

УДК 631.559  
© 2017

*Пономаренко С. В., здобувач*  
Полтавська державна аграрна академія

## ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА ДИНАМІКА УРОЖАЙНОСТІ КУКУРУДЗИ В ПОЛТАВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

*Рецензент – доктор біологічних наук О. В. Жуков*

У статті представлені розроблені автором методичні підходи для виокремлення характеру дії на урожайність кукурудзи на регіональному рівні агро-економічних, агротехнологічних та агроекономічних факторів. Встановлено, що урожайність кукурудзи у сільськогосподарських підприємствах Полтавської області по районах у середньому за 1995–2016 рр. варіювала в межах від  $35,15 \pm 3,77$  ц/га (Кобеляцький район) до  $55,52 \pm 5,59$  ц/га (Шишацький район). Найменший рівень варіювання показників урожайності кукурудзи за період дослідження був характерний для Оржицького району (коефіцієнт варіації 28,64 %), а найбільший – для Чорнухинського (CV = 60,52 %). Показано, що просторова компонента варіювання середнього рівня врожайності кукурудзи статистично невірогідна на розглянутому масштабному рівні. Параметри лінійної моделі тренду врожайності кукурудзи характеризуються наявністю просторової компоненти своєї мінливості. Аналіз динаміки урожайності кукурудзи у сільськогосподарських підприємствах Полтавської області у часі вказує на наявність чіткого тренду збільшення врожайності за період дослідження, який можна описати за допомогою лінійної регресії. Коефіцієнти регресії інтерпретовано як швидкість зростання врожайності з часом та як потенціал урожайності у початковий період дослідження.

**Ключові слова:** динаміка урожайності, тренд, часові ряди, просторова варіабельність, агроекологічні фактори.

**Постановка проблеми.** Серед агроекологічних чинників важливе значення мають глобальні зміни клімату (Кобець та ін., 2015). Це зумовлює необхідність адаптації вітчизняного сільського господарства до таких змін шляхом розробки нових наукових підходів та економічного обґрунтування технологій вирощування певних зернових культур, які користуються попитом на внутрішньому та світовому ринках (Витлинский, Грицюк, 2008). Продуктивність рослин, яка безпосередньо впливає на формування економічних показників зерновиробництва, також залежить від певних ґрунтово-кліматичних умов (Бабич, 1992). Динаміка урожайності сільськогосподарських культур визначається як результат сукупної дії агроекологічних, агроекономічних та аг-

ротехнологічних чинників. У контексті агро-економічних чинників слід вказати на соціально-економічну кризу в Україні на початку 90-х років ХХ століття. Під час переходу до ринкових відносин для усіх галузей економіки було створено умови вільного ціноутворення, а для сільського господарства запроваджено орієнтовні ціни, які зростали значно нижчими темпами, ніж на товари і послуги, які споживаються сільським господарством, що спричинило диспаритет цін не на користь аграріїв. Це, в свою чергу, вплинуло на розвиток сільського господарства в цілому, так і на виробництво зерна (Доронін, 2014). Тому важливою проблемою є дослідження динаміки ключових сільськогосподарських культур, у тому числі кукурудзи, та встановлення агро-економічних, агротехнологічних та агроекологічних компонентів мінливості цього показника.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми.** Агротехнологічні чинники є функцією агро-економічних. Встановлена пряма залежність урожайності зернових культур від своєчасного і ефективного проведення будь-якого агротехнологічного прийому. Усі прийоми важливі, особливо посів у кращі агрономічні строки. До строків сівби підключається сортовий і насінневий фактор, ефективні сівозміни, норми внесення мінеральних і органічних добрив, способи захисту рослин від бур'янів, хвороб і шкідників, забезпечення технічними засобами тощо. Всі ланки технологічного ланцюга повинні бути тісно взаємопов'язані (Гринчук, 2015). Найбільші втрати гумусу в ґрунтах Полтавської області відбулися в період 60–80 рр. минулого століття, що обумовлено інтенсифікацією сільськогосподарського виробництва за рахунок збільшення площ просапних культур, передусім цукрових буряків і кукурудзи. У цей період щорічні втрати гумусу сягали 0,55–0,60 т/га (Коваль та ін., 2012). За результатами агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення протягом останніх чотирьох турів спостерігається стабільна тенденція зменшення вмісту в ґрунтах гумусу. За останні 20 років його вміст в Україні зменшився на 0,5 %. Найінтенсивніше процес втрати

гумусу пройшов протягом шостого туру (1991–1995 рр.), коли почалося суттєве зменшення внесення органічних добрив та отримання врожаю за рахунок потенційної родючості ґрунту (Швидь, 2003).

