

Зимаросва А. А.

УДК 631.559

## ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОЇ ВАРІАБЕЛЬНОСТІ УРОЖАЙНОСТІ КАРТОПЛІ У ПОЛІСЬКІЙ ТА ЛІСОСТЕПОВІЙ ЗОНАХ УКРАЇНИ

А. А. ЗИМАРОЄВА, кандидат біологічних наук, доцент кафедри експлуатації лісових ресурсів

*Житомирський національний агроекологічний університет*

*E-mail: nastya.zymaroeva@gmail.com*

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2019.01.012>

**Анотація.** У роботі встановлені закономірності просторово-часової варіабельності урожайності картоплі у Поліській та Лісостеповій зонах України та визначені співвідношення факторів динаміки агроекономічної та агроеклогічної природи. Показано, що динаміка врожайності картоплі у дослідженному регіоні в часі характеризується наявністю трьох точок екстремумів: двох локальних максимумів та одного локального мінімуму. Отже, тренд врожайності картоплі найбільш вдало може бути описаний за допомогою поліному четвертого порядку. Особливі точки поліноміальної кривої четвертого порядку можуть бути змістовно інтерпретовані та застосовані для описання динаміки урожайності. Вільний член поліному вказує на урожайність культури в стартовий період. Стартовий рівень урожайності картоплі варіює у межах від 1,71 т/га (південно-східні

регіони) до 2,27 т/га (північні райони). Динаміка урожайності, яка може бути пояснена регресією, вказує на те, що агротехнологічні та агроекологічні умови ведення сільськогосподарського виробництва є тотальним фактором, який визначає наявність загального тренду. Коефіцієнт детермінації регресії тотального тренду може бути інтерпретований, як показник ролі агротехнологічних та агроекономічних чинників у динаміці врожайності. З'ясовано, що внесок агротехнологічних та агроекономічних факторів у загальне варіювання врожайності картоплі становить від 65 до 88%. Найбільш чутливі до агротехнологічних та агроекономічних чинників є центральні та північні райони регіону дослідження, а найменш – західні та східні.

**Ключові слова:** урожайність, картопля, тренд, динаміка, просторово-часова варіабельність, модель

**Актуальність.** У світі картопля є четвертою за значенням сільськогосподарською культурою після рису, пшениці та кукурудзи [3]. Україна входить у десятку

найбільших виробників картоплі, але ніколи не посідала перших місць у світовій експортній торгівлі нею. І хоча тут вирощується стільки ж картоплі як і в США, проте на

**Зимаросва А. А.**

площах утричі більших. За урожайністю картоплі Україна посідає 92 місце у світовому рейтингу і, на жаль, цей показник майже не змінюється впродовж останніх 5 років. Основою українського картоплярства є приватні домогосподарства, частка яких у виробництві картоплі сягає 97%. Зважаючи на сприятливі ґрунтово-кліматичні умови нашої країни урожайність картоплі має бути надзвичайно високою, але, вважається, що значна зараженість культури шкідниками та хворобами не дає використати повний її потенціал [2]. Тому, дослідження динаміки врожайності та чинниках, які на неї впливають є, безумовно, актуальним.

#### **Аналіз останніх досліджень та публікацій.**

Урожай сільськогосподарських культур є результатом взаємодії між генетичними особливостями рослин, ґрунтовими властивостями, агротехнікою та кліматичними умовами [5]. У літературних джерелах, де описуються експерименти з картоплею, вказано, що такі екологічні фактори, як кількість опадів (ґрунтова вологість) і температура мають значний вплив на ріст і врожайність [6, 7]. Коливання врожайності картоплі визначаються, як впливом погодних умов на фотосинтетичну продуктивність рослин, так і впливом цих же умов на ступінь розвитку

різних інфекційних хвороб та шкідників. Також, доведений вплив строків посадки, якості посадкового матеріалу, системи удобрення і захисту тощо [7, 2, 3]. Окрім екологічних на врожайність культури впливають агро-екологічні фактори, які визначають особливості технологічного процесу вирощування [4].

**Мета статті** – встановити закономірності географічної варіабельності урожайності картоплі у Поліській та Лісостеповій зонах України та визначити співвідношення факторів динаміки агроекономічної та агроеклогічної природи.

