

МЕЛІОРАЦІЯ, ЗЕМЛЕРОБСТВО, РОСЛИННИЦТВО

УДК 630:551.5:633.11

DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2021.9.1>

ЗМІНИ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ ПРИЧОРНОМОРСЬКОГО СТЕПУ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

БУРИКІНА С.І. – кандидат сільськогосподарських наук,

<https://orcid.org/0000-0002-5197-6586>

Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту водних проблем і меліорації Національної академії аграрних наук України

ЦУРКАН О.І. – кандидат географічних наук

<https://orcid.org/0000-0002-7816-5425>

Одеський національний університет імені І.І. Мечнікова

ТАРАНЮК А.І. – науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0003-1597-9429>

Селекційно-генетичний інститут Національний центр насіннезнавства та сортовивчення Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Зернові культури, особливо пшениця, відносяться до найважливіших культур України. Це підтверджується часткою у структурі посівних площ, обсягами загального виробництва зерна і часткою у світовій торгівлі. Наприклад, у структурі експортних надходжень України частка продукції сільськогосподарського виробництва досягає майже 40%, причому основу аграрного експорту на 55% становлять зернові: пшениця, кукурудза, ячмінь і соєві боби [1]. Міжнародні експерти відмічають зростання світового експорту пшениці протягом останніх двох десятиліть на 98 млн. тонн проти 23 млн. тонн у період із 1980 по 2000 рік [2]. На країни Чорного моря, до яких віднесли Україну, Росію і Казахстан, припадає близько половини загального приросту експорту пшениці, з них на Україну – 12% [3-5]. Статус-кво України на світовому ринку пшениці багато в чому залежить від спроможності аграрного сектору адаптуватися до змін погодних умов, адже кліматичні умови є одним із незамінних факторів стабільного зростання ефективності його виробництва.

Основний масив посівних площ пшениці озимої (58,8%) розташований у зоні Степу. У структурі посівних площ Причорноморського степу, зокрема Одеської області, озима пшениця посідає провідне місце, суттєво впливаючи на економіку області. Водночас у цьому регіоні спостерігаються найбільш різкі погодно-кліматичні зміни.

Дослідниками відмічається, що загалом у регіонах країни зміни клімату проявляються по-різному, мають різну швидкість, масштаб і напрямок, тому політика адаптації до цього повинна розроблятися з огляду на місцеві особливості та високу різноманітність наслідків кліматичних змін [6; 7]. Тому існує потреба у вивченні та аналізі особливостей їхнього прояву у кожному регіоні країни з метою розроблення як адаптаційних конкретних стратегій, так і окремих технологічних рішень під час вирощування сільськогосподарських культур.

Аналіз останніх досліджень. Глобальні зміни клімату призводять до змін агрокліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур.

Існує декілька сценаріїв цього процесу для різних зон країни [8; 9], відповідно до яких у зоні Південного степу складатимуться сприятливі умови для вирощування пшениці озимої, що призведе до підвищення її продуктивності у 1,2-1,4 рази. За висновками інших дослідників [10], плодотворність клімату Південного степу зменшуватиметься, недобір урожаю озимої пшениці може досягти 25-30%. Зокрема, аналіз зміни клімату у Херсонській області показав, що за останні 10 років середньорічна кількість опадів зменшилася на 71 мм, а температура зросла на 2,0°C і, за висновками авторів, це призведе до опустелювання території і зниження продуктивності агроценозів [11].

Дослідженнями в інших регіонах також відзначено вплив зміни агрокліматичних умов на ріст і розвиток рослин озимої пшениці, який проявляється у строках сівби, особливостях фітосанітарного стану та акумулюється у продуктивності посівів [12-14].

Для клімату Причорноморського степу притаманно природний дефіцит і надзвичайна нерівномірність випадання опадів. За середньорічної кількості опадів 478 мм інтервал коливань становить від 250 до 700 мм. Нестача опадів разом із високими температурами повітря зумовлює виникнення повітряних і ґрунтових посух, які у поєднанні значно знижують, а іноді практично знищують урожай, як це сталося у 2003, 2007, 2020 роках.

Мета дослідження – узагальнення і практична оцінка змін агрокліматичних умов Причорноморського степу та їхнього впливу на продуктивність пшениці озимої.

Матеріали і методи досліджень. Під час визначення впливу погодних умов на урожайність пшениці озимої використані результати, отримані на основі довгострокового агрохімічного стаціонарного дослідження Одеської ДСДС упродовж 1973-2021 років. Озима пшениця вирощувалася протягом шести ротацій польової сівозміни після таких попередників, як чорний пар, сидеральний пар, горох, кукурудза молочно-воскової стиглості (МВС), ріпак озимий та озима пшениця. Для

Щорічно, починаючи із 2000 року, середня температура повітря на території Одеської області була стабільно вищою за кліматичну норму, її аномалії сягали від 0,8°C до 2,7°C (рис. 2). Таке явище відмічалось кліматологами і на всій території України [21].

Середні показники температурного режиму за рік формуються на основі середньомісячних температур. Майже всі місяці календарного року (рис. 3), починаючи із 2000 року, характеризуються відхиленням у бік зростання порівняно із кліматичною нормою. Найбільші відхилення від норми відмічені у лютому та у весняні і літні місяці. У період 1970-1998 рр. спостерігалось незначне підвищення температури з III по VIII місяці. Слід відмітити, що середня температура січня за 51-річний період зросла із (-2,1°C) у 1970–1987 рр. до (-0,8°C) у 1988–2020 рр., а середня температура липня – із 21,5 до 23,7°C.

У період багаторічних спостережень за сумою річних опадів (O) норма становила 456,8 мм (рис. 1 б). Нами [20] раніше виділено три основні циклічні часові періоди формування: I період (1970-1980 рр.) – це період значних максимальних варіаційних відхилень на початку періоду і від'ємного трендового складника на кінець періоду,

у більшості випадків (73%) значень, вищих за норму ($\bar{O} = 511,3$ мм, $\max O = 662,2$ мм, $\min O = 368,3$ мм); II період (1981-1993 рр.) – це період із негативним трендовим складником у більшості значень (75%), нижчих за норму ($\bar{O} = 384,8$ мм, $\max O = 605,6$ мм, $\min O = 266,4$ мм); III період (1994-2020 рр.) – період незначної стабілізації опадів у 56% показників, вищих за норму і позитивним трендовим складником на кінець періоду ($\bar{O} = 454,6$ мм, $\max O = 646,4$ мм, $\min O = 332,3$ мм).