Основними напрямками підвищення адаптованості виробництва зернових культур в сучасних умовах є: розміщення посівів сільськогосподарських культур у сприятливих ґрунтово-кліматичних умовах, створення адаптованих сортів і гібридів до природних умов України, переведення зернової галузі на постіндустріальні моделі розвитку, забезпечення сировинної бази для розвитку біоенергетики, створення кормової бази для тваринництва, розвиток органічного виробництва, структуризація зернового ринку (Доронін, 2014). Загальний рівень урожайності зернових та зернобобових культур та ступінь варіювання цього показнику залежить від агроекономічних (у широкому розумінні цього поняття) та агроекологічних чинників (Орленко, 2015). Вплив цих чинників підкоряється принципу лімітуючого фактору: визначальним є той фактор, який знаходиться у недостатку (або надлишку). Для дослідження динаміки врожайності круп'яних культур використане кореляційно-регресійне моделювання (Орленко, 2015). Для описання тренду динаміки урожайності зернових та зернобобових культур в Україні за період 1913–2012 застосована поліноміальна модель четвертого порядку (Доронін, 2014). Застосування постіндустріальних моделей розвитку зернової галузі передбачає розробку і впровадження: ресурсозберігаючих біоадаптивних технологій вирощування сільськогосподарських культур, інтегрованої системи захисту рослин, методів оптимізації процесів росту і розвитку рослин з урахуванням змін клімату та на основі принципів точного землеробства (Доронін, 2014).

Просторове варіювання агроекономічних та агроекологічних чинників має різний характер (Жуков та ін., 2017). Важливим аспектом варіювання також є закономірні патерни динаміки врожайності у часі. Тому дослідження закономірностей варіювання врожайності в просторі та часі може надати підтвердження тій або іншій гіпотезі про генезу джерел варіювання урожайності сільськогосподарських культур (Демидов і др., 2013; Жуков та ін., 2015; Диченко та ін., 2015).

**Мета дослідження** – розробити методичні підходи для виокремлення характеру дії на урожайність кукурудзи на регіональному масштабі факторів агротехнологічної та агроекономічної природи.

**Матеріали та методи дослідження.** В основу дослідження покладені відкриті відомості про рівень урожайності зернових та зернобобових культур в середньому по адміністративним районам Полтавської області за період 1995–2016 рр. Відповідні відомості містяться в офіційних щорічних публікаціях «Сільське господарство Полтавської області» Головного управління статистики у Полтавській області (<http://www.pl.ukrstat.gov.ua/>).

Часові ряди урожайності по кожному адміністративному району були розбиті на дві компоненти: тренд та залишок тренду. Глобальний тренд був пояснений за допомогою залежності урожайності культури від часу. В якості аналітичної форми тренду ми обирали між поліномами різного порядку. Надавали перевагу поліномам меншого порядку (більш простих за своєю аналітичною формою) та таким, які мають найбільшу пояснювальну здатність. Параметри лінійної моделі можуть бути самостійно інтерпретовані таким чином, що ним може бути наданий очевидний фізичний зміст. Це дає змогу відповідні коефіцієнти розглядати як самостійні змінні та досліджувати їх поведінку залежно від інших агроекологічних змінних, або досліджувати особливості їх просторової мінливості.

Просторова регулярність варіювання показників урожайності та параметрів тренду може бути досліджена за допомогою І-статистики Морана (Жуков, 2015). Розрахунки виконані у програмі GeoDa (Anselin et al., 2006). Географічна інформаційна система побудована за допомогою програми ArcGIS 10.2. Статистичні розрахунки виконані в програмі Statistica 10.0.

**Результати досліджень.** Аналіз одержаних даних свідчить про те, що врожайність кукурудзи у сільськогосподарських підприємствах Полтавської області по районах у середньому за 1995–2016 рр. варіювала в межах від 35,15±3,77 ц/га (Кобеляцький район) до 55,52±5,59 ц/га (Шишацький район) (див. табл.). Мінімальна врожайність встановлена у Карлівському районі в 1999 р. (9,1 ц/га), а максимальна – у Гадяцькому районі в 2013 р. (103,7 ц/га). За період досліджень діапазон варіювання середньої врожайності становив від 48,90 ц/га (Оржицький район) до 86,60 ц/га (Гадяцький район). Найменший рівень варіювання показників врожайності кукурудзи за період дослідження був характерний для Оржицького району (коефіцієнт варіації 28,64 %), а найбільший – для Чорнухинського (CV = 60,52 %).

## СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

### *Урожайність кукурудзи у сільськогосподарських підприємствах Полтавської області по районах (ц/га, 1995–2016 рр.)*

№	Район	Середнє	Мінімум	Макси- мум	Довірчий інтервал		CV, %
					-95 %	+95 %	
1	В.-Багачанський	49,50±4,57	20,30	93,50	20,30	93,50	43,27
2	Гадяцький	47,04±5,69	17,10	103,70	17,10	103,70	56,69
3	Глобинський	44,91±3,39	24,10	81,50	24,10	81,50	35,44
4	Гребінківський	40,87±4,82	15,40	95,50	15,40	95,50	55,34
5	Диканський	42,83±4,34	11,00	88,20	11,00	88,20	47,50
6	Зіньківський	43,00±4,72	12,80	84,40	12,80	84,40	51,51
7	Карлівський	42,71±4,44	9,10	82,60	9,10	82,60	48,74
8	Кобеляцький	35,15±3,77	13,20	73,90	13,20	73,90	50,28
9	Козельщинський	38,31±3,95	12,00	80,10	12,00	80,10	48,32
10	Котелевський	52,61±3,60	26,60	83,20	26,60	83,20	32,08
11	Кременчуцький	37,68±3,31	20,90	79,10	20,90	79,10	41,26
12	Лохвицький	50,08±5,09	16,30	93,70	16,30	93,70	47,70
13	Лубенський	40,43±4,48	15,80	84,20	15,80	84,20	51,94
14	Машівський	49,65±5,01	13,20	86,20	13,20	86,20	47,37
15	Миргородський	52,78±5,00	17,20	90,80	17,20	90,80	44,41
16	Новосанжарський	55,05±5,28	16,30	94,30	16,30	94,30	45,03
17	Оржицький	47,14±2,88	31,90	80,80	31,90	80,80	28,64
18	Пирятинський	45,27±4,51	18,10	84,60	18,10	84,60	46,74
19	Полтавський	43,36±3,54	18,70	78,90	18,70	78,90	38,32
20	Решетилівський	41,48±4,03	16,60	75,00	16,60	75,00	45,51
21	Семенівський	42,67±4,60	10,20	88,00	10,20	88,00	50,59
22	Хорольський	45,48±4,17	17,10	95,30	17,10	95,30	42,99
23	Чорнухинський	40,02±5,16	9,40	86,60	9,40	86,60	60,52
24	Чутівський	41,05±3,72	11,60	75,50	11,60	75,50	42,51
25	Шишацький	55,52±5,59	21,50	101,30	21,50	101,30	47,21

Географічно райони з високим та середнім рівнем врожайності кукурудзи зосереджені на сході та у центрі області (рис. 1). Поряд розташовані у центрі райони з високими рівнями урожайності (Миргородський та Шишацький райони). Відокремлені від цього анклаву територіями з меншими рівнями врожайності кукурудзи Котелевський та Новосанжарський райони.

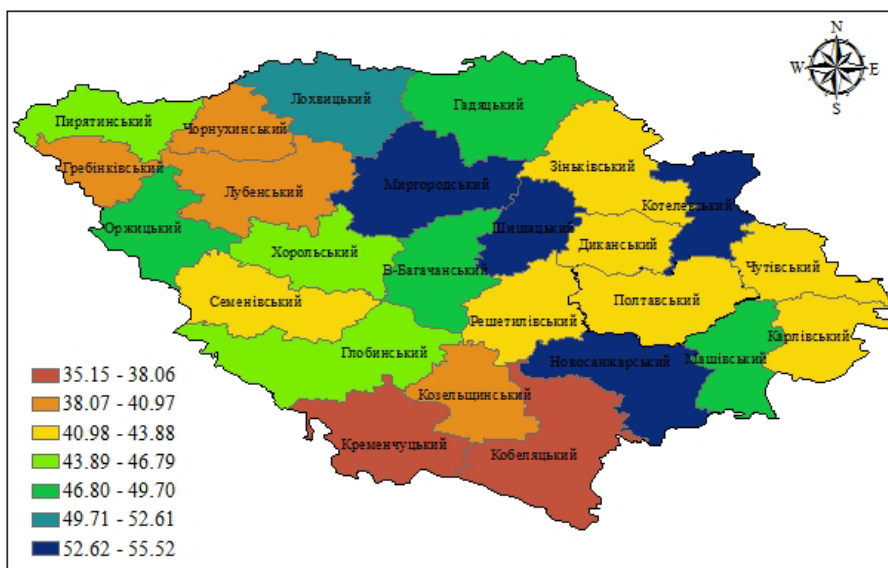
Компактно у просторі представлені райони з низьким рівнем врожайності на півдні (Кременчуцький, Кобеляцький, Козельщинський райо-

