

УДК 631.559

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2021.118.9>

ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОСТОРОВОГО ВАРІЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ УРОЖАЙНОСТІ ЦУКРОВОГО БУРЯКА ПІД ВПЛИВОМ ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ

Зимаросеєв А.А. – к.біол.н.,

доцент кафедри експлуатації лісових ресурсів та деревообробних технологій,
Поліський національний університет

Федонюк Т.П. – д.с.-г.н., професор,

керівник навчально-наукового центру екології та охорони навколишнього
середовища,

Поліський національний університет

Пінкіна Т.В. – к.біол.н.,

доцент кафедри біоресурсів, аквакультури та природничих наук,

Поліський національний університет

Пазич В.М. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри біології та захисту лісу,

Поліський національний університет

Україна має всі передумови для збільшення врожайності цукрового буряка, але дотепер комплексні дослідження впливу екологічних факторів на варіювання урожайності цукрового буряка у великих просторових масштабах не проводилися. Метою роботи було встановлення внеску агроекологічних факторів, а саме кліматичних, ґрунтових показників та індикаторів ландшафтного розмаїття, у варіювання урожайності цукрового буряка на території 10 областей України (206 районів). Усереднені за адміністративними районами дані з урожайності цукрового буряка були зібрані за 1991–2017 рр. Динаміка урожайності цукрового буряка на дослідженій території найбільш адекватно описується симетричною лог-логістичною моделлю. Ця модель має характеристичні точки, які можуть бути використані як параметри варіювання урожайності культури: *Lower Limit* – позначає найменший рівень врожайності за період досліджень; *Slope* – ухил кривої тренду, що показує швидкість змін урожайності в часі; *ED50* – час із початку досліджень, який потрібний для досягнення половинного від максимального рівня зростання урожайності; *Upper Limit* – найвищий рівень урожайності. Встановлено наявність регресійного зв'язку між параметрами урожайності цукрового буряка та екологічними факторами впливу. Внесок екологічних факторів у варіювання параметрів урожайності цукрового буряка коливається у межах 12–52%. На всі параметри урожайності цієї культури, окрім нижньої межі урожайності, впливають фактори ландшафтного розмаїття. Залежності між показниками ландшафтного розмаїття та параметрами урожайності цукрового буряка мають нелінійний характер, що свідчить про те, що існують оптимальні значення ландшафтного розмаїття, за яких урожайність досягає найвищих показників. Серед кліматичних факторів найбільший внесок у варіювання параметрів урожайності цукрового буряка вносять показники мінливості температурних умов, а серед ґрунтових факторів – показники гранулометричного складу.

Ключові слова: *Beta vulgaris* L., продуктивність, тренд, екологічні детермінанти, регресійний аналіз.

Zymarioieva A.A., Fedonyuk T.P., Pinkina T.V., Pazych V.M. Regularities of sugar beet yield parameters spatial variation under the environmental factors influence

Ukraine has all the prerequisites for sugar beet yields increasing, but at present no comprehensive studies of the large-scale impact of ecological factors on sugar beet yield variation have been conducted. The aim of the work was to determine the contribution of agro-ecological factors, namely climate, soil and landscape diversity indicators, to the sugar beet yields variation in 10 regions of Ukraine (206 administrative districts). Average by administrative districts, sugar beet yield data were collected from 1991 to 2017. The sugar beet

yield dynamics in the investigated territory is most adequately described by a symmetric log-logistic model. This model has characteristic points that can be used as parameters of crop yield variation: Lower Limit – indicates the lowest level of yield during the study period; Slope – slope of the trend curve, which shows the rate of change of yield over time; ED50 – the time from the start of research that is required to achieve half the maximum yield; Upper Limit is the highest yield level. Regression was established between sugar beet yield parameters and environmental factors. The contribution of ecological factors to sugar beet yield parameters variations ranges from 12–52%. All crop yield parameters except the lower yield limit are influenced by the landscape diversity. The relationships between landscape diversity indicators and sugar beet yield parameters are nonlinear, indicating that there are optimal landscape diversity values at which yields are highest. Among the climatic factors, the greatest contribution to the variation of sugar beet yield parameters is made by the temperature variability and among the edaphic factors – by the particle size distribution.