Суттєвих змін у кількості опадів відносно кліматичної норми не відбувається, простежується лише перерозподіл кількості опадів окремими місяцями та сезонами. Така ж сама закономірність простежується і в межах України [22]. За даними діаграми (рис. 4), виявлено позитивний тренд кількості опадів за добу дощового періоду. Проте аналіз кількості днів із опадами показав їхнє різке зменшення за останні 29 років із 86,2 днів (1970–1992 рр.) до 61,5 днів (1993–2020 рр.).

Статистичний аналіз опадів і їхньої якості за вегетацію озимої пшениці протягом 51-річного циклу спостережень представлений у таблиці 1. Середня кількість опадів за вегетацію становила 450,8 мм із імовірністю 70,6%. Середня кількість днів із опадами

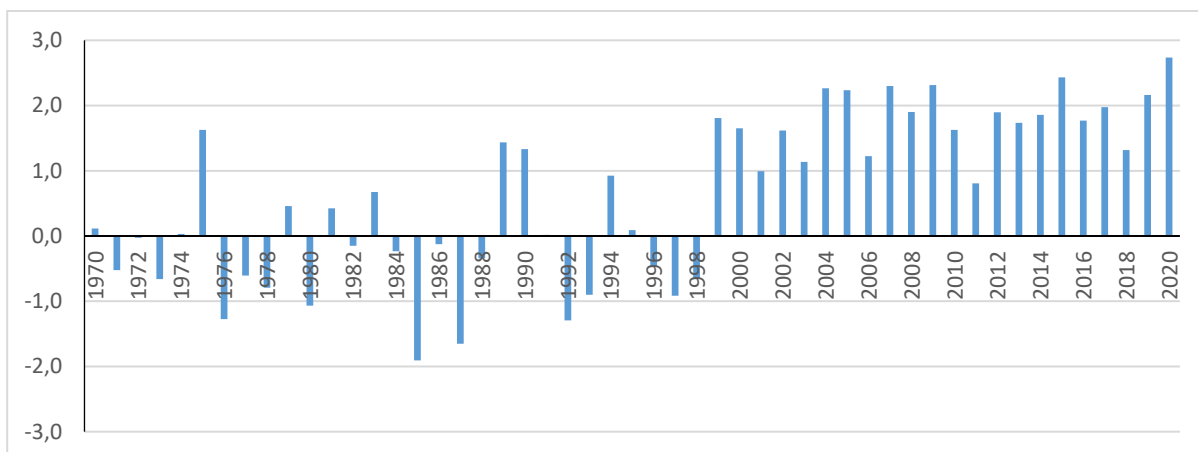


Рис. 2. Аномалії середньорічної температури повітря у Причорноморському степу за період 1970–2020 рр. відносно кліматичної норми (1961–1990 рр.)

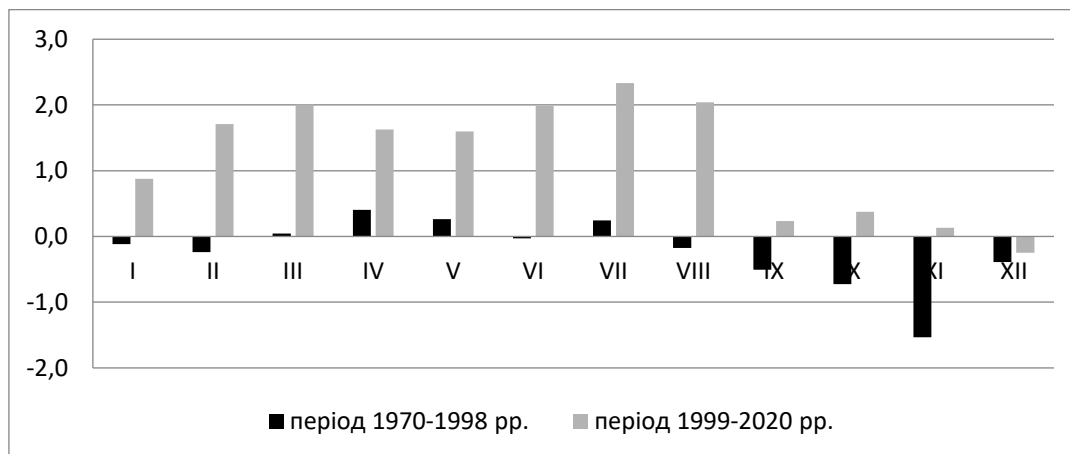


Рис. 3. Аномалії середньомісячних температур повітря (°C) відносно кліматичної норми 1961–1990 рр. (Одеська ДСДС)

та їхній розподіл за градаціями мали високий ступінь достовірності.

Непродуктивні опади, коли одноразово випадало менш ніж 5 мм дощу, у середньому від їхньої суми становили 59,4%, від 5 до 19,9 мм – 34,3%, більш ніж 20 мм – 6,3%, зокрема більш ніж 50 мм – менше одного відсотка (0,9%).

Водночас асиметрія, що характеризує щільність розподілу відносно його середнього значення, має здебіль-

шого невеликі показники, окрім значень кількості опадів більше 20 і 50 мм та кількості опадів за добу дощового періоду. Додатна асиметрія у розподілі цих показників за роками свідчить про розширення її правої гілки, тобто їхні числові значення збільшуються з роками.

Систематизація та оцінка вологозабезпеченості вегетаційного циклу пшениці озимої за десятиріччями (рис. 5) дозволили більш чітко виявити тенденції змін, які відбуваються. Зокрема, середня десятирічна кіль-