ни). Слід зазначити, що Новосанжарський район з високим рівнем врожайності безпосередньо межує з районами з низьким рівнем врожайності.

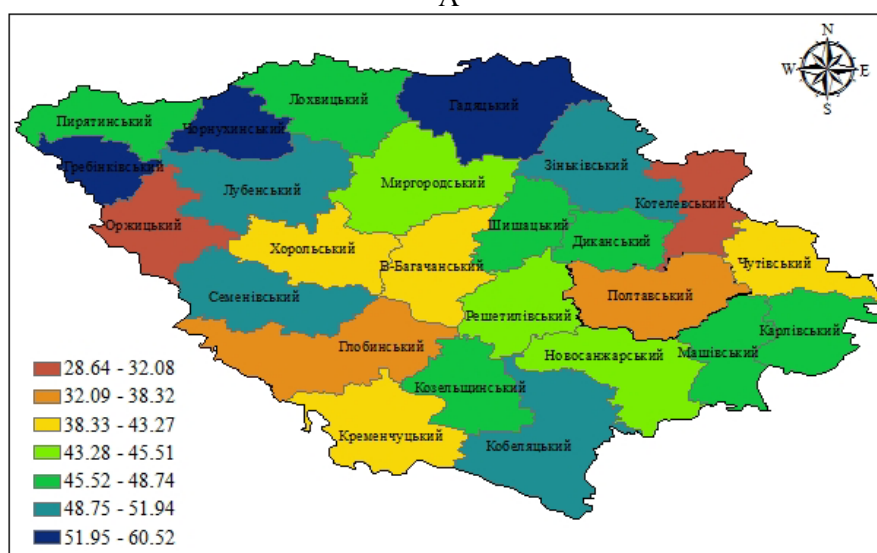
Райони з більшим рівнем варіювання у часі врожайності кукурудзи зосереджені на півночі області (Гребінківський, Чорнухинський та Гадяцький райони).

Оцінити значення просторової компоненти варіювання можна за допомогою діаграми Морана (рис. 2).

## СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО

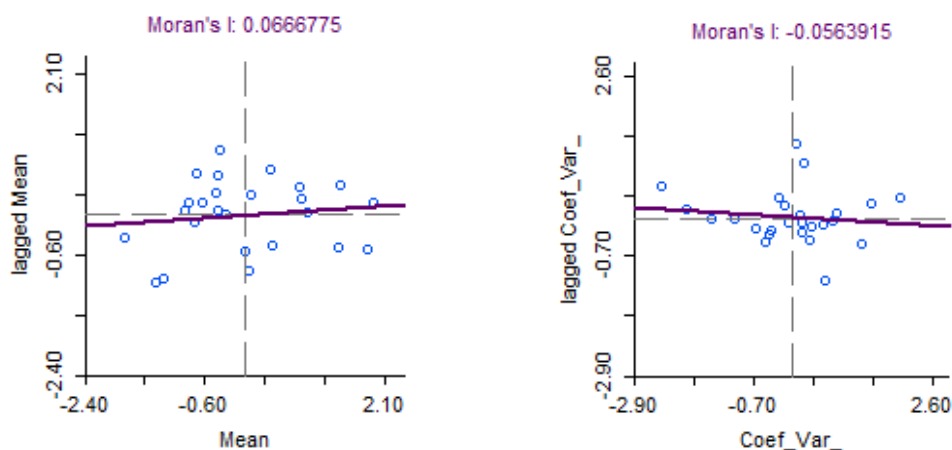


А



В

**Рис. 1.** Урожайність культур кукурудзи (А – середнє, ц/га, В – коефіцієнт варіації, %) у сільськогосподарських підприємствах Полтавської області по районах