Key words: *Beta vulgaris L., productivity, trend, ecological determinants, regression analysis.*

Постановка проблеми. Високий потенціал урожайності сільськогосподарських культур має вирішальне значення для ефективного використання наявних посівних площ [1]. Потенціал врожайності визначається як урожайність сорту, вирощеного в умовах, до яких він пристосований, без будь-яких обмежень у воді чи поживних речовинах, а також під ефективним контролем шкідників, хвороб, бур'янів та інших стресів [2]. В останні десятиріччя у європейських країнах сорти цукрових буряків демонстрували щорічне збільшення врожайності на 1,5% [1; 3; 4]. Таке зростання врожайності зумовлене певною мірою збільшенням середньої температури початку вегетаційного періоду [5], вдосконаленням агротехнології, зокрема оптимізацією використання добрив та захисту сільськогосподарських рослин. Також у країнах Європи приріст потенціалу врожайності досягається вдосконаленням систем управління сільськогосподарськими культурами і зумовлений не збільшенням інтенсивності виробництва, а кращим використанням природних ресурсів та виробничих факторів [3]. Проте близько 50% приросту врожаю та якості було досягнуто прогресом селекції [5], що привело до збільшення потенціалу врожайності. Нині існують дослідження, в яких стверджується, що потенціал врожайності цукрових буряків у розвинених країнах світу наближається до свого ліміту [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Незважаючи на те, що впродовж останніх 7 років виробництво цукрового буряка в Україні стрімко зростає, врожайність цукрових буряків у нашій країні є низькою порівняно із країнами ЄС. Так, у 2017 році середня врожайність цукрового буряка в Україні становила 46 т/га, а у європейських країнах – 81 т/га [6]. Вважають, що в середньому по Україні потенціал урожайності гібридів цукрового буряка реалізований лише на 50–60% [7]. Саме за рахунок збільшення врожайності цієї культури Україна може подвоїти виробництво цукру і стати вагомим його експортером.

Виробництво цукрових буряків зосереджене в центральній частині України в регіонах, де ґрунтові умови, вологість та температура збалансовані для досягнення оптимальних врожаїв культури та оптимального вмісту в буряках сахарози. Це також зумовлене концентрацією заводів із переробки цукрових буряків у цьому ж регіоні. До п'яти провідних областей із виробництва цукрових буряків відносять Вінницьку, Полтавську, Київську, Хмельницьку та Тернопільську області, які разом виробляють 61% загальної продукції цукрових буряків в Україні [6]. Проте продукційний потенціал інших регіонів країни щодо вирощування цукрових буряків не оцінювався.

Слід зазначити, що Україна має всі передумови для збільшення врожайності цукрового буряка, але дотепер комплексні дослідження впливу екологічних факторів на варіювання урожайності цукрового буряка у великих просторових

масштабах не проводилися. А такі дослідження вкрай необхідні для формування системи управління посівами та прогнозу врожайності у майбутньому, особливо враховуючи сучасні тенденції зміни клімату та деградації природних екосистем.

Постановка завдання. Метою роботи є встановлення внеску агроекологічних факторів, а саме біокліматичних змінних, ґрунтових показників, та факторів ландшафтного розмаїття у варіювання урожайності цукрового буряка на території 10 областей України (206 районів).

Виклад основного матеріалу дослідження. Показники урожайності цукрового буряка у Поліській та Лісостеповій зонах України були надані Державною службою статистики України (<http://www.ukrstat.gov.ua/>). Період досліджень – з 1991 по 2017 рр. Дані мають характер середньої урожайності культури по адміністративному району. Територія охоплює 206 адміністративних районів із десяти областей України (Вінницька, Волинська, Житомирська, Київська, Львівська, Рівненська, Тернопільська, Хмельницька, Черкаська, Чернігівська).