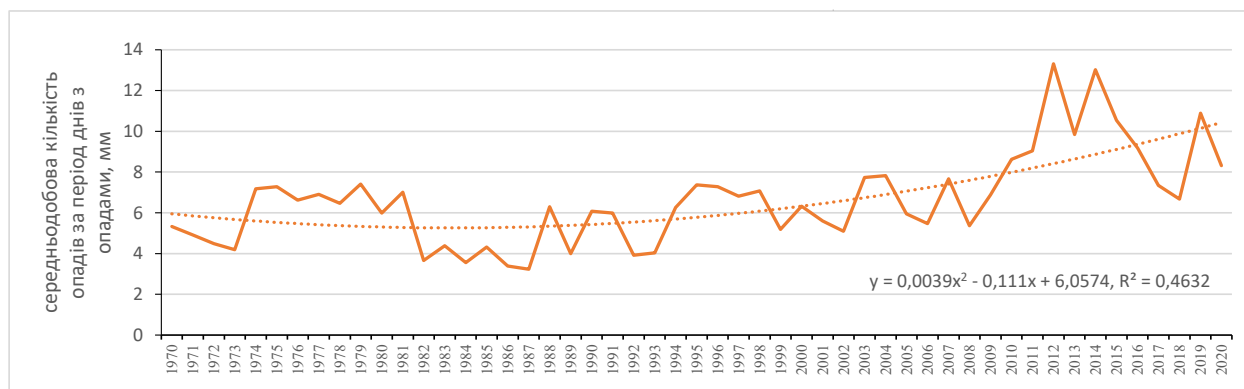
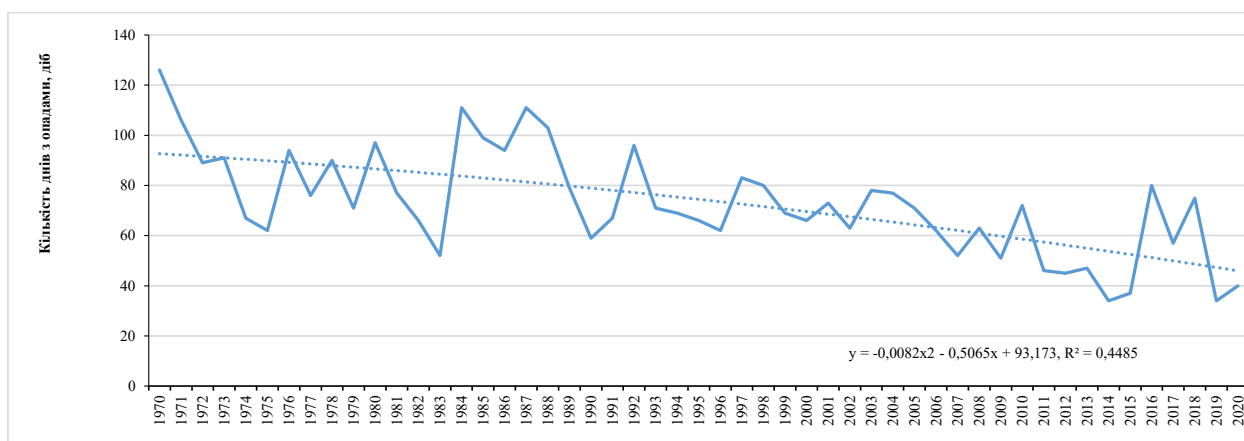


Рис. 4. Багаторічна динаміка кількості днів із опадами (а) і середньодобової кількості опадів за період днів із опадами (б) (за даними метеопоста Одеської ДСДС, 1970–2020 рр.)

Таблиця 1

Результати статистичного аналізу вологозабезпеченості вегетаційного періоду пшениці озимої (1971-2021 рр.)

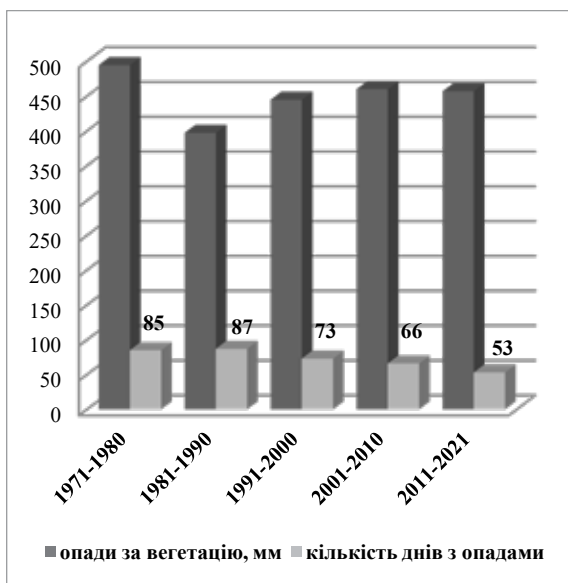
Показник	Опади всього, мм	Кількість днів із опадами, всього	Дні за градаціями опадів, у % від загальної кількості						мм/добу	
			<1 мм	1-4,9мм	5,0-9,9мм	10,0-19,9	≥20 мм	≥50 мм		
Середнє значення	450,8	72,1	21,4	38,0	20,8	13,5	5,4	0,9	6,65	
Мінімальне значення	232,5	30	0	20,8	6,2	4,9	0	0	3,1	
Максимальне значення	671,1	111	56,1	58,6	38,3	28,9	24,0	5,3	17,65	
Стандартна похибка	14,6	2,7	1,9	1,2	1,1	0,8	0,6	0,16	0,37	
Стандартне відхилення	104,6	19,4	13,3	8,7	7,6	5,6	4,1	1,14	2,63	
Ексцес	-0,38	-0,14	-0,29	-0,02	0,01	-0,24	7,09	3,21	6,6	
Асиметрія	0,02	-0,08	0,41	-0,06	0,61	0,47	2,11	1,54	2,1	
Рівень ймовірності	%	70,6	81,2	89,1	97,5	94,1	95,9	97,8	99,5	99,3
	ступінь	ймовірно			дуже ймовірно					

кість опадів коливалась у досить вузькому інтервалі – від 494,5 мм до 457,0 мм, а загальна кількість дощових днів на початку XXI століття зменшилася на 20 днів і за останній 10-тирічний період становила всього 53 дні (рис. 5а).

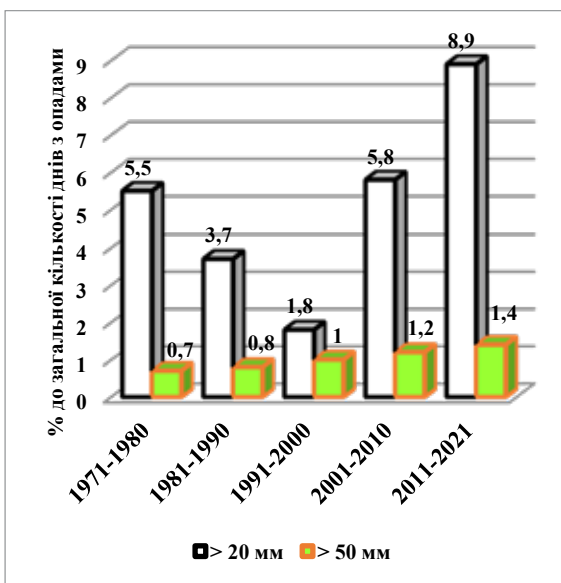
Помітно зменшилася частка днів із опадами у кількості менш ніж 1 мм: із 25,3% (1971–1980 рр.) до 7,8% (2011–2021 рр.); частка опадів у кількості від 1 до 5 мм залишилася практично на одному рівні (39,4–38,2%) із невеликими коливаннями. Відсоток днів із опадами у кількості 5–9,9 мм і 10–19,9 мм зріс протягом останнього з аналізованих періодів до 25,5% та 18,7% відповідно проти 16,0% та 13,1%. На тлі різкого зменшення кількості днів із опадами протягом вегетаційного періоду зростає

частка днів, коли одноразово випадало більш ніж 20 мм (із 5,5 до 8,9%) і більш ніж 50 мм (із 0,7 % до 1,4 %).

