідне збільшення вмісту Мангану у 4 групі порівняно з 2 групою в 2,1 раза, збільшення вмісту Цинку у 4 групі порівняно з 2 групою в 2,4 раза, вірогідне зниження вмісту Купруму у 4 групі порівняно з 2 групою в 1,9 раза (табл. 1).

У сечі кролів залежно від віку у самиць встановлено вірогідне зниження вмісту Мангану у 5 групі порівняно з 1 групою в 5,1 раза і у 5 групі порівняно з 3 групою в 4 рази, вірогідне збільшення вмісту Купруму у 5 групі порівняно з 3 групою в 5,4 раза і вірогідне зниження у 3 групі в порівнянні з 1 групою в 3,6 раза (табл. 2).

Таблиця 2. Вміст елементів у сечі кролів новозеландської білої породи

(мг/л, $M \pm m$, $n=4-8$)

Показник	Групи залежно від віку (діб) та статі				
	70		90		240
	1 група самки, n=8 ♀	2 група самці, n=8 ♂	3 група самки, n=8 ♀	4 група самці, n=8 ♂	5 група самки, n=4 ♀
Ca	3092,93±886,56	3793,4±883,7	2472,34±516,95	2646,85±623,06	4135,75±1264,07
Lim min-max	1002,6-6497,4	1030,66-8750	1059,3-5927,5	1137,4-3740,8	1670,33-6913,33
Mn	0,28±0,07	0,05±0,01	0,22±0,06	0,18±0,05	0,055±0,009
Lim min-max	0,13-0,57	0,019-0,15	0,035-0,44	0,042-0,26	0,03-0,064
Pb	35,25±8,14	25,38±3,77	23,50±4,16	31,00±7,24	32,75±4,52
Lim min-max	13,0-104,0	12,0-39,0	13,0-48,0	18,0-43,0	25,0-43,0
Cd	1,25±0,36	0,64±0,17	1,24±0,33	1,93±0,45	2,95±0,94
Lim min-max	0,21-3,4	0,13-1,5	0,07-3,7	1,2-2,8	1,20-5,30
Fe	2,14±0,60	1,46±0,38	1,10±0,26	1,19±0,27	32,75±4,52
Lim min-max	0,75-4,86	0,3-3,62	0,3-2,97	0,73-1,69	0,28-1,24
Zn	1,63±0,42	0,98±0,23	1,66±0,31	1,93±0,45	1,22±0,29
Lim min-max	0,43-3,4	0,4-1,76	0,42-3,3	1,17-3,18	0,67-1,63
Co	0,06±0,01	0,065±0,011	0,075±0,016	0,075±0,017	0,047±0,008
Lim min-max	0,02-0,12	0,035-0,109	0,033-0,148	0,042-0,1	0,033-0,063
Cu	0,25±0,05	0,05±0,01	0,07±0,02	0,07±0,02	0,38±0,11
Lim min-max	0,055-0,45	0,02-0,1	0,026-0,17	0,03-0,12	0,10-0,60

Примітки: ▲ - $P < 0,05$; ▲▲ - $P < 0,01$; ▲▲▲ - $P < 0,001$; Δ - $P < 0,05$; ΔΔ - $P < 0,01$; ΔΔΔ - $P < 0,001$; ■ - $P < 0,05$; ■■ - $P < 0,01$; ■■■ - $P < 0,001$

У сечі кролів залежно від віку у самців встановлено вірогідне збільшення вмісту Мангану у 4 групі в порівнянні з 2 групою в 3,6 раза,

вірогідне збільшення вмісту Кадмію у 4 групі в порівнянні з 2 групою в 3 рази (табл. 2).

Корнійчук Ю. В., Грушанська Н. Г.

У волоссі кролів залежно від віку у самиць встановлено вірогідне зниження вмісту Кальцію у 5 групі порівняно з 1 групою в 2,4 раза і у 5 групі порівняно з 3 групою в 2,4 раза, вірогідне зниження вмісту Мангану у 5 групі порівняно з 1 групою в 3,8 раза і у 5 групі порівняно з 3 групою в 4,6 раза, зниження вмісту Плюмбуму у 3 групі порівняно з 1 групою в 3,8 раза, вірогідне збільшення вмісту Плюмбуму у 5 групі порівняно з 3

групою в 3,9 раза, зниження вмісту Кадмію у 5 групі порівняно з 1 групою в 2,1 раза, збільшення вмісту Феруму у 5 групі порівняно з 1 групою в 3,2 раза і у 5 групі порівняно з 3 групою в 4,2 раза, збільшення вмісту Цинку у 5 групі порівняно з 1 групою в 1,5 раза і у 5 групі порівняно з 3 групою в 1,4 раза, збільшення вмісту Купруму у 5 групі порівняно з 1 групою в 1,5 раза (табл. 3).

Таблиця 3. Вміст елементів у волоссі кролів новозеландської білої породи (мкг/г, $M \pm m$, $n=6-8$)

Показник	Групи залежно від віку (діб) та статі				
	70		90		240
	1 група самки, $n=8$ ♀	2 група самці, $n=7$ ♂	3 група самки, $n=8$ ♀	4 група самці, $n=6$ ♂	5 група самки, $n=8$ ♀
Ca	1524,86±193,87 1098–2788	2396,58±475,71	1570,27±379,92	1293,17±137,99	643,05±72,35 ▲▲▲ Δ
Lim min-max		1612,4–4786,7	505,33–4093,33	800–1828	352,8–951,77
Mn	7,04±2,21	13,02±1,90	8,45±1,56	10,86±2,31	1,85±0,31 ▲ΔΔΔ
Lim min-max	2,13–14,4	5,1–21,0	3,5–14,67	5,88–15,6	1,03–2,8
Pb	1,13±0,33	0,28±0,08 ▲	0,30±0,08 ▲	0,15±0,03	1,16±0,12 ΔΔΔ
Lim min-max	0,28–2,4	0,11–0,49	0,12–0,64	0,084–0,23	0,39–1,82
Cd	0,041±0,008	0,019±0,004	0,029±0,007	0,013±0,004	0,020±0,005 ▲
Lim min-max	0,014–0,076	0,009–0,04	0,008–0,08	0,00574–0,025	0,0023–0,06
Fe	24,74±5,84	28,33±7,68	18,55±3,83	21,01±4,81	78,30±6,43 ▲▲▲ ΔΔΔ
Lim min-max	5,33–52,0	4,6–60	4,08–33,33	10,8–38,63	44,33–93,33
Zn	197,22±26,98	219,59±32,01	218,94±26,53	177,90±19,93	304,27±18,63 ▲▲ Δ
Lim min-max	93,61–297,12	106,82–284,28	152,28–316,28	112,28–231,88	226,35–384,65
Co	0,057±0,012	0,143±0,035 ▲	0,053±0,009	0,107±0,030	0,038±0,007
Lim min-max	0,033–0,11	0,023–0,32	0,02–0,1	0,02–0,19	0,0098–0,061
Cu	11,27±1,50	13,70±1,83	13,50±1,54	11,77±0,99	16,92±1,39 ▲
Lim min-max	6,27–19,8	7,05–18,92	8,93–20,93	8,8–15,6	11,76–25,32

Примітки: ▲ - $P < 0,05$; ▲▲ - $P < 0,01$; ▲▲▲ - $P < 0,001$; Δ - $P < 0,05$; ΔΔ - $P < 0,01$; ΔΔΔ - $P < 0,001$; ■ $P < 0,05$; ■■ $P < 0,01$; ■■■ - $P < 0,001$

У волоссі кролів залежно від віку у самців встановлено вірогідне зниження вмісту Плюмбуму у 4 групі

порівняно з 2 групою в 1,9 раза, зниження вмісту Кобальту у 4 групі

Корнійчук Ю. В., Грушанська Н. Г.

порівняно з 2 групою в 1,3 раза (табл. 3).

За підрахунку коефіцієнту кореляції досліджуваних

мікроелементів в різних біологічних матеріалах встановлено залежність цих мікроелементів між різними біологічними матеріалами (табл. 4).

Таблиця 4. Кореляція між вмістом елементу в біологічних матеріалах кролів новозеландської білої породи ($n=32-37$)

Показник	Ca	Mn	Pb	Cd	Fe	Zn	Co	Cu
Кров-волосся	0,47**	-0,28*	-0,07	0,17	-	-	-	-
Плазма-волосся	-0,42**	-0,32*	-	-	0,63**	0,40**	-0,25	0,39**
Кров-сеча	-0,33**	-0,14	0,05	-0,22	-	-	-	-
Плазма-сеча	0,13	-0,16	-	-	-0,02	-0,01	-0,16	0,44**
Сеча-волосся	-0,14	-0,09	0,01	0,00	-0,18	-0,01	-0,35**	0,11

Примітки: «-» - кореляцію не визначали; * $k=0,25$, $P<0,05$; ** $k=0,33$ $P<0,01$

Кореляція між цільною кров'ю і волоссям у кролів новозеландської білої породи відображує концентрацію Кальцію, Мангану, Плюмбуму і Кадмію в організмі тварин. Кореляція між плазмою крові і волоссям у кролів новозеландської білої породи відображує концентрацію Кальцію, Мангану, Феруму, Цинку, Кобальту і Купруму в організмі тварин. Кореляція між цільною кров'ю і сечею у кролів новозеландської білої породи відображує концентрацію Кальцію, Мангану, Феруму, Цинку, Кобальту і Купруму в організмі тварин. Кореляція між плазмою крові і сечею у кролів новозеландської білої породи відображує концентрацію Кальцію, Мангану, Феруму, Цинку, Кобальту і Купруму в організмі тварин. А також

нами встановлена кореляція таких елементів як Кальцій, Манган, Плюмбум, Кадмій, Ферум, Цинк, Кобальт і Купрум між сечею і волоссям (табл. 4).

Встановлена нашими дослідженнями кореляція між кров'ю і волоссям підтверджується дослідженнями інших вчених [2, 10, 27].

Висновки і перспективи.

1. Вміст елементів в біологічних матеріалах кролів новозеландської білої породи (цільна кров, плазма крові, сеча, волосся) визначені методом атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою на приладі Optima 2100 DV фірми (PerkinElmer Inc., США, 2004) є інформативним для визначення

Корнійчук Ю. В., Грушанська Н. Г.

мінерального статусу організму кролів.

2. Встановлено достовірну кореляцію між вмістом в плазмі крові кролів Кальцію з волоссям (-0,42), Мангану з волоссям (-0,32), Феруму з волоссям (0,63), Цинку з волоссям (0,40), Купруму з волоссям (0,39) і з сечею (0,44); між вмістом в цільній крові кролів Кальцію з волоссям (0,47) і з сечею (-0,33), Мангану з волоссям (-0,32); між вмістом в сечі кролів Кобальту з волоссям (-0,35).

3. З'ясовано динаміку вмісту Кальцію, Мангану, Феруму, Цинку, Кобальту і Купруму в біологічних матеріалах кролів залежно від їх віку і статі на що вказує достовірне зростання в плазмі крові Кальцію, Мангану, Феруму, Цинку, Кобальту і Купруму у самиць від 70 діб до 240 діб, та достовірне зростання Мангану і Цинку та зниження Купруму у самців від 70 до 90 діб.

4. З'ясовано динаміку вмісту Феруму, Цинку, Купруму, Кальцію, Мангану, Кадмію, Плюмбуму і

Кобальту в волоссі у кролів залежно від їх віку і статі. На що вказує достовірне зростання у самиць від 70 до 240 добового віку Феруму, Цинку, Купруму та зниження Кальцію, Мангану, Кадмію; та достовірне зниження в волоссі у самців від 70 до 90 добового віку Плюмбуму та Кобальту.

За результатами проведеної нами роботи експериментально й теоретично обгрунтовано інформативність неінвазивного методу діагностики мікроелементозів у кролів та доведено інформативність мікроелементного складу волосся для біогеоценотичної діагностики, що є доцільним під час диспансеризації та масових досліджень кролів.

У перспективі плануємо дослідити в різних біологічних матеріалах кролів інші елементи з наступним оціненням інформативності неінвазивних методів для діагностики порушень обміну мінеральних речовин.

Список використаних джерел

1. Барашков Г. К., Краснова И. А., Марисюк А. Р. Содержание микроэлементов (МЭ) в шерсти и крови кроликов. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2012. № 12. С. 8–11.

2. Гатиатулина Е. Р., Попова Е. В., Полякова В. С., Скальная А. А., Аглетдинов Э. Ф., Никоноров А. А., Скальный А. В. и Тыньков А. А. Оценка содержания микроэлементов в шерсти животных с неалкогольной жировой болезнью печени. *Микроэлементы в медицине*. 2017. № 18(1).

С. 17–21. doi: 10.19112/2413-6174-2017-18-1-17-21.

3. Голубев М. І., Махно К. І. Засвоєння хрому в організмі кролів залежно від його джерела в комбікормі. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького*. 2015. Т. 17, №1(61), Ч. 3. С. 39–43.

4. Коваленок Ю. К. Диагностика значимости исследования крови как биомаркера микроэлементной обеспеченности животных. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. Ветеринарные науки*. 2011. № 6. С. 64–66.

Корнійчук Ю. В., Грушанська Н. Г.

5. Лебедев С. В., Кван О. В. Референтные значения химических элементов в теле лабораторных животных. *Микроэлементы в медицине*. 2014. № 15(2). С. 34–39.
6. Лесик Я. В. Содержание элементов в тканях кроликов при выпойке соединений хрома (III). *Микроэлементы в медицине*. 2014. № 15(1). С. 27–33.
7. Лесик Я. В., Федорук Р. С. Микроэлементы тканей кролів за згодовування хлориду хрому. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького*. 2014. Т. 16, № 3(60), Ч. 2. С. 199–204.
8. Марущак М. І., Антонишин І. В., Габор Г. Г., Бржиський А. В. Вплив дисбалансу мікроелементів на регуляцію апоптозу в щурів з аліментарним ожирінням. *Вісник наукових досліджень*. 2015. № 3. С. 97–100. doi: 10.11603/1681-276X.2015.3.5206.
9. Палюх Т. А., Цвіліховський М. І. Застосування препарату «Мінковіт» для нормалізації мінерального обміну в організмі лактуючих норок. *Ветеринарна медицина України*. 2013. № 9(211). С. 16–19.
10. Скальный А. А., Мелихова М. В., Бонитенко Е. Ю., Скальный А. В., Скальная М. Г., Мирошников С. А. Сравнительный анализ информативности диагностических биосубстратов (сыворотка крови и шерсть) при определении элементного статуса экспериментальных животных. *Микроэлементы в медицине*. 2016. Т. 17(1). С. 38–44.
11. Тарасова І. В. Гіпоксія – чинник дефіциту та дисбалансу мікроелементів у тканинах печінки новонароджених щурів. *Таврический медико-биологический вестник*. 2012. Т. 15, № 1(57). С. 241–244.
12. Шулько О. П. Баланс мінеральних елементів в організмі молодняку кролів за різних доз сірки та оптимального рівня селену в раціоні. *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва: збірн. наук. праць*. 2011. № 6(88). С. 72–74.
13. Ahmadi M., Pet I., Stef L., Dumitrescu G., Patruica S., Nicula M., Ciochina L. P., Popa M., Dronca D. Blood serum minerals – in vivo mineral interactions following iron overload. *Revista de chimie*. 2019. № 70(1). P. 4073–4076.
14. Bremme K. A. Haemostatic changes in pregnancy. *Best Pract Res Clin Haematol*. 2003. V. 16. P. 153–168.
15. Bulat Z., Dukic-Cosic D., Antonijevic B., Buha A., Bulat P., Pavlovic Z., Matovic V. Can zinc supplementation ameliorate cadmium-induced alterations in the bioelement content in rabbits? *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*. 2017. № 68(1). P. 38–45. doi: 10.1515/aiht-2017-68-2919.
16. Bulat Z., Dukic-Cosic D., Antonijevic B., Bulat P., Vujanovic D., Buha A., Matovic V. Effect of magnesium supplementation on the distribution patterns of zinc, copper, and magnesium in rabbits exposed to prolonged cadmium intoxication. *The scientific world journal*. 2012. ID 572514. P. 1–9. doi: 10.1100/2012/572514.
17. Chiericato G. M., Rizzi C., Ravarotto L., Zakaria H. Circulating levels of metabolites, enzymes and minerals of grimaud female rabbits from weaning to 120 days of age. *World congress of animal feeding*. 2000. № 7. P. 111–116.
18. Chrastinova L., Chrenkova M., Formelova Z., Polacikova M., Cobanova K., Laukova A., Bino Glatzova E., Strkolcova G., Kandricakova A., Rajskey M., Mlynekova Z., Marinov M. Effect of combinative dietary zinc supplementation and plant thyme extract on growth performance and nutrient digestibility in the diet for growing rabbits. *Slovak journal of animal science*. 2018. № 51(2). P. 52–60.
19. Cobanova K., Chrastinova L., Chrenkova M., Polacikova M., Formelova Z., Ivanisinoва O., Ryzner M., Gresakova L. The effect of different dietary zinc sources on mineral deposition and antioxidant indices in rabbit tissues. *World rabbit science*. 2018. № 26. P. 241–248. doi: 10.4995/wrs.2018.9206.
20. Felber D. M., Wu Y., Zhao N. Regulation of the metal transporters ZIP14 and ZnT10 by Manganese intake in mice. *Nutrients*. 2019. № 11. 2099(1-13). doi: 10.3390/nu11092099.
21. Hassan Fardos A. M., Mahmoud R., El-Araby Iman E. Growth performance, serum biochemical, economic evaluation and IL6 gene expression in growing rabbits fed diets supplemented with zinc nanoparticles. *Zagazig veterinary journal*. 2017. № 45(3). P. 238–249. doi: 10.21608/zviz.2017.7949.

Корнійчук Ю. В., Грушанська Н. Г.

22. Hassan F., Mobarez S., Mohamed M., Attia Y., Mekawy A., Mahrose K. Zinc and/or Selenium Enriched Spirulina as antioxidants in growing rabbit diets to alleviate the deleterious impacts of heat stress during summer season. *Animals*. 2021. V. 11(3). 756. <https://doi.org/10.3390/ani11030756>

23. Hullar I., Vucskits A. V., Berta E., Andrasofszky E., Bersenyi A., Szabo J. Effect of fulvic and humic acids on copper and zinc homeostasis in rats. *Acta Veterinaria Hungarica*. 2018. № 1(66). P. 40–51. doi: [10.1556/004.2018.005](https://doi.org/10.1556/004.2018.005).