Впродовж досліджуваного періоду урожайність усіх сільськогосподарських культур демонструвала тренд до збільшення, за винятком початкового етапу досліджень (1991–1997 рр.), коли спостерігалось стрімке зниження врожайності культур [8]. Якщо брати до уваги динаміку зміни цього показника з середини 90-х років до поточного періоду часу, то вона може бути описана сигмоїдною кривою. Ця крива описує характерні етапи спостережуваної динаміки, а саме: повільна швидкість зростання на початковому етапі, різке зростання у середній частині періоду досліджень та стабілізація зростання в останній третині періоду досліджень та у деяких випадках – вихід на плато. Тому для описання динаміки урожайності цукрового буряка була застосована симетрична лог-логістична модель (рис. 1).

Ця модель має характеристичні точки, які можуть бути використані як параметри варіювання урожайності культури: Lower Limit – позначає найменший рівень врожайності за період досліджень; Slope – ухил кривої тренду, що показує швидкість змін урожайності в часі; ED50 – час із початку досліджень, який потрібний для досягнення половинного від максимального рівня зростання урожайності, та одночасно момент найбільшої швидкості зростання урожайності; Upper Limit – найвищий рівень врожайності, за якого за даного рівня агротехнологій врожайність визначається

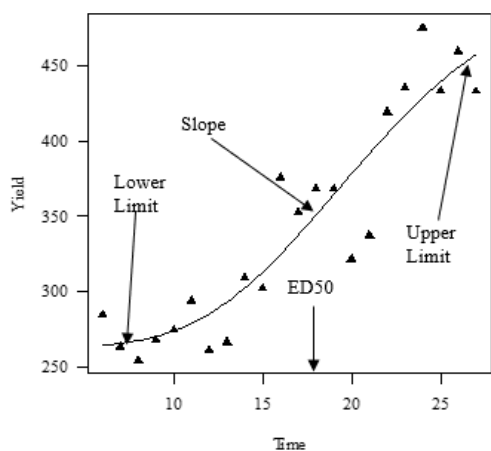


Рис. 1. Типова динаміка врожайності цукрового буряка та лог-логістична модель цієї динаміки

само біотичним потенціалом території. Вказані характеристики динаміки урожайності цукрового буряка розраховано для кожного адміністративного району та застосовано як інтегральний кількісний показник варіювання урожайності культури у даній точці простору в часі [8].

Як екологічні фактори ми розглядали: кліматичні, ґрунтові показники та індекси ландшафтного розмаїття.

У свою чергу біокліматичні змінні та ґрунтові характеристики було усереднено по кожному адміністративному району. Результати усереднення застосовано як предиктори характеристик урожайності досліджуваної культури.

Біокліматичні дані визначені відповідно до бази WorldClim version 2 (<http://worldclim.org/version2>) [9]. Відомості про перебіг кліматичних процесів представлені у вигляді растрових карт із роздільною здатністю 1 км, що є цілком достатнім для вирішення поставлених завдань.

Біокліматичні змінні являють собою екологічно значущі аспекти варіювання температури та опадів упродовж року. Для аналізу було використано 19 біокліматичних змінних [10].

Для переведення ненормальних залежних змінних у нормальну форму застосували перетворення Vox-Cox, яке реалізовували за допомогою бібліотеки AID для середовища статистичних обчислень R [11].

Статистичний аналіз виконаний за допомогою програмного продукту Statistica 10. Аналіз головних компонент був застосований для зменшення розмірності матриць клімату та властивостей ґрунту. Загальні лінійні моделі використані для перевірки значущості впливу змінних клімату та ґрунту на параметри урожайності. Аналіз головних компонент кліматичних змінних дозволив виділити чотири головних компоненти, власні числа яких більші за одиницю, які разом пояснюють 92,5% варіабельності кліматичних змінних [12].