**Рис. 2.** Діаграма Морана для середнього рівня врожайності кукурудзи та коефіцієнту варіації цього показника

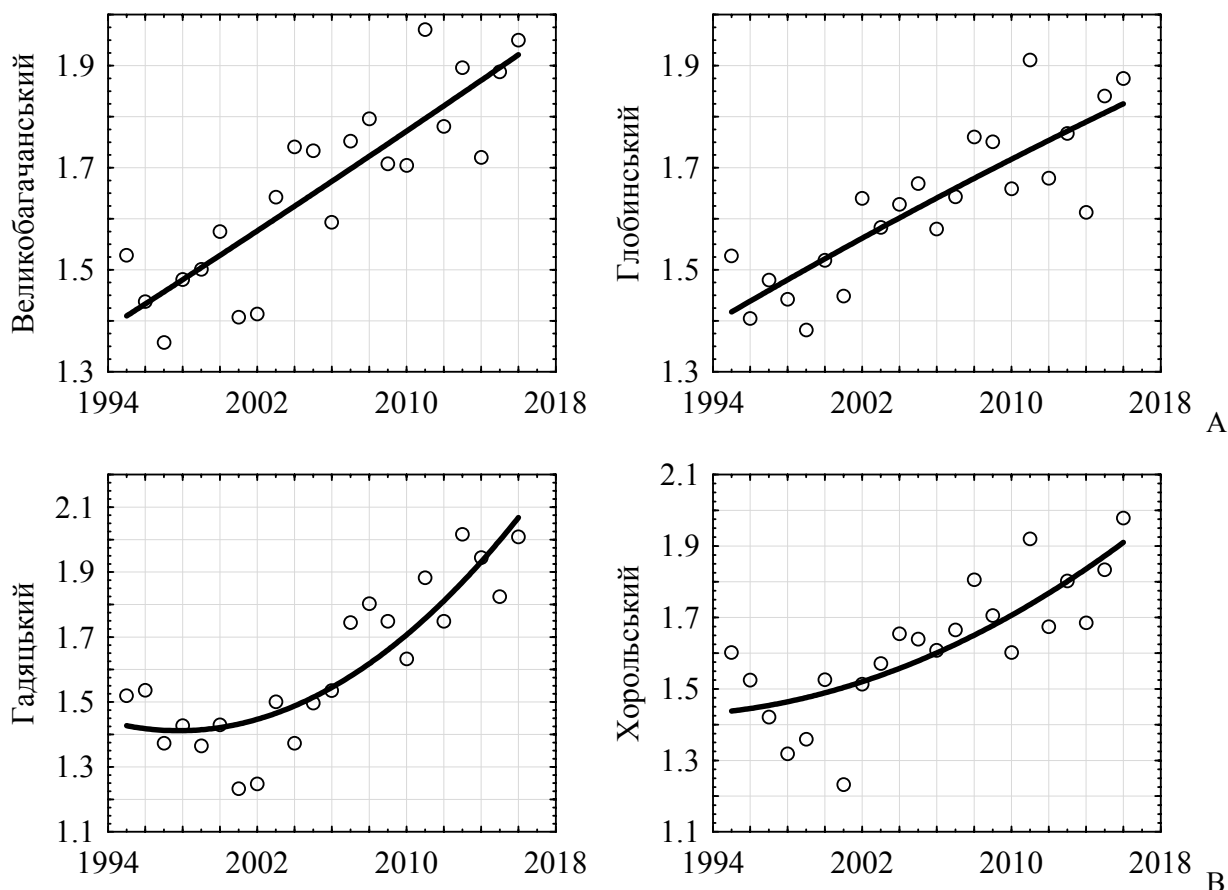


Рис. 3. Динаміка урожайності кукурудзи у сільськогосподарських підприємствах Полтавської області по районах (ц/га, логарифмовані данні, 1995–2016 рр.)

Умовні позначки: А – типові райони з трендом без вираженого локального мінімуму; В – типові райони з трендом з локальним мінімумом.

Міри просторової ваги обрані за ферзь-подібною моделлю. Для середнього значення врожайності статистика *I*-Морана становила 0,07. Після 999 рандомізацій *p*-рівень відмінності від випадкової альтернативи становив 0,19. Таким чином, просторова компонента варіювання середнього рівня врожайності кукурудзи статистично невірогідна. Для коефіцієнту варіації врожайності статистика *I*-Морана становила 0,06, а *p*-рівень після рандомізації становив 0,46, що вказує на відсутність внеску факторів просторової природи у варіювання мінливості врожайності кукурудзи на розглянутому масштабному рівні.