**Матеріал та методи дослідження.** Дані з урожайності картоплі у Поліській та Лісостеповій зонах України представлені Державною службою статистики України (<http://www.ukrstat.gov.ua/>). Відомості охоплюють часовий період з 1991 по 2017 рр. Дані мають характер середньої врожайності культури по адміністративному району. Територія охоплює 206 адміністративних районів з десятиох областей України (Вінницька, Волинська, Житомирська, Київська, Львівська, Рівненська, Тернопільська, Хмельницька, Черкаська, Чернігівська).

Статистичний аналіз виконаний за допомогою програмного продукту Statistica 10. Обчислення виконані за допомогою бібліотеки REdaS

Зимаросва А. А.

(Hatzinger et al., 2014) для середовища статистичних розрахунків R [8]. Для обчислення глобального коефіцієнта просторової автокореляції застосована статистика I-Морана. Глобальна статистика Морана обчислена із застосуванням програми Geoda095i (<http://www.geoda.uiuc.edu/>).

**Результати дослідження та їх обговорення.** Типова динаміка усереднених даних по врожайності картоплі у дослідженному регіоні характеризується наявністю трьох точок екстремумів: двох локальних максимумів та одного локального мінімуму. Залежність з наявними трьома точками екстремумів може бути описана за допомогою поліному четвертого порядку:

$$Y_x = b + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4,$$

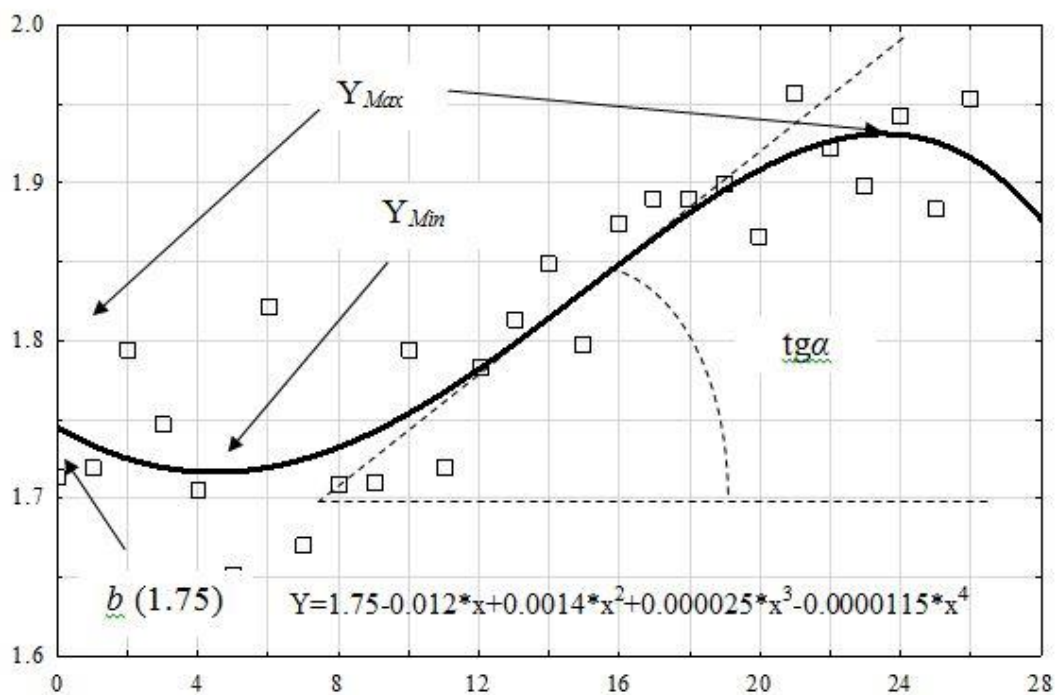
де  $Y_x$  – урожайність картоплі в момент часу  $x$ ,  $b$ ,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ ,  $a_4$  – коефіцієнти.

Особливі точки поліноміальної кривої четвертого порядку можуть бути змістовно інтерпретовані та застосовані для описання динаміки урожайності картоплі (рис. 1).