Відомості щодо просторового варіювання ґрунтових властивостей та класифікацію ґрунтів одержали з бази даних SoilGrids (<https://soilgrids.org>) [13]. Для аналізу впливу ґрунтових факторів на урожайність ріпаку нами використано такі показники: запаси гумусу, рН, щільність ґрунту, вміст піску, глини чи мулу для різних ґрунтових шарів. У результаті аналізу головних компонент ґрунтових змінних було виділено 6 головних компонент, власні значення яких вищі за одиницю, які разом пояснюють 98,5% загальної дисперсії ґрунтових показників [14].

Карту типів ландшафтного покриття GlobCover із роздільною здатністю 300 м, яку було створено на основі двомісячних результатів вимірювань Medium Resolution Imaging Spectrometer (MERIS) [15], застосовано як основу для створення карти розмаїття типів ландшафтного покриття. Оцінку розмаїття проведено на основі індексу Шеннона. Також у якості індикатора ландшафтного розмаїття використовувався показник відстані до природоохоронних об'єктів [9]. Розрахунки виконані за допомогою The Corridor Designer toolbox works в ArcGIS 10.1.

Встановили наявність регресійного зв'язку між встановленими головними компонентами екологічного походження та параметрами урожайності цукрового буряка (табл. 1).

Таблиця 1

Регресійна залежність параметрів урожайності цукрового буряка від кліматичних та ґрунтових змінних, а також показників різноманітності ландшафтного покриття*

Предиктори	Ухил Slope, Radj2= 0,12	Нижня границя Lower Limit, Radj2= 0,52	Верхня границя Upper Limit, Radj2= 0,35	ED50, Radj2= 0,26
Shannon (H)	1,03±0,39	–	–	-1,11±0,36
H2	-0,89±0,41	–	–	1,22±0,38
Distance (D)	–	–	0,63±0,23	–
D2	–	–	-0,74±0,22	–
Climate_1	–	–	–	–

Продовження таблиці 1

Climate_2	–	0,18±0,08	0,22±0,10	–
Climate_3	–	0,17±0,06	0,19±0,07	–
Climate_4	–	–	–	0,25±0,08
soil_1	-0,41±0,14	-0,59±0,10	-0,43±0,12	0,50±0,13
soil_2	–	–	–	–
soil_3	–	–	–	-0,20±0,09
soil_4	–	–	–	–
soil_5	–	0,16±0,07	–	–
soil_6	–	-0,35±0,07	-0,39±0,09	–

* Примітка – наведені стандартизовані регресійні коефіцієнти, статистично вірогідні для $p < 0,05$.

Зокрема, спостерігаємо нелінійну статистично значущу залежність між ухилом регресійної моделі (швидкістю нарощення урожайності), а також параметром ED50 та індексом Шеннона, який відображає розмаїття ландшафту (рис. 2, А, Б).

Регресійна залежність між верхньою границею урожайності цукрового буряка (максимальною врожайністю) та відстанню до природоохоронних об'єктів описується квадратичною функцією ($R = 1,22 \pm 0,38$; $p < 0,05$) (рис. 2, В). Причому характер цього зв'язку свідчить про те, що верхній рівень урожайності цукрового буряка зростає із збільшенням відстані до природоохоронних об'єктів, але лише до певної межі (оптимального значення віддалі до об'єктів ПЗФ). Подальше зростання віддалі призводить до зниження верхньої межі урожайності.