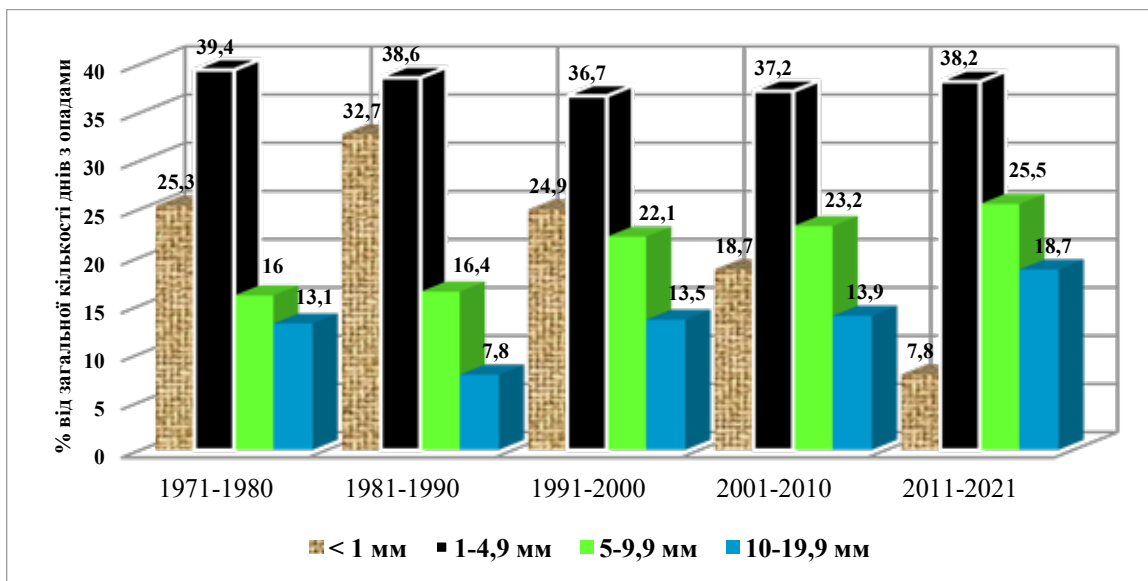
Починаючи із 2000 року, протягом більшої частини років (20 із 22-х, або 91%) період вегетації озимої пшениці тривав від 70 до 38 днів із опадами (табл. 2), серед яких частка днів із опадами кількістю до 5,0 мм становила від 58,5 до 39,1%, тоді як до цього кількість дощових днів перевищувала 70 і досягала 107 днів протягом 26 із 29 років (89,7%), а їхня частка із кількістю опадів до 5 мм коливалась у межах від 73,3 до 80,8%. Систематизацію та оцінку розподілу опадів за фазами росту і розвитку пшениці озимої у контексті змін агрокліматичних умов буде представлено у наступних матеріалах.



а)



б)



в)

Рис. 5. Аналіз кількості і структури опадів за десятиріччями вегетаційних періодів пшениці озимої

Рівень урожайності пшениці озимої за її вирощування без внесення добрив мав високу ступінь залежності від кількості днів із опадами: коефіцієнт детермінації дорівнював 0,98 (рис. 6). Водночас приріст виходу зерна у разі удобрення показав обернену залежність середнього ступеня від цього показника ($r = -0,56$) (табл. 3), тобто чим більше дощових днів у період вегетації, тим меншим є приріст урожаю зерна відносно контролю без

добрив. Величина приросту врожаю коливалась у широкому діапазоні – від 2,8 ц/га до 13,0 ц/га.

Кореляційний аналіз (табл. 3) підтвердив основні тенденції впливу метеорологічного фактору на продуктивність посівів пшениці озимої і формування величини приросту урожаю зерна під дією добрив. Нами виявлена наявність оберненого зв'язку між приростом урожаю і часткою днів із непродуктивними (до 5 мм)

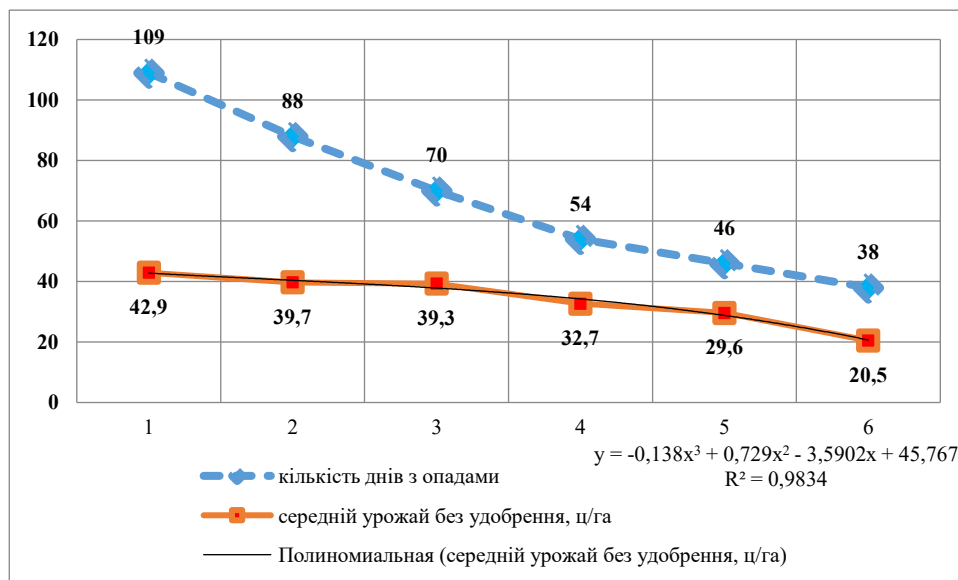


Рис. 6. Урожайність пшениці озимої на варіанті без удобрення і загальна кількість дощових днів у період вегетації рослин

Таблиця 2

Структура років за характеристикою режиму опадів протягом вегетації пшениці озимої