24. Montiel R. S., Acosta I. T., Delgado E. V., Juarez-Silva M. E., Azaola A., Romo F. P.-G. Inulin as a growth promoter in diets for rabbits. *Revista Brasileira de zootecnia-brazilian journal of animal science*. 2013. № 42(12). P. 885–891.

25. Ozkan C., Kaya A., Akgul Y. Normal values of haematological and some biochemical parameters in serum and urine of new Zealand white rabbits. *World rabbit science*. 2012. № 20. P. 253–259. doi: [10.4995/wrs.2012.1229](https://doi.org/10.4995/wrs.2012.1229)

26. Paliuch T. A., Nemova T. V., Tsvilichovskiy M. I. Progress of production performances in minks under effect of preparation minkovit and vitamin-mineral premix pushnogold. *Ветеринарна медицина України*. 2015. № 4(230). P. 13–16.

27. Papadomichelakis G., Pappas A. C., Zoidis E., Danezis G., Georgiou K. A., Fegeros K. Blood and hair as non-invasive trace element biological indicators in growing rabbits. *World rabbit science*. 2019. № 27. P. 21–30. doi: [10.4995/wrs.2019.10654](https://doi.org/10.4995/wrs.2019.10654)

28. Ritskes-Hoitinga J., Grooten H. N. A., Wienk K. J. H., Peters M., Lemmens A. G. Lowering dietary phosphorus concentrations reduces kidney calcification, but does not adversely affect growth, mineral metabolism, and bone development in growing rabbits. *British journal of nutrition*. 2004. № 91. P. 367–376. doi: [10.1079/BJN20031065](https://doi.org/10.1079/BJN20031065).

29. Szabo J., Vucskits A. V., Berta E., Andrasofszky E., Bersenyi A., Hullar I. Effect of fulvic and humic acids on iron and manganese homeostasis in rats. *Acta Veterinaria Hungarica*. 2017. № 1(65). P. 66–80. doi: [10.1556/004.2017.007](https://doi.org/10.1556/004.2017.007).

30. Wells M. Y., Decobecq C. P., Decouvelaere D. M., Justice C., Guttin

P. Changes in clinical pathology parameters during gestation in the New Zealand white rabbit. *Toxicol Pathol*. 1999. № 27. P. 370–9.

References

1. Barashkov, G. K., Krasnova, I. A., Marisjuk, A. R. (2012). Soderzhanie mikrojelementov (MJe) v shersti i krovi krolikov [The content of trace elements (ME) in the wool and blood of rabbits]. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*, 12, 8–11.

2. Gatyatulyna, E. R., Popova, E. V., Poljakova, V. S., Skal'naja, A. A., Agletdynov, Э. F., Nykonorov, A. A., Skal'nyj, A. V. y Tyn'kov, A. A. (2017). Ocenka sodержanyja mykroelementov v shersty zhyvotnyh s nealkogol'noj zhyrovoy boleznyu pecheny [Evaluation of the content of trace elements in the wool of animals with non-alcoholic fatty liver disease]. *Mykroelementy v medycyne*, 18(1), 17–21. doi: [10.19112/2413-6174-2017-18-1-17-21](https://doi.org/10.19112/2413-6174-2017-18-1-17-21).

3. Golubjev, M. I., Mahno, K. I. (2015). Zasvojenija hromu v organizmi kroliv zalezno vid jogo dzhherela v kombikormi [Assimilation of chromium in the body of rabbits depending on its source in the feed]. *Naukovyj visnyk LNUVMBT imeni S. Z. G'zhyc'kogo*, 17, №1(61), Ch. 3, 39–43.

4. Kovalenok, Ju. K. (2011). Diagnostika znachimosti issledovanija krovi kak biomarkera mikrojelementnoj obespechennosti zhyvotnyh [Diagnostics of the Significance of Blood Testing as a Biomarker of Microelement Provision of Animals]. *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii. Veterinarnye nauki*, 6, 64–66.

5. Lebedev, S. V., Kvan, O. V. (2014). Referentnye znachenija himicheskikh jelementov v tele laboratornyh zhyvotnyh [Reference values of chemical elements in the body of laboratory animals]. *Mikrojelementy v medicine*, 15(2), 34–39.

6. Lesik, Ja. V. (2014). Soderzhanie jelementov v tkanjah krolikov pri vypojke soedinenij hroma (III) [The content of elements in the tissues of rabbits when drinking chromium (III) compounds]. *Mikrojelementy v medicine*, 15(1), 27–33.

7. Lesyk, Ja. V., Fedoruk, R. S. (2014). Mikroelementy tkanyn kroliv za

Корнійчук Ю. В., Грушанська Н. Г.

zgodovuvannja hlorydu hromu [Trace elements of rabbit tissues during chromium chloride feeding]. *Naukovyj visnyk LNUVMBT imeni S. Z. G'zhyc'kogo*, 16, № 3(60), Ch. 2, 199–204.

8. Marushhak, M. I., Antonyshyn, I. V., Gabor, G. G., Brzhys'kyj, A. V. (2015). Vplyv dysbalansu mikroelementiv na reguljaciju apoptozu v shhuriv z alimentarnym ozhyrinnjam [The effect of micronutrient imbalance on the regulation of apoptosis in rats with alimentary obesity]. *Visnyk naukovyh doslidzhen'*, 3, 97–100. doi: 10.11603/1681-276X.2015.3.5206.

9. Paljuh, T. A., Cvilihovs'kyj, M. I. (2013). Zastosuvannja preparatu «Minkovit» dlja normalizacii mineral'nogo obminu v organizmi laktujuchyh norok [The use of the drug "Minkovit" to normalize mineral metabolism in lactating minks]. *Veterynarna medycyna Ukrainy*, 9(211), 16–19.

10. Skal'nyj, A. A., Melyhova, M. V., Bonytenko, E. Ju., Skal'nyj, A. V., Skal'naja, M. G., Myroshnykov, S. A. (2016). Sravnytel'nyj analiz ynformatyvnyosti dyagnostycheskyh byosubstratov (syvorotka krovy y sherst') pry opredeleny elementnogo statusa eksperymental'nh zhyvotnyh [Comparative analysis of the information content of diagnostic biosubstrates (blood serum and wool) in determining the elemental status of experimental animals]. *Mykroelementy v medycyne*, 17(1), 38–44.

11. Tarasova, I. V. (2012). Gipoksija – chynnyk deficytu ta dysbalansu mikroelementiv u tkanynah pechinky novonarodzhenyh shhuriv [Hypoxia - a factor in the deficiency and imbalance of trace elements in the liver tissue of newborn rats]. *Tavrycheskyj medyko-byologicheskyj vestnyk*, 15, № 1(57), 241–244.

12. Shul'ko, O. P. (2011). Balans mineral'nyh elementiv v organizmi molodnjaku kroliv za riznyh doz sirky ta optymal'nogo rivnja selenu v racioni [The balance of mineral elements in the body of young rabbits at different doses of sulfur and the optimal level of selenium in the diet]. *Tehnologija vyrobnyctva i pererobky produkciiv tvarynnyctva: zbirn. nauk. prac'*, 6(88), 72–74.

13. Ahmadi, M., Pet, I., Stef, L., Dumitrescu, G., Patruica, S., Nicula, M., Ciochina, L. P., Popa, M., Dronca, D. (2019).

Blood serum minerals – in vivo mineral interactions following iron overload. *Revista de chimie*, 70(1), 4073–4076.

14. Bremme, K. A. (2003). Haemostatic changes in pregnancy. *Best Pract Res Clin Haematol*, 16, 153–168.

15. Bulat, Z., Dukic-Cosic, D., Antonijevec, B., Buha, A., Bulat, P., Pavlovic, Z., Matovic, V. (2017). Can zinc supplementation ameliorate cadmium-induced alterations in the bioelement content in rabbits? *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 68(1), 38–45. doi: 10.1515/aiht-2017-68-2919.

16. Bulat, Z., Dukic-Cosic, D., Antonijevec, B., Bulat, P., Vujanovic, D., Buha, A., Matovic, V. (2012). Effect of magnesium supplementation on the distribution patterns of zinc, copper, and magnesium in rabbits exposed to prolonged cadmium intoxication. *The scientific world journal*, ID 572514, 1–9. doi: 10.1100/2012/572514.

17. Chiericato, G. M., Rizzi, C., Ravarotto, L., Zakaria, H. (2000). Circulating levels of metabolites, enzymes and minerals of grimaud female rabbits from weaning to 120 days of age. *World congress of animal feeding*, 7, 111–116.

18. Chrastinova, L., Chrenkova, M., Formelova, Z., Polacikova, M., Cobanova, K., Laukova, A., Bino Glatzova, E., Strkolcova, G., Kandricakova, A., Rajsky, M., Mlynekova, Z., Marinov, M. (2018). Effect of combinative dietary zinc supplementation and plant thyme extract on growth performance and nutrient digestibility in the diet for growing rabbits. *Slovak journal of animal science*, 51(2), 52–60.

19. Cobanova, K., Chrastinova, L., Chrenkova, M., Polacikova, M., Formelova, Z., Ivanisina, O., Ryzner, M., Gresakova, L. (2018). The effect of different dietary zinc sources on mineral deposition and antioxidant indices in rabbit tissues. *World rabbit science*, 26, 241–248. doi: 10.4995/wrs.2018.9206.

20. Felber, D. M., Wu, Y., Zhao, N. (2019). Regulation of the metal transporters ZIP14 and ZnT10 by Manganese intake in mice. *Nutrients*, 11, 2099(1-13). doi: 10.3390/nu11092099.

21. Hassan Fardos, A. M., Mahmoud, R., El-Araby Iman, E. (2017). Growth performance, serum biochemical, economic evaluation and IL6 gene expression in growing

Корнійчук Ю. В., Грушанська Н. Г.

rabbits fed diets supplemented with zinc nanoparticles. Zagazig veterinary journal, 45(3), 238–249. doi: [10.21608/zviz.2017.7949](https://doi.org/10.21608/zviz.2017.7949).

22. Hassan, F., Mobarez, S., Mohamed, M., Attia, Y., Mekawy, A., Mahrose, K. (2021). Zinc and/or Selenium Enriched Spirulina as antioxidants in growing rabbit diets to alleviate the deleterious impacts of heat stress during summer season. Animals, 11(3), 756. <https://doi.org/10.3390/ani11030756>

23. Hullar, I., Vucskits, A. V., Berta, E., Andrasofszky, E., Bersenyi, A., Szabo, J. (2018). Effect of fulvic and humic acids on copper and zinc homeostasis in rats. Acta Veterinaria Hungarica, 1(66), 40–51. doi: [10.1556/004.2018.005](https://doi.org/10.1556/004.2018.005).

24. Montiel, R. S., Acosta, I. T., Delgado, E. V., Juarez-Silva, M. E., Azaola, A., Romo, F. P.-G. (2013). Inulin as a growth promoter in diets for rabbits. Revista Brasileira de zootecnia-brazilian journal of animal science, 42(12), 885–891.

25. Ozkan, C., Kaya, A., Akgul, Y. (2012). Normal values of haematological and some biochemical parameters in serum and urine of new Zealand white rabbits. World rabbit science, 20, 253–259. doi: [10.4995/wrs.2012.1229](https://doi.org/10.4995/wrs.2012.1229)

26. Paliuch, T. A., Nemova, T. V., Tsvilichovskiy, M. I. (2015). Progress of

production performances in minks under effect of preparation minkovit and vitamin-mineral premix pushnogold. Ветеринарна медицина України, 4(230), 13–16.

27. Papadomichelakis, G., Pappas, A. C., Zoidis, E., Danezis, G., Georgiou, K. A., Fegeros, K. (2019). Blood and hair as non-invasive trace element biological indicators in growing rabbits. World rabbit science, 27, 21–30. doi: [10.4995/wrs.2019.10654](https://doi.org/10.4995/wrs.2019.10654)

28. Ritskes-Hoitinga, J., Grooten, H. N. A., Wienk, K. J. H., Peters, M., Lemmens, A. G. (2004). Lowering dietary phosphorus concentrations reduces kidney calcification, but does not adversely affect growth, mineral metabolism, and bone development in growing rabbits. British journal of nutrition, 91, 367–376. doi: [10.1079/BJN20031065](https://doi.org/10.1079/BJN20031065).

29. Szabo, J., Vucskits, A. V., Berta, E., Andrasofszky, E., Bersenyi, A., Hullar, I. (2017). Effect of fulvic and humic acids on iron and manganese homeostasis in rats. Acta Veterinaria Hungarica, 1(65), 66–80. doi: [10.1556/004.2017.007](https://doi.org/10.1556/004.2017.007).

30. Wells, M. Y., Decobecq, C. P., Decouvelaere, D. M., Justice, C., Guttin, P. (1999). Changes in clinical pathology parameters during gestation in the New Zealand white rabbit. Toxicol Pathol, 27, 370–9.

МОНИТОРИНГ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБМЕНА МИНЕРАЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ У КРОЛЕЙ НОВОЗЕЛАНДСКОЙ БЕЛОЙ ПОРОДЫ Ю. В. Корнійчук, Н. Г. Грушанская

Аннотация. От минерального статуса животного зависит его благосостояние, а также качество продукции животноводства. Исследование минеральных элементов позволяет исследовать изменения окружающей среды и предупредить негативные воздействия как на организм животного, благосостояние которого полностью зависит от человека, так и на организм человека, как конечного потребителя пищи животного происхождения. Перспективным направлением ветеринарной медицины является разработка новых методов неинвазивной диагностики для оценки состояния здоровья и определения нарушений обмена эссенциальных элементов в организме кроликов, ведь эти методы будут более гуманными, и будут облегчать работу врача ветеринарной медицины.

Целью исследования было определить особенности обмена минеральных веществ у кроликов новозеландской белой породы по возрасту и полу и

Корнійчук Ю. В., Грушанська Н. Г.

информативность оценки обмена веществ на использование различных биологических материалов.

Исследования проводили в условиях производства на 24 клинически здоровых кролях новозеландской белой породы, всех возрастов и пола. Для исследования у животных отбирали кровь, мочу и волосы. Содержание микроэлементов в биологических материалах определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой.

Установлена достоверная корреляция между содержанием в плазме крови кроликов Кальция с волосами (-0,42), Мангана с волосами (-0,32), Ферума с волосами (0,63), Цинка с волосами (0,40), Купрума с волосами (0,39) и с мочой (0,44); между содержанием в цельной крови кроликов Кальция с волосами (0,47) и с мочой (-0,33), Мангана с волосами (-0,32); между содержанием в моче кролей Кобальта с волосами (-0,35). Выявлена динамика содержания Кальция, Мангана, Ферума, Цинка, Кобальта и Купрума в биологических материалах кроликов в зависимости от их возраста и пола на что указывает достоверный рост в плазме крови Кальция, Мангана, Ферума, Цинка, Кобальта и Купрума у самок от 70 до 240 суток и достоверный рост Мангана и Цинка и снижение Купрума у самцов от 70 до 90 суток.

Экспериментально и теоретически обоснована информативность неинвазивного метода диагностики микроэлементозов у кроликов и доказана информативность микроэлементного состава волос для биогеоэкологической диагностики, целесообразным при диспансеризации и массовых исследований кроликов.

В перспективе планируем исследовать в разных биологических материалах кроликов другие элементы с последующей оценкой информативности неинвазивных методов для диагностики нарушений обмена минеральных веществ.

Ключевые слова: *Купрум, Манган, Кобальт, Цинк, Кальций, Фосфор, атомно-эмиссионная спектроскопия с индуктивно-связанной плазмой (АЭС-ИЗП), кровь, волосы, плазма, моча*

MONITORING OF INDICATORS OF MINERAL METABOLISM IN NEW ZEALAND WHITE RABBITS

Yu. V. Korniiichuk, N. H. Grushanska

Abstract. *The quality of livestock products depends on the mineral status of the animals. The study of mineral elements makes it possible to investigate changes in the environment and to prevent negative impacts both on the animal organism, the well-being of which is completely dependent on humans, and on the human organism, as the final consumer of food of animal origin. A promising direction in veterinary medicine is the development of new methods of non-invasive diagnostics for assessing the state of health and determining metabolic disorders of essential elements in the body of rabbits, because these methods will be more humane and will facilitate the work of a veterinary medicine doctor.*

Корнійчук Ю. В., Грушанська Н. Г.

The aim of the study was to determine the characteristics of mineral metabolism in rabbits of the New Zealand white breed by age and sex and the informativeness of the assessment of metabolism for the use of various biological materials.

The studies were carried out under production conditions on 24 clinically healthy rabbits of the New Zealand White breed, of all ages and sex. For research, blood, urine, and hair were taken from the animals. The content of trace elements in biological materials was determined by the method of atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma.

A significant correlation was revealed between the content in the blood plasma of rabbits of Calcium with hair (-0.42), Manganese with hair (-0.32), Iron with hair (0.63), Zinc with hair (0.40), Copper with hair (0.39) and with urine (0.44); between the content in whole blood of rabbits of Calcium with hair (0.47) and with urine (-0.33), Manganese with hair (-0.32); between the content of Cobalt with hair in the urine (-0.35). The dynamics of the content of Calcium, Manganese, Iron, Zinc, Cobalt, and Copper in the biological materials of rabbits depending on their age and sex was found out, which is indicated by a significant increase in the blood plasma of Calcium, Manganese, Iron, Zinc, Cobalt, and Copper in females from 70 to 240 days and a significant increase in Manganese and Zinc and a decrease in Copper in males from 70 to 90 days.

The informational content of the non-invasive method for diagnosing microelementoses in rabbits has been experimentally and theoretically substantiated, and the informational content of the microelement composition of hair for biogeocoenotic diagnostics has been proved, which is appropriate for medical examination and mass research of rabbits.

In the future, we plan to investigate other elements in different biological materials of rabbits, followed by an assessment of the information content of non-invasive methods for diagnosing disorders of mineral metabolism.

