

REFERENCES:

1. Franchenko, L.O. (2013). Vyroshchuvannia tvrdoї pshenytsi v Ukraini – krok do polipshennia yїi konkurentospromozhnosti na svitovomu rynku [Growing durum wheat in Ukraine – a Step to improve its competitiveness on the world market]. *Efektivna ekonomika – Journal “Efektivna ekonomika”, 7*. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2172> (date of the address: 09.03.2020). [in Ukrainian]
2. Bazalii, V.V., Domaratskyi, Ye.O., Larchenko, O.V. (2018). Suchasnyi sortovy sklad pshenytsi miakoi ozymoi ta parametry yoho ekolohichnoi stiikosti za riznykh umov vyroshchuvannia [Modern varietal composition of soft winter wheat and parameters of its ecological stability under different growing conditions (literature review)]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Herald, 104*, 9–15. [in Ukrainian]
3. Hamaiunova, V.V., Panfilova, A.V., Averchev, O.V. (2018). Produktyvniat pshenytsi ozymoi zalezno vid elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia v umovakh Pivdennoho Stepu Ukrainy [Winter wheat productivity depending on the cultivation technology elements in the Southern Steppe of Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Herald, 103*, 16–22. [in Ukrainian]
4. Demydov, O.A., Siroshchan, A.A. (2018). Vplyv pohodnykh umov i ahrotekhnichnykh zakhodiv na posivni yakosti nasinnia ta vrozhaїnist pshenytsi ozymoi [Effects of weather and agricultural activities on seed quality and winter wheat yield]. *Ahroekolohichnyi zhurnal – Agroecological journal, 1*, 74–80. [in Ukrainian]
5. Popov, S., Avramenko, S., Manko, K., Bieliienikhina, A. (2013). Vplyv normy vysivu na urozhaїnist pshenytsi ozymoi [The influence of seedling rate on yield of winter wheat]. *Ahrobiznes sohodni – Agribusiness Today, 17(264)*, 26–29. [in Ukrainian]
6. Lykhochvor, V.V. (2012). Optymizatsiia normy vysivu ozymoi pshenytsi [Optimization of winter wheat sowing rate]. *Ahrobiznes sohodni – Agribusiness Today, 24(247)*, 31–35. [in Ukrainian]
7. Vasylenko, M.H. et al. (2018). Urozhaїnist i yakist nasinnia silskohospodarskykh kultur za diї rehulatoriv rostu roslyn [Crop seed yield and quality under plant growth regulators]. *Ahroekolohichnyi zhurnal – Agroecological journal, 1*, 96–101. [in Ukrainian]
8. Vasylenko, M.H., Stadnyk, A.P., Dushko, P.M. (2017). Perspektyvy zastosuvannia orhano-mineralnykh dobryv i rehulatoriv rostu roslyn [Prospects for application of organic-mineral fertilizers and plant growth regulators]. *Ahroekolohichnyi zhurnal – Agroecological journal, 3*, 96–102. [in Ukrainian]
9. Ponomarenko, S.P. (2008). Biostymulatsiia v roslynnytstvi – ukrainskyi proryv [Biostimulation in Crop Production – Ukrainian Breakthrough]. *Byolohycheskye preparaty v rastenyevodstve – Biological preparations in crop production. Kyiv*, 45–48. [in Ukrainian]
10. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P., Kokovikhin, S.V. (2014). Metodyka polovoho doslidu (Zroshuvane zemlerobstvo): navch. posib [The method of field studies (Irrigation farming): textbook. Kherson: Hrin D.S. [in Ukrainian]

УДК 519.22:631.5:633 (477.7)

DOI <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.7>

**МОДЕЛІ ПРОДУКТИВНОСТІ ЛЮЦЕРНИ ЗА ВИРОЩУВАННЯ
В РІЗНИХ ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ ЗОНАХ УКРАЇНИ
ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ ПРИРОДНИХ І АГРОТЕХНІЧНИХ ЧИННИКІВ**

КОКОВІХІН С.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор
<https://orcid.org/0000-0002-1687-6889>