1971-1999 n=29		2000-2021 n=22		Опади всього, мм	К-сть днів із опадами, всього	Дні за градаціями опадів, у % від загальної кількості						мм/добу дощового періоду
кіль- кість	%*	кіль- кість	%*			<1 мм	1-4,9мм	5,0-9,9мм	10,0-19,9	≥20 мм	≥50 мм	
5	9,8	0	0	457,4	107	41,3	32,0	14,3	9,2	2,5	0,7	4,6
9	17,7	1	2,0	514,4	84	25,2	36,5	17,4	14,8	5,4	0,6	6,0
3	5,9	1	2,0	340,9	88	41,1	39,7	13,9	7,7	2,3	0	4,9
9	17,6	11	21,6	470,1	70	17,0	41,5	21,1	13,9	5,5	1,0	6,7
3	5,9	3	5,9	420,5	54	14,9	36,9	25,6	14,7	6,9	1,0	7,9
0	0	6	11,6	378,9	38	6,1	33,0	31,2	19,2	8,7	1,8	9,4

* % від загальної суми вибірки (51 рік)

Таблиця 3

Парні коефіцієнти кореляції між приростом урожаю зерна пшениці озимої і показниками вологозабезпеченості вегетаційного періоду

Показник	r	r ²
Приріст урожаю-опади за вегетацію	0,64	0,410
Приріст урожаю-кількість днів із опадами	-0,56	0,314
Приріст урожаю – % днів із опадами <1 мм	-0,61	0,372
Приріст урожаю – % днів із опадами 1-4,9 мм	-0,72	0,518
Приріст урожаю – % днів із опадами 5-9,9 мм	0,56	0,314
Приріст урожаю – % днів із опадами 10-19,9 мм	0,76	0,578
Приріст урожаю – % днів із опадами ≥20 мм	0,73	0,533
Приріст урожаю – % днів із опадами ≥50 мм	0,76	0,578
Приріст урожаю – мм/добу	0,80	0,640

Динаміка запасів продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на посівах озимої пшениці

Шар ґрунту, см	02.10.2020	04.11.2020	15.03.2021	01.04.2021	22.04.2021 р	08.06.2021	30.06.2021
0-10	0	0	15,4	16,0	15,6	14,0	7,9
0-20	0	1,4	30,7	32,6	31,8	28,9	16,2
0-50	0,8	9,0	70,6	74,1	70,7	65,3	27,7
0-100	2,0	12,0	130,1	139,0	131,7	122,5	48,9

опадями ($r=-0,72$) та прямого зв'язку – із кількістю днів, коли одноразово випадає більш ніж 10 мм ($r=0,73-0,76$). Результат факторного аналізу показав, що внесок природної родючості у формування приросту врожаю пшениці озимої в умовах Причорноморського степу становить 13,7%, добрив – 52,1%, а частка комплексного впливу погодних умов коливається від 25,1 до 30,9%.

Опади і температурний режим визначають запаси продуктивної вологи ґрунту, які значною мірою впливають на продуктивність рослин. У зоні Причорноморського степу на тлі кліматичних змін спостерігається зниження вологості ґрунту, особливо у період посіву озимини і відновлення вегетації до початку наливу зерна. Як показали наші спостереження, за останні 10-15 років запаси вологи у метровому шарі ґрунту досягають задовільного для чорноземів рівня (147-155 мм) лише за весняного відновлення вегетації, а вже у період виходу у трубку вони здебільшого знаходяться в інтервалі від 31 мм до 112 мм, що відповідає критичному і недостатньому рівню [23]. Наприклад, зазначена динаміка запасів продуктивної вологи спостерігалася на посівах озимини 2020-2021 сільськогосподарського року, коли весь осінній період як в орному (0-20 см), так і в метровому шарі були практично «мертвими» запаси вологи, тому повні сходи пшениці отримано лише у січні. Упродовж усіх інших фаз розвитку вони також не досягали рівня задовільного вмісту.

Така ситуація спостерігалась і впродовж більшості попередніх років із прогнозованою аридизацією клімату півдня країни, що загрожує згубними наслідками для аграріїв у разі відсутності зрошення.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Зміни клімату притаманні усій планеті, відбуваються і в Причорноморському степу, зокрема в Одеській області. Протягом останніх десятиріч у регіоні суттєво змінився термічний режим і режим зволоження, а також характеристика опадів за їхніми градаціями як за календарним роком, так і за періодом вегетації озимини:

– щорічно, починаючи із XXI століття, середня температура повітря на території Одеської області була стабільно вищою за кліматичну норму, її відхилення коливається в інтервалі від 0,8°C до 2,7°C; найбільші відхилення відмічені у січні та липні: середня температура січня за 51-річний період зросла на 1,3°C, липня – на 2,2°C;

– за період спостережень середньорічна кількість опадів (\bar{O}) становила 456,8 мм, а середня за вегетацію озимої пшениці – 450,8 мм із імовірністю 70,6%;

– за останні 20 років не відбувається суттєвих змін у кількості опадів відносно кліматичної норми, але простежується перерозподіл кількості опадів

в окремі місяці та сезони; зменшується кількість днів із опадами у середньому до 61,5 днів, а за останні 10 років – до 53 днів (проти 85 днів за вегетацію озимини у 1971–1980 роках, або проти середніх 86,2 днів за календарні 1970-1992 роки);

– у період вегетації озимої пшениці помітно змінилася характеристика опадів за їхніми градаціями: у середньому за 2011-2021 роки частка днів із опадами у кількості менш ніж 1 мм зменшилася з 25,3% (1971-1980 рр.) до 7,8%; частка днів із опадами у кількості від 1 до 5 мм залишилася практично на одному рівні (39,4-38,2%); відсоток днів із опадами у кількості 5-9,9 мм і 10-19,9 мм зріс у 1,6 та 1,4 рази відповідно; частка днів, коли одноразово випало більш ніж 20 мм, зросла у 1,6 рази, а більш ніж 50 мм – удвічі;

– продуктивність пшениці озимої за її вирощування без добрив значно залежала від кількості днів із опадами ($r^2=0,98$), а на фоні добрив показала середній рівень залежності ($r^2=0,68$), водночас величина приросту урожаю зерна за використання добрив мала обернену залежність середнього ступеня ($r=-0,56$): чим більше дощових днів у період вегетації, тим меншим є приріст відносно контролю без добрив.

Подальші дослідження спрямовуватимуться на більш детальне вивчення тенденцій розподілу теплових ресурсів, кліматології опадів і формування водного режиму ґрунту за фазами росту і розвитку пшениці озимої, їхнього впливу на її продуктивність. Результати, отримані на основі систематизації та аналізу довгострокових спостережень, дозволять зробити локальні прогнозні оцінки, які можуть використовуватися для розроблення системи ефективних адаптаційних заходів зі стабілізації виробництва основної зернової культури півдня України та загалом для розроблення регіональних планів із адаптації до змін клімату.