Загальний тренд урожайності, на нашу думку, має агроекономічне та

агротехнологічне походження. Оскільки, динаміка тренду має характер економічного циклу з його фазами: підйом, пік, спад, дно. Так, перший локальний максимум урожайності картоплі за досліджуваний період був досягнутий у дореформенний період (1990-1991 роки), коли широко застосовувалися екстенсивні технології вирощування цієї культури.

Мінімальна врожайність припадає на середину 90-х років минулого століття. Найбільш різке падіння врожайності відбулося у 1995 році. Це пов'язано з соціально-економічною кризою, яка була продовженням розпаду радянського союзу [1]. З початку 2000 років намітився підйом у виробництві картоплі. Найбільша швидкість нарощування врожайності відбулася у 2002 році. Другий локальний максимум припадає на 2014 рік. У цілому врожайність картоплі за досліджений період зросла приблизно на 10%.



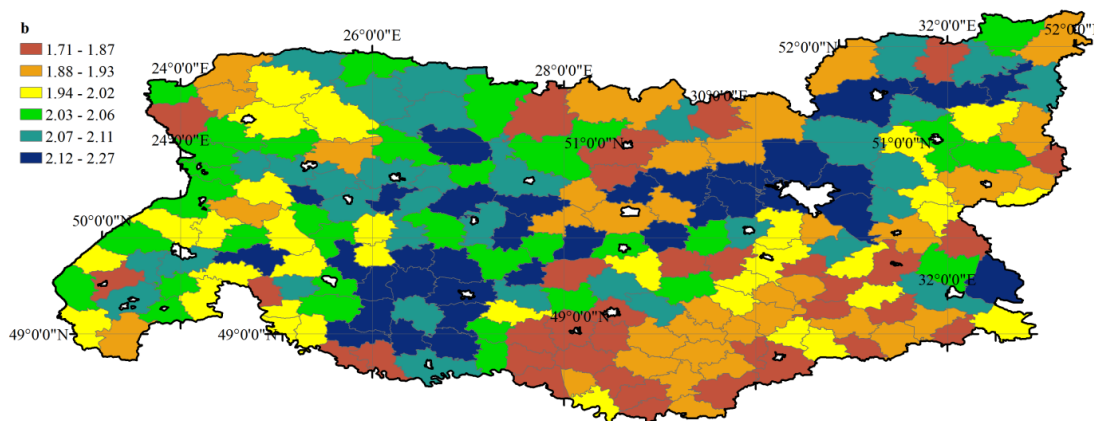
**Рис. 1. Типова динаміка урожайності картоплі протягом 1991–2017 рр. та апроксимація тренду поліномом четвертого порядку**

**Умовні позначки:** ось абсцис – час (1 – 1991 р., 27 – 2017 р.); ось ординат – урожайність, ц/га (у логарифмованому масштабі);  $b$  – вільний член у рівнянні поліному;  $Y_{Min}$  – значення поліному в точці локального мінімуму;  $Y_{Max}$  – значення поліному в точках локальних максимумів;  $tga$  – максимальна швидкість нарощування урожаю у часі між мінімумом та максимумом, тангенс кута нахилу дотичної до кривої поліному в точці перегіну (аналогічно максимальна швидкість зниження врожаю на низхідній гілці).

За допомогою характеристичних точок регресійної моделі ми можемо провести районування території України та виділити регіони, що мають найбільш сприятливі умови для вирощування картоплі. Динаміка врожайності картоплі описана нами за допомогою вільного члена, який віддзеркалює стартові умови родючості ґрунтів на початку періоду досліджень та показники максимальної швидкості зменшення урожайності у 90-ті роки та максимальної швидкості збільшення урожайності у 2000-ні роки. Також якість описання поліномом

четвертого порядку охарактеризована за допомогою коефіцієнта детермінації.