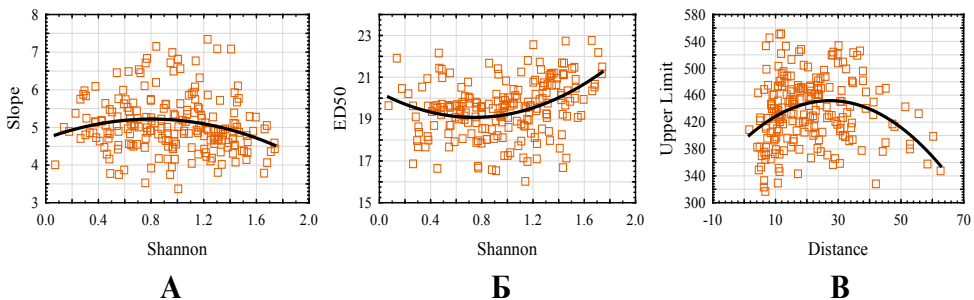


Рис. 2. Залежність ухилу модельної кривої (А), параметру ED50 (Б) від ландшафтно-екологічного розмаїття та максимального рівня урожайності цукрового буряка від середньої відстані до об'єктів природно-заповідного фонду (В)

Швидкість зростання урожайності цукрового буряка на 12% визначається екологічними факторами, а саме рівнем різноманітності природних ландшафтів ($R = -0,89 \pm 0,41$; $p < 0,05$) та ґрунтовим показником, що відповідає за вміст піску у ґрунті ($R = -0,41 \pm 0,14$; $p < 0,05$). Просторове варіювання ухилу регресійної кривої наведено на рис. 3.

Найменший рівень урожайності характеризується сильною кореляцією із ґрунтовими компонентами 1 та 6, що визначають гранулометричний склад ґрунту. Тобто можна зробити висновок, що просторовий розподіл показника «мінімальна урожайність цукрового буряка» визначається наявністю ґрунтів із невисоким вмістом як піску, так і мулу. Відповідні типи ґрунтів поширені в центрі регіону

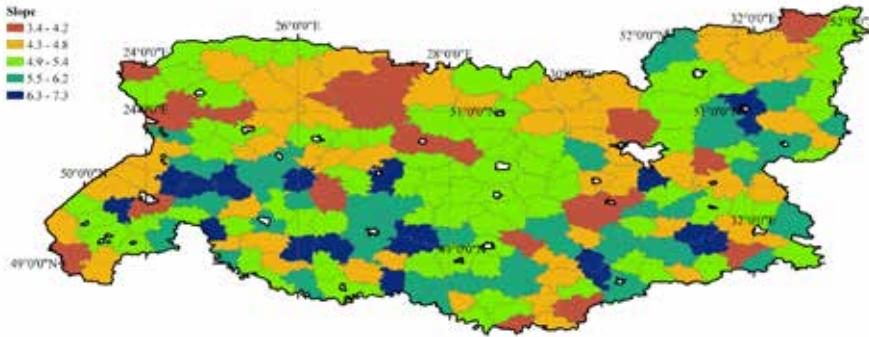


Рис. 3. Просторове варіювання параметру нахилу (Slope) лог-логістичної моделі динаміки врожайності цукрового буряка

досліджень, чим і пояснюється наявність територіальних кластерів із підвищеними значеннями мінімальної урожайності цукрового буряка (рис. 4).

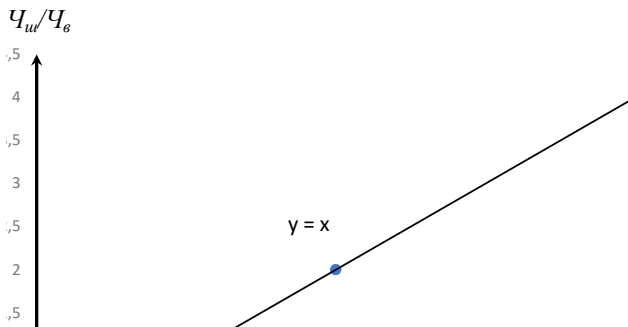


Рис. 4. Просторове варіювання параметру найменшого рівня (Lower limit) лог-логістичної моделі динаміки врожайності цукрового буряка

Верхня границя урожайності на 35% визначається різноманітними екологічними факторами. Окрім відстані до об'єктів ПЗФ, на цей параметр урожайності буряка мають вплив як кліматичні компоненти 2, 3, які визначають мінливість