Key words: *Copper, Manganese, Cobalt, Zinc, Calcium, Phosphorus, the method of atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma, blood, hair, plasma, urine*

НОВІ МОЖЛИВОСТІ БІОРЕГУЛЯЦІЙНОГО ПІДХОДУ В ТЕРАПІЇ МАСТИТУ КОРІВ

Д. В. ТАРНАВСЬКИЙ¹, асистент;

С. В. ГІРІН, кандидат біологічних наук, керівник «Каскад Медікал
Референц-лабораторія UBI»;

М. А. ГУЛІЙ², консультант;

О. К. ГОРЕНЬКОВА², керівник навчального відділу;

Т. А. ТКАЧЕНКО¹, кандидат біологічних наук, с. н. с. Української лабораторії
якості і безпеки продукції АПК, доцент кафедри фізіології, біохімії рослин та
біоенергетики

В. В. ТКАЧЕНКО¹, кандидат ветеринарних наук, доцент кафедри хірургії і
патофізіології ім. акад. І.О.Поваженка

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України

²Українська Академія Біологічної Медицини

E-mail: tttkach82@gmail.com

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.01.014>

Анотація. Продовольча безпека включає не лише питання забезпечення населення основними продуктами харчування, але і гарантування їх якості та безпечності для споживача. Особливо важливі ці критерії для молока як одного з основних продовольчих товарів. Патологічні процеси, що розвиваються в молочній залозі, негативно позначаються на якісному складі молока, а лікарські засоби, які застосовуються при їх лікуванні, можуть впливати на безпечність цього продукту. В статті наведені результати експериментального дослідження з вивчення ефективності біорегуляційного підходу в комплексній терапії катарального маститу у корів із застосуванням препаратів, що містять наднизькі дози біологічно активних речовин. За результатами проведеного дослідження було встановлено, що найбільш ефективною є комбінована схема лікування маститу, яка включає системний антибіотик Цефтіонель, внутрішньом'язове введення препарату Траумель, інтрацистернальну терапію Лахезис Композитум та місцеву - Траумель гель. Вказані препарати не мають терміну каренції щодо молока. Станом на шосту добу лікування в цій групі одужало 100 % корів, а середній термін лікування катарального маститу склав 5,1 доби.

Ключові слова: катаральний мастит, біорегуляційні препарати

Актуальність. Захворювання молочної залози у великої рогатої худоби – велика господарсько-економічна проблема в усіх країнах з інтенсивним молочним скотарством.

Мастити дуже поширені і завдають тваринництву суттєвої шкоди. Вони спричиняють значні втрати молока за рахунок зниження молочної продуктивності, обмежують терміни

господарського використання корів, знижують якість молока та молочної продукції [1, 2].

Мастит є поліфакторним та поліетіологічним захворюванням, оскільки може розвиватися під впливом механічних, термічних, хімічних та біологічних факторів. Проте основним етіологічним чинником є проникнення у вим'я патогенних мікроорганізмів, що призводить до важких запальних процесів у паренхімі молочної залози. Тому поряд з виключенням впливу на організм сприятливих факторів особливо важливим є усунення збудників маститу [5].

Традиційні методи профілактики та терапії маститу передбачають застосування хіміотерапевтичних засобів. Водночас масове використання препаратів, зокрема антибіотиків, несе ряд загроз як для організму тварини, так і більш глобальних. Антимікробні препарати негативно впливають на ряд органів і систем та імунологічну реактивність організму корів, що може знижувати ефективність лікування. Інша проблема, пов'язана з маститом, наявність інгібуючих речовин у молоці під час та після лікування хворих тварин. Основна частка цих речовин припадає на антибіотики, сульфаніламіді, нітрофурані та гормони, які містяться в комплексних протимаститних препаратах і широко застосовуються у ветеринарній практиці [3, 4, 7].

Антибіотики у молоці можуть потрапляти у кінцевий продукт, а, відповідно, і в організм людини та призводити до різноманітних реакцій, в тому числі алергічних. Разом з тим тотальне та безсистемне використання препаратів на основі антибіотиків та сульфаніламідів призводить до утворення полірезистентних штамів мікроорганізмів, що мають тенденцію до поширення в зовнішньому середовищі [6, 7]. Тож розробка та використання нових засобів лікування маститу у корів, які є безпечні для організму тварини, не впливають на якість кінцевої продукції та мають високу ефективність за вказаної патології є надзвичайно актуальною проблемою ветеринарної медицини [6, 7].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Розвиток маститу у корів може бути обумовлений різними причинами: порушення мікроклімату та санітарних норм в тваринницьких приміщеннях; недотримання правил доїння (недостатня гігієна вимені, порушення експлуатації доїльних машин); дефіцит вітамінів і мінеральних речовин; наявність в анамнезі хронічних хвороб та запальних процесів інфекційного генезу; ускладнення після отелу; травми вимені, тріщини діжок та інше [5].

Особлива етіологічна роль у розвитку маститу належить мікроорганізмам. Мікрофлора вимені

у клінічно здорових корів переважно представлена непатогенними мікрококами (*M. luteus*, *M. flavus*, *M. candidus*, *M. caselyticus*), стафілококами, стрептококами, коринебактеріями. Всі вони є коменсалами і мають стабілізуючу дію на щільність молока, збільшення відсоткового вмісту в ньому жиру та є антагоністами щодо «сторонніх мікроорганізмів» [1, 5].

За даними переважної більшості авторів у молоці за маститу в основному виявляють стафілококи (*S. aureus*), стрептококи (*St. albus*, *St. citreus*, *St. agalactiae*, *St. pyogenes*, *St. disagalactiae*), кишкову паличку (*E. coli*) та *Mycoplasma bovis* [1, 8]. Значно рідше біологічними факторами в патогенезі маститу можуть виступати псевдомонади, клебсієли, коринебактерії, гриби та збудники специфічних інфекцій. Саме тому загальноприйняті схеми лікування маститу традиційно спрямовні на пригнічення чужорідної мікрофлори в паренхімі молочної залози (антибіотики, сульфаніламід, нітрофуран), гальмування розвитку запального процесу (НПЗЗ, гормони) [2, 5].

Сучасні протимаститні засоби випускаються фармацевтичними фірмами у різних формах, найчастіше у вигляді шприца-туби, що є зручним для використання. До складу таких препаратів переважно входять антибіотики та деякі протимікробні засоби, що діють локально:

амоксицилін, ампіцилін, бацитрацин, бензилпеніцилін, бензатин-кловасилін, гентаміцин, дигідрострептоміцин, кловасилін, лінкоміцин, неоміцин, новобіоцин, окситетрациклін, пеніцилін, прокаїнпеніцилін, тетрациклін, цефалексин, стрептоміцин, норсульфазол, сульфадимезин, метилурацил, сульфадимезин, хлоргексидину біглюконат, декаметоксин та інші. До складу таких препаратів можуть входити такі компоненти як етоній, диметилсульфоксид, дексаметазон, преднізолон. Проте слід зазначити, що переважна більшість протимаститних засобів містять подібний набір компонентів. Щоб зменшити економічні збитки від маститів важливим є пошук лікарських засобів в різних фармацевтичних формах, які б дозволили максимально скоротити терміни одужання та мінімізувати період каренції після лікування [4, 7].

Нині багато науковців працюють над цією проблемою. Розроблено ряд препаратів, які є максимально екологічними та біологічно сумісними, а саме: на основі наночасток аргентуму, продуктів бджільництва, бактеріофагів, відварів лікарських трав, алкалоїдів, екстрактів медичних п'явок тощо [5].

Застосування лікарських засобів, що містять надмалі дози біологічно активних речовин, у продуктивному тваринництві дозволяє не лише

підвищити ефективність ветеринарних лікувально-профілактичних заходів, а й сприяє отриманню екологічно чистої продукції високої якості [6].

Механізм дії комплексних біорегуляційних препаратів, що містять наднизькі дози біологічно активних речовин за лікування маститу полягає у здатності викликати захисно-адаптаційні реакції, спрямовані на усунення патологічного процесу. Такі препарати активують неспецифічний захист організму, проявляють знеболювальну, протизапальну, антисептичну та регенеративну дію, тобто впливають на всі ланки патогенезу. При лікуванні маститу у корів комплексні гомеопатичні засоби швидко купірують запальний процес і відновлюють функцію молочної залози. При цьому вони абсолютно безпечні для організму, не впливають на молоко, його можна використовувати для харчових цілей безпосередньо після закінчення терапії, а зі здорових чвертей вимені молоко залишається високої якості навіть під час лікування [5].

Метою роботи було вивчити ефективність біорегуляційного підходу із застосуванням препаратів, що містять наднизькі дози біологічно активних речовин, німецької компанії «Біологіше Хайльміттель Хеель ГмбХ», в терапії маститу корів.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження були проведені на базі ВП НУБіП України НДГ «Агрономічна дослідна станція» в період червня-жовтня 2021 р. на коровах голштинської породи (2-6 лактація).

Клінічні прояви маститу визначали за характерними клінічними ознаками. Під час клінічного обстеження корів оцінювали стан вимені методом огляду (форма, симетричність вимені, стан волосяного покриву, колір шкіри, величина дійок, стан сфінктера дійкового каналу), пальпації (місцева температура молочної залози, консистенція, наявність больової реакції, стан надвим'яних лімфатичних вузлів, їх величина, консистенція, болючість), а також проводили пробне здоювання секрету вимені (тонус сфінктера дійкового каналу, прохідність, зовнішній вигляд секрету, колір, кількість, консистенція, наявність згустків і пластівців).

Корів з характерними ознаками катарального маститу (19 голів) було рандомізовано поділені на три групи. До першої групи увійшли 5 голів, до другої та третьої по 7 голів відповідно.

Корів 1 групи лікували за схемою, яку використовують в господарстві, що передбачає використання антибактеріального препарату широкого спектру дії *Цефтіонель-50* (Interchemie,

Нідерланди), нестероїдного протизапального препарату *Кетопросен* (Cenavisa, Іспанія), комбінованого антибактеріального препарату для інтрацистернального введення *Мастамокс* (УЗВПП,

Україна), мазі для обробки вимені з протизапальною, антисептичною та протинабряковою дією *Санофіт* (Укрзооветпромпостач, Україна) (табл. 1).

1. Схеми лікування тварин

Терапія	1 група	2 група	3 група
Антибіотик	Цефтіонель в/м в дозі 1 мл препарату на 50 кг маси тіла	Цефтіонель в дозі 1 мл препарату на 50 кг маси тіла	-
Протизапальна терапія	Кетопросен в/м 3 мл препарату на 100 кг маси тіла	Траумель по 10 мл в/м 1 раз на добу	Траумель по 10 мл в/м 1 раз на добу
Інтрацистернальна терапія	Мастамокс 1 шприц-туба в уражену долю після доїння	Лахезис композитум по 10 мл в уражену долю 1 раз на добу	Лахезис композитум по 10 мл в уражену долю 1 раз на добу
Місцева протизапальна терапія	Мазь «Санофіт» місцево після доїння	Траумель (гель) місцево після доїння	Траумель (гель) місцево після доїння

Для тварин другої та третьої групи використовували препарати *Траумель* та *Лахезис композитум* (ТМ HeelVet, Німеччина).

Траумель – комплексний гомеопатичний лікарський засіб, що містить діючі речовини: *Achillea millefolium D5 0,5мл*; *Aconitum napellus D4 0,3 мл*; *Aristolochia clematitis D11 0,25 мл*; *Arnica montana D4 0,5мл*; *Atropa belladonna D4 0,5 мл*; *Belis perennis D4 0,25 мл*; *Calendula D4 0,5мл*; *Chamomilla D5 0,5 мл*; *Echinacea angustifolia D4 0,125мл*; *Echinacea purpurea e planta tota D4 0,125мл*; *Hamamelis D3 0,05мл*; *Hypericum D4 0,15 мл*; *Millefolium D5 0,5мл*; *Symphytum D8 0,5 мл*; *Hepar sulfuris D6 0,5мл*; *Mercurius solubilis*

Nahnemannii D8 0,25мл. *Траумель* завдяки взаємодоповнюваності ефектів кожного компонента є універсальним протизапальним препаратом, що проявляє обезболюючу, протизапальну, антиексудативну, репаративну дію, підвищує тонус судин та знижує їх проникність,

Лахезис композитум - гомеопатичний лікарський засіб в ампулах по 5 мл, що містить: *Lachesis D6*, *Pyrogenium D6*, *Echinacea angustifolia D1*, *Pulsatilla D2*, *Sabina D3*. *Лахезис композитум* – багатокомпонентний препарат, тропний до слизових оболонок тварин, у тому числі органів малого тазу. *Lachesis D6* - самий сильний

Тарнавський Д. В., Гірін С. В., Гулій М. А., Горенькова О. К., Ткаченко Т. А., Ткаченко В. В.

компонент препарату, діє на всі органи і системи з нормалізацією процесів, які в них відбуваються; Pyrogenium – антисептична і антипірогенна дія; Echinacea angustifolia – підвищує імунітет, стимулює цитотоксичність макрофагів щодо мікробних клітин, має антисептичну і анестезуючу дія; Pulsatilla – стимулює імунну і гормональну системи, має тропність до жіночих статевих органів; Sabina – корегує функціональні порушення репродуктивних органів і молочної залози.

Антибіотик *Цефтіонель*, а також комплексні гомеопатичні препарати *Траумель* та *Лактезис композитум* не мають терміну каренції щодо молока; при введенні препарату *Мастамокс*, згідно інструкції виробника,

споживання молока дозволяється через 3 доби після останнього введення препарату. Ефективність лікування контролювали на 3 і 6 добу методами огляду, пальпації, контрольного здоювання з візуальною оцінкою та дослідженням секрету молочної залози діагностичним тестом *Avita test* (Польща), паралельно фіксуючи добу повного одужання.

Результати досліджень. Як зазначалося раніше, для досліджень було підібрано 19 голів ВРХ з характерними клінічними ознаками катарального маститу (підвищення місцевої температури, болючість та ущільнення вимені, зміна кольору та консистенції молока, наявність пластівців і згустків (рис 1).



Рис. 1. Секрет молочної залози за катарального маститу

На третю добу у корів всіх дослідних груп відмічали зменшення набряку вимені, нормалізацію місцевої температури. Контрольним здоюванням визначали колір та консистенцію молока, а також

проводили його дослідження діагностичним тестом *Avita test* відповідно до інструкції із застосування з систематизацією отриманих даних у вигляді таблиці (табл. 2).

2. Оцінка ефективності проведеного лікування

Група	№ тварини	Діагноз на початку експерименту	Діагноз в середині експерименту (3-тя доба)	Діагноз в кінці експерименту (6-та доба)	Повне одужання (доба)
1	4546	км (2 - пп, пл)	-	-	3
	8578	км (1- зл)	-	скм (++)	8
	8318	км (1- зл)	скм (+++)	км	11
	0927	км (4 – пп, пл, зп, зл)	пп, пл –; зп, зл – скм (++)	пп, пл – н; зл – скм (+); зп – гемм	11
	3125	км (1- зл)	скм (++)	-	6
<i>Середня кількість днів лікування</i>					7,8
2	8526	км (1 – пп)	-	-	4
	0893	км (1 – зл)	-	-	4
	0888	км (1 – пл)	скм (++)	-	6
	0932	км (1 – пл)	скм (++)	-	6
	5229	км (1 – пл)	-	-	4
	0953	км (1 – пл)	скм (++)	-	6
	9577	км (1 – зл)	скм (++)	-	6
<i>Середня кількість днів лікування</i>					5,1
3	8347	км (1 – пп)	скм (+++)	-	5
	3244	км (1 – зл)	скм (+++)	скм (++)	7
	8346	км (1 – пп)	скм (+++)	скм (++)	7
	8300	км (1 – пл)	-	-	3
	3093	км (1 – пп)	скм (+++)	скм (+++)	8
	3095	км (1 – зл)	скм (++)	-	5
	8290	км (1 – зл)	скм (++)	-	5
<i>Середня кількість днів лікування</i>					5,7

Примітка: км – катаральний мастит, скм - субклінічний мастит, пп - передня права доля вимені, пл – передня ліва доля вимені, зп – задня права доля вимені, зл – задня ліва доля вимені.

Аналіз отриманих результатів контрольного дослідження стану молочної залози на 3 добу лікування

показав, що в першій групі одужало 2 корови (40 %), в другій – 3 корови (42,8 %), в третій – 1 корова (14,3 %).

Тарнавський Д. В., Грін С. В., Гулій М. А., Горенькова О. К., Ткаченко Т. А., Ткаченко В. В.

У інших тварин вказаних дослідних груп відмічалось покращення стану вимені, що проявлялось зниженням реакції з діагностичним тестом AVITA test до «++» та «+++».

На шосту добу лікування у першій групі повне одужання зареєстровано у 2 корів (ефективність – 40 %), при цьому у тварини з ідентифікаційним номером 8578, що не мала клінічних ознак та позитивної реакції на маститному тесті вже через 3 доби лікування, при повторному проведенні діагностичного тестування молока отримано результат «++», що свідчить про перехід захворювання у субклінічну форму. У другій групі станом на 6 добу лікування одужало 7 корів (ефективність – 100 %), у третій – 4 корови (ефективність – 57 %) (табл. 2).

Виходячи з даних, наведених в табл. 2, нами було встановлено, що середній термін лікування катарального маститу корів різних груп склав: перша група – 7,8 доби; друга група – 5,1 доби; третя група – 5,7 доби відповідно.

Висновки і перспективи. За результатами проведеного

Список використаних джерел

1. Бала С.С. Биологические свойства микрофлоры, выделенной из молока коров с клинической и субклинической формами мастита. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2010. Т. 4. № 28-1. С. 287-289.

2. Вальчук О., Столюк В. Мастити корів, спричинені патогенами бактеріальної природи. *Пропозиція*. 2010. № 9. С. 118–

дослідження було встановлено, що станом на шосту добу лікування катарального маститу в корів згідно вказаних схем у першій групі одужало 40 % тварин, другій групі - 100 % тварин, третій групі – 57 % тварин. Середній термін лікування маститу склав: перша група – 7,8 доби; друга група – 5,1 доби; третя група – 5,7 доби відповідно.

Таким чином, найбільш ефективною виявилась схема лікування катарального маститу, яку використовували в другій дослідній групі, що включала поєднання антибіотика *Цефтіонель* з препаратами ТМ HeelVet *Траумель* та *Лахезіс композитум*, яка забезпечила одужання 100 % корів у найкоротший період часу (5,1 доби). Із врахуванням поліфакторності та поліетіологічності маститу, багатоцільовий біорегуляційний підхід з використанням надмалих доз активних компонентів при комплексному лікуванні забезпечує синергічну дію і високу ефективність за рахунок корекції багатьох патогенетичних механізмів запальної реакції, а також високий профіль безпеки терапевтичних заходів.

121.

3. Карпенко А. В.. Управління якістю продукції як ключовий фактор забезпечення конкурентоспроможності продукції молокопереробних підприємств. *Економіка та управління підприємствами*. 2017. (20). С. 345–350.