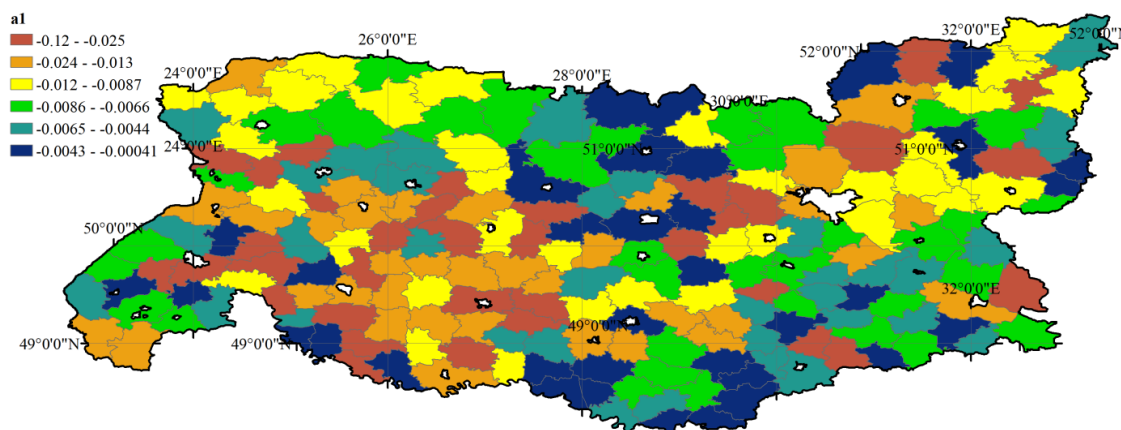
Вільний член поліному – константа  $b$  – вказує на урожайність культури в стартовий період. Якщо прийняти, що  $x = 0$  на початку періоду досліджень, то вільний член буде вказувати на рівень урожайності у цей час. Таким чином, константа  $b$  вказує на стартові умови для описання протікання процесу та є самостійним параметром часової динаміки зміни урожайності сільськогосподарської культури у часі.



**Рис. 2. Просторове варіювання рівня врожайності картоплі у стартовий період досліджень (константа  $b$  рівняння регресії)**

Стартовий рівень урожайності картоплі варіює у межах від 1,71 т/га (південно-східні регіони) до 2,27 т/га (північні райони) (рис. 3). Варіювання стартової урожайності картоплі просторово залежне ( $I$ -статистика Морана 0.28,  $p = 0.001$ ). Карта просторового варіювання рівня врожайності картоплі у стартовий період досліджень (константа  $b$  рівняння регресії) демонструє, що більш сприятливими ґрунтовими умовами для вирощування картоплі характеризуються центральні, північні та південно-західні регіони території досліджень (рис. 2).

За допомогою максимальних швидкостей збільшення та зменшення врожайності, ми можемо виділити райони, у яких врожайність більш стабільна і менше залежить від флуктуацій зовнішніх чинників, зокрема агроекономічних та агроекологічних чинників. Варіювання швидкості зниження урожайності слабо просторово залежне ( $I$ -статистика Морана 0.08,  $p = 0.05$ ) (рис. 3). Варіювання швидкості зростання урожайності просторово залежне ( $I$ -статистика Морана 0.17,  $p = 0.001$ ) (рис. 4).

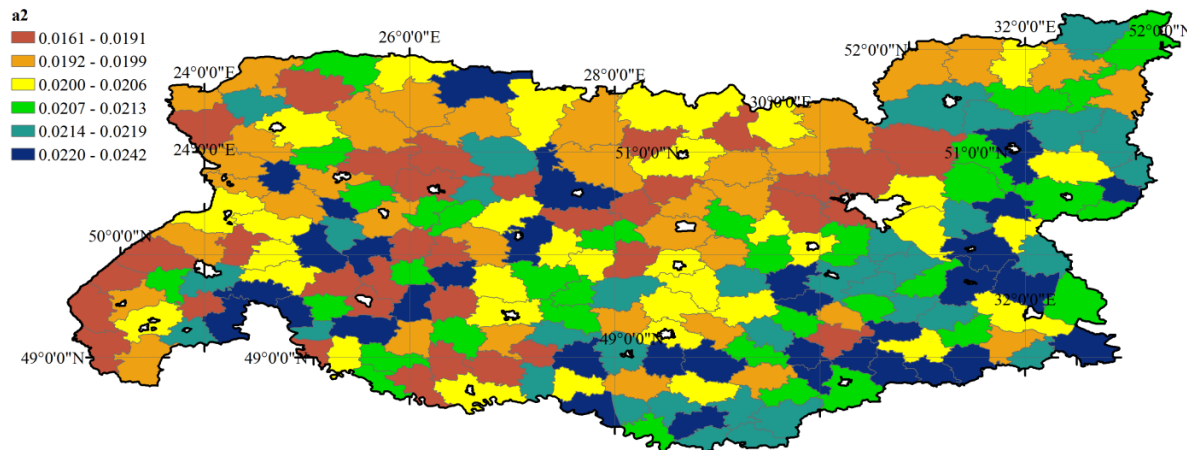


**Рис. 3. Просторове варіювання максимальної швидкості зниження врожайності картоплі**

Зимаросва А. А.