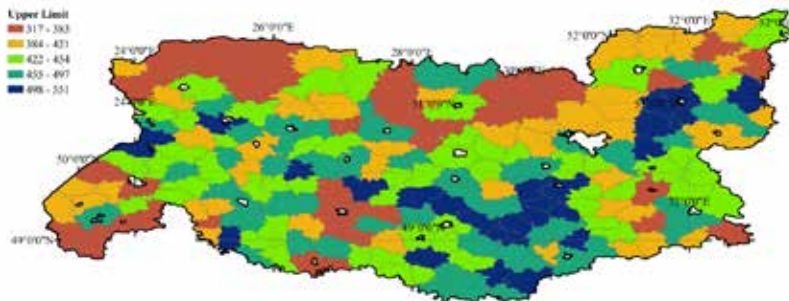


Рис. 5. Просторове варіювання параметру найбільшого рівня (Upper limit) лог-логістичної моделі динаміки врожайності цукрового буряка

температурних умов, так і ґрунтові компоненти 1, 6. Райони з більш високими значеннями верхньої границі урожайності цукрового буряка знаходяться переважно на південному сході дослідженого регіону (рис. 5).

Параметр урожайності ED50 характеризується чутливістю до кліматичної головної компоненти 4 ($R = 0,25 \pm 0,08$; $p < 0,05$), яка є індикатором контрастності температурних умов та ґрунтової компоненти 1 ($R = 0,50 \pm 0,13$; $p < 0,05$). Тобто чим ширшим є діапазон варіювання річних та місячних температур, тим повільніше відбувається нарощування урожайності цукрового буряка. Характерно, що більш «інертні» з погляду збільшення урожайності цукрового буряка райони знаходяться на півночі регіону досліджень (рис. 6).

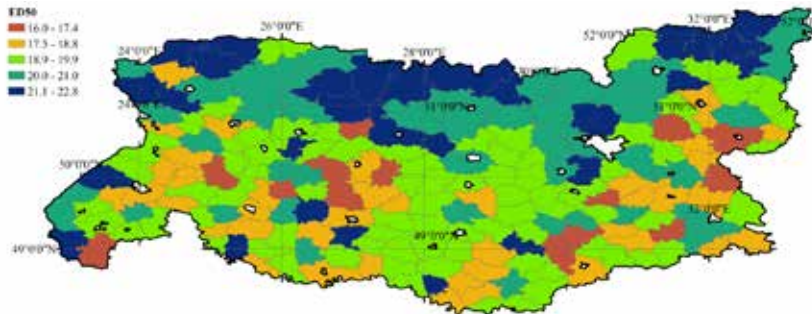


Рис. 6. Просторове варіювання параметру часу настання перегину (ED50) лог-логістичної моделі динаміки врожайності цукрового буряка

Взаємозв'язок кліматичних показників із врожайністю цукрових буряків вивчався багатьма дослідниками як в Україні, так і за кордоном [1; 4]. Проте особливістю наших досліджень є те, що вивчався вплив кліматичних факторів не на урожайність загалом, а на її конкретні параметри, що дає більше інформації, яку можна використати під час планування аграрного виробництва. Нами встановлена сильна чутливість параметрів урожайності цукрового буряка до мінливості температурних умов. Доведено, що найвища продуктивність цукрового буряка досягається в діапазоні температур 15–25°C [16]. Американські вчені припускали, що температура в період вегетації впливає на продуктивність цукрових буряків не менше, ніж кількість опадів [17]. Зокрема, в дослідженнях у Монтані було встановлено, що коливання середньої літньої температури на 1 градус за рамки оптимального призводить до зниження врожайності в середньому на 1 тону [18]. Отже, загалом значне варіювання температур, особливо у період фази розетки і стеблуння, негативно позначається на урожайності цукрового буряка.