4. Кушнір І. М. Проблеми захворювань молочної залози та перспективи розробки нових

- Тарнавський Д. В., Гірін С. В., Гулій М. А., Горенькова О. К., Ткаченко Т. А., Ткаченко В. В. протимаститних препаратів. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2017. т. 19, № 82. С. 93-96.
5. Лучко И. Т. Воспаление молочной железы у коров (этиология, патогенез, диагностика, лечение и профилактика): монография. Гродно : ГГАУ, 2019. 184 с.
6. Маслов М. Лечение маститов без стрессов. *Животновод для всех*. 2002. № 2. С. 40-45.
7. Мурська С. Д. Сучасні наукові підходи щодо забезпечення якості молока та розробки безпечних засобів без антибіотиків для лікування корів хворих на мастит. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*. 2016. Т. 18. № 1. С. 205–220.
8. Salina A., Timenetsky J., Barbosa M., Azevedo C., Langoni H. Microbiological and molecular detection of *Mycoplasma bovis* in milk samples from bovine clinical mastitis. *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 2020. 40(2). С. 82-87.
- produktsii molokopererobnykh pidpriemstv. [Product quality management as a key factor in ensuring the competitiveness of dairy products caused by pathogens of bacterial nature]. *Ekonomika ta upravlinnia pidpriemstvamy*, 20, 345–350.
4. Kushnir, I. M. (2017). Problemy zakhvoriuvan molochnoi zalozy ta perspektyvy rozrobky novykh protymastynykh preparativ [Problems of breast diseases and prospects for the development of new antimastitis drugs]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S. Z. Hzhyskoho*, 19 (82), 93-96.
5. Luchko, I. T. (2019). Vospalenie molochnoj zhelezy u korov (ehiologiya, patogenez, diagnostika, lechenie i profilaktika) [Inflammation of the mammary gland in cows (etiology, pathogenesis, diagnosis, treatment and prevention)]. *GGAU*, 184.
6. Maslov, M. (2002). Lechenie mastitov bez stressov [Treatment of mastitis without stress]. *Zhivotnovod dlya vsekh*, 2, 40-45.
7. Murska, S. D. (2016). Suchasni naukovi pidkhody shchodo zabezpechennia yakosti moloka ta rozrobky bezpechnykh zasobiv bez antybiotykyv dlia likuvannia koriv khvorykh na mastyt [Modern scientific approaches to ensuring the quality of milk and the development of safe drugs without antibiotics for the treatment of cows with mastitis]. *Naukovyi visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu veterynarnoi medytsyny ta biotekhnolohii imeni S. Z. Gzhyskoho*, 18 (1), 205–220.
8. Salina, A., Timenetsky, J., Barbosa, M., Azevedo, C., Langoni, H. (2020). Microbiological and molecular detection of *Mycoplasma bovis* in milk samples from bovine clinical mastitis. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 40(2), 82-87.

References

1. Bala, S. S. (2010). Biologicheskie svoystva mikroflory, vydelennoj iz moloka korov s klinicheskoy i subklinicheskoy formami mastita [Biological properties of microflora isolated from milk of cows with clinical and subclinical forms of mastitis]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 4, (28-1), 287-289.
2. Valchuk, O., Stoliuk, V. (2010). Mastyty koriv, sprychyneni patohenamy bakterialnoi pryrody [Mastitis of cows caused by pathogens of bacterial nature]. *Propozytsiia*, 9, 118–121.
3. Karpenko, A. V. (2017). Upravlinnia yakistiu produktsii yak kliuchovyi faktor zabezpechennia konkurentospromozhnosti

NEW POSSIBILITIES OF BIOREGULATORY APPROACH IN THERAPY OF COW MASTITIS

D. Tarnavskiy, S. Girin, M. Guliy, O. Gorenkova, T. Tkachenko, V. Tkachenko

Abstract. Food security includes not only the matter of provision of basic foodstuffs to the population, but also the guarantee of their quality and safety for the

Тарнавський Д. В., Гірін С. В., Гулій М. А., Горенькова О. К., Ткаченко Т. А., Ткаченко В. В.

consumer. These criteria are, especially, important for milk as the main food products. The pathological processes, which are developed in the breast, have negative effect on the quality of milk, and the medical products that are used in their treatment, may affect on the safety of this product.

In the article are represented the results of experimental research with the studying of an effectiveness of the bioregulatory approach in the treatment of catarrhal mastitis in cows with the use of medical products, which contain ultra-low doses of biologically active substances.

According to the results of the research was found, that the most effective is a combined scheme of treatment of mastitis, which includes the systemic antibiotic Ceftionel, intramuscular injection of Traumeel, intracisternal therapy of Lachesis compositum and local therapy of Traumeel(gel). These products haven't a withdrawal period towards regarding milk.

On the 6th day of treatment of catarrhal mastitis recovered 100% of cows in this group, and an average duration of treatment was 5.1 days.

In the group of cows, which were treated with Ceftionel-50, the nonsteroidal anti-inflammatory product Ketoprofen, the syringe-tubes for intracisternal administration Mastamox and udder treatment with Sanofit ointment, only 40% of animals recovered on 6th day, and the mean duration of treatment for catarrhal mastitis was 7.8 days. Animals, which were treated, exclusively, with bioregulatory products for the treatment of catarrhal mastitis, an effectiveness of treatment was 57% on the 6th day, and an average period of complete recovery was 5.7 days.

So, the bioregulatory therapy in combination with the antibiotic Ceftionel provides synergistic action and high efficiency with correcting many pathogenetic mechanisms of the inflammatory response, as well as a high safety level of therapeutic measures.

Key words: *catarrhal mastitis, bioregulatory products*

**ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСАДЖЕННЯ ВОЛОСЬКИМ ГОРІХОМ ВЕЛИКИХ
ТЕРИТОРІЙ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ**

З. С. СІРКО, кандидат технічних наук,

**О. С. ПРОТАСОВ, Л. Ф. СТРНАД, В. А. КОРЕНДА, І. Ю. ВИШНЯКОВ,
С. М. ОХРИМЕНКО, Є. А. СТАРИШ, Д. П. ТОРЧИЛЕВСЬКИЙ,
В. М. ГРИЦУН, Н. Л. ЦІРЕНЬ***Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс»*

E-mail: z.sirko@ukr.net

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.01.015>

***Анотація.** У статті висвітлено економічну доцільність засадження великих територій підприємств, зокрема підприємств Держрезерву України волоським (грецьким) горіхом. Обґрунтовано, що клімат України сприятливий для саджанця волоського горіха, він успішно приживається, переносить зміни погоди та не чутливий до захворювань. Проаналізований ринок збуту горіха та його конкурентоспроможність. Показано, що волоський горіх не вимагає особливого догляду, дерево за правильного формування крони і хорошому догляді починає рано плодоносити та зберігає цю здатність протягом століть. Тому виробництва волоських горіхів дуже вигідно і не вимагає великих капітальних витрат. Наведено широкі сфери використання горіха, зокрема його деревини та плодів. Проведені дослідження фізико-механічних показників деревини горіха та показано, що за ними деревина горіха відноситься до цінних пород деревини поряд з дубом, буком, ясенем і т.і.*

***Ключові слова:** волоський горіх, деревина, плоди, економічна доцільність вирощування, застосування, фізико-механічні показники*

Актуальність. На території України є багато підприємств, які займають великі території (площі землі). Ця земля, як правило, використовується неефективно, заростає бур'янами, що приводить до додаткових витрат підприємства (неодноразове викошування трави кожний рік). Зокрема це стосується підприємств системи Держрезерву України, територія яких складає в середньому 15 – 43 га. Щоб ефективно використовувати такі

великі території пропонується засаджувати їх волоським горіхом. Клімат України сприятливий для саджанця волоського горіха, вони успішно приживаються, переносять зміни погоди та є нечутливими до захворювань. Даний вид суміщеної діяльності для підприємств Держрезерву України буде успішним за наступного:

- ринок збуту не обмежений географією та обсягами замовлень;

Сірко З. С., Протасов О. С., Стринад Л. Ф., Коренда В. А., Вишняков І. Ю., Охріменко С. М., Стариш Є. А., Торчилевський Д. П., Грицун В. М. Цірень Н. Л.

- потенційний споживач (торгівля, деревооброблювальна галузь, кондитерська галузь, парфумерія, лакофарбове виробництво) відчуває гостру потребу в продукті;

- безвідходне виробництво діяльності, ядро, шкаралупа, перегородки ядра горіха, деревина, листя, гілки, коріння є сировиною для харчової, легкої, деревооброблювальної, хімічної та фармацевтичної промисловості;

- багаторічний прибуток (100 – 120 років);

- тривалий термін зберігання продукту, відсутність особливих умов зберігання, прості умови пакування та транспортування.

Аналіз літератури [1, 2, 3, 4, 5] показав перспективність волоського горіха як високоцінної продовольчої та промислової сировини, а також його вирощування і селекції. За даними Української горіхової асоціації в Україні щорічно закладаються горіхові сади площею до 1000 гектарів. Ці обсяги забезпечують Україні третє місце в світі з експорту волоського горіха після Китаю та США.

На одному гектарі горіхового саду може рости 120 – 200 дерев. Одне доросле горіхове дерево дає щорічно в середньому 40 кілограм плодів. Таким чином, щорічно з одного гектара можна зібрати 5 – 8 тон горіхів. Після кожних 5 років врожайність збільшується на 45 %.

Деревина горіха має дуже красиву текстуру. Тому здавна деревину горіха використовували в деревооброблювальній промисловості для виробництва струганого шпону та в подальшому у меблевому виробництві. Шпон із горіхового дерева за своїми фізико-механічними показниками, структурою, текстурою та дизайном був конкурентоспроможним із шпоном з деревини дорогого та імпортного червоного дерева.

Все вище наведене дає змогу констатувати, що засадження великих територій підприємств волоським горіхом дозволить отримати хороші прибутки протягом десятиліть, забезпечити країну цінною продовольчою та промисловою сировиною, розширити експортний потенціал підприємств.

Мета досліджень – обґрунтувати доцільність засадження волоським горіхом великих територій підприємств України.

Матеріали та методи дослідження. Для визначення основних фізико-механічних показників деревини горіха використовували наступне випробувальне обладнання: під час визначення щільності (ваги для зважування зразків з точністю до 0,001г, сушильна шафа з електричним нагріванням, стандартні зразки розміром 20x20x30 мм), визначення межі міцності під час статичного згину (випробувальна машина Р-5,

Сірко З. С., Протасов О. С., Стринад Л. Ф., Коренда В. А., Вишняков І. Ю., Охріменко С. М., Стариш Є. А., Торчилевський Д. П., Грицун В. М. Цірень Н. Л. зразки розміром 20x20x300 мм), визначення межі міцності під час стискання вздовж волокон (випробувальна машина Р-5, дерев'яні кубики розміром 20x20x20 мм), визначення ударної в'язкості під час вигину (копер маятниковий із запасом енергії 100 Дж з похибкою вимірювання не більше 1%, зразки розміром 20x20x300 мм), визначення статичної твердості деревини на торцевій поверхні (прилад для випробування зразків деревини на статичну твердість з пуансоном діаметром 11,28 мм, зразки розміром 50x50x50 мм).

Випробування зразків деревини волоського горіха проводили у випробувальній лабораторії Українського державного науково-дослідного інституту «Ресурс».

Результати досліджень. Основні фізико-механічні показники деревини горіха волоського наведені у табл. 1.

1. Основні фізико-механічні показники деревини горіха волоського.

Порода деревини	Щільність Кг/м ³	Межа міцності під час статичного згину, МПа	Межа міцності під час стиснення вздовж волокон, МПа	Ударна в'язкість під час вигину, кДж/м ²	Статична твердість, Н/мм ²
Горіх волоський	598	110	55,9	74,8	63

Аналіз результатів фізико-механічних показників деревини горіха волоського показує, що цю деревину за своїми показниками можна віднести до деревини цінних твердих листяних порід (дуб, бук, ясень), ціна яких на теперішній час складає близько 3500 – 5000 грн/м³. Цю деревину можна реалізувати підприємствам, які виробляють струганий шпон (за своєю красивою текстурою шпон із горіха волоського найбільш привабливий для меблевої галузі) та пиломатеріали і заготовки.

Також аналітичні дослідження показали, що, окрім ділової деревини, практично вся частина дерева волоського горіха (листя, гілки, коріння) може бути використана – вона є сировиною для харчової, легкої, хімічної та фармацевтичної промисловості. З одного гектара території підприємства можна отримати 2 – 4 тони горіхових ядер за ціною 280 грн/кг. Авторами статті запропоновано використовувати шкарлупу волоського горіха для виготовлення паливних брикетів [6],

Сірко З. С., Протасов О. С., Стринад Л. Ф., Коренда В. А., Вишняков І. Ю., Охріменко С. М., Стариш Є. А., Торчилевський Д. П., Грицун В. М. Цірень Н. Л. яка суттєво підвищує їх теплотворну здатність.

Висновки

1. Обґрунтована доцільність засадження великих територій підприємств волоським горіхом.

2. Показано безвідходне використання горіхового дерева (стовбур дерева використовують для виробництва струганого шпону із надзвичайно красивою структурою) та пиломатеріалів і заготовок у дерево

оброблювальній промисловості, ядро, шкаралупа, перегородки плода горіха, листя, гілки, коріння – є сировиною для харчової, легкої, хімічної та фармацевтичної промисловості.

3. Засадження волоським горіхом дозволить підприємству за рахунок суміщеної діяльності отримувати протягом десятиліть прибуток з одного гектара у розмірі 900 грн за відносно малих інвестицій на його вирощування.

Список використаних джерел

1. Донцова І.В., Лебединець В.Т., Гірняк Л.І. Горіх волоський – перспективна високоцінна та промислова сировина. Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки. 2017, Вип. 18. С 92-98.

2. Бірта Г.О., Бургу Ю.Г., Горячова О.О. Сортова ідентифікація та аналіз безпечності волоського горіха. Науковий вісник PUET: Technical Sciences. 2019, № 1. С 81-86.

3. Савчук Ю. Дослідження показників безпеки продукту з волоського горіха [Електронний ресурс]/Ю. Савчук, С. Усатюк. Режим доступу: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream> (дата звернення: 29.06.2021).

4. Щербатко Д.М. Сорта плодовых и орехоплодных культур, перспективные для производства и селекции: монография/Д.М. Щербатко. Ленинград: ВИР, 1986. – 107 с.

5. Експорт плодів та горіхів до ЄС: перші кроки. Режим доступу: <http://eu-ua.org/eksport-yes/horikhy-yahody-plody> (дата звернення: 29.06.2021).

6. Сірко З.С., Колядюк М.Ж., винахідники. Паливний брикет. Український патент, № 132684, 2019.

1. Dontsova I.V., Lebedynets V.T., Hirnyak L.I. (2017). Horikh voloskyi – perspektyvna vysokotsina ta promyslova syrovyna. Visnyk Lvivskogo torhivelnno-ekonomichnoho universytetu. Tekhnichni nauky. Vyp. 18. S 92-98.

2. Birta H.O., Burhu Yu.H., Horyachova O.O. (2019). Sortova identyfikatsyya ta analiz bezpechnosti voloskoho horikha. Naukovyi visnyk PUET: Technical Sciences. № 1. С 81-86.

3. Savchuk Iu. Doslidzhenna pokaznykiv bezpeky produktu z voloskoho horikha [Elektronnyi resurs]/Iu. Savchuk, S. Usatuk. – Режим доступу: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream> (data zvernennya: 29.06.2021).

4. Shcherbatko D.M. (1986). Sorta plodovykh i orekhoplodnykh kultur, perspektyvnye dkya proizvodstva i selektsii: monografiya/D.M. Shcherbatko. – Leningrad: VIR, – 107 s.

5. Eksport plodiv ta horikhiv do YeS: pershi kroky [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu: <http://eu-ua.org/eksport-yes/horikhy-yahody-plody> (data zvernennya: 29.06.2021).

6. Sirko Z.S., Kolyaduk M.Zh., vynakhidnyky. Palyvnyi bryket. Ukrainskyi patent, № 132684, 2019.

References

EFFICIENCY OF PLANTING LARGE TERRITORIES OF UKRAINIAN ENTERPRISES WITH WALNUT**Z. Sirko, O. Protasov, L. Strnad, V. Korenda, I. Vyshniakov, S. Okhrimenko, E. Starysh, D. Torchilevsky, V. Grytsun, N. Tciren**

***Abstract.** The article highlights the economic feasibility of planting large areas of enterprises, in particular enterprises of the State Reserve of Ukraine with walnut.*

It is substantiated that the climate of Ukraine is favorable for walnut seedlings, it successfully takes root, tolerates weather changes and is not susceptible to disease. The market of nut sale and its competitiveness are analyzed. It is shown that walnut does not require special care, the tree with proper crown formation and good care begins to bear fruit early and retains this ability for centuries. Therefore, the production of walnuts is very profitable and does not require large capital expenditures. The wide spheres of use of a nut, in particular its wood and fruits are resulted. Researches of physical and mechanical indicators of walnut wood are carried out and it is shown that behind them walnut wood belongs to valuable breeds of wood along with an oak, a beech, an ash-tree, etc. On the territory of Ukraine there are many enterprises that occupy large areas (land areas). This land is usually used inefficiently, overgrown with weeds, which leads to additional costs for the company (repeated mowing of grass every year). In particular, this applies to enterprises of the State Reserve System of Ukraine, whose territory averages 15 - 43 hectares. To effectively use such large areas, it is proposed to plant them with walnuts. The climate of Ukraine is favorable for walnut seedlings, they successfully take root, tolerate weather changes and are insensitive to disease.

Analysis of the literature showed the prospects of walnut as a high-value food and industrial raw material, as well as its cultivation and selection. According to the Ukrainian Nut Association, walnut orchards of up to 1,000 hectares are planted in Ukraine every year. These volumes provide Ukraine with the third place in the world in walnut exports after China and the United States.

Walnut wood has a very beautiful texture. Therefore, walnut wood has long been used in the woodworking industry for the production of planed veneer and later in furniture production. Walnut veneer was competitive with expensive and imported mahogany veneer in terms of its physical and mechanical properties, structure, texture and design.

All the above allows us to state that the planting of large areas of enterprises with walnuts will allow to make good profits for decades, to provide the country with valuable food and industrial raw materials, to expand the export potential of enterprises.