Менші показники швидкості зниження врожайності характерні для центральних та східних районів (рис. 3). Отже, ці райони характеризуються більшою

стабільністю до впливу агроекологічних чинників, менш стабільними є західні та південно-західні регіони.

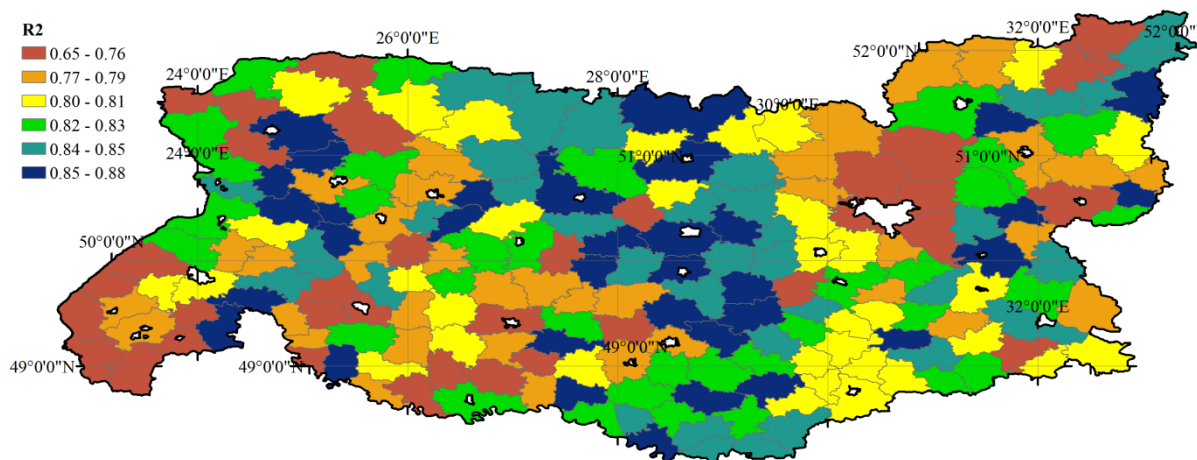


**Рис. 4. Просторове варіювання максимальної швидкості зростання врожайності картоплі**

Зони з позитивним відхиленням (швидкість зростання більш повільна, ніж динаміка загального тренду) сконцентровані в західних та південно-західних районах дослідженого регіону (рис. 4). У цих регіонах зростання відбувалося більш інтенсивно, ніж у цілому по

дослідженій території. У північних та північно-східних районах відхилення від загального тренду від'ємні.

Коефіцієнт детермінації вказує на рівень відповідності моделі реальним даним та варіює у межах від 0,65 до 0,88 (рис. 5).



**Рис. 5. Просторове варіювання коефіцієнта детермінації регресійної моделі**

Зимаросва А. А.

Поліном має характер глобальної регресії. Можливість існування такої залежності виникає як результат дії постійного зовнішнього чинника, який впливає на урожайність сільськогосподарських культур. Характер загальної динаміки урожайності, який може бути пояснений регресією, вказує на те, що таким чинником є агротехнологічні та агроекологічні умови ведення сільськогосподарського виробництва. Від цього може бути інтерпретований коефіцієнт детермінації як показник ролі агротехнологічних та агроекономічних чинників у динаміці врожайності. Одержані дані свідчать про те, що ці аспекти урожайності мають найважливіше значення. Так, внесок агротехнологічних та агроекономічних факторів у загальне варіювання врожайності становить від 65 до 88%. Варіювання коефіцієнту детермінації є просторово залежним (*F*-статистика Морана 0.23,  $p = 0.001$ ). Найбільш чутливі до агротехнологічних та агроекономічних чинників є центральні, північні райони регіону, а найменш – західні та східні.