Як відомо, цукровий буряк досить вимогливий до родючості ґрунту. Найкраще росте на родючих, глибоких, багатих органічною речовиною ґрунтах, таких як: чорноземи, темно-сірі опідзолені, дерново-лучні. На сірих та світло-сірих опідзолених ґрунтах урожай значно менший. За механічним складом кращі суглинкові ґрунти. На бідних піщаних і дуже важких глинистих розвивається погано [19]. У наших дослідженнях простежується негативна кореляція нижньої та верхньої межі, а також швидкості нарощення урожайності цукрових буряків із вмістом піску у ґрунті. Параметр ED50, що визначає час, який необхідний для досягнення половинної від максимальної врожайності, характеризується позитивною кореляцією із переважанням піску у гранулометричному складі ґрунту. Тобто на піщаних ґрунтах більше часу йде на досягнення половинної від максимальної врожайності.

Дослідження зв'язку між ландшафтним розмаїттям і врожайністю становить практичний інтерес для сільськогосподарської науки, оскільки природні елементи ландшафту представляють цінні місця існування та харчові ресурси для багатьох тварин, наприклад безхребетних та птахів [20], що надають цілий спектр екосистемних послуг, таких як біологічний контроль шкідників [21] та запилення [22]. Так, у роботі Жукова та ін. (2015) було доведено, що загальний рівень ландшафтно-екологічного розмаїття та його динаміка впливають на стан і динаміку чисельності шкідників цукрового буряка. Ландшафтне розмаїття визначає умови, за яких найвірогідніше різке зростання чисельності шкідників. Зокрема, за низького рівня ландшафтного розмаїття значно зростають ризики спалахів чисельності шкідників [23]. Дослідження Delaune et al. (2019) підтверджують думку, що спрощення ландшафтно-структури агроландшафтів веде до підвищення загрози, в тому числі посівам цукрового буряка, з боку шкідників та хвороб. Наші дослідження також доводять існування нелінійного зв'язку між ландшафтним розмаїттям та урожайністю цукрового буряка.

Висновки. Внесок екологічних факторів у варіювання параметрів урожайності цукрового буряка коливається у межах 12–52%. На всі параметри урожайності цієї культури, окрім нижньої межі урожайності, впливають фактори ландшафтного розмаїття. Залежності між показниками ландшафтного розмаїття та параметрами урожайності цукрового буряка носять нелінійний характер, що свідчить про те, що існують оптимальні значення ландшафтного розмаїття, за яких урожайність досягає найвищих показників. Серед кліматичних факторів найбільший внесок у варіювання параметрів урожайності цукрового буряка роблять показники мінливості температурних умов, а серед ґрунтових факторів – показники гранулометричного складу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Hoffmann C. M., Kenter C. Yield Potential of Sugar Beet – Have We Hit the Ceiling? *Front Plant Sci.* 2018. Vol. 9. P. 289. doi: 10.3389/fpls.2018.00289.
2. Evans L.T., Fischer R.A. Yield potential: its definition, measurement, and significance. *Crop Sci.* 1999. Vol. 39. P. 1544–51. 10.2135/cropsci1999.3961544x.
3. Märlander B., Hoffmann C.M., Koch H.-J., Ladewig E., Merkes R., Petersen J. Environmental situation and yield performance of the sugar beet crop in Germany: heading for sustainable development. *J. Agron. Crop Sci.* 2003. Vol. 189. P. 201–26. doi: 10.1046/j.1439-037X.2003.00035.x
4. Jaggard K. W., Qi A., Ober E. S. Possible changes to arable crop yields by 2050. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 2010. Vol. 365 P. 2835–2851.
5. Kolaric L., Popovic V., Paunovic J., Zivanovic L., Ikanovic J., Sikora V. Sugar beet yield and quality in the agroecological conditions of Central Banat, Serbia. *Agric. & Forest.* 2015. Vol. 61. P. 33 – 41.
6. FAOSTAT. (2018). Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. www.fao.org [Accessed 5 December 2018].
7. Костючко С., Лихочвор В. Урожайність та цукристість цукрового буряка залежно від застосованих фунгіцидів. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Сер.: Агронія.* 2013. № 17(2). С. 367-371.
8. Kunah O.M., Pakhomov O.Y., Zymarovieva A.A., Demchuk N.I., Skupskyi R.M., Bezuhla L.S., Vladyka Y.P. Agroecological and agroecological aspects of spatial variation of rye (*Secale cereale*) yields within Polesia and the Forest-Steppe zone of Ukraine: The usage of geographically weighted principal components analysis. *Biosystems Diversity.* 2018. Vol 26(4). P. 276–285.