Але слід відмітити, що розширення ареалу дослідження шляхом залучення показників спостережень усіх метеостанцій і метеопунктів Причорноморського або Південного степу, або навіть тільки Одеської, Миколаївської та Херсонської областей дозволить отримати більш повне уявлення і поняття про те, до чого готуватися аграріям цього регіону у наближеному майбутньому.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Дашутіна Л.О. Розвиток зовнішньоторговельних перспектив агропромислового комплексу України в контексті євроінтеграції – Підприємництво в аграрній сфері: глобальні виклики та ефективний менеджмент. Матеріали I Міжнародної наук.-практ. конф. (Запоріжжя, 12-13 лютого 2020 року) Запоріжжя, ЗНУ 2020. Частина I. С. 114-117.

2. USDA PSD Online. USDA Foreign Agricultural Service. Online Database. Available online: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home> (accessed on 1 September 2021).
3. Miranda Svanidze and Ivan Đurić. Global Wheat Market Dynamics: What Is the Role of the EU and the Black Sea Wheat Exporters? *Agriculture*. 2021. No11. P. 799. <https://doi.org/10.3390/agriculture11080799>.
4. Götz L., Djuric I., Glauben T. Wheat export restrictions in Kazakhstan, Russia and Ukraine: Impact on prices along the wheat-to-bread supply chain. *Agricultural Market Economies*. 2015. Chapter 19. P. 191-203.
5. Götz L., Qui F., Jean-Philippe G., Glauben T. Export restrictions and smooth transition cointegration: Export quotas for wheat in Ukraine. *J. Agric. Econ*. 2016. Vol. 67. P. 398-419.
6. Балабух В. Регіональні прояви глобальної зміни клімату в Тернопільській області та можливі їх зміни до середини XXI ст. URL: <https://www.researchgate.net/publication/272477883>.
7. Шлапак М. Політика з адаптації сільського господарства до змін клімату: міжнародний досвід і можливість для України. Київ, 2019. 38 с.
8. Кульбіда М.І. Агрометеорологічні умови і продуктивність озимої пшениці при зміні клімату в Україні: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.09. Одеса, 2003. 21 с.
9. Польовий А.М., Кульбіда М.І., Адаменко Т.І., Трофімова І.В. Моделювання впливу змін клімату на агрокліматичні умови вирощування та фотосинтетичну продуктивність озимої пшениці в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2007. № 2. С. 76-91.
10. Балабух В.О., Однолеток Л.П., Кривошеїн О.О. Вплив змін клімату на продуктивність озимої пшениці в Україні у періоді вегетаційного циклу. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2017. № 3(46). С. 72-85.
11. Вожегова Р.А., Нетіс І.Т., Онуфран Л.І., Сахацький Г.І. Зміна клімату та проблеми аридизації Південного степу України. *Аграрні інновації*. 2021. № 7. С. 16-20.
12. Хахула В.С. Вплив агрометеорологічних умов на ріст і розвиток пшениці озимої. *Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва*. 2014. Випуск 85. С. 102-111.
13. Лукашук Л.Я. Вплив зміни клімату на продуктивність пшениці озимої залежно від строків сівби. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2012. Випуск 9 (24). С. 91-94.
14. Петренкова В.П., Лучна І.С., Боровська І.Ю. Залежність фіто санітарного стану посівів пшениці озимої від погодних умов. *Вісник Центру наукового забезпечення агропромислового виробництва Харківської області*. Науково-виробничий збірник. Харків, 2016. Випуск 20. С. 60-68.
15. Морозов В.В., Безніцька Н.В., Мельничук С.І. Класифікація забезпеченості років атмосферними опадами в сухостеповій зоні України. *Еколого-орієнтоване управління водними та земельними ресурсами*: матер. Всеукр. наук. – практ. конф. молодих вчених, м. Херсон, 16-18 травня 2012 р. Херсон: Колос, 2012. С. 53-56.
16. Айвазян С.А., Мхитарян В. Прикладная статистика и основы эконометрики. Москва: ЮНИТИ, 2001. 1022 с.
17. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. Москва: Мир, 1976. 757 с.
18. Закс. Л. Статистическое оценивание. Москва: Статистика, 1976. 599 с.
19. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. IPCC Working Group I Contribution to AR5: Approved Summary for Policymakers. P. 28. URL: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf
20. Бурикіна С.І., Цуркан О.І. Тенденції сучасної зміни агрокліматичної ситуації на території степової чорноземної зони Півдня України. *Таврійський науковий вісник*. Херсон: Видавничий дім «Гельветика», 2020. Вип. 111. С. 29-43.
21. Балабух В.О., Лавриненко О.М. Особливості термічного режиму 2013 року в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса: вид-во ПП «ТЕС», 2014. № 14. С. 30-46.
22. Кульбіда М.І., Єлістратова Л.О., Барабаш М.Б. Сучасний стан клімату України. *Проблеми охорони навколишнього середовища та екологічної безпеки*. 2013. Випуск 35. С. 118-130. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ponp_2013_35_14.
23. Ткаченко Т.Г. Агрометеорологія: навч. посібник. Харків : ХНАУ, 2015. 268 с.

REFERENCES:

1. Dashutina L.O. (2020) Rozvytok zovnishnotorhovelnykh perspektyv ahropromyslovoho kompleksu Ukrainy v konteksti yevrointehratsii – Pidpriemnytstvo v ahrarnii sferi: hlobalni vyklyky ta efektyvnyi menedzhment [Development of foreign trade prospects of the agro – industrial complex of Ukraine in the context of European integration-entrepreneurship in the agricultural sector: global challenges and effective management]. *Materialy I Mizhnarodnoi nauk. – prakt. konf. (Zaporizhzhia, 12-13 liutoho 2020 roku) – Materials and international scientific practice. conf. (Zaporozhye, February 12-13, 2020) Zaporizhzhia, ZNU, I, 114-117 [in Ukrainian]*.
2. USDA PSD Online. USDA Foreign Agricultural Service. Online Database. Available online: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/home> (accessed on 1 September 2021)
3. Miranda Svanidze and Ivan Đurić. (2021) Global Wheat Market Dynamics: What Is the Role of the EU and the Black Sea Wheat Exporters? *Agriculture*. No 11. P. 799. <https://doi.org/10.3390/agriculture11080799>
4. Götz L., Djuric I., Glauben T. (2015) Wheat export restrictions in Kazakhstan, Russia and Ukraine: Impact on prices along the wheat-to-bread supply chain. *Agricultural Market Economies*. Wallingford, UK, 19. 191–203 [in English].
5. Götz L., Qui F., Jean-Philippe G., Glauben T. (2016) Export restrictions and smooth transition cointegration: Export quotas for wheat in Ukraine. *J. Agric. Econ*. Vol. 67. P. 398–419
6. Balabukh V. Rehionalni proiavy hlobalnoi zminy klimatu v Ternopilskii oblasti ta mozhlyvi yikh zminy do sere-dyny XXI st. [Regional manifestations of global climate change in the Ternopil region and their possible changes by the middle of the XXI century] URL: <https://www.researchgate.net/publication/272477883> [in Ukrainian].
7. Shlapak M. (2019) Polityka z adaptatsii silskoho hospo-darstva do zmin klimatu: mizhnarodnyi dosvid i mozh-

