

ЗМІНИ КЛІМАТУ У ПІВДЕННО-СХІДНІЙ ЧАСТИНІ СТЕПУ: АГРОКЛІМАТИЧНІ І ТЕХНОГЕННІ ФАКТОРИ ФОРМУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

В. Г. Нестерець, доктор сільськогосподарських наук;

І. В. Кротінов, кандидат сільськогосподарських наук

В. І. Мотренко

Інститут зернового господарства НААН України

Наведено результати моніторингу погодно-кліматичних умов за довготривалий період. З'ясовано вплив абіотичних, біотичних і техногенних факторів на урожайність зернових культур.

Ключові слова: зернові культури, озима пшениця, урожайність, клімат.

Клімат степової зони України змінюється відповідно до планетарного потепління, яке згідно з науковим висновком Міждержавної групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК) ООН зумовлюється так званим парниковим ефектом, що існує з тих пір, як на нашій планеті виникла атмосфера. Парниковий ефект створюється за рахунок викидів в атмосферу вуглекислого газу (CO_2), метану (CH_4), окису азоту (N_2O) та хлорфторовуглеців відомих під загальною назвою як фреон. Викиди фреону постійно збільшуються, що змінює якісний склад атмосферної оболонки планети. За останні двадцять років частка CO_2 у загальних викидах становить біля 50, CH_4 – 18, N_2O – 6 і хлорфторвуглеців – 14 %. Тому обсяги виробництва фреону згідно з Кіотським протоколом (1997 р.) повинні зменшуватись [1, 2, 3].

Експерти МГЕЗК вважають, що головними чинниками планетарного потепління, серед парникових газів, є двоокис вуглецю та метан, вміст яких в атмосфері за минулі сто років збільшився відповідно у 2,5 раза, або на 25 %. За розрахунками кліматологів без парникових газів температура приземних шарів атмосфери досягла б позначки в середньому на 30°C нижче теперішньої, а на поверхні землі – лише -18°C , що зробило б її непридатною для життя [3]. На думку більшості вчених, твердження про вплив вуглекислого газу і метану на процеси потепління є сумнівними і надто перебільшеними [8].

Відомо, що клімат Землі зазнає періодичних змін. Періоди потепління змінюються похолоданням з різною тривалістю циклів. Про це переконливо свідчить природна циклічність клімату в Європі і його вплив на розвиток сільського господарства упродовж останніх 2600 років. Все більше вчених стверджують, що природний механізм циклічності клімату і погоди визначається зміною активності Сонця, зокрема пульсацією сонячних плям та вулканічними викидами, тобто зумовлюються космічними та сонячно-земними факторами [4, 5, 8].

На продуктивність землеробства і рослинництва найбільше впливають чотири чинники, що тісно пов'язані з погодно-кліматичними умовами, а саме: зволоження, тепловий ресурс (сонячне світло), температурні умови холодного періоду та континентальність клімату. Регіональні зміни погодних умов та клімату потребують уточнення і переосмислення їх впливу на ріст, розвиток і урожайність зернових культур.

Мета досліджень – аналіз порівняльного моніторингу кліматичних чинників та визначення впливу агрометеорологічних умов і техногенних факторів на величину урожайності основних зернових культур.

Досліджувалися наступні кліматичні періоди: нинішній 18-річний період найбільш інтенсивного потепління, що охоплює 1990/91–2007/08 рр. (III-КП), і два попередніх – 1972/73–1989/90 рр. (II-КП) та 1954/55–1971/72 рр. (I-КП) – за даними метеопункту Розівської дослідної станції Інституту зернового господарства. Зазначені періоди в цілому охоплюють 54 роки і становлять кліматичну норму, що характеризує сучасний клімат південно-східної частини Степу. Проаналізовано основні кліматичні елементи, а саме: температура повітря та опади за теплий і холодний періоди, а також по основних порах року.

Оцінку погодних умов проводили за гідрологічний рік (від осені до осені), що найбільш повно відповідає біологічним особливостям озимих і ярих культур. Для визначення впливу погодних умов на ріст, розвиток і урожайність зернових культур використовувався

гідротермічний коефіцієнт Селянинова (ГТК) в діапазоні температур вище 10°C і відповідної кількості опадів за період травень – вересень. Показники ГТК (V-IX) метеопункту Розівської дослідної станції майже не різнились з аналогічними даними метеостанцій Запоріжжя, Кирилівки, Гуляйполя, Пришиба і були більшими на 8–12%, ніж по метеостанціях Бердянська, Ботєво і Мелітополя.

При інтерпретації впливу погодно-кліматичних умов на урожайність зернових культур використані статистичні дані урожайності зернових культур по Запорізькій області з середньорічною площею збирання у І-КП – 930, у ІІ-КП – 932 і у ІІІ-КП – 739 тис. га [6, 7].

За даними Українського Гідрометеоцентру інтенсивне потепління клімату в зоні Степу простежується з кінця 80-х років ХХ століття [1, 2]. Середньорічна температура повітря підвищилась на 0,3 °С (табл. 1). Аналогічна тенденція підвищення річної температури повітря спостерігається в умовах південно-східної частини степової зони, де вона становить 0,25 °С. Сумарна кількість опадів за рік в регіоні становить 104 % від норми. Це дещо більше, ніж в цілому в зоні Степу.