9. Зимароєва А.А., Федонюк Т.П., Пінкіна Т.В., Пінкін А.А. Агроекологічні детермінанти варіювання врожайності ріпаку. *Agroecological determinants of rapeseed yield variation. Agrology*. 2020. № 3(1). С. 12–18.
 10. Fick S.E., Hijmans R.J. Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. 201). Vol. 37. P. 4302–4315. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.5086>.
 11. R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>.
 12. Зимароєва А.А. Оцінка впливу змін клімату на врожайність кукурудзи на території Поліської та Лісостепової зон України. *Наукові горизонти*. 2019. 11(84). С. 113–120.
 13. Hengl T., Mendes de Jesus J., Heuvelink G.B.M., Ruiperez Gonzalez M., Kilibarda M., Blagotić A., Shangguan W. ... & Kempen B. (2017). SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. *PLoS ONE*, 12(2), e0169748.
 14. Зимароєва А.А., Писаренко П.В. Просторовий взаємозв'язок властивостей ґрунту та урожайності кукурудзи. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 4. С. 108–115.
 15. Arino O.R. P., Julio J., Vasileios K., Sophie B., Pierre D., Eric V.B. Global Land Cover Map for 2009 (GlobCover 2009). European Space Agency (ESA) & Université catholique de Louvain (UCL). *PANGAEA*. 2012.
 16. Curcic Z., Ciric M., Nagl N., Taski-Ajdukovic K. Effect of Sugar Beet Genotype, Planting and Harvesting Dates and Their Interaction on Sugar Yield. *Frontiers in plant science*. 2018. Vol. 9. P. 1041.
 17. Brandes, E.W. & Coons, G. H. (1941). U. S. Dept. of Agric. Yearbook. *Climate and Man*, 1, 431–438.
 18. Pierce L.T. Bush H.L., Wood R.R. Relationship of Weather to Sugar Production. *Proc. Amer. Soc. Sug. Beet Tech.* 1944. P. 121–126.
 19. Довідник буряководства./ За ред. В.Ф. Зубенко. К. : Урожай, 1986. 232 с.
 20. Fuller R.J., Gregory R.D., Gibbons D.W., Marchant J. H., Wilson J.D., Baillie S.R., Carter N. Population declines and range contractions among lowland farmland birds in Britain. *Conservation Biology*. 1995. Vol. 9(6), P. 1425–1441. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1995.09061425.x>.
 21. Chaplin-Kramer R., O'Rourke M.E, Blitzer E.J., Kremen C.A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. *Ecology Letters*. 2011. Vol. 14. P. 922–932.
 22. Hipólito J., Boscolo D., Viana B.F. Landscape and crop management strategies to conserve pollination services and increase yields in tropical coffee farms. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2018. Vol. 256. P. 218–225.
 23. Жуков, О., Писаренко, П., Кунах, О., Диченко, О. Роль ландшафтного розмаїття у динаміці чисельності популяцій шкідників цукрового буряка у Полтавській області. *Вісник Дніпропетровського Університету. Серія: Біологія, екологія*. Вип. 23. С. 21–27. 10.15421/011504.
 24. Delaune T., Ballot R., Gouwie C., Maupas F., Sausse C., Félix I., Brun F., Barbu C. Spatiotemporal drivers of crop pests and pathogens abundance at the landscape scale. 2019. <https://doi.org/10.1101/641555>.
-