КОВАЛЕНКО В.П. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
<https://orcid.org/0000-0002-3180-5886>

Інститут зрошуваного землеробства
Національної академії аграрних наук України
НАЙДЬОНОВ В.Г. – кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник
<https://orcid.org/0000-0002-1351-0814>

Державне підприємство «Дослідне господарство «Асканійське»
Асканійської державної сільськогосподарської дослідної станції
Інституту зрошуваного землеробства
Національної академії аграрних наук України

ШЕВЧЕНКО Т.В. – кандидат сільськогосподарських наук
<https://orcid.org/0000-0001-9488-0325>

Національна академія аграрних наук України
КАЗАНОК О.О. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент
<https://orcid.org/0000-0002-6817-4985>

Херсонський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Методологічну основу програмування врожаїв сільськогосподарських культур становлять науково-методологічні принци-

пи, які були сформульовані вітчизняними та закордонними вченими. Головний принцип програмування врожаїв полягає в тому, щоб визначити

біогідротермічний показник продуктивності рослин, який пропорційно коливається за показниками надходження фотосинтетично-активної радіації, продуктивної вологи, сум температур, періоду вегетації для конкретної географічної зони тощо [1]. Проте натеper недостатньо вивчено закономірності формування врожаю залежно від агротехнологічних чинників, що потребує відповідних досліджень для створення математичних моделей рівнів продуктивності рослин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Аналіз досліджень, присвячених зазначеній проблемі, відображений у працях багатьох вітчизняних і закордонних учених, дозволяє зробити висновок, що підходи до математичної статистики продуктивності вирощування багаторічних бобових трав повинні мати системний характер. Доведено, що врожай формуються завдяки сонячній енергії та вуглекислому газу, що міститься в атмосфері. Тому всі агротехнічні прийоми спрямовані на те, щоб допомогти рослині повніше використовувати сонячну енергію. За знання приходу фотосинтетично активної радіації (далі – ФАР) за період вегетації можна поставити завдання формування посіву із засвоєнням, наприклад, 3% ФАР, а на основі цього показника визначити потенційну врожайність культури [2; 3].

Для забезпечення високої ефективності добрив або сорту треба комплексом агротехнічних заходів створити середовище, сприятливе для вирощування культури. Успіхи селекції останніх років зумовили розроблення сортової агротехніки, адже нові сорти характеризуються іншими шляхами надходження поживних речовин і більш економним витрачанням вологи на формування врожаю [4; 5]. Накопичення достовірних експериментальних даних з отримання заздалегідь розрахованої врожайності дозволяє підійти до математичного моделювання програмування врожай-

ності. Визначено, що програмування врожайів передбачає використання математичного апарату для визначення оптимального варіанта комплексу агрозаходів, виконання якого забезпечить отримання запланованого врожаю. Перелічені принципи моделювання продукційного процесу охоплюють три основні аспекти – агрометеорологічний, агрофізичний і агротехнічний, якими в основному визначається проблема програмування врожаю. Основні чинники врожайності – агрометеорологічні, агрофізичні, агрохімічні й агротехнічні, розумним чином враховані і застосовані в комплексному поєднанні, дозволяють вирощувати заплановані врожайі [6].

Мета проведення досліджень – розробити моделі продуктивності люцерни різних років використання залежно від впливу агротехнічних і природних чинників за вирощування в умовах Лісостепу і Степу України.

Матеріали та методика досліджень. Дослідження проведено впродовж 2010–2018 рр. в умовах: Лісостепу України – на дослідному полі Товариства з обмеженою відповідальністю «Хмільницьке» Хмільницького району Вінницької області на чорноземі опідзоленому крупнопилувато-середньосуглинковому на лесі; Степу – на дослідному полі Асканійської державної сільськогосподарської дослідної станції Інституту зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України. Польові досліді та програмування врожаю люцерни, показників фотосинтетично активної радіації, кліматично забезпеченої, потенційної та програмованої продуктивності виконували згідно зі спеціальними методиками [5; 7].

Результати досліджень. Кореляційно-регресійне моделювання дозволило встановити пряму позитивну дію використання ризоторфину для підвищення врожайності зеленої маси люцерни (рис. 1).