Аналіз динаміки врожайності кукурудзи у сільськогосподарських підприємствах Полтавської області у часі вказує на наявність чіткого тренду збільшення врожайності за період дослідження. У деяких районах загальний тренд збільшення є монотонним (Великобагачанський, Глобинський, Диканський та деякі інші) (рис. 3А).

Райони з найбільшим потенціалом урожайності зернових та зернобобових протягом 1991–

2016 рр. розміщені дифузно. На заході – це Оржицький район, на сході – це Карлівський район.

Між коефіцієнтами *a* та *b* встановлена статистично вірогідний кореляційний зв'язок ( $r = -0,82, p = 0,00$ ). Це дещо пояснює ту обставину, що карта коефіцієнту *b* є певною мірою негативом карти коефіцієнту *a*.

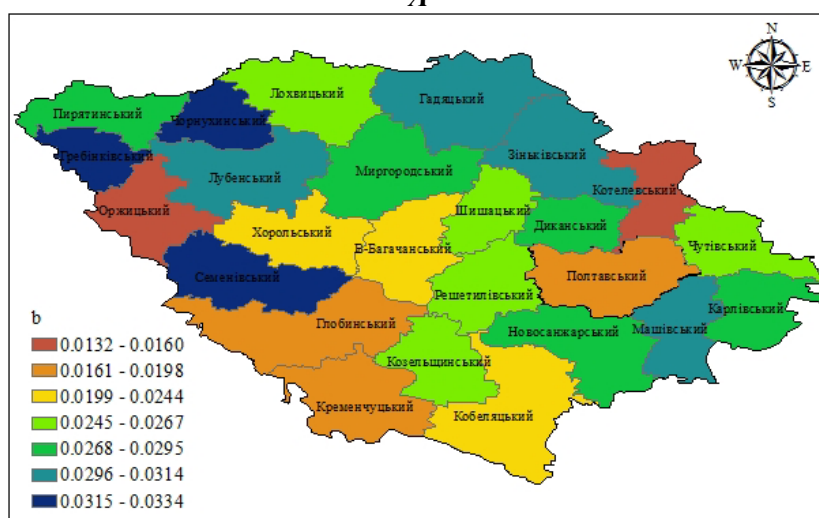
Швидкість тренду зростання урожайності протягом періоду досліджень найбільшою була у західних районах області (Гребінківський, Семенівський, Чорнухинський). Зона з помірно швидкістю зростання знаходиться на північному сході (Гадяцький та Зіньківський райони). На сході швидкість тренду зростання була найменшою (Котелевський район).

Лінійний тренд варіювання врожайності кукурудзи протягом часу є не єдиним аспектом варіювання цього показника. Рівень значущості лінійного тренду може бути кількісно охарактеризована за допомогою коефіцієнту детермінації лінійної моделі (рис. 5).

## СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО. РОСЛИННИЦТВО



A



B

**Рис. 4. Просторове варіювання параметрів лінійної регресії тренду урожайності кукурудзи за період 1991–2016 рр. А – коефіцієнт а – потенціал врожайності на початок періоду, В – коефіцієнт b – швидкість зростання**



**Рис. 5. Просторове варіювання коефіцієнту детермінації лінійної регресії тренду урожайності кукурудзи протягом 1991–2016 рр.**