Key words: walnut, wood, fruits, economic feasibility of cultivation, application, physical and mechanical indicators

КЕРУВАННЯ РУХОМ ПЕРЕВЕРНУТОГО МАЯТНИКА: РОЗРОБКА УСТАНОВКИ, ІДЕНТИФІКАЦІЯ СИСТЕМИ ТА СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРА ЇЇ РУХУ

Ю. О. РОМАСЕВИЧ, доктор технічних наук, професор

В. С. ЛОВЕЙКІН, доктор технічних наук, завідувач кафедри

О. Ю. ЗАРІВНИЙ, аспірант

О. Г. ОЛЕКСІЙКО, студент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: romasevichyuriy@ukr.net

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.01.016>

***Анотація.** У роботі розвинений підхід, який дає змогу виконати синтез оптимальних регуляторів динамічних систем. Він полягає у ідентифікації фізичної моделі динамічної системи (у розглядуваному випадку типу „перевернутий маятник”). Це дало підстави для постановки задачі синтезу регулятора. Такий підхід не вимагає математичної моделі системи у вигляді системи диференціальних рівнянь, що є його перевагою. Однак, для того, щоб скористатись цією перевагою необхідно на етапі ідентифікації системи виконувати оцінку її якості. Такі розрахунки показали обґрунтованість розробленого підходу. Синтез оптимального регулятора було проведено на основі відомої методології, яка передбачає зведення вихідної задачі до задачі безумовної оптимізації функції зі складною топологією. Для цього було використано модифікований метод рою часточок. Експериментальна валідація результатів регулювання показала практично повне досягнення мети регулювання – стабілізації системи із наявністю незначних залишкових коливань фазових координат системи.*

***Ключові слова:** керування, маятник, оптимізація, регулятор, ідентифікація*

Актуальність. Значна кількість сучасних пристроїв, які використовуються у різних сферах виробництва, характеризуються досить складною динамікою (у ряді випадків із нелінійними ефектами). До таких пристроїв належать літальні апарати (зокрема, квадрокоптери), маніпуляційні системи роботів, засоби індивідуального пересування (квадрокоптери, гіроборди) тощо. Синтез оптимальних систем

керування для таких систем ускладнюються тим, що більшість (а у найгіршому випадку – всі) параметри, які входять у рівняння руху динамічних систем, невідомі. Тому адекватні математичні моделі таких систем, на основі яких виконується оптимізація керування їхнім рухом, є недоступними розробнику. Таким чином, з'являється важливий клас задач ідентифікації динамічних систем. Розв'язання задачі

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Зарівний О. Ю., Олексійко О. Г.

ідентифікації дає підґрунтя для подальших розрахунків оптимальних регуляторів руху систем. З практичної точки зору такі регулятори дають змогу найбільш ефективно використовувати наявні ресурси (заряд акумулятора, ресурс електродвигунів та інших виконавчих пристроїв, надійність маніпуляційних систем роботів) при досягненні мети керування (наприклад, стабілізації польоту квадрокоптера).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Одна з тенденцій у сучасній техніці полягає у глибокому поєднанні у одному виробі елементів різної природи. Йдеться про механічні, електричні, електронні та інші компоненти, які, будучи з'єднаними інформаційними потоками, утворюють мехатронну систему (пристрій). Саме такі пристрої можна побачити на вулицях мегаполісів (гіроскутери), при моніторингу різноманітних військових та сільськогосподарських об'єктів (квадрокоптери), у виробничих цехах підприємств машинобудування (промислові роботи) тощо. Зазначимо, що значний клас таких систем описується нелінійними рівняннями, які, до того ж, повинні містити чисельні значення окремих параметрів. У багатьох випадках точне визначення таких параметрів є неможливим. І тому досить активно йдуть пошуки інших шляхів, які б дозволили виконати математичний опис руху динамічних

систем. Ці дослідження для розв'язання задач керування у англійській літературі відомі під назвою „model free control” [1].

Крім того, досить широке розповсюдження градієнтних оптимізаційних методів може стримувати прогрес у частині розв'язку широкого класу задач керування (наприклад, коли оператором керування виступає нейронна мережа [2]). У цьому випадку увагу варто звернути на інші методи, які позбавлені недоліків градієнтних, зокрема, на метод рою часточок [3] та його модифікації [4-6]. Саме такі методи (за виключенням одного випадку) будуть використані у даній роботі.

Мета. Мета роботи полягає у розробці підходу щодо синтезу оптимального регулятора руху динамічної системи типу „перевернутий маятник”. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: 1) розробити алгоритмічну частину роботи лабораторної установки типу „перевернутий маятник”; 2) виконати ідентифікацію динамічної системи „перевернутий маятник” та провести оцінку її якості; 3) розрахувати оптимальний регулятор руху динамічної системи; 4) провести експерименти та встановити якість роботи оптимального регулятора руху системи.

Методи. Перший етапом у проведенні наукового дослідження є

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Зарівний О. Ю., Олексійко О. Г.

розробка лабораторної установки типу „перевернутий маятник”. Окремі деталі установки були спроектовані з використанням САПР Solidworks. Кріплення електричного двигуна,

підшипників, енкодера, а також жорсткої муфти та вставку було надруковано на 3D-принтері. Зовнішній вигляд установки зображено на рис. 1.

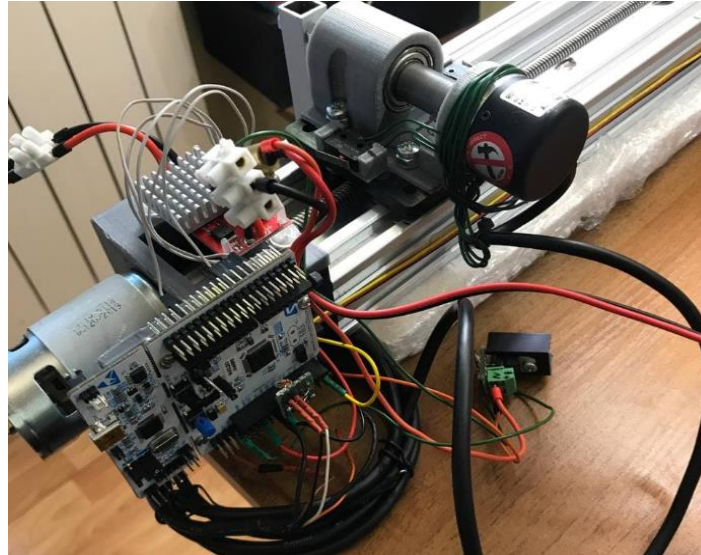


Рис. 1. Зовнішній вигляд лабораторної установки

Основні технічні характеристики установки наведено у табл. 1. Для керування рухом установки та збором даних була використана плата Nucleo F446RE, яка складається із потужного мікроконтролера на 32-бітній архітектурі з високою швидкістю та розвинутою периферією. Розробка

коду виконувалась в спеціалізованому середовищі програмування STM32 Cube IDE. Для того, щоб синтезувати регулятор руху динамічної системи „перевернутий маятник” необхідно мати її математичну модель.

1. Основні технічні характеристики установки типу „перевернутий маятник”

Найменування характеристики	Одиниця вимірювання	Величина
Довжина направляючих	см	50
Робочий хід візка		41,7
Довжина маятника від осі обертання		49
Крок ходового гвинта	мм	8
Маса візка	г	100
Маса маятника		60
Максимальні оберти двигуна	об/с	31
Максимальна швидкість переміщення візка	см/с	25
Максимальне осьове зусилля, що діє на візок	Н	50
Момент інерції маятника	кг·мм ²	50

Реальна конструкція установки має значну кількість параметрів, які необхідно відобразити у математичній моделі. Для того, щоб оцінити величини цих та інших параметрів необхідно проводити додаткові експериментальні дослідження. Однак, у даній роботі застосовано інший підхід. Він

ґрунтується на властивостях штучних нейронних мереж, які досить часто застосовуються для виконання всякого роду прогнозів. Для того, щоб навчити штучну нейронну мережу було зібрано набір експериментальних даних.

Набір даних для навчання можна представити у такому вигляді:

$$\begin{aligned} X_i &\rightarrow Y_i; \\ X_i &= [U_i, \alpha_i, \dot{\alpha}_i, x_i, \dot{x}_i]^T; \\ Y_i &= [\alpha_{i+1}, \dot{\alpha}_{i+1}, x_{i+1}, \dot{x}_{i+1}]^T, \end{aligned} \quad (1)$$

де X_i та Y_i – вектор входу та вектор виходу штучної нейронної мережі для i -того навчального фрейма ($i \in \overline{(1, I_{train})}$); I_{train} – довжина даних для навчання $I_{train}=1510$. Тривалість між окремими вимірами становила 0,01 с. Значення x та α отримували за допомогою фільтра Савіцького-Голея [7], а значення $\dot{\alpha}$ та \dot{x} – за допомогою диференціального фільтра Савіцького-Голея. Для навчання була використана штучна нейронна мережа прямого поширення з одним прихованим

шаром і п'ятьма нейронами в ньому. Для навчання використано алгоритм Adam [8]. У результаті його застосування отримано чисельні значення ваг та біасів штучної нейронної мережі, які дають змогу отримати чисельні значення, які близькі до вектора Y_i , при подачі на вхід мережі вектора X_i .

Для того, щоб оцінити якість ідентифікації динамічної системи використаємо підхід, який застосований на аналізі графічних (рис. 2) та числових характеристик.

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Зарівний О. Ю., Олексійко О. Г.

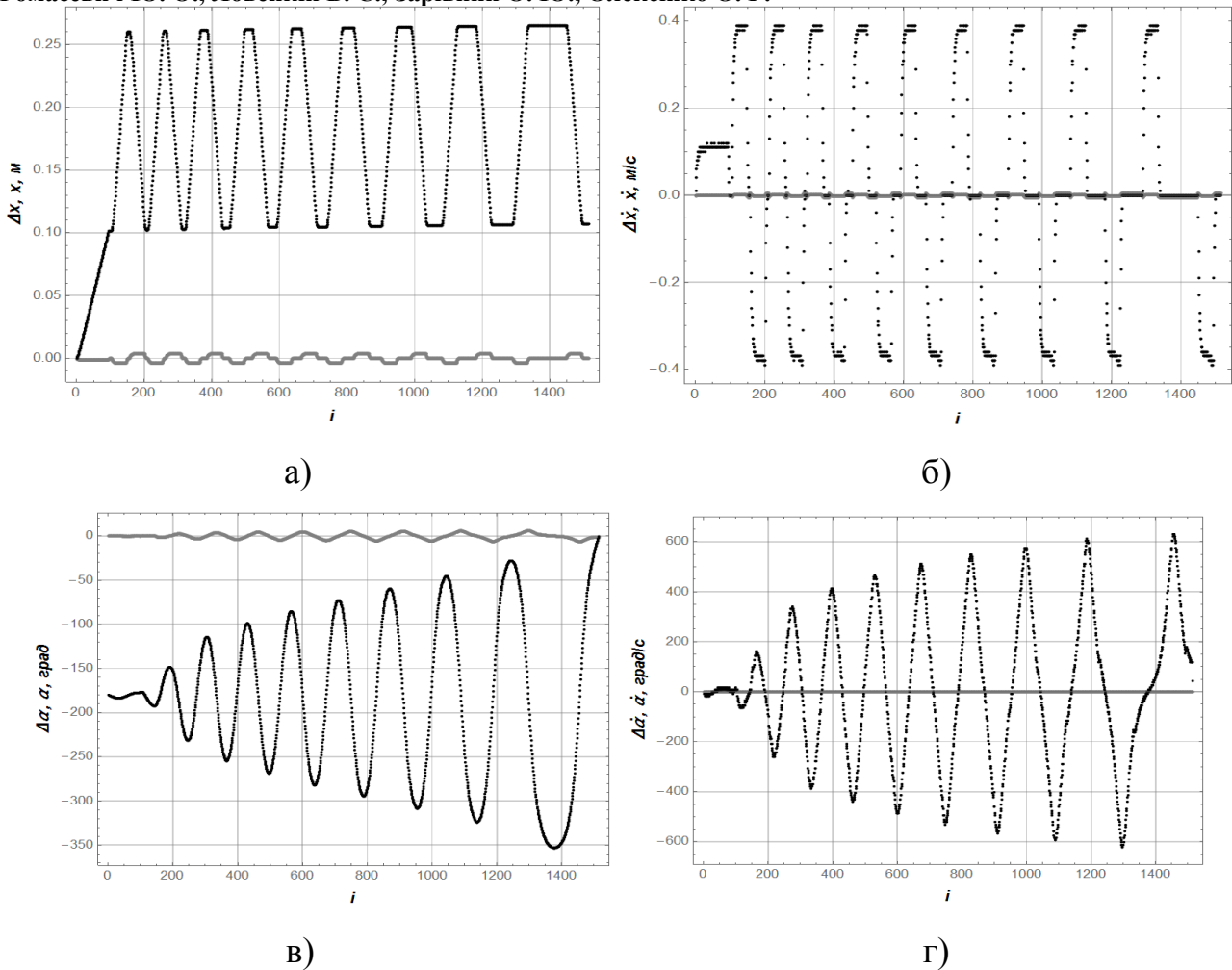


Рис. 2. Графіки тестових даних та похибки передбачення:
а) функція x ; б) функція \dot{x} ; в) функція α ; г) функція $\dot{\alpha}$

На рис. 3 чорні точки представляють дані тестування, а сірі відображають абсолютну похибку прогнозу штучної нейронної мережі (відхилення передбачуваного значення від тестового позначається

як Δ). Числовими значеннями, які відображають якість прогнозу протягом руху системи, є коефіцієнти варіації, які обчислюються за формулами:

$$E_r = \sqrt{I_{test}^{-1} \sum_i^{I_{test}} (r_i^{test} - r_i^{pred})^2} I_{test} \left(\sum_i^{I_{test}} r_i^{test} \right)^{-1} 100, \quad r \in (\alpha, \dot{\alpha}, x, \dot{x}), \quad (2)$$

де I_{test} – розмірність тестової вибірки ($I_{test}=1515$). Розрахунки відповідних величин дають наступні результати: $E_\alpha=1,58\%$, $E_{\dot{\alpha}}=0,22\%$, $E_x=1,45\%$, $E_{\dot{x}}=1,79\%$. З рис. 3 та

значень (2) випливає те, що штучна нейронна мережа може бути використана для прогнозу динаміки руху динамічної системи.

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Зарівний О. Ю., Олексійко О. Г.

Результати. Маючи штучну постановочну частину задачі синтезу нейронну мережу, можемо записати оптимального регулятора:

$$\left\{ \begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} x_{\frac{t_p}{\Delta t}} \approx 0, \quad x_{\frac{t_p}{\Delta t}} - x_{\frac{t_p-1}{\Delta t}} \approx 0; \\ \alpha_{\frac{t_p}{\Delta t}} \approx 0, \quad \alpha_{\frac{t_p}{\Delta t}} - \alpha_{\frac{t_p-1}{\Delta t}} \approx 0; \end{array} \right. \\ \max(x_i) - \min(x_i) \leq l_x; \\ \delta_x \delta_1 \sum_{i=1}^{\frac{t_p}{\Delta t}} |x_i| + \delta_\alpha \delta_2 \sum_{i=1}^{\frac{t_p}{\Delta t}} \alpha_i + \delta_U (1 - \delta_1 - \delta_2) \sum_{i=1}^{\frac{t_p}{\Delta t}} U_i \rightarrow \min; \\ U_{unl_i} = A_1 x_i + A_2 \dot{x}_i + A_3 \alpha_i + A_4 \dot{\alpha}_i; \\ U_i = \begin{cases} A_1 x_i + A_2 \dot{x}_i + A_3 \alpha_i + A_4 \dot{\alpha}_i, & \text{якщо } -U_{\max} \leq A_1 x_i + A_2 \dot{x}_i + A_3 \alpha_i + A_4 \dot{\alpha}_i \leq U_{\max}; \\ -U_{\max}, & \text{якщо } -U_{\max} > A_1 x_i + A_2 \dot{x}_i + A_3 \alpha_i + A_4 \dot{\alpha}_i; \\ U_{\max}, & \text{якщо } U_{\max} < A_1 x_i + A_2 \dot{x}_i + A_3 \alpha_i + A_4 \dot{\alpha}_i; \end{cases} \\ X_{i+1} = F(X_i, U_i), \quad X_i = [x_i, \dot{x}_i, \alpha_i, \dot{\alpha}_i]^T, \end{array} \right. \quad (3)$$

де t_p – тривалість регулювання (виходу системи у окіл уставки – нестійкого положення рівноваги маятника); Δt – крок дискретизації (0,01 с); l_x – гранично допустиме положення візка, яке обґрунтовано виходячи з можливостей переміщенні візка по напрямним установки ($l_x=0,2$ м); δ_1, δ_2 – вагові коефіцієнти, які показують важливість мінімізації суми абсолютних похибок лінійного та кутового положення ланок установки відповідно ($\delta_1=0,2$; $\delta_2=0,3$); $\delta_x, \delta_\alpha, \delta_U$ – коефіцієнти, які зводять розмірності окремих компонентів критерію до безрозмірного вигляду; A_1, \dots, A_4 – коефіцієнти регулятора, які необхідно визначити; U_{\max} – гранично допустиме значення напруги живлення приводу візка, яке представлено у відсотках скважності

ШІМ ($U_{\max}=90\%$); F – оператор, який відповідає роботі навченої штучної нейронної мережі (предиктора), що отримана у попередніх розрахунках.

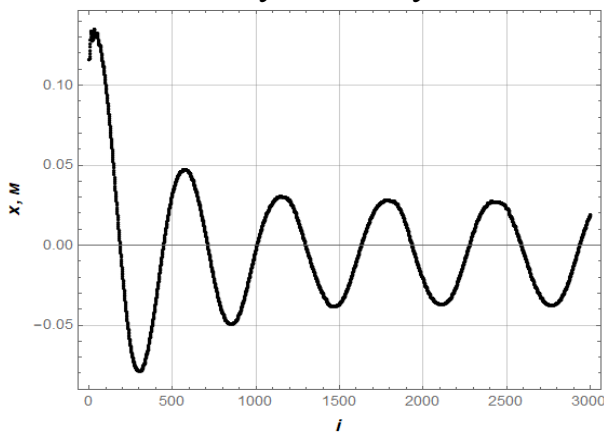
Для знаходження розв'язку задачі (3) її було зведено до задачі безумовної оптимізації узагальненого критерію як це зроблено у роботі [6]. Для визначення його мінімуму використано модифікований метод рою часточок ME-D-PSO [6]. Вкажемо їхні значення: $A_1=-71,95$, $A_2=175,13$, $A_3=4,9206$, $A_4=-0,8184$. Для того, щоб оцінити якість роботи синтезованого оптимального регулятора було проведено експериментальні дослідження. Їхня мета полягала у дослідженні впливу незалежних факторів (табл. 2) на якість роботи регулятора, тобто стабілізації руху системи.