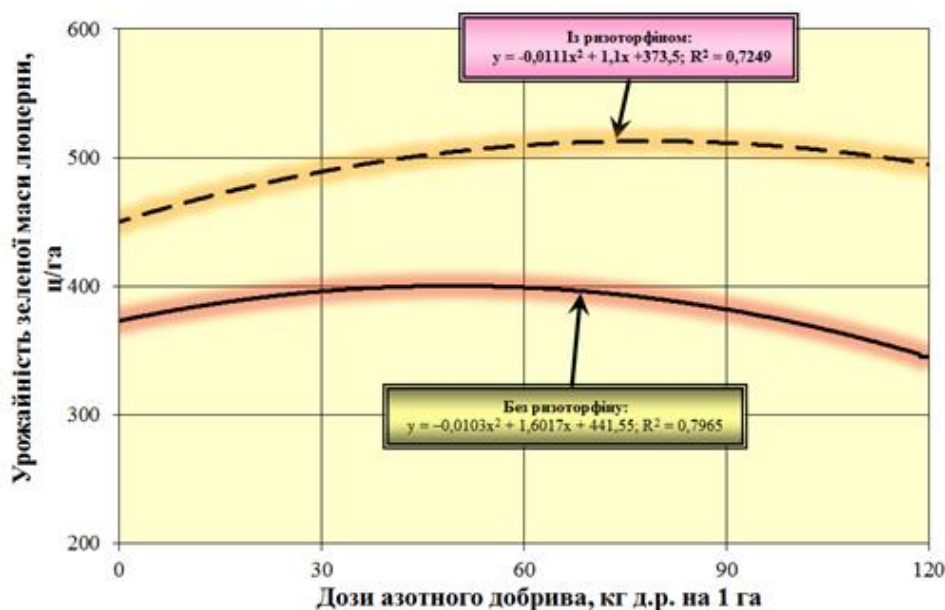


Рис. 1. Кореляційно-регресійна модель урожайності зеленої маси люцерни залежно від доз азотного добрива та використання ризоторфину для обробки насіння перед сівбою

За аналізом теоретичних ліній урожайності зеленої маси досліджуваної культури простежується різниця в зонах оптимуму доз азотних добрив на тлі внесення $P_{60}K_{60}$ – на першому варіанті (без обробки насіння ризоторфіном), що становить 35–

50 кг д. р. на 1 га, на другому (з ризоторфіном) – 60–75 кг д. р. на 1 га. Високий рівень кореляційних зв'язків ($r = 0,6955–0,7503$) виявився під час порівняння врожайності зеленої маси люцерни та норм висіву (рис. 2).