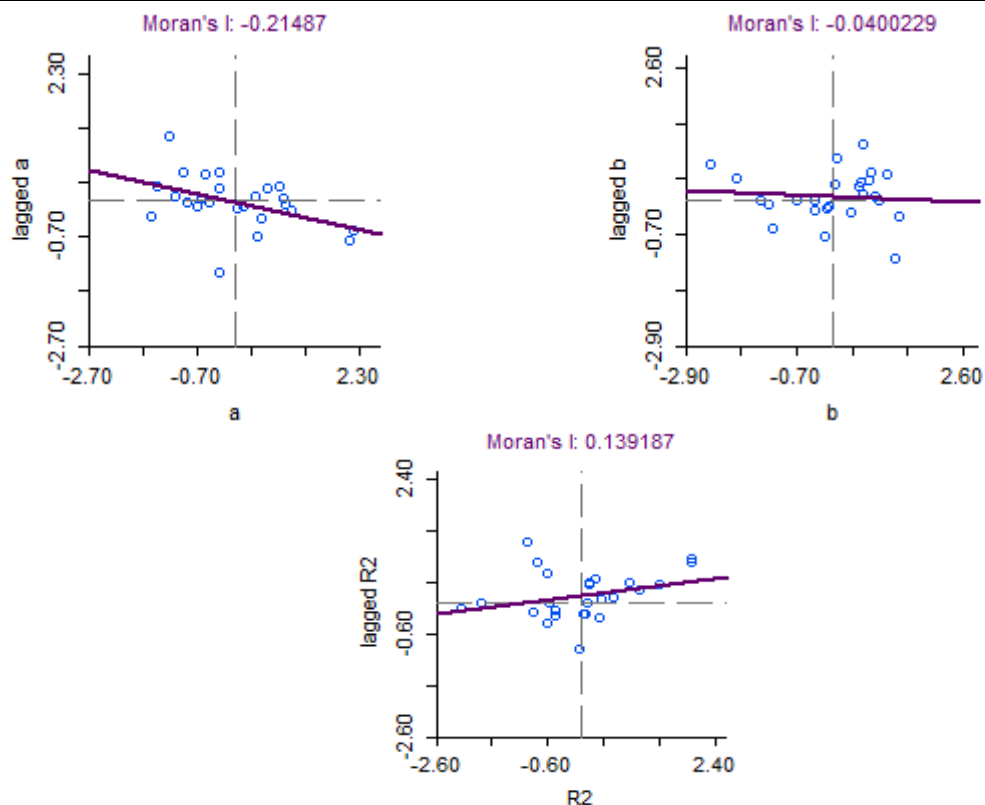


Рис. 6. Діаграма Морана для параметрів лінійної моделі тренду врожайності кукурудзи протягом 1991–2016 рр.

За цим показником найбільшою мірою лінійний тренд виражений у західних районах області (Пирятинський, Гребінківський, Лубенський). Територія, де роль лінійного тренду менша, характерна для східних районів (Котелевський та Полтавський).

Параметри лінійної моделі тренду врожайності кукурудзи характеризуються наявністю певного рівня просторової компоненти своєї мінливості (рис. 6).

Статистика *I*-Морана для коефіцієнту *a* становить  $-0,21$ . Після процедури рандомізації встановлений *p*-рівень вірогідності відмінності від випадкової альтернативи  $0,05$ . Від'ємне значення статистики *I*-Морана вказує на наявність просторової залежності, яка полягає у тому, що між собою межують райони з контрастними значеннями досліджуваного показника.

Для коефіцієнту *b* статистика *I*-Морана становить  $-0,04$  (*p*-рівень  $0,47$ ), а для коефіцієнту детермінації  $R^2$  –  $0,14$  (*p*-рівень  $0,08$ ). Таким чином, потенціал урожайності кукурудзи на початку періоду досліджень характеризується найбільшим рівнем просторової залежності, тоді як у варіюванні швидкості зростання врожайності просторова компонента є не дуже важливою. Для коефіцієнту детермінації просторова компонента має помірне значення.

Очевидно, що зростання врожайності сільськогосподарських культур, яке має характер стійкого тренду протягом значного періоду часу, в своїй основі має агроекономічні чинники. Але просторово обумовлені відхилення від загального тренду мають агроекологічну природу внаслідок територіальної єдності екологічних причин, які не прив'язані до адміністративного членування території регіону. Таким чином ми бачимо, що результативність агроекономічних зусиль значною мірою залежить від агроекологічних обставин.

**Висновки:**

1. Урожайність кукурудзи у сільськогосподарських підприємствах Полтавської області по районах у середньому за 1995–2016 рр. варіювала в межах від  $35,15 \pm 3,77$  ц/га (Кобеляцький район) до  $55,52 \pm 5,59$  ц/га (Шишацький район). Найменший рівень варіювання показників врожайності кукурудзи за період дослідження був характерний для Оржицького району (коефіцієнт варіації  $28,64\%$ ), а найбільший – для Чорнухинського ( $CV = 60,52\%$ ).

2. Просторова компонента варіювання середнього рівня врожайності кукурудзи статистично невірогідна на розглянутому масштабному рівні. Параметри лінійної моделі тренду врожайності

кукурудзи характеризуються наявністю просторової компоненти своєї мінливості.