2. План проведення експериментів

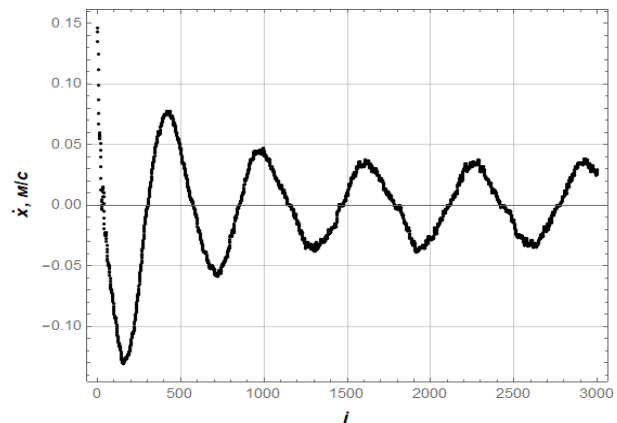
Незалежні фактори	Рівні незалежних факторів					
Початкове положення візка, м	0,1		0		-0,1	
Початкове положення маятника, градус	-5	5	-5	5	-5	5
Номер експерименту	1	2	3	4	5	6

Результати експеримента №1 наведено у графічному вигляді на рис. 4. Тут видно, що протягом перших 500 циклів керування відбувається вихід системи у окіл уставки і

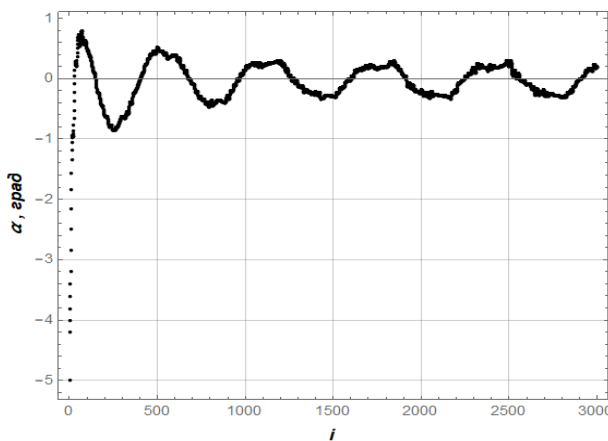
коливання біля уставки. Це означає, що ідеальна стабілізація руху системи даним регулятором не забезпечується.



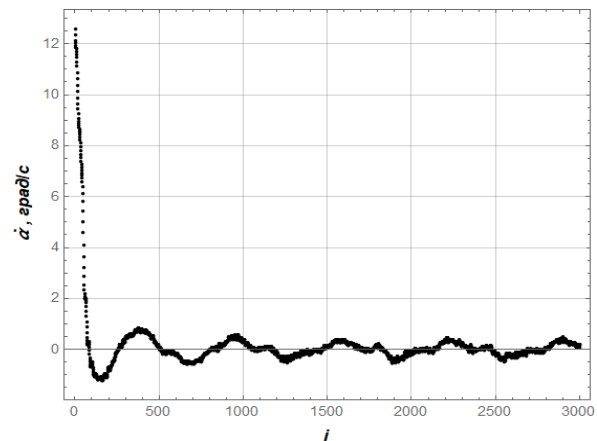
а)



б)



в)



г)

Рис. 3. Графіки функцій, що отримані для першого експерименту: а) функція x ; б) функція \dot{x} ; в) функція α ; г) функція $\dot{\alpha}$

Однак, амплітуди залишкових коливань візка та маятничової ланки є незначними. У табл. 3 наведено їхні

чисельні значення на п'ятому циклі залишкових коливань динамічної системи.

3. Амплітуди фазових координат на п'ятому циклі коливань

Фазова координата	Номер експерименту					
	1	2	3	4	5	6
Положення візка, м	0,037	0,084	0,064	0,041	0,063	0,037
Швидкість візка, м/с	0,039	0,042	0,068	0,044	0,056	0,046
Положення маятникової ланки, град	0,311	0,679	0,614	0,335	0,532	0,376
Швидкість маятникової ланки, град/с	0,495	0,532	0,754	0,513	0,638	0,581

Аналіз даних, які наведено у табл. 3, показує, що не існує єдиної закономірності впливу рівнів незалежних факторів на амплітуди залишкових коливань фазових координат динамічної системи. Найгірший випадок у роботі регулятора (у сенсі показників з табл. 3) відповідає 2 експерименту. Загалом відхилення положення візка від нульового значення (за виключенням експерименту 2) знаходиться на рівні 63,0...37,0% від початкового відхилення. Аналогічний показник для кута маятникової ланки знаходиться у діапазоні 6,2...13,6%, що набагато краще. Це може бути зумовлене тим, що окремі компоненти з формули регулятора (3) мають більший вплив на рух динамічної системи за рахунок того, що вони формують більші величини напруги живлення приводу візка.

Висновки і перспективи подальших досліджень:

1. для дослідження динаміки руху малоприводної системи типу „перевернутий маятник” розроблено алгоритмічну частину системи керування, яка

включає функції керування електродвигуном приводу візка, зчитування даних енкодерів положення візка і маятника, а також відправку пакетів отриманих даних на ПК;

2. на основі зібраних масивів експериментальних даних проведено ідентифікацію моделі лабораторної установки типу „перевернутий маятник” для чого використано технології штучних нейронних мереж. Проведено оцінку якості прогнозу, який дає навчена штучна нейронна мережа (відносні похибки прогнозу для різних фазових координат знаходяться в межах 0,22...1,79%) та встановлено, що її доцільно використовувати як предиктор (математичну модель) динаміки системи „перевернутий маятник”;

3. виконано постановку задачі синтезу оптимального регулятора стабілізації системи „перевернутий маятник” та за допомогою модифікованого методу рою часточок знайдено її розв’язок (значення коефіцієнтів регулятора);

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Зарівний О. Ю., Олексійко О. Г.

4. з метою дослідження якості роботи синтезованого регулятора проведено 6 експериментів. Встановлено, що регулятор успішно виконує переведення систем у окіл нестійкого положення рівноваги із наявністю залишкових коливань фазових координат початкового відхилення (наприклад, амплітуда коливань маятникової ланки складає 6,2...13,6% відносно її початкового відхилення);

5. перспективи подальших досліджень у даному напрямку полягають у вдосконалення наступних методик: 1) збору експериментальних даних; 2) вибору структури штучної нейронної мережі та методу її навчання (із урахуванням критерію навчання); 3) постановки задачі синтезу оптимального регулятора руху динамічної системи та методів її розв'язання; 4) технічних засобів практичної реалізації оптимального регулятора та досконалості алгоритмічної частини. Simplified Least Squares Procedures. *Analytical Chemistry*. 1964. P. 1627-1639.

8. Kingma D.P., Ba J. Adam: A Method for Stochastic Optimization. *Cornell University Library*. 2014. URL: <https://arxiv.org/abs/1412.6980> (дата звернення 11.01.2022)

Список використаних джерел:

1. Fliess M., Join C. Model-free control. 2013 URL: <https://arxiv.org/pdf/1305.7085.pdf> (дата звернення 11.01.2022 р.)

2. Zhong Y., Huang X., Meng P., Li F. PSO-RBF neural network PID control algorithm of electric gas pressure regulator. *Abstract and Applied Analysis*. 2014. Vol. 2014. Article ID 731368.

3. Kennedy J., Eberhart R.C. Particle swarm optimization. *Proceedings of the 1995 IEEE International Conference on Neural Networks*. 1995. Vol. 4 P. 1942-1948.

4. Yudong Z., Shuihua W., Genlin J. A Comprehensive Survey on Particle Swarm Optimization Algorithm and Its Applications. *Mathematical Problems in Engineering*. 2015. Article ID 931256.

5. Romasevych Yu., Loveikin V. A Novel Multi-Epoch Particle Swarm Optimization Technique. *Cybernetics and Information Technologies*. 2018. Vol. 18 (3). P. 62–74.

6. Romasevych Y., Loveikin V., Makarets V. Optimal constrained tuning of PI-controllers via a new PSO-based technique. *International journal of swarm intelligence research*. 2020. P. 87-105.

7. Savitzky A., Golay M.J.E. Smoothing and Differentiation of Data by

References:

1. Fliess M., Join C. Model-free control. Available at: <https://arxiv.org/pdf/1305.7085.pdf>

2. Zhong Y., Huang X., Meng P., Li F. (2014) PSO-RBF neural network PID control algorithm of electric gas pressure regulator. *Abstract and Applied Analysis*, Article ID 731368. doi: 10.1155/2014/731368

3. Kennedy J., Eberhart R.C. (1995) Particle swarm optimization. *Proceedings of the 1995 IEEE International Conference on Neural Networks*, 1942-1948. doi: 10.1109/ICNN.1995.488968

4. Yudong Z., Shuihua W., Genlin J. (2015) A Comprehensive Survey on Particle Swarm Optimization Algorithm and Its Applications. *Mathematical Problems in Engineering*, Article ID 931256. doi: 10.1155/2015/931256

5. Romasevych Yu., Loveikin V. (2018) A Novel Multi-Epoch Particle Swarm Optimization Technique. *Cybernetics and Information Technologies*, 18 (3), 62–74. doi: 10.2478/cait-2018-0039

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Зарівний О. Ю., Олексійко О. Г.

6. Romasevych Y., Loveikin V., Makarets V. (2020) Optimal constrained tuning of PI-controllers via a new PSO-based technique. International journal of swarm intelligence research, 11(4), 87-105. doi: 10.4018/IJSIR.2020100104

7. Savitzky A., Golay M.J.E. (1964) Smoothing and Differentiation of Data

by Simplified Least Squares Procedures. Analytical Chemistry, 1627-1639. doi: 10.1021/ac60214a047

8. Kingma D.P., Ba J. Adam: A (2014). Method for Stochastic Optimization. Cornell University Library. Available at: <https://arxiv.org/abs/1412.6980>

MOTION CONTROL OF THE INVERTED PENDULUM: DEVELOPMENT OF THE INSTALLATION, IDENTIFICATION OF THE SYSTEM AND SYNTHESIS OF THE OPTIMAL MOTION CONTROLLER

Yu. O. Romasevych, V. S. Loveikin, O. Yu. Zarivny, A. G. Oleksiyiko

***Abstract.** In the work, an approach has been developed that allows of synthesizing optimal controllers of dynamic systems. It consists in the identification of a physical model of a dynamical system (in the case under consideration of the "inverted pendulum" type). This provides the ground for the controller synthesis problem statement. This approach does not require a mathematical model of the system in the form of a system of differential equations, which is its advantage. However, in order to use the advantage, it is necessary to estimate the quality of the system identification. Such calculations showed the validity of the developed approach. The synthesis of the optimal controller was carried out on the basis of the well-known methodology, which presupposes the reduction of the original problem to the problem of unconstrained optimization of a function with a complex topology. For this, a modified particle swarm optimization method has been used. Experimental validation of the control results has shown in practice the complete achievement of the control goal – stabilization of the system with the presence of minor residual oscillations of the phase coordinates of the system.*

Keywords: control, pendulum, optimization, controller, identification

Організація ефективного інструментального господарства**З. С. СІРКО**, кандидат технічних наук,**О. С. ПРОТАСОВ, В. А. КОРЕНДА, І. Ю. ВИШНЯКОВ,
С. М. ОХРИМЕНКО, Д. П. ТОРЧИЛЕВСЬКИЙ, М. Є. НОСОВ,
М. Ж. КОЛЯДЮК, Т. Л. ЄРЕМЕНКО.***Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс»*

E-mail: z.sirko@ukr.net

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.01.017>

***Анотація.** Стаття присвячена висвітленню проблеми підвищення технічного рівня інструментального господарства на підприємстві. Від цього, в значній мірі, залежить ефективність використання обладнання, раціональне використання сировини та матеріалів, якість готової продукції та покращення умов праці працюючого персоналу. В цьому напрямку розробляються нові конструкції інструментів, проводяться дослідження в напрямку впровадження нових зносостійких інструментальних матеріалів, розробляються та оновлюються стандарти на інструмент. Показано, що на сьогоднішній день назріла необхідність покращення забезпечення підприємств інструментом, його підготовки до роботи та експлуатації, технічного переоснащення інструментального господарства, вдосконалення його організаційної структури та покращення інструментального обслуговування виробництва. Визначена потреба підприємства у інструменті та обладнанні для його підготовки до роботи, розроблені заходи з раціонального використання інструменту та покращення діяльності інструментального господарства.*

***Ключові слова:** підприємство, інструмент, технічний рівень, потреба в інструменті, ефективність, технічне оснащення*

Актуальність. Інструментальне господарство підприємства – окремий службовий підрозділ, яке повинно вирішувати питання забезпечення основного виробництва інструментом в необхідних об'ємах та номенклатурі, організації ремонту та виготовлення нетипового інструменту, реалізації і ефективного використання виділених фондів на інструмент та інструментальні матеріали, впровадження сучасного високопродуктивного обладнання для

підготовки та заточування інструменту, передових форм та методів організації і оплати праці робітників-інструментальщиків, конструкторсько-технологічного забезпечення інструментальних підрозділів [1-3].

Технічний стан інструментального господарства підприємства повністю відображає технічний рівень основного виробництва. Досвід роботи передових підприємств показує, що

Сірко З. С., Протасов О. С., Коренда В. А., Вишняков І. Ю., Охріменко С. М., Торчилевський Д. П., Носов М. Є., Колядюк М. Ж., Єременко Т. Л.

найбільш перспективною системою організації виробництва в інструментальному господарстві є централізована, яка передбачає зосередження всього об'єму робіт з інструментом у спеціалізованому підрозділі. Застосування цієї системи дозволяє в середньому скоротити кількість інструментальників на 20 %, збільшити коефіцієнт використання робочого часу на 50 – 80 %, підвищити ефективність використання виробничих площ та обладнання, знизити витрати інструментів [4].

Організаційна структура інструментального господарства підприємства має велике значення, так як не тільки визначає роль та місце інструментального підрозділу у виробничому процесі, але і відношення до нього керівників. На тих підприємствах, де приділяють серйозну увагу інструментальній службі, вища ритмічність праці підприємства, продуктивність, якість оброблення, знижуються втрати від браку та витрата інструментів.

На сьогоднішній день назріла необхідність покращення забезпечення підприємства інструментом, його підготовки до роботи та експлуатації, технічного переоснащення інструментального господарства, вдосконалення його організаційної структури та покращення інструментального обслуговування виробництва.

Мета досліджень – забезпечити покращення інструментального обслуговування виробництва.

Методика досліджень. Дослідження проводили на базі деревообробного виробництва. Була розроблена спеціальна формула, за якою підприємство повинно володіти наступною інформацією:

- номенклатура та об'єм продукції, що виготовляється, які необхідні для визначення витрат інструменту в залежності від виду виробництва та об'єму товарної продукції;

- характеристика деревообробного обладнання та інструменту, які необхідні для визначення номенклатури та потреби у різальному інструменті, обладнання для його підготовки до роботи, контрольно-вимірювальних засобів, фактичної стійкості інструментів, періоду часу відпрацювання деревообробним обладнанням;

- характеристика обладнання та контрольно-вимірювальних засобів, що застосовують під час підготовки інструментів до роботи, які необхідні для визначення фактичного стану системи організації інструментального господарства, технічного стану обладнання для підготовки різального інструменту;

- перелік працівників інструментального господарства, який необхідний для визначення фактичного укомплектування

Сірко З. С., Протасов О. С., Коренда В. А., Вишняков І. Ю., Охріменко С. М., Торчилевський Д. П., Носов М. Є., Колядюк М. Ж., Єременко Т. Л.

інструментального господарства робітниками та інженерно-технічними кадрами, а також системи оплати праці, яка застосовується на підприємстві.

Результати досліджень.

Ґрунтуючись на своїх даних, згідно методики, підприємство може виконати ряд розрахунків щодо технічного рівня інструментального господарства за запропонованими математичними залежностями.

На основі інформації, отриманої від підприємства, можна виконати ряд розрахунків щодо організації інструментального господарства.

Річну потребу у дереворізальному інструменті визначають за формулою:

$$N = \frac{100 \cdot T \cdot l \cdot z}{P \cdot Ti \cdot (100 - q)},$$

де T - час роботи інструменту за рік, год;

l - кількість однакового інструменту, що одночасно експлуатується на верстаті (автоматичні лінії), шт;

z - кількість однакових верстатів, шт;

Ti - період стійкості інструменту до спрацювання, год (за рекомендаціями підприємства-виробника інструменту);

P - повний ресурс інструменту (допустима кількість переточок);

q - відсоток аварійної витрати інструменту, %.

Час роботи інструменту за рік:

$$T = n \cdot m \cdot t_{зм} \cdot K_3,$$

де n - кількість робочих днів у поточному році (за календарем);

m - змінність роботи;

$t_{зм}$ - тривалість зміни, год;

K_3 - коефіцієнт використання (завантаження) обладнання (береться з довідкової літератури або на основі особистих спостережень).

Повний ресурс інструменту (допустима кількість переагострювань) визначають за формулою:

$$P = \frac{a}{b},$$

де a - величина допустимого переагострювання, мм;

b - величина зменшення робочої частини інструменту за одне переагострювання, мм.

Оборотний фонд інструменту створюється у випадку замовлення інструменту вперше. Він необхідний для безперебійного постачання технологічного обладнання інструментом і виключення великих запасів інструменту на складах. Оборотний фонд інструменту складає, шт:

$$\Phi = (r_1 + r_2 + r_3) \cdot l \cdot z,$$

де r_1 - оперативний фонд інструменту даного типу у заточному відділенні та у відділенні з його підготовки до роботи, шт;

r_2 - перехідний фонд інструменту в інструментально-роздатковій коморі, шт;

Сірко З. С., Протасов О. С., Коренда В. А., Вишняков І. Ю., Охріменко С. М., Торчилевський Д. П., Носов М. Є., Колядюк М. Ж., Єременко Т. Л.

r_3 - резервний фонд інструменту на складі, шт;

l - кількість однакового інструменту, шт;

z - кількість однакових верстатів, шт.

Для підготовки дереворізального інструменту до роботи необхідно мати абразивний та алмазний інструмент. Стальний інструмент загострюють абразивними кругами. Доводка виконується абразивним бруском або ельборовими кругами. Інструменти з пластинками із твердого сплаву загострюють алмазними кругами. Розрахунок кількості абразивного інструменту для підготовки до роботи річної потреби в дереворізальному інструменті здійснюється на основі норм витрат абразивного інструменту на одне загострення та доводку:

$$N_{абр} = N \cdot P \cdot d,$$

де $N_{абр}$ - кількість абразивного інструменту за рік, шт;

N - річна потреба в даному виді абразивного інструменту, шт;

P - можливе число переагострень;

d - норма витрат абразивного інструменту на одне загострення (доводження).