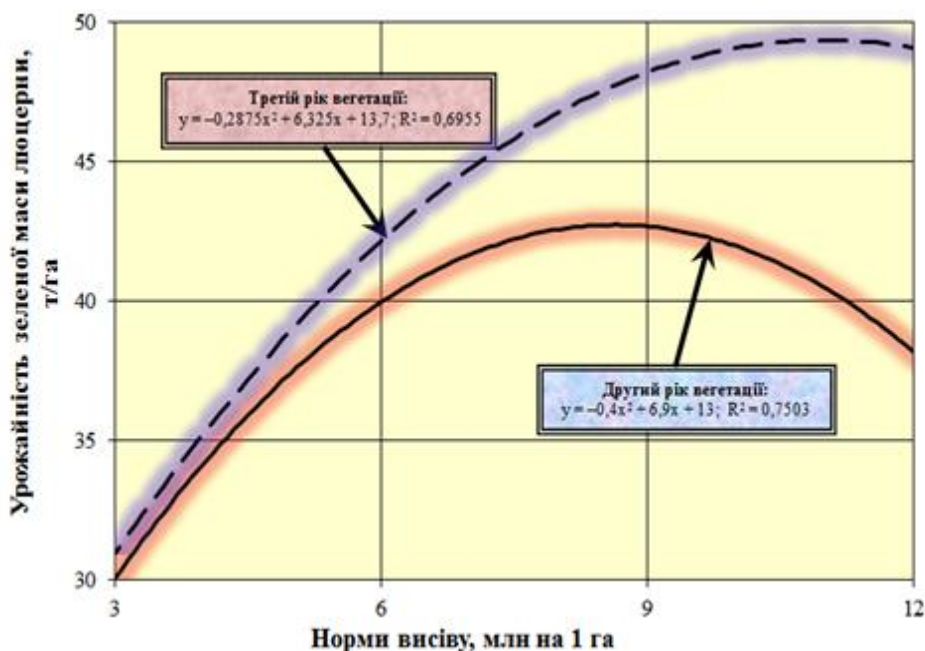


Рис. 2. Кореляційно-регресійна модель урожайності зеленої маси люцерни другого та третього років використання залежно від норм висіву

На другому році використання оптимальною виявилася норма висіву в межах від 7,3–8,5 млн/га. Проте на третій рік використання потенціал продуктивності перевищив 45 т/га за оптимальних значень норм висіву в діапазоні від 9,2–10,4 млн/га.

За результатами кореляційно-регресійного аналізу встановлено, що вміст мінеральних сполук азоту значною мірою коливався залежно від фону азотного живлення на дослідних ділянках із люцерною (рис. 3).

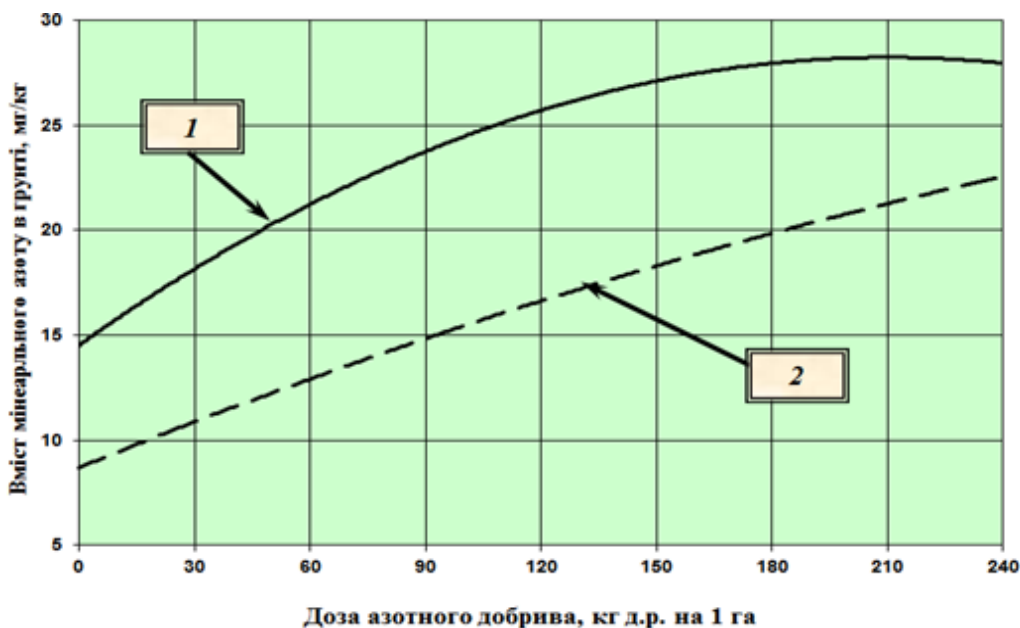


Рис. 3. Кореляційно-регресійна модель розрахункових показників вмісту мінеральних сполук азоту (мг/кг) у чорноземі опідзоленому (шар 0–20 см) залежно від доз азотного добрива у фазі розвитку люцерни: 1 – відновлення вегетації ($y = -0,0003x^2 + 0,1304x + 14,531$; $R^2 = 0,97957$); 2 – цвітіння ($y = -0,0001x^2 + 0,0976x + 8,5877$; $R^2 = 0,9382$)

Визначено, що у фазу відновлення вегетації люцерни в контрольному варіанті вміст мінерального азоту перебував на рівні 15 мг/га з подальшим стрімким зростанням до 26–28 мг/кг ґрунту за підвищення фону азотного живлення у варіантах із внесенням доз цього макроелемента живлення до 150–180 кг д. р. на 1 га посівної площі. Подальше збільшення доз азоту до 210–240 кг д. р. на 1 га не сприяло зростанню вмісту мінеральних сполук азоту у ґрунті.