- lyvosti dlia Ukrainy [Policy on agricultural adaptation to climate change: international experience and opportunities for Ukraine]. Kyiv,38 [in Ukrainian].
8. Kulbida M.I. (2003) Ahrometeorolohichni umovy i produktyvnist ozymoi pshenytsi pry zmini klimatu v Ukraini [Agrometeorological conditions and productivity of winter wheat under climate change in Ukraine]: avtoref. dys. ... kand. heohr. nauk: 11.00.09. – abstract of the dissertation кан cand. geogr. science: 11.00.09. Odesa, 21 [in Ukrainian].
 9. Polovyi A.M., Kulbida M.I., Adamenko T.I., Trofimova I.V. (2007) Modeliuvannia vplyvu zmin klimatu na ahroklimatychni umovy vyroshchuvannia ta fotosyntetychnu produktyvnist ozymoi pshenytsi v Ukraini [Modeling the impact of climate change on agroclimatic growing conditions and photosynthetic productivity of winter wheat in Ukraine]. *Ukrainskyi hidrometeorolohichnyi zhurnal* : Naukovyi zhurnal – *Ukrainian hydrometeorological journal*: Scientific Journal, 2, 76-91 [in Ukrainian].
 10. Balabukh V.O., Odnolietok L.P., Kryvoshein O.O. (2017) Vplyv zmin klimatu na produktyvnist ozymoi pshenytsi v Ukraini u periody vechetatsiinoho tsyklu [Impact of climate change on winter wheat productivity in Ukraine during the growing season]. *Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia – Hydrology, Hydrochemistry and hydroecology*, 3(46), 72-85 [in Ukrainian].
 11. Vozhehova R.A., Netis I.T., Onufran L.I., Sakhatskyi H.I. (2021) Zmina klimatu ta problemy yurydyzatsii Pivdennoho stepu Ukrainy [Climate change and aridization of the Southern Steppe of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii – Agricultural innovations*, 7, 16-20 [in Ukrainian].
 12. Khakhula V.S. (2014) Vplyv ahrometeorolohichnykh umov na rist i rozvytok pshenytsi ozymoi [Influence of agrometeorological conditions on the growth and development of winter wheat]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva – Collection of scientific works of Uman National University of horticulture*, 85,102-111 [in Ukrainian].
 13. Lukashchuk L.Ia. (2012) Vplyv zminy klimatu na produktyvnist pshenytsi ozymoi zalezchno vid strokiv sivyby [The impact of climate change on the productivity of winter wheat depending on the time of sowing The impact of climate change on the productivity of winter wheat depending on the time of sowing]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya «Ahronomiia i biolohiia» – Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series "Agronomy and biology"*, 9 (24), 91-94 [in Ukrainian].
 14. Petrenkova V.P., Luchna I.S., Borovska I.Iu. (2016) Zalezchnist fito sanitarnoho stanu posiviv pshenytsi ozymoi vid pohodnykh umov [Dependence of the phyto-sanitary condition of winter wheat crops on weather conditions]. *Visnyk Tsentru naukovooho zabezpechennia ahropromysloвого виробництва Kharkivskoi oblasti. Naukovo-vyrobnychiy zbirnyk – Bulletin of the Center for scientific support of agro-industrial production of the Kharkiv region. Scientific and production collection*, Kharkiv, 20, 60-68 [in Ukrainian].
 15. Morozov V.V., Beznitska N.V., Melnychuk S.I. (2012) Klasyfikatsiia zabezpechenosti rokiv atmosferynymu opadamy v suchostepovii zoni Ukrainy. Ekoloho-orientovane upravlinnia vodnymy ta zemelnymy resursamy [Classification of atmospheric precipitation availability in the dry-steppe zone of Ukraine. Environmental-oriented management of water and land resources]: mater. Vseukr. nauk. – prakt. konf. molydykh vchenykh, m. Kherson, 16-18 travnia 2012 r. – *mater. All-Ukrainian science-practice. conf. young scientists, Kherson, May 16-18, 2012*, Kherson: Kolos, 53-56 [in Ukrainian].
 16. Aivazian S.A., Mkhytarian V. (2001) Prykladnaia statystyka y osnovy ekonometryky [Applied statistics and fundamentals of econometrics]. Moskva: YuNYTY, 1022 [in Russian].
 17. Anderson T. (1976) Ctatystycheskyi analiz vremennykh riadov [Statistical analysis of time series]. Moskva: Myr, 757 [in Russian].
 18. Zaks L. (1976) Statystycheskoe otsenyvanye [Statistical evaluation]. Moskva: Statystka, 599 [in Russian].
 19. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. IPCC Working Group I Contribution to AR5: Approved Summary for Policymakers, 28. URL: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf
 20. Burykina.S.I., Tsurkan O.I. (2020) Tendentsii suchasnoi zminy ahroklimatychnoi sytuatsii na terytorii stepovoi chornozemnoi zony Pivdnia Ukrainy [Trends of modern changes in the agroclimatic situation in the steppe chernozem zone of southern Ukraine]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Tavrichesky scientific bulletin*, Kherson: Vydavnychiy dim «Helvetyka», 111, 29-43 [in Ukrainian].
 21. Balabukh V.O., Lavrynenko O.M. (2014) Osoblyvosti termichnoho rezhymu 2013 roku v Ukraini [Features of the thermal regime of 2013 in Ukraine]. *Ukrainskyi hidrometeorolohichnyi zhurnal:Naukovyi zhurnal – Ukrainian hydrometeorological journal: Scientific Journal*. Odesa:vyd-vo PP «TES», 14, 30-46 [in Ukrainian].
 22. Kulbida M.I., Yelistratova L.O., Barabash M.B. (2013) Suchasnyi stan klimatu Ukrainy [Current state of the climate in Ukraine]. *Problemy okhorony navkolyshnoho seredovysshcha ta ekolohichnoi bezpeky – Problems of Environmental Protection and environmental safety*, 35, 118-130.URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ponp_2013_35_14 [in Ukrainian].
 23. Tkachenko T.H. (2015) Ahrometeorolohiia [Agrometeorology]: navch. Posibnyk – educational. manual. Kharkiv : KhNAU, 268 [in Ukrainian].
- Бурикiна С.І., Цуркан О.І., Таранюк А.І. Зміна кліматичних умов Причорноморського степу та продуктивність пшениці озимої**
- Мета дослідження** – узагальнення і практична оцінка змін агрокліматичних умов Причорноморського степу та їхнього впливу на продуктивність пшениці озимої. **Методи досліджень** – використання масиву показників спостережень метеопосту і польового довгострокового досліді з добривами; статистичні методи обробітку інформації.
- Результати.** Систематизація та аналіз показників клімату Причорноморського степу на прикладі Одеської області у період із 1970 по 2021 роки дозволили отримати такі результати:
- щорічно, починаючи з XXI століття, середня температура повітря на території Одеської області була стабільно вищою за кліматичну норму, її відхилення коливаються в інтервалі від 0,8°C до 2,7°C. Найбільші відхилення відмічені у січні та липні: середня темпера-