Кількість робітників на зміну для підготовки до роботи інструменту визначають за залежністю:

$$P_{роб} = \frac{L}{60 \cdot \eta \cdot t_3} \sum_1^n t_{нід} \cdot F_i,$$

де L - кількість інструменту, що потрібно підготувати за зміну, шт;

η - коефіцієнт використання робочого дня ($\eta = 0,7$);

t_3 - тривалість зміни, год;

$t_{нід}$ - час на підготовлення інструменту, год;

F_i - коефіцієнт частоти проведення операції відносно загострювання.

Кількість інструменту, що потрібно підготувати за зміну, розраховують за залежністю:

$$L = \frac{X \cdot t_3}{T_i} \cdot K_6,$$

де X - кількість інструменту, що одночасно експлуатується в цеху, шт;

Загальну кількість обладнання одного виду для підготовки конкретного інструменту розраховують за формулою, шт:

$$C = \frac{N_{доб} \cdot t_{нід} \cdot F_i}{t_3 \cdot \eta_3 \cdot G_i \cdot m_i},$$

де $t_{нід}$ - час на проведення операції технологічного процесу підготовки інструменту, хв;

η_3 - коефіцієнт завантаження обладнання (0,8 – для верстатів, що загострюють інструмент, 0,7 – для іншого обладнання);

G_i - кількість інструментів, що можуть одночасно підготовлюватись до роботи, шт;

m_i - змінність роботи інструментальної дільниці.

Сірко З. С., Протасов О. С., Коренда В. А., Вишняков І. Ю., Охріменко С. М., Торчилевський Д. П., Носов М. Є., Колядюк М. Ж., Єременко Т. Л.

Розроблені наступні заходи з підвищення технічного рівня інструментального господарства:

- організувати в системі країни мережу регіональних сервісних центрів (централізовані інструментальні підрозділи), поклавши на них обов'язки з виготовлення, ремонту та підготовки до роботи інструменту;

- оснастити сервісні центри сучасним заточувальним, балансувальним, плющильним, зварочним та іншим обладнанням, контрольно-вимірювальними приладами;

- необхідно організувати виробництво обладнання для підготовки інструменту до роботи, яке наші вітчизняні верстатобудівні заводи не виготовляють (верстати для заточування профільних фрез та ножів, кінцевого інструменту, установки для напаявання пластинок твердого сплаву на зуби дискових пил, установки для напаявання зубів пил зносостійкими сплавами (стелітами, сормайтами), прості, надійні, зручні та недорогі верстати та пристосування для заточування твердосплавних пилок в умовах підприємств невеликої потужності та інше обладнання, без якого ефективність експлуатації інструменту різко знижується);

- необхідно розробити сучасні контрольно-вимірювальні засоби, зокрема прилади для контролю натягу рамних та стрічкових пил, для

статичного балансування та вимірювання биття фрезерного інструменту і дискових пил, для контролю напруженого стану пил, для встановлення та вивірки ножів в знімних головках і фрезах, ножових валів, а також організувати їх виготовлення;

- необхідно впроваджувати найбільш прогресивні та перспективні методи підготовки інструменту до роботи;

- впроваджувати інструмент нових конструкцій із ефективних інструментальних матеріалів (нові марки сталей 7Н1МА, 5Н1А; алмазно-твердосплавні пластинки і полікристалічні надтверді матеріали; фрези з твердосплавними ножами, що неперезаточуються);

- впроваджувати прогресивні методи та обладнання для зміцнення (підвищення зносостійкості) різальних елементів інструменту;

- укомплектувати службу інструментального господарства інженерно-технічними працівниками відповідного профілю та висококваліфікованими робітниками відповідних спеціальностей.

Висновки

1. Аналіз технічного стану інструментального господарства на підприємствах показав, що технічне забезпечення їх обладнанням для підготовки та заточування інструментів, контрольно-вимірювальними засобами знаходиться на низькому рівні.

Сірко З. С., Протасов О. С., Коренда В. А., Вишняков І. Ю., Охріменко С. М., Торчильський Д. П., Носов М. Є., Колядюк М. Ж., Єременко Т. Л.

2. Проведені розрахунки потреби у верстатному інструменті, повного ресурсу інструменту, оборотного фонду інструменту, норм витрат абразивного інструменту, кількості робітників інструментального господарства та кількості обладнання для підготовки конкретного інструменту.

3. Розроблений комплекс організаційних та технічних заходів, здійснення яких дозволить суттєво підвищити рівень і ефективність діяльності інструментального господарства, покращити інструментальне обслуговування основного виробництва.

Список використаних джерел

1. Морозов В.Г. Дереворежущий инструмент. М.: Лесная промышленность, 1988. 344 с.
2. Стахийев Ю.М. Инструментальное хозяйство: состояние и пути развития. Деревообрабатывающая промышленность. 1990, № 7. С. 19-22.
3. Вельк А.А. Организация инструментального хозяйства на предприятиях. М.: ВНИПИЭИлеспром, 1987. 360 с.
4. Альпер И.И. Организация инструментального хозяйства на мебельных предприятиях. М.: ВНИПИЭИлеспром, 1982. 280 с.

References

1. Morozov V.G. (1988). Derevorezhushchii instrument. M.: Lesnaya promyshlennost, 344 s.
2. Stakhiev Yu.M. (1990). Instrumentalnoye khozyaistvo: sostoyaniye i puti rezvitiya. Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost. № 7. S. 19-22.
3. Velk A.A. (1987). Organizatsyya instrumentalnogo khozyaistva na predpriyatiyakh. M.: VNIPIEIllesprom, 360 s.
4. Alper I.I. (1982). Organizatsyya instrumentalnogo khozyaistva na mebelnykh predpriyatiyakh. M.: VNIPIEIllesprom, 280 s.

ORGANIZATION OF EFFICIENT INSTRUMENTAL ECONOMY

Z. Sirko, O. Protasov, V. Korenda, I. Vishnyakov, S. Okhrimenko, M. Nosov, M. Kolyadiuk, D. Torchilevskyi, T. Eremenko

***Abstract.** The article is devoted to the problem of improving the technical level of tool economy at the enterprise. The efficiency of equipment use, rational use of raw materials, quality of finished products and improvement of working conditions of working personnel largely depend on this. In this direction, new tool designs are being developed, research is being conducted in the direction of introducing new wear-resistant tool materials, and tool standards are being developed and updated. It is shown that today there is a need to improve the provision of enterprises with tools, its preparation for operation and operation, technical re-equipment of tool economy, improving its organizational structure and improving tool maintenance. The need of the enterprise in the tool and the equipment for its preparation for work is defined, actions on rational use of the tool and improvement of activity of tool economy are developed. The purpose of research is to improve the instrumental maintenance of production. The analysis of the technical condition of the tool economy at the enterprises showed that the technical provision of their equipment for preparation and*

Сірко З. С., Протасов О. С., Коренда В. А., Вишняков І. Ю., Охріменко С. М., Торчилевський Д. П., Носов М. Є., Колядюк М. Ж., Єременко Т. Л.

sharpening of tools, control and measuring instruments is at a low level. Calculations of the need for a machine tool, the total resource of the tool, the working capital of the tool, the cost of abrasive tools, the number of workers in the tool industry and the amount of equipment for the preparation of a particular tool. A set of organizational and technical measures has been developed, the implementation of which will significantly increase the level and efficiency of the tool economy, improve the tool maintenance of the main production. The research was conducted on the basis of wood production. To make calculations on the effective organization of the tool economy, the company must have the following data: nomenclature and volume of products; characteristics of woodworking equipment and tools; characteristics of equipment and control and measuring instruments used in the preparation of tools for work; list of workers for tool economy. Mathematical dependences are offered for calculations of the effective organization of tool economy.

Keywords: *enterprise, tool, technical level, need for tool, efficiency, technical equipment*

УДК: 621.87

**ІДЕНТИФІКАЦІЯ СИСТЕМИ І СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРА
РУХУ СИСТЕМИ “КРАН-ВАНТАЖ”****Ю. О. РОМАСЕВИЧ**, доктор технічних наук, професор**В. С. ЛОВЕЙКІН**, доктор технічних наук, завідувач**В. В. МАКАРЕЦЬ**, аспірант**О. І. ЩЕРБАК**, студент

E-mail: romasevichyuriy@ukr.net, walera10100@gmail.com

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2022.01.018>

***Анотація.** У роботі представлено підхід, який дає змогу синтезувати оптимальний регулятор руху динамічної системи. Він полягає в ідентифікації фізичної моделі динамічної системи. Це дало змогу поставити задачу синтезу регулятора. Для реалізації даного підходу не потрібна математична модель у вигляді системи диференціальних рівнянь, що спрощує розрахунки. Але для реалізації переваги цього методу необхідно на етапі ідентифікації системи виконувати оцінку її якості. Ці розрахунки показують обґрунтованість розробленого підходу. Синтез оптимального регулятора було проведено шляхом зведення вихідної задачі до задачі безумовної оптимізаційної функції зі складною топологією. Для цього було використано модифікований метод рою часточок.*

***Ключові слова:** синтез регулятора, керування, ідентифікація, оптимізація, динамічна система*

Актуальність. Роль вантажопідйомних кранів у сучасних виробничих процесах важко переоцінити. Тому для того, щоб підвищити кількісні і якісні показники виробництва необхідно забезпечити високу продуктивність роботи вантажопідйомних машин. Один із сучасних підходів до цієї проблеми полягає у використанні частотно-керованих приводів механізмів крана. Це дозволяє знизити рівень динамічних навантажень у металоконструкції крана та елементах приводів, забезпечити високу

енергоефективність роботи механізмів та збільшити їхню керованість.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасний стан конструювання вантажопідйомної техніки включає застосування частотно-керованих приводів, у тому числі для механізму переміщення крана або/та кранового візка. Науково-прикладні задачі, які виникають у цьому напрямку, досліджувались багатьма вченими (Р. П. Герасимяк, В. А. Лещев [1], О. В. Григоров, В. В. Стрижак [2], К. С. Логвиненко [3], Kostic, B. Jeftenic [4], R. Javier [5]).

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Макарець В. В., Щербак О. І.

Наприклад, у роботі [1] автори розглядали єдину електромеханічну систему „частотно-керований привод – кран – вантаж”. Це дало їм змогу отримати закони керування для різних кранових механізмів за яких маятникові коливання вантажу усуваються. У роботі [2] автори досліджували вплив опційних налаштувань частотних перетворювачів на динамічні, енергетичні та кінематичні показники руху кранових механізмів під час їх розгону та гальмування. У цілому такі дослідження дали змогу напрацювати ряд цінних для практики рекомендацій. Застосування частотно-керованого приводу для механізму підйому вантажу досліджено у роботі [3]. Тут було показано, що раціональна форма механічної характеристики приводного двигуна дозволяє значно знизити коливні процеси під час підйому вантажу з підхватом.

У роботі [4] досліджено сумісну роботу декількох частотних перетворювачів для кранових

механізмів та наведено раціональні закони керування їхнім рухом. Переваги застосування частотного приводу перед приводом постійного струму наведено у роботі [5].

Мета. Метою є ідентифікація динамічної системи та синтез оптимальної системи керування динамічної системи „кран-вантаж”, яка приводиться в рух від частотно-керованого приводу.

Методи. Першим етапом дослідження є опис лабораторної установки та основного обладнання для проведення експерименту. Для проведення експериментальних досліджень було використано лабораторну установку, яка включає електроталь, що рухалась по металевій балці двотаврового перерізу. Довжина балки складає 5,57 м. Привод візка (електроталі) включає двигун змінного струму потужністю 80 Вт. Радіус колеса візка 0,042 м. Номінальна швидкість руху візка рівна 0,33 м/с. Зовнішній вигляд установки наведено на рис. 1.



Рис. 1. Лабораторна установка для проведення експериментальних досліджень

Керування приводом візка здійснювалось за допомогою перетворювача частоти Mitsubishi Electric FR-E740-060 по аналоговому

каналу. Для цього використано вхід 2 перетворювача. Технічні характеристики перетворювача частоти наведені в табл 1.

1. Технічні характеристики перетворювача частоти Mitsubishi Electric FR-E740-060 [6]

Параметр	Значення
Діапазон напруг живлення, В	380-480
Частота напруги живлення, Гц	50/60
Діапазон вихідних частот, Гц	0,2-400
Вихідна потужність, кВА	4,6
Номинальна потужність двигуна, кВт	2,2
Номинальний вихідний струм перетворювача, А	6
Характеристика розгону/гальмування	S-подібна, лінійна

Частотний перетворювач живиться від мережі 380 В. У свою чергу, привід візка підключений до частотного перетворювача. Привід механізму підйому вантажу живиться від мережі 380 В та керується з пульта розміщеного в шафі частотного перетворювача. Маса вантажу

регулюється додаванням на гак тарованих вантажів (13 та 14 кг).

Для ідентифікації моделі динамічної системи було використано регресійний аналіз. Для цього з експериментальних даних було сформовано два масива даних наступного формату:

$$\begin{cases} A_1 \dot{\alpha}_i + A_2 \alpha_i + A_3 \dot{x}_i + A_4 f_i = \dot{\alpha}_{i+1}, \\ B_1 \alpha_i + B_2 \dot{x}_i + B_3 f_i = \dot{x}_{i+1}, \end{cases} \quad (1)$$

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Макарець В. В., Щербак О. І.

де i – порядковий номер i -того фрейма даних, $i \in (1, I_{train})$ (довжина даних для розрахунку коефіцієнтів регресійної залежності $I_{train}=186$); \dot{x} – швидкість (м/с) візка; α та $\dot{\alpha}$ – кут (град) відхилення канату з вантажем від вертикалі та швидкість зміни цього кута (град/с); f – частота напруги живлення приводу візка, Гц; A_1, \dots, A_4 та

B_1, \dots, B_3 – коефіцієнти регресійних залежностей, які визначаються за методом найменших квадратів по всім даним I_{train} .

Отримавши регресійні вирази (1) можна виконати розрахунок лінійного положення візка та кутового положення відхилення канату від вертикалі. Для цього використані наступні вирази:

$$\begin{cases} \alpha_{i+1} = \alpha_i + \dot{\alpha}_i \Delta t; \\ x_{i+1} = x_i + \dot{x}_i \Delta t, \end{cases} \quad (2)$$

де Δt – часовий інтервал між окремими вимірюваннями ($\Delta t=0,1$ с).

Таким чином, вирази (1) та (2) дають змогу прогнозувати динаміку руху візка із вантажем на гнучкому підвісі без залучення у розгляд диференціальних рівнянь. Це є перевагою такого підходу. Однак, для того, щоб довести його адекватність необхідно виконати валідацію виразів (1) та (2) на іншій (тестовій) вибірці даних. Така вибірка була отримана при зміні напрямку руху візка.

Щоб підтвердити високу якість ідентифікації динамічної системи використаємо графічні залежності (рис. 1) та числові оцінки збіжності прогнозованих за допомогою виразів (1) та (2) даних і даних, що включені у тестові вибірку. Чорні точки представляють дані тестування, а сірі – відображають абсолютну похибку прогнозу (відхилення передбачуваного значення від тестового позначається як Δ).

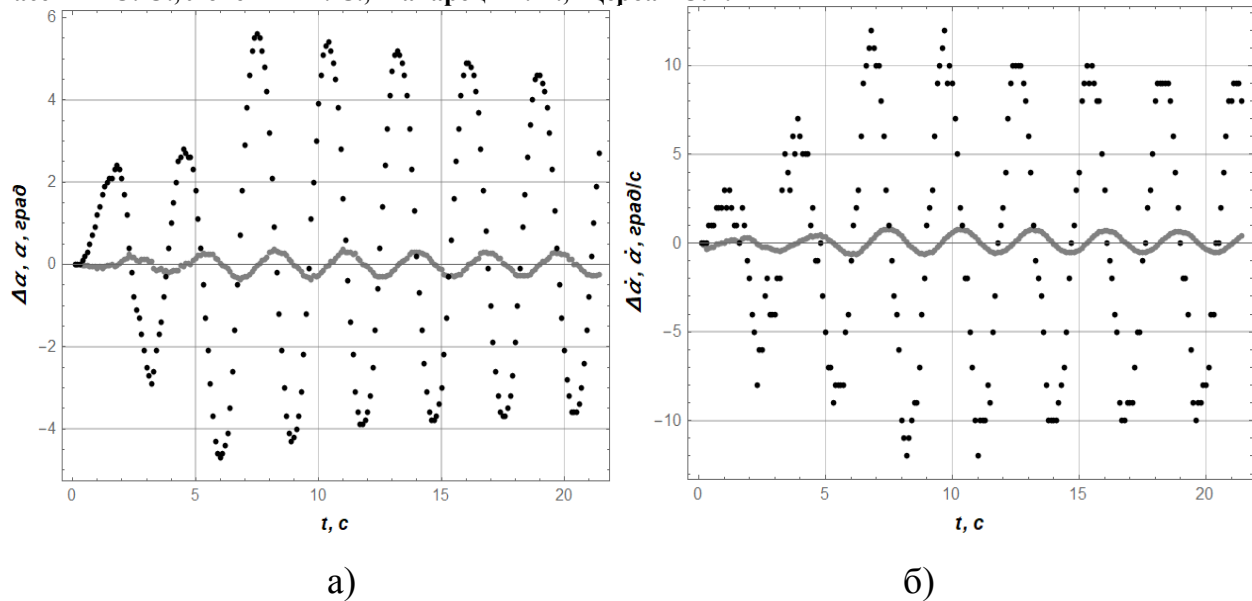


Рис. 2 Графіки тестових даних та похибки прогнозу, що отримані за допомогою виразів (1), (2): а) α ; б) $\dot{\alpha}$;

Числовими значеннями, які допомагають оцінити якість прогнозу,

є відповідні коефіцієнти варіації. Вони обчислюються за формулами:

$$E_{\alpha} = \sqrt{I_{test}^{-1} \sum_i^{I_{test}} (\alpha_i^{test} - \alpha_i^{pred})^2} I_{test} \left(\sum_i^{I_{test}} \alpha_i^{test} \right)^{-1} 100; \quad (3)$$

$$E_{\dot{\alpha}} = \sqrt{I_{test}^{-1} \sum_i^{I_{test}} (\dot{\alpha}_i^{test} - \dot{\alpha}_i^{pred})^2} I_{test} \left(\sum_i^{I_{test}} \dot{\alpha}_i^{test} \right)^{-1} 100; \quad (4)$$

$$E_x = \sqrt{I_{test}^{-1} \sum_i^{I_{test}} (x_{1,i}^{test} - x_{1,i}^{pred})^2} I_{test} \left(\sum_i^{I_{test}} x_{1,i}^{test} \right)^{-1} 100; \quad (5)$$

$$E_{\dot{x}} = \sqrt{I_{test}^{-1} \sum_i^{I_{test}} (\dot{x}_{1,i}^{test} - \dot{x}_{1,i}^{pred})^2} I_{test} \left(\sum_i^{I_{test}} \dot{x}_{1,i}^{test} \right)^{-1} 100. \quad (6)$$

Верхній індекс *pred* означає, що ці дані отримані за допомогою виразів (1) та (2). Розрахунки дають наступні величини: $E_{\alpha}=7,05\%$, $E_{\dot{\alpha}}=8,81\%$, $E_x=3,65\%$, $E_{\dot{x}}=6,66\%$.