У фазу цвітіння відзначено істотне (на 19,4–39,8%) зменшення розрахункових показників вмісту мінеральних сполук азоту в 0–20-сантиметровому шарі ґрунту. Проте проявилися закономірності сталого підвищення досліджува-

них показників кореляційно-регресійної моделі за ступенем зростання доз азотних добрив у діапазоні з 8 мг/кг (у варіанті без внесення цього елемента живлення) до 23 мг/кг (із внесенням на ділянках із теоретичним внесенням N_{240}). Варто зауважити, що в розроблених моделях коефіцієнт детермінації (R^2) близький до одиниці, що свідчить про високий ступінь кореляційного зв'язку між досліджуваними показниками.

Проведене моделювання показників вмісту загального азоту, фосфору й калію в зеленій масі люцерни залежно від впливу різних доз азотних добрив дозволило встановити істотні коливання між окремими досліджуваними параметрами (рис. 4).

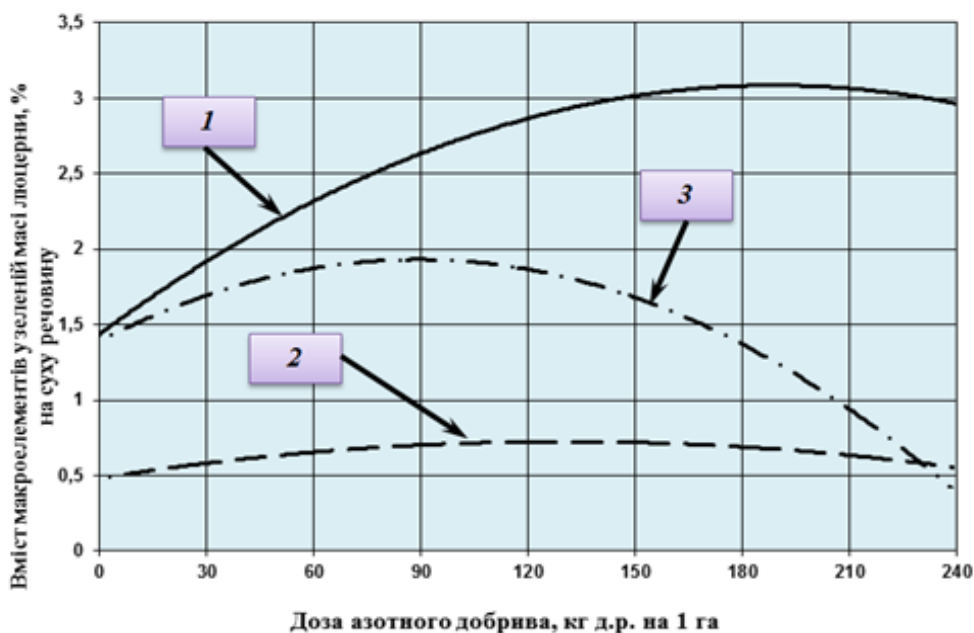


Рис. 4. Кореляційно-регресійна залежність впливу різних доз азотних добрив на розрахунковий вміст макроелементів у зеленій масі люцерни:

$$1 - \text{азот} (y = -0,0003x^2 + 0,1304x + 14,531; R^2 = 0,97957);$$

$$2 - \text{фосфор} (y = -0,0001x^2 + 0,0976x + 8,5877; R^2 = 0,9382);$$

$$3 - \text{калій} (y = -0,0001x^2 + 0,0976x + 8,5877; R^2 = 0,9382)$$

Варто зауважити, що розрахунковий вміст загального азоту в зеленій масі люцерни найбільше (від 1,5–2,7% на суху речовину) зростає за підвищення фону азотного живлення у варіантах із дозами внесення до 120 кг д. р. на 1 га. У подальшому зростання загального азоту уповільнювалося, а після позначок доз азотного добрива в діапазоні 185–190 кг д. р./га – проявилася від’ємна реакція зі зниженням досліджуваного показника.