### Список використаних джерел

1. Зимаросва А. А. Особливості просторово-часового тренду врожайності зернових і зернобобових культур у Поліській та Лісостеповій

№ 1 (77), 2019

### Висновки і перспективи.

Динаміка врожайності картоплі у дослідженному регіоні в часі характеризується наявністю трьох точок екстремумів: двох локальних максимумів та одного локального мінімуму. Особливі точки поліноміальної кривої четвертого порядку можуть бути змістовно інтерпретовані та застосовані для описання динаміки урожайності. Вільний член поліному вказує на урожайність культури в стартовий період. Динаміка урожайності, яка може бути пояснена регресією, вказує на те, що агротехнологічні та агроекологічні умови ведення сільськогосподарського виробництва є тотальним фактором, який визначає наявність загального тренду. Коефіцієнт детермінації регресії тотального тренду може бути інтерпретований як показник ролі агротехнологічних та агроекономічних чинників у динаміці врожайності. Найбільш чутливі до агротехнологічних та агроекономічних чинників є центральні, північні райони регіону, а найменш – західні та східні. Дослідження впливу агроекологічних чинників на варіювання врожайності картоплі передбачається у наступних дослідженнях.

зонах України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. №3. С. 66 – 73.

2. Улянич О. І., Воробйова Н. В., Наумчук В. М. Урожайність сортів

Зимаросва А. А.

картоплі ранньостиглої за різних способів застосування абсорбентів. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Агрономія*. 2014. Вип. 195(1). С. 187-193.

3. Bajracharya M., Sapkota M. Profitability and productivity of potato (*Solanum tuberosum*) in Baglung district, Nepal. *Agriculture & Food Security*. 2017. No. 6. P. 47 – 54.

4. Bonnieux F., Mahé L. P. Factors affecting potato production in France since 1950. *European Review of Agricultural Economics*. 1977. Volume 4, Issue 2. P. 101–118.

5. Diacono, M., Castrignano, A., Troccoli, A., De Benedetto, D., Basso, B., Rubino, P. Spatial and temporal variability of wheat grain yield and quality in a Mediterranean environment: A multivariate geostatistical approach. *Field Crops Research*. 2012. No 131. P. 49-62.

6. Ensign M. R. Factors influencing the growth and yield of potatoes in Florida. *Plant Physiology*. 1935. Vol. 10, Iss. 3. P. 465–482.

7. Mani F., Bettaieb T., Mhamdi M., Hannachi C. The influence of pre-planting treatments, organic and mineral fertilisers on potato production. *Journal of New Sciences*. 2014. Vol. 11, No 3. P. 17-23.

8. Zhukov O.V., Pelina T.O., Demchuk O. M., Demchuk N. I., Koberniuk S.O. Agroecological and agroeconomic aspects of the grain and grain legumes (pulses) yield dynamic within the Dnipropetrovsk region (period 1966-2016). 2018. *Biosystems Diversity*. 26(2). P. 3–10.

## References

1. Zymaroieva A. A. (2018). Osoblyvosti prostorovo-chasovoho trendu vrozhaivosti zernovykh i zernobobovykh kultur u Poliskii ta Lisostepovii zonakh Ukrainy. [Features of the spatiotemporal trend of grain and grain legumes yields in forest and forest-prairie zone of Ukraine]. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, 3, 66–73. doi:10.31210/visnyk2018.03.10.

2. Ulianych O. I., Vorobiova N. V., Naumchuk V. M. (2014). Urozhainist sortiv kartopli rannostyhloi za riznykh sposobiv zastosuvannia absorbentiv. [Yields of early potato varieties for different methods of making vermicompost]. *Scientific Herald of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Agronomy*, 195(1), 187-193.

3. Bajracharya M., Sapkota M. (2017). Profitability and productivity of potato (*Solanum tuberosum*) in Baglung district, Nepal. *Agriculture & Food Security*, 6, 47. <https://doi.org/10.1186/s40066-017-0125-5>.

4. Bonnieux F., Mahé L. P. (1977). Factors affecting potato production in France since 1950. *European Review of Agricultural Economics*, 4(2), 101–118. <https://doi.org/10.1093/erae/4.2.101>

5. Diacono, M., Castrignano, A., Troccoli, A., De Benedetto, D., Basso, B., Rubino, P. (2012). Spatial and temporal variability of wheat grain yield and quality in a Mediterranean environment: A multivariate geostatistical approach, *Field Crops Research*, 131, 49-62. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.03.004>.