3. Аналіз динаміки урожайності кукурудзи у сільськогосподарських підприємствах Полтавської області у часі вказує на наявність чіткого тренду збільшення врожайності за період дослідження,

### **БІБЛІОГРАФІЯ**

1. *Бабич В. А.* Планирование орошения с помощью информационно-вычислительных систем : автореф. дис. ... к. т. н. : спец. 06.01.02. Укр. НИИ гидротехники и мелиорации / В. А. Бабич. – К., 1992. – 21 с.

2. *Витлинский В. В., Грицюк П. М.* Полигармоническое прогнозирование как метод минимизации инвестиционных рисков в зернопроизводстве / В. В. Витлинский, П. М. Грицюк // Тр. Межд. научн. конф. «Моделирование и анализ безопасности и риска». – СПб. : ГУАП, 2008. – С. 231–236.

3. *Гринчук Т.* Підходи до аналізу сучасного стану зерновиробництва у сільськогосподарських підприємствах регіону та факторів, які впливають на його розвиток // Науковий вісник (Одеського національного економічного університету). – 2015. – №9. – С. 48–60.

4. *Демидов А. А.* Пространственная агроэкология и рекультивация земель : монография / А. А. Демидов, А. С. Кобец, Ю. И. Грицан, А. В. Жуков. – Днепропетровск : Изд-во «Свидлер А.Л.», 2013. – 560 с. DOI: 10.13140/RG.2.1.5175.5040.

5. *Диченко О. Ю.* Просторова агроекологія як основа прогнозу чисельності шкідників. Навчальний посібник / О. Ю. Диченко, П. В. Писаренко, О. М. Кунах, О. В. Жуков. – Дніпропетровськ: ДНУ, 2015. – 139 с. DOI: 10.13140/RG.2.1.1014.4485.

6. *Доронін А. В.* Сучасний стан зернового ринку в Україні / А. В. Доронін // Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків. – 2014. – Вип. 21. – С. 270–276.

7. *Жуков О. В.* Роль ландшафтного різноманіття у динаміці чисельності популяцій шкідників цукрового буряку в Полтавській області / О. В. Жуков, П. В. Писаренко, О. М. Кунах, О. Ю. Диченко // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – 2015. – Вип. 23, Т. 1. – С. 21–27.

який можна описати за допомогою лінійної регресії. Коефіцієнти регресії інтерпретовано як швидкість зростання урожайності з часом та як потенціал урожайності у початковий період дослідження.

8. *Жуков О. В.* Оцінка варіювання у просторі та часі рослинного покриву засобами дистанційного зондування Землі / О. В. Жуков, П. В. Писаренко, О. М. Кунах, О. Ю. Диченко // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2015. – №2 (36). – С. 105–112.

9. *Жуков О. В.* Аналіз просторових даних в екології та сільському господарстві / О. В. Жуков. – Дніпропетровськ : ДНУ, 2015. – 124 с. DOI: 10.13140/RG.2.1.3480.2406.

10. Екологія техноземів : монографія / [Жуков О. В., Задорожна Г. О., Маслікова К. П., Андруевич К. В., Лядська І. В.]. – Дніпро : Журфонд. – 2017. – 442 с.

11. *Кобець А. С.* Агроекологічні перспективи розвитку природного агровиробництва / А. С. Кобець, М. М. Харитонов, Ю. І. Грицан, О. В. Жуков // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2015. – №4 (38). – С. 6–10.

12. *Коваль В. В.* Сучасний стан родючості ґрунтів полтавської області / В. В. Коваль, В. О. Наталочка, С. К. Ткаченко, О. В. Міненко // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2012. – №2. – С. 76–82.

13. *Орленко О. В.* Дослідження динаміки врожайності круп'яних культур з використанням кореляційно-регресійного моделювання / О. В. Орленко // Глобальні та національні проблеми економіки. – 2015. – Вип. 7. – С. 574–576.

14. *Швидь С. Ф.* Стан ґрунтів Полтавської області та шляхи збереження і поліпшення їх родючості / С. Ф. Швидь : матеріали обласної науково-практичної конференції з питань ефективного ведення землеробства, 16–17 січня 2003 р. // Полтавська державна аграрна академія. – Полтава, 2003. – С. 79–82.

15. *Anselin L.* GeoDa: An Introduction to Spatial Data Analysis. Geographical Analysis / L. Anselin, S. Ibnu, Kh. Youngihn. – 2006. – Vol. 38 (1). – P. 5–22.