тура січня за 51-річний період зросла на 1,3°C, липня – на 2,2°C;

– за період спостережень середньорічна кількість опадів (\bar{O}) становила 456,8 мм, а середня за вегетацію озимої пшениці – 450,8 мм із імовірністю 70,6%;

– за останні 20 років не відбувається суттєвих змін у кількості опадів відносно кліматичної норми, але простежується перерозподіл кількості опадів в окремі місяці та сезони; зменшується кількість днів із опадами у середньому до 61,5 днів, а за останні 10 років – до 53 днів (проти 85 днів за вегетацію озимини у 1971–1980 роках, або проти середніх значень 86,2 діб за календарні 1970-1992 роки);

– у період вегетації озимої пшениці помітно змінилася характеристика опадів за їхніми градаціями: у середньому за 2011–2021 рр. частка днів із опадами у кількості менш ніж 1 мм зменшилася з 25,3% (1971–1980 роки) до 7,8%; частка днів із опадами у кількості з 1 до 5 мм залишилася практично на одному рівні (39,4–38,2%); відсоток днів із опадами у кількості 5-9,9 мм та 10-19,9 мм зріс у 1,6 та 1,4 рази відповідно; частка днів, коли одноразово випало більш ніж 20 мм, зросла у 1,6 рази, більш ніж 50 мм – удвічі;

– продуктивність пшениці озимої за її вирощування без добрив суттєво залежала від кількості днів із опадами ($r^2=0,98$), на фоні добрив показала середній рівень залежності ($r^2=0,68$). Водночас величина приросту врожаю зерна за використання добрив мала обернену залежність середнього ступеня ($r=-0,56$): чим більше дощових днів у період вегетації, тим меншим є приріст відносно контролю без добрив.

Висновки. Протягом останніх десятиріч в Одеській області суттєво змінився температурний режим і режим зволоження, а також характеристика опадів за їхніми градаціями як за календарним роком, так і за періодом вегетації озимини. Середньорічна температура повітря зросла на 2,0°C порівняно з 1970-1980 роками, зокрема на 1,2°C – із 1999 року. Кількість опадів за цей період зменшилася на 56,7 мм із тенденцією до стабілізації за останні 10 років. Кількість дощових днів зменшилася практично удвічі.

Внесок природної родючості у формування приросту врожаю пшениці озимої в умовах Причорноморського степу становить 13,7%, добрив – 52,1%, а частка комплексного впливу погодних умов коливається від 25,1 до 30,9%.

Ключові слова: пшениця озима, температура повітря, опади, градації опадів, клімат.

Burykina S.I., Tsurkan O.I., Taranyuk A.I. Change in climatic conditions of the Black Sea Steppe and productivity of winter wheat

The purpose of the publication is to summarize and practically assess changes in the agroclimatic conditions of the Black Sea steppe and their impact on the productivity of winter wheat. Research methods – the use of an array of data from observations of a weather Post and a field long-term experiment with fertilizers, statistical methods of information processing.

Results. Systematization and analysis of climate indicators of the Black Sea steppe on the example of the Odessa region in the period from 1970 to 2021 allowed us to obtain the following results:

– every year, since the beginning of the XXI century, the average air temperature in the territory of the Odessa region was consistently higher than the climatic norm, its deviations range from 0.8 ° C to 2.7 ° C; the largest deviations were noted in January and July: that the average January temperature for a 51-year period increased by 1.3°C, and July – by 2.2°C;

– during the observation period, the average annual precipitation (\bar{O}) was 456.8 mm, and the average for the growing season of winter wheat was 450.8 mm with a probability of 70.6%;

– in the last 20 years, there are no significant changes in precipitation relative to the climatic norm, but there is a redistribution of precipitation in individual months and seasons; the number of days with precipitation decreases to an average of 61.5 days, and in the last 10 years – to 53 days against 85 days for the growing season of winter crops in 1971-1980, or against an average of 86.2 days for calendar years 1970-1992;

– during the growing season of winter wheat, the characteristics of precipitation by their gradations significantly changed: on average, in 2011-2021, the share of days with precipitation less than 1 mm decreased from 25.3% (1971-1980) to 7.8% ; the share of precipitation from 1 to 5 mm remained almost at the same level (39.4-38.2%); the percentage of days with precipitation of 5-9.9 mm and 10-19.9 mm increased by 1.6 and 1.4 times and the share of days, when, when more than 20 mm fell out at a time, it increased 1.6 times, and more than 50 mm – twice;

– the productivity of winter wheat when it is grown without fertilizers had a high degree of dependence on the number of days with precipitation ($R^2=0.98$), and against the background of fertilizers – the average level of dependence at $R^2=0.68$, while the value of the increase in grain yield when using fertilizers had an inverse dependence of the average degree ($r=-0.56$): the more rainy days during the growing season, the smaller the increase relative to the control without fertilizers.

Conclusions. Over the past decades, the Odessa region has significantly changed the thermal regime, the humidification regime, and the characteristics of precipitation by their gradations both by calendar year and by the growing season of winter crops. The average annual air temperature increased by 2.0 ° C compared to 1970-1980, and precipitation during this period decreased by 56.7 mm with a tendency to stabilize in the last 10 years. The number of rainy days has almost halved.

The contribution of natural fertility to the formation of winter wheat crop increments in the Black Sea steppe is 13.7%, fertilizers – 52.1, and the share of the complex impact of weather conditions ranges from 25.1 to 30.9%.

Key words: winter wheat, air temperature, precipitation, precipitation gradations, climate