6. Ensign M. R. (1935). Factors influencing the growth and yield of



Зимарова А. А.

potatoes in Florida. Plant Physiol. 10(3), 465–482.

7. Mani F., Bettaieb T., Mhamdi M., Hannachi C. (2014). The influence of pre-planting treatments, organic and mineral fertilisers on potato production. Journal of New Science. 11(3), 17-23.

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО- ВРЕМЕННОЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ УРОЖАЙНОСТИ КАРТОФЕЛЯ В ПОЛЕССКОЙ И ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНАХ УКРАИНЫ

А. А. Зимарова

*Анотация.* В работе установлены закономерности пространственно-временной вариабельности урожайности картофеля в Полесской и Лесостепной зонах Украины и определены соотношения факторов динамики агроэкономической и агроэкологической природы. Показано, что динамика урожайности картофеля в исследованном регионе характеризуется наличием трех точек экстремумов: двух локальных максимумов и одного локального минимума. Особые точки полиномиальной кривой четвертого порядка могут быть содержательно интерпретированы и использованы для описания динамики урожайности. Свободный член полинома указывает на урожайность культуры в стартовый период. Стартовый уровень урожайности картофеля варьирует в пределах от 1,71 т/га (юго-восточные регионы) до 2,27 т/га (северные районы). Динамика

8. Zhukov O.V., Pelina T.O., Demchuk O. M., Demchuk N. I., Koberniuk S.O. (2018). Agroecological and agroeconomic aspects of the grain and grain legumes (pulses) yield dynamic within the Dnipropetrovsk region (period 1966-2016). Biosystems Diversity, 26(2), 3–10.

урожайности, которая может быть объяснена регрессией, указывает на то, что агротехнологические и агроэкологические условия ведения сельскохозяйственного производства являются тотальным фактором, определяющим наличие общего тренда. Коэффициент детерминации регрессии тотального тренда может быть интерпретирован как показатель роли агротехнологических и агроэкономических факторов в динамике урожайности. Установлено, что вклад агротехнологических и агроэкономических факторов в общее варьирование урожайности картофеля составляет от 65 до 88%. Наиболее чувствительны к агротехнологическим и агроэкономическим факторам являются центральные и северные районы региона исследования, а наименее – западные и восточные.

**Ключевые слова:** урожайность, картофель, тренд, динамика, пространственно-временная вариабельность, модель

Зимаросва А. А.

**REGULARITIES OF THE  
SPATIAL-TEMPORAL  
VARIABILITY OF THE POTATO  
YIELD IN POLISSYA AND  
FOREST-STEPPE ZONES OF  
UKRAINE**

**A. Zymarioieva**

***Abstract.** In the present article the patterns of the geographic variability in yields of potato within Polesia and Forests-teppe zones of Ukraine were established and the correlation of the factors and dynamics of the agro-economic and agroecological nature was determined. The yields dynamics of potato in the study area over time were determine as being characterized by three extreme points: two local maxima and one local minimum. The general trend of soybean yields dynamics in Ukraine during 1991 - 2017 is most successfully described by the fourth degree polynomial. We provide agroeconomic and agrotechnological origin to the nature of the trend. Potato yield dynamics can be described and interpreted by characteristic points of the fourth degree polynomial. The absolute term of the polynomial*

*equation indicates the productivity of the potato in the starting period. The starting level of potato yield varies from 1.71 t / ha (south-eastern regions) to 2.27 t / ha (northern areas). Dynamics of the productivity that can be explained by the regression indicates that agro-technological and agroecological conditions of agricultural production is a total factor that determines the presence of a general trend. The coefficient of determination of the regression of the total trend can be interpreted as an indicator of the role of the agro-technological and agro-economical factors in the yield dynamics. It was found out that the contribution of agro-technological and agro-economic factors in the total variability of potato yields is from 65 to 88%. The northern and central areas of the research region are the most sensitive to agro-technological and agro-economic factors and the western and eastern areas are the least sensitive.*

**Keywords:** yield, potato, trend, dynamics, spatial-temporal variability, model