Для того, щоб усунути коливання вантажу на гнучкому підвісі при русі

крана необхідно задати форму регулятора, який формує сигнал за яким, у свою чергу, буде змінюватись частота і напруга живлення двигуна візка. Така форма регулятора повинна включати всі фазові координати руху

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Макарець В. В., Шербак О. І.

системи. Тому її представимо у наступному вигляді:

$$f_{i+1} = \begin{cases} 0, \text{ якщо } K_1\alpha_i + K_2\dot{\alpha}_i + K_3(x_T - x_i) + K_4\dot{x}_i \leq 0; \\ K_1\alpha_i + K_2\dot{\alpha}_i + K_3(x_T - x_i) + K_4\dot{x}_i, \\ \text{якщо } 0 \leq K_1\alpha_i + K_2\dot{\alpha}_i + K_3(x_T - x_i) + K_4\dot{x}_i \leq 50; \\ 50, \text{ якщо } K_1\alpha_i + K_2\dot{\alpha}_i + K_3(x_T - x_i) + K_4\dot{x}_i \geq 0, \end{cases} \quad (7)$$

де K_1, K_2, K_3, K_4 – невідомі коефіцієнти, які необхідно визначити; x_T – відстань, на яку переміщується візок у кінці руху. Пошук коефіцієнтів регулятора

виконано за умови, що вони забезпечують мінімум наступного критерію:

$$Cr = S_f + 10^8 \cdot \begin{cases} \frac{\left| \frac{\alpha_T}{\Delta t} \right|}{\max(\alpha_i)} + \frac{\left| \frac{\dot{\alpha}_T}{\Delta t} \right|}{\max(\dot{\alpha}_i)} + \frac{\left| \frac{x_T - x_T}{\Delta t} \right|}{\max(x_T - x_T)} + \frac{\left| \frac{\dot{x}_T}{\Delta t} \right|}{\max(\dot{x}_i)}, \text{ якщо } \frac{\left| \frac{\alpha_T}{\Delta t} \right|}{\max(\alpha_i)} \geq 0,01 \text{ АБО} \\ \frac{\left| \frac{\dot{\alpha}_T}{\Delta t} \right|}{\max(\dot{\alpha}_i)} \geq 0,01 \text{ АБО } \frac{\left| \frac{x_T - x_T}{\Delta t} \right|}{\max(x_T - x_T)} \geq 0,01 \text{ АБО } \frac{\left| \frac{\dot{x}_T}{\Delta t} \right|}{\max(\dot{x}_i)} \geq 0,01; \\ 0, \text{ якщо } \frac{\left| \frac{\alpha_T}{\Delta t} \right|}{\max(\alpha_i)} < 0,01 \text{ I } \frac{\left| \frac{\dot{\alpha}_T}{\Delta t} \right|}{\max(\dot{\alpha}_i)} < 0,01 \text{ I } \frac{\left| \frac{x_T - x_T}{\Delta t} \right|}{\max(x_T - x_T)} \geq 0,01 \text{ I } \frac{\left| \frac{\dot{x}_T}{\Delta t} \right|}{\max(\dot{x}_i)} \geq 0,01, \end{cases} \quad (8)$$

де T – тривалість регулювання; S_f – кількість перевищень вихідною частотою перетворювача частоти швидкості зміни частоти 2 Гц/с (цей показник введений для того, щоб забезпечити плавність наростання та спадання частоти). Всі доданки у виразі (8) є безрозмірними величинами, а сама величина (8) залежить виключно від коефіцієнтів K_1, K_2, K_3, K_4 , які формують стратегію керування рухом динамічної системи, та від тривалості регулювання T .

Пошук величин K_1, K_2, K_3, K_4 та T проведений на основі моделювання руху візка із вантажем, який проведено із використанням регресійних моделей (1) та (2). Для пошуку мінімуму критерію Cr використано модифікований метод рою часточок. У результаті отримано: $K_1=-35,5863, K_2=-4,8747, K_3=123,6963, K_4=108,5396, T=9,86$ – для першого випадку; $K_1=23,4245, K_2=1,8643, K_3=192,9940, K_4=-151,7931, T=7$ – для другого випадку. Графіки збіжності критеріїв

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Макарець В. В., Шербак О. І.

(рис. 3) показують те, що забезпечується досягнення кінцевих

умов (термінальна частина критерія Cr рівна нулю).

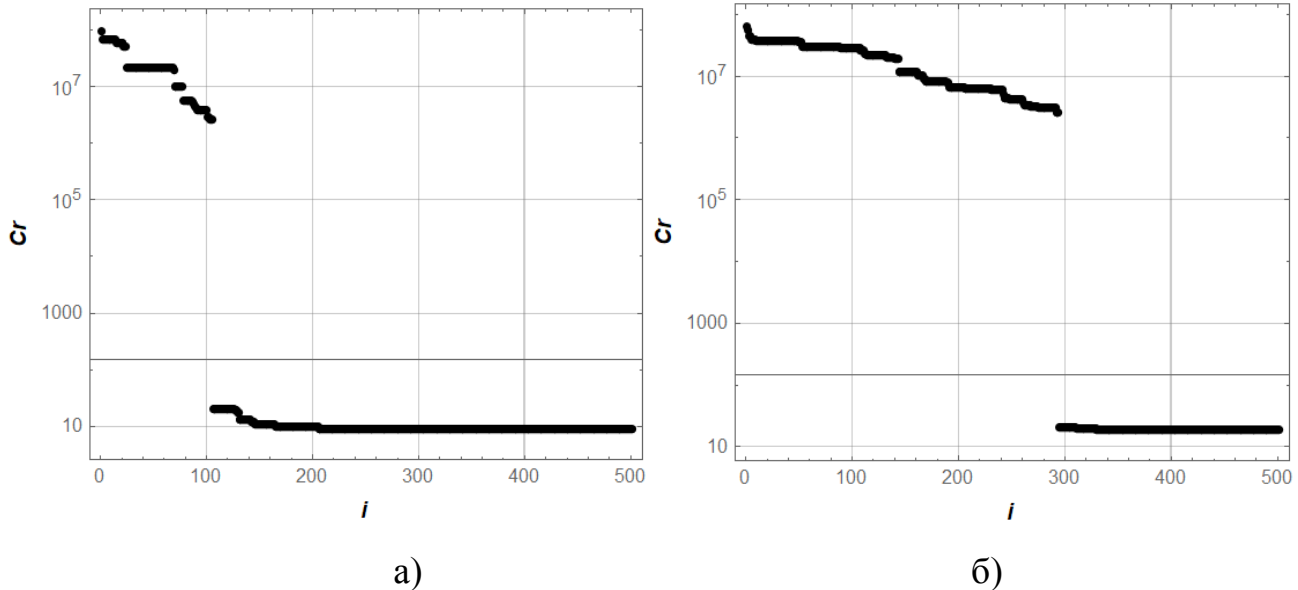
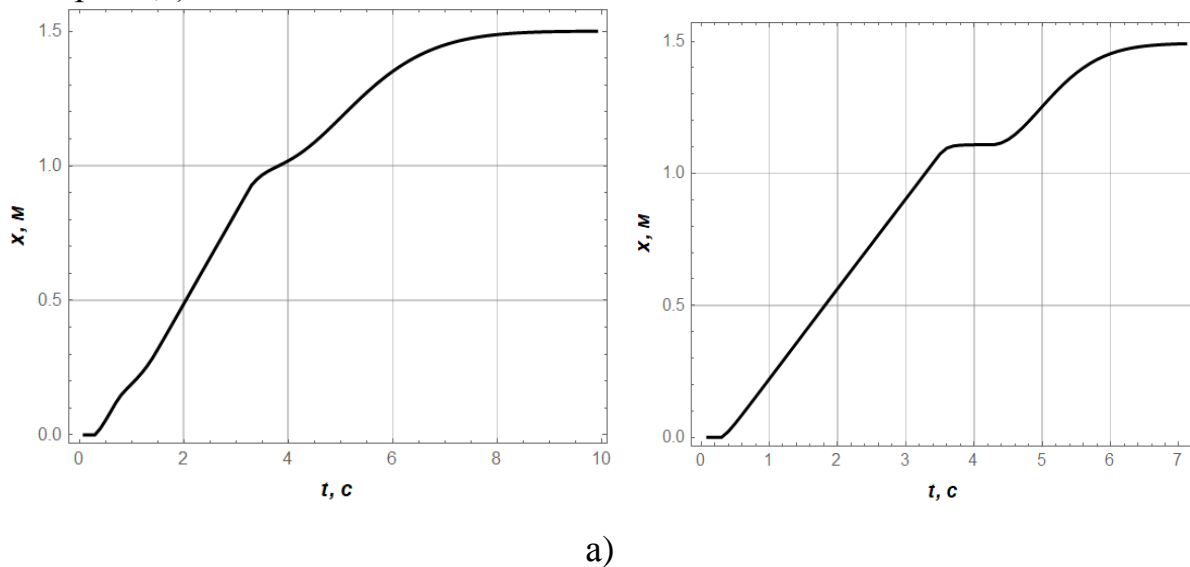


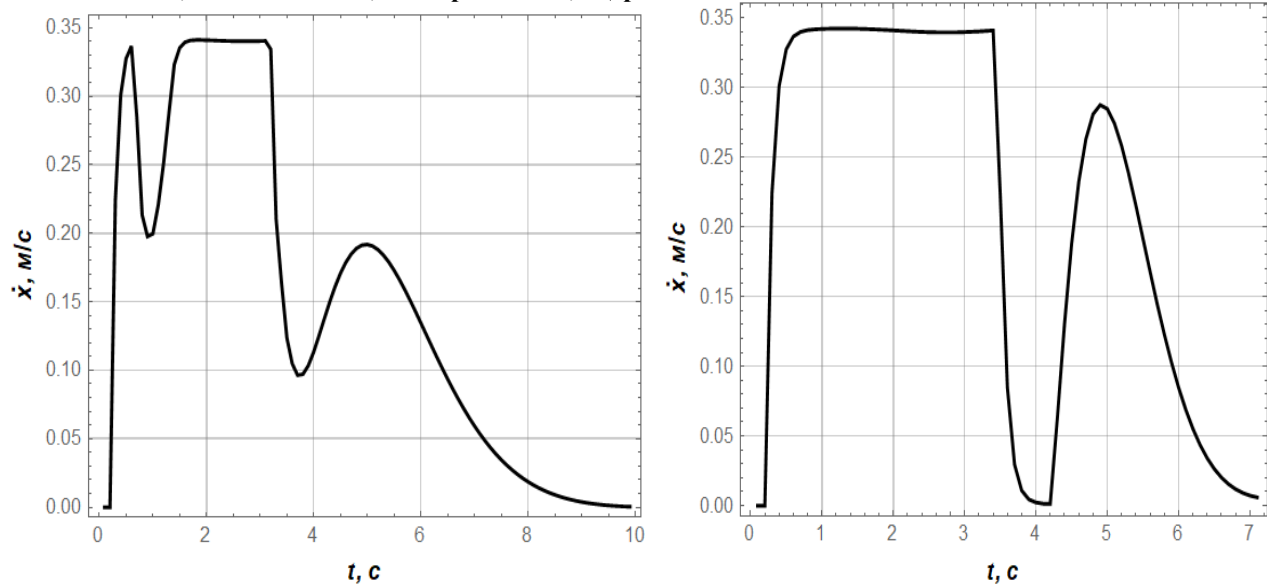
Рис. 3 Графіки збіжності критеріїв до мінімуму при використанні модифікованого методу рою часточок: а) для першого випадку; б) для другого випадку

У результати проведених розрахунків отримано наступні графічні залежності, які ілюструють рух системи при керуванні від регулятора (7) з вказаними вище

коефіцієнтами (рис. 4). На рис. 4 графіки, що розміщені зліва відповідають першому випадку, а ті що справа – другому.



Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Макарець В. В., Щербак О. І.



б)

Рис. 4 Графіки фазових координат руху системи: а) x ; б) \dot{x} ;

Аналіз графічних залежностей (рис. 4) для всіх випадків показує плавність руху візка. При цьому маятникові коливання вантажу усуваються у кінці руху системи. Різниця між першим і другим випадком проявляється у тому, що для другого керування рухом систем

проходить у більш інтенсивному режимі. Відповідно максимальні значення фазових координат також більші, і більше значення критерію (8), про що свідчить рис. 4, б. Для оцінки такого збільшення наведемо певні чисельні дані (табл. 2).

2. Максимальні значення деяких фазових координат для першого та другого випадків

Величина	Випадок		Відносне збільшення показника
	перший	другий	
Максимальний кут відхилення каната з вантажем від вертикалі	3,2 град	4,4 град	37,5 %
Максимальна швидкість кута відхилення каната з вантажем від вертикалі	7,3 град/с	11,8 град/с	61,6 %
Кількість перевищень швидкості наростання частоти напруги живлення 2 Гц/с	9	19	111,1 %
Тривалість руху системи	9,86 с	7,00 с	-29,0%

Аналіз даних, які наведено у табл. 2 дозволяє стверджувати, що неможливо досягнути покращення всіх

(принаймні тих, що наведені у табл. 2) показників одночасно: за збільшення одних показників необхідно

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Макарець В. В., Щербак О. І.

„розплачуватись” зменшенням інших. Таким чином, можна сподіватись, що отриманий результат є оптимальним за Парето [7].

Висновки і перспективи подальших досліджень:

1) проведено розробку системи керування рухом лабораторної моделі динамічної системи „кран-вантаж”. Для цього обрано електротельфер із керуванням від частотного перетворювача, датчики лінійного положення візка та кутового положення канату з вантажем, мікроконтролер, ЦАП, блоки живлення тощо;

2) проведено розробку програмного забезпечення для керування рухом візка із вантажем на гнучкому підвісі за допомогою

Список використаних джерел:

1. Герасимьяк Р.П., Лещёв В.А. Анализ и синтез крановых электромеханических систем, 2008. 192 с.

2. Григоров О.В., Стрижак В.В. Анализ пуско-гальмівних процесів кранових механізмів з частотно-регульованим приводом. Вестник ХНАДУ. 2012. №57. 249-256 с.

3. Логвиненко К.С. Підвищення якості перехідних процесів складних електромеханічних систем кранових механізмів: автореф. дис. на здоб. ступ. канд техн. наук: спец. 05.09.03, 2003. 24 с.

4. Nebojsa M., Petronijevic M., Kostic V., Jeftenic B. Electrical drives for crane application. Mechanical Engineering: URL: <http://www.intechopen.com/books/mechanical-engineering/electrical-drives-for-crane-application> (дата звернення 10.01.2022).

частотного перетворювача та збору експериментальних даних;

3) проведено ідентифікацію руху динамічної системи „кран-вантаж” та доведено, що отримані регресійні залежності адекватні (похибка прогнозу для всіх фазових координат знаходиться у діапазоні 3,65...8,81%);

4) виконано постановку задачі синтезу лінійного регулятора руху динамічної системи „кран-вантаж”. Діапазон зміни тривалості руху заданий рівним 7 та 10 с при переміщенні візка на 1,5 м. У результаті розв’язку задач отримано два набори коефіцієнтів лінійного регулятора (для обох варіантів тривалості руху).

5. R. Javier. AC versus DC in crane modernization projects. URL: https://www.tmeic.com/Repository/Brochures/P_T30-42_3-Final_1150740460.pdf (дата звернення 10.01.2022)

6. FR-E700. Преобразователь частоты. Инструкция по эксплуатации. URL: http://www.esspb.ru/Documents/FR-E700_SC_manual.pdf (дата звернення 10.01.2022)

7. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. М.: Наука, 1982. 256 с.

References:

1. Gerasimyak R.P., Leshchev V.A. (2008). Analysis and synthesis of crane electromechanical systems, 192 p.

2. Grigorov O.V., Strizhak V.V. (2012). Analysis of starting and braking processes of crane mechanisms with frequency-adjustable

Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Макарець В. В., Щербак О. І.

drive. Bulletin of the KhNADU. №57. 249-256 p.

3. Logvinenko K.S.(2003) Improving the quality of transients of complex electromechanical systems of crane mechanisms,. – 24 p.

4. Nebojsa M., Petronijevic M., Kostic V., Jeftenic B. Electrical drives for crane application. Mechanical Engineering: URL: <http://www.intechopen.com/books/mechanical-engineering/electrical-drives-for-crane-application> (accessed 10.01.2022).

5. R. Javier. AC versus DC in crane modernization projects. URL: https://www.tmeic.com/Repository/Brochures/P-T30-42_3-Final_1150740460.pdf (accessed 10.01.2022)

6. FR-E700. Frequency converter. Operating instructions. URL: http://www.esspb.com/Documents/FR-E700_SC_manual.pdf (accessed 10.01.2022)

7. Podinovsky VV, Nogin VD (1982). Pareto-optimal solutions of multicriteria problems. М.: Nauka, 256 s.

SYSTEM IDENTIFICATION AND SYNTHESIS OF THE OPTIMAL MOTION CONTROLLER OF THE CRANE-LOAD SYSTEM

Yu. A. Romasevich, V. S. Loveikin, V. V. Makarets, O. I. Shcherbak

Abstract. *The paper presents an approach that makes it possible to synthesize an optimal motion controller for a dynamic system. It is based on the identification of a physical model of a dynamic system. This made it possible to state the problem of controller synthesis. To implement this approach, a mathematical model in a form of a system of differential equations, is not required. It simplifies calculations. However, to realize the advantages of this method, it is necessary to estimate its quality at the stage of system identification. These calculations show the validity of the developed approach. The synthesis of the optimal controller was carried out by reducing the input problem to an unconstrained optimization of a complex topology objective function. For this, a modified particle swarm method was used.*

Key words: *controller synthesis, control, identification, optimization, dynamic system*