Щодо розрахункових показників фосфору зафіксована слабка реакція на динаміку вмісту розрахункових значень цього елемента на тлі зростання доз азотного добрива під час вирощування люцерни. Зазначено несуттєве зростання вмісту P_2O_5 до 0,6–0,7% на тлі підвищення доз внесення азоту в діапазоні від N_{90} до N_{140} із подальшим зниженням цього змодельованого показника.

Максимальні теоретичні показники вмісту калію в зеленій масі люцерни зафіксовані за внесення

азотних добрив дозами від 70 до 100 кг д. р./га – 1,6–1,9% на суху речовину, після дози N_{180} – зменшилися до 1,3% з подальшим падінням до 0,4% на суху речовину.

Розрахунки свідчать про різницю коефіцієнтів ефективності використання фотосинтетично активної радіації ($K_{ФАР}$) у різних ґрунтово-кліматичних зонах України на зелену масу та на сіно, що свідчить про різницю досліджуваних показників у різні роки використання досліджуваної культури (рис. 5).

Встановлено, що за вирощування зеленої маси люцерни в умовах Лісостепу (Вінницька область) відзначено зростання коефіцієнта ефективності використання ФАР на 8,9–22,7% порівняно з умовами Степу (Херсонська область), особливу в перший і другий роки використання культури.

Порівняння ефективності споживання фотосинтетично активної радіації також довело суттєву різницю між Лісостепом і Степом України. Так,

максимальний коефіцієнт ефективності використання ФАР на рівні 1,25% був у перший рік використання люцерни за її вирощування в умовах Він-

ницької області. Найменше значення (0,87%) цей показник мав в умовах Херсонської області у третій рік використання культури.

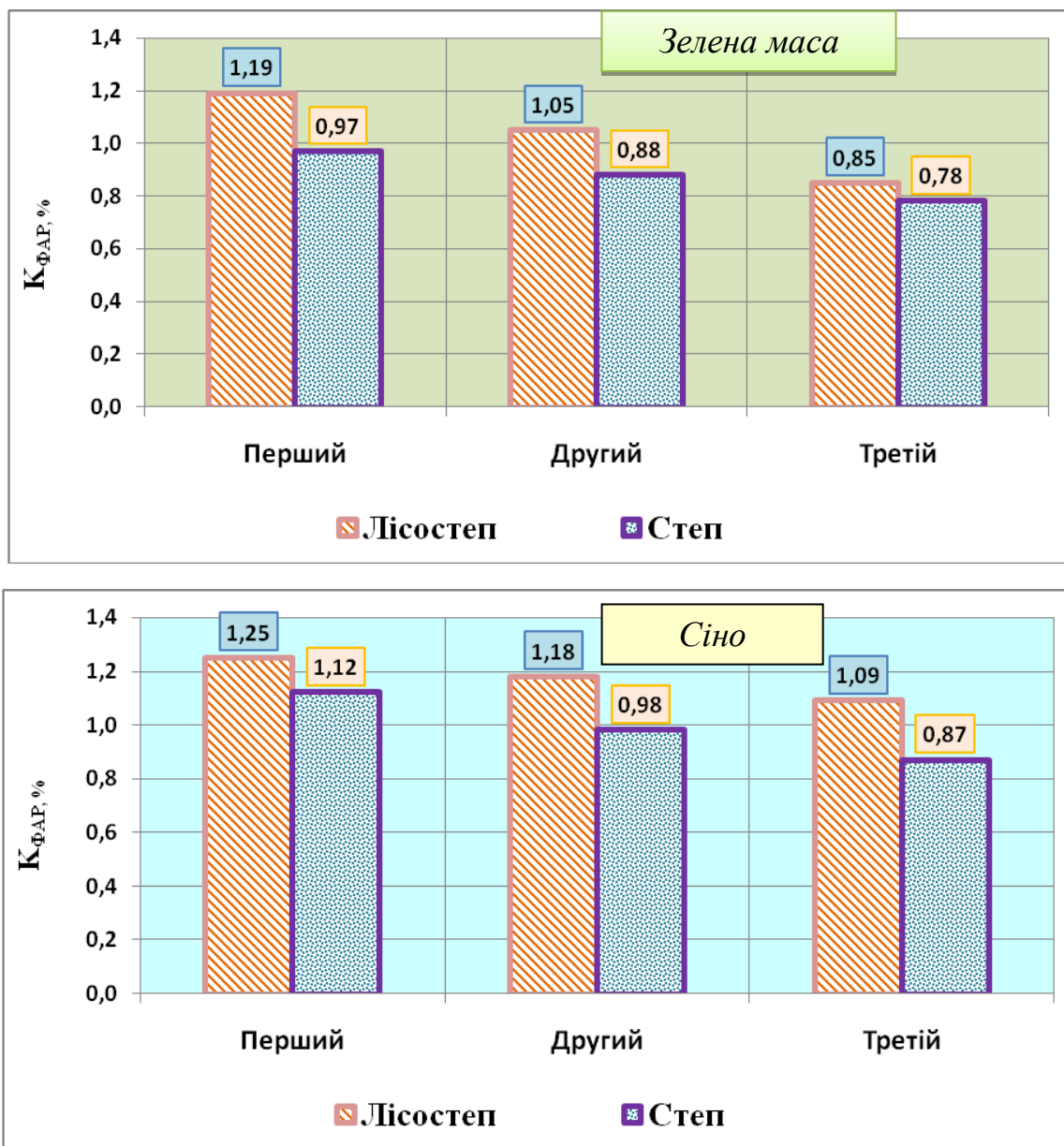


Рис. 5. Коефіцієнт ефективності використання ФАР ($K_{\text{ФАР}}$) у різних ґрунтово-кліматичних зонах України залежно від року використання на зелену масу та на сіно, %

Висновки. Моделювання продуктивності рослин дозволило встановити пряму позитивну дію використання ризоторфіну для підвищення врожайності зеленої маси люцерни. За аналізом теоретичних ліній урожайності зеленої маси досліджуваної культури простежується різниця в зонах оптимального доз азотних добрив на тлі внесення $P_{60}K_{60}$ – без обробки насіння ризоторфіном, що становить 35–50 кг д. р. на 1 га, а з ризоторфіном підвищується до 60–75 кг д. р. на 1 га. У фазу цвітіння відзначено істотне (на 19,4–39,8%) зменшення розрахункових показників вмісту мінераль-

них сполук азоту, але появилася стала динаміка зростання цього показника у варіантах з високими дозами азотних добрив. Визначено оптимальні дози внесення азотних добрив у межах від 120 до 145 кг д. р. на 1 га, які забезпечують отримання врожайності зеленої маси на рівні 45–47 т/га. Найбільша ефективність використання фотосинтетично-активної радіації на рівні 1,25% спостерігалася за вирощування сіна люцерни в умовах Лісостепу України. Мінімальним даний показник виявився у третій рік використання за вирощування досліджуваної культури у Степовій зоні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Голобородько С.П., Найдьонов В.Г., Гальченко Н.М. Консервація земель в Україні: Стан і перспективи : монографія. Херсон : Айлант, 2010. 92 с.

2. Ресурсоощадні технології вирощування люцерни на насіння в Південному Степу України : науково-методичний посібник / Р.А. Вожегова та ін. Херсон : Айлант, 2012. 130 с.

3. Байков А.М., Кузин Е.С., Шамис А.Л. Целостное целенаправленное распознавание изображений в ЭВМ. *Вопросы кибернетики. Автоматизированные системы ввода – вывода графической информации* : научный сборник. Москва, 1987. С. 78–90.

4. Аксак Н.Г., Лебедкина А.Ю. Методы и модели производительности обучения многослойных нейронных сетей в распределенных компьютерных средах. *Штучний інтелект*. 2011. Вип. 4. С. 481–488.

5. Коковіхін С.В. Електронно-інформаційний довідник ЕІД "Агromет" : методичні рекомендації. Херсон : ІЗЗ НААН, 2009. 16 с.

6. Аксак Н.Г., Лебедкина А.Ю., Хоменко О.В. Процедура параллельного обучения многослойной нейронной сети. Топология передачи данных «звезда». *Науковий вісник Чернівецького національного університету ім. Юрія Федьковича*. 2010. Т. 1. Вип. 2. С. 95–103.

7. Дисперсійний і кореляційний аналіз у землеробстві та рослинництві : навчальний посібник / В.О. Ушкарєнко та ін. Херсон : Айлант, 2008. 272 с.

REFERENCES:

1. Goloborodko, S.P., Naydonov, V.G., & Galchenko, N.M. (2010). *Konservatsiya zemel v Ukraini: Stan i perspektivy* : monografiya [Conservation of lands in Ukraine: condition and perspectives : monograph]. Kherson : Aylant. [in Ukrainian]

2. Vozhegova, R.A., Sakhno, H.V., Bulyhin, S.Yu., & Demydov, O.A. et al. (2012). *Resursooshchadni tekhnolohiyi vyroshchuvannya lyutserny na nasinnya v Pivdennomu Stepu Ukrayiny* : naukovo-metodychnyy posibnyk [Resource-friendly technology of growing alfalfa for today in the southern Step of Ukraine : science-methodical workshop]. Kherson : Aylant. [in Ukrainian]

3. Baykov, A.M., Kuzin, E.S., & Shamis, A.L. (1987). *Tselostnoe tselenapravlennoe raspoznavanyeyu zobrazhenyy v ÉVM* [Questions of cybernetics. Automated systems for input-output of graphic information: a scientific collection. Moscow. [in Russian]

4. Aksak, N.G., & Lebedkina, A.Yu. (2011). *Metody y modely proyzvoditel'nosti obucheniyya mnohosloynnykh neyronnykh setey v raspredelennykh kompyuternykh sredakh* [Methods and models of the performance of training multilayer neuron networks in distributed computer environments]. *Shtuchnyi intellekt – Piece intellect*, 4, 481–488. [in Russian]

5. Kokovikhin, S.V. (2009). *Elektronno-informatsiynyy dovidnyk EID "Agromet" : metodychni rekomendatsiyi* [Electronic and Information Agent "Agromet" : methodical recommendations]. Kherson : IZZ NAAN. [in Ukrainian]

6. Aksak, N.G., Lebedkina, A.Yu., & Khomenko, O.V. (2010). *Protseadura parallelnoho obucheniyya mnohosloynnoy neyronnoy sety* [Procedure for parallel training of a multilayer neural network. Star data transfer topology]. *Naukovyi visnyk Chernivetskoho natsionalnoho universytetu im. Yu. Fedkovycha – Science Newsletter of the Chernivtsi National University Y. Fedkovich*, 2, 95–103. [in Russian]

7. Ushkarenko, V.O., Nikishenko, V.L., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2008). *Dyspersiynyy i korelyatsiynyy analiz u zemlerobstvi ta roslynnystvi : navch. Posib* [Analysis of variance and correlation in agriculture and crop production : a textbook]. Kherson : Aylant. [in Ukrainian]

УДК 635.743:631.5:632.51 (477.7)

DOI <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.8>

НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ПЛАНУВАННЯ ТА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ РЕЖИМАМИ ЗРОШЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

КОКОВІХІН С.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор

<https://orcid.org/0000-0002-1687-6889>

ПИСАРЕНКО П.В. – доктор сільськогосподарських наук,

старший науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0002-2104-2301>

БІДНИНА І.О. – кандидат сільськогосподарських наук,

старший науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0001-8351-2519>

ШАРІЙ В.О. – аспірант

<https://orcid.org/0000-0003-1652-3159>

БОЙЦЕНЮК Х.І. – аспірант

<https://orcid.org/0000-0002-6572-7003>

Інститут зрошуваного землеробства

Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку людства інформаційні технології відіграють важливу роль у всіх сферах діяльності

людини, упровадження інформаційних технологій в аграрне виробництво перебуває на досить низькому рівні щодо інших галузей, хоча рента-