Порівняльний аналіз трьох кліматичних періодів однакової тривалості свідчить, що атмосферних опадів збільшилось восени, навесні та влітку (табл. 2). У зимовий період їх кількість, навпаки, зменшується. За гідрологічний рік цей показник підвищився на 33 мм у ІІ-КП і на 46 мм у ІІІ-КП порівняно з І-КП. Змінилось співвідношення в опадах між теплим і холодним періодами року. Якщо у І-КП частка зимових опадів становила 43,0 %, то у ІІ і ІІІ кліматичних періодах – 38,9 і 38,8 %. Середньорічна температура повітря у І-КП становила 9,0 °С, у ІІ-КП – 8,2 °С, відповідних змін зазнають і дати настання стійкого переходу середньодобових температур повітря через 0, 3, 5 і 15 °С та тривалість періоду з температурою вище зазначених меж (табл. 3). Вегетаційний період більшості холодостійких зернових культур розпочинається з переходом середньодобової температури повітря через 5 °С, теплолюбних – через 10 °С, а найбільш активно вегетація рослин відбувається при температурі більше 15 °С.

1. Відхилення середньомісячної температури повітря (T°) і опадів (r , %) від кліматичної норми

Показ- ник	Місяці гідрологічного року												Се- реднє
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
Степ (1991–2007 рр.)													
T°	-0,3	0,6	-1,3	-0,7	1,5	1,1	0,7	0,4	-0,4	0,5	0,9	0,6	0,3
г, %	125	122	117	95	87	99	123	102	100	108	89	119	100
південно-східна частина Степу (1990–2008 рр.)													
T°	-0,1	0,3	-0,2	-0,4	1,1	0,6	0,9	0	-0,4	-0,2	0,2	0,3	0,25
г, %	103	128	111	83	93	100	127	113	85	109	93	124	104

2. Температура повітря та розподіл опадів по кліматичних періодах за 1954/55–2007/08 рр.

Місяць	Кліматичні періоди						Норма за 54 роки	
	І-КП		ІІ-КП		ІІІ-КП			
	1*	2**	1	2	1	2	1	2
Осінь								
Вересень	16,1	37	15,4	35	15,5	38	15,6	37
Жовтень	9,0	22	7,9	26	9,0	36	8,7	28
Листопад	2,3	40	1,4	46	1,6	50	1,8	45
	9,1	99	8,2	107	8,7	124	8,7	110
Зима								
Грудень	-2,2	59	-2,3	57	-2,9	44	-2,5	53
Січень	-5,6	51	-5,2	38	-3,7	40	-4,8	43
Лютий	-4,7	36	-4,4	34	-3,6	35	-4,2	35
	-4,2	146	-4,0	129	-3,4	119	-3,8	131
Весна								
Березень	-0,3	30	0,4	28	1,4	42	0,5	33
Квітень	9,5	31	8,9	42	9,2	44	9,2	39

Травень	16,9	53	15,6	47	15,6	40	16,1	47
	8,7	114	8,3	117	8,7	126	8,6	119
Літо								
Червень	20,9	59	19,5	61	19,9	69	20,1	63
Липень	23,2	53	21,2	66	22,5	53	22,3	57
Серпень	22,3	31	20,4	42	21,8	52	21,5	42
	22,2	143	20,4	169	21,4	174	21,3	162
За гідрологічний рік								
	9,0	502	8,2	522	8,9	543	8,7	522
в т. ч. за теплий період								
Квітень – жовтень	16,9	286	15,6	319	16,2	332	16,2	313
за холодний період								
Листопад – березень	-2,1	216	-2,0	203	-1,5	211	-1,9	209

* Середня температура повітря, °С. ** Кількість опадів, мм.

III-КП – 8,9°. Потепління у III-КП відбувається переважно за рахунок підвищення термічного режиму у холодну пору року.

Зміни температурного режиму та кількості атмосферних опадів, поряд з ґрунтовим покривом, впливають на ресурси вологозабезпечення зернових культур.

Комплексним показником оцінки умов зволоження є ГТК, який враховує як надходження води у вигляді опадів, так і сумарну витрату їх на випаровування. Доведено, що ГТК (V-IX) суттєво коливається щомісячно, щорічно і в цілому по кліматичних періодах (табл. 4). Найкращі гідротермічні умови для формування врожаю зернових культур спостерігались у II-КП. Дещо гірші вони були у III-КП і особливо у I-КП періодах.

3. Середні багаторічні дати переходу температури повітря (чисельник) і тривалість теплового періоду (знаменник) у різних температурних межах

Кліматичний період	Середньодобова температура повітря, °С									
	0		3		5		10		15	
	1*	2**	1	2	1	2	1	2	1	2
I-КП	18.03	21.11	27.03	15.11	02.04	06.11	14.04	13.10	03.05	17.09
	251		233		218		182		137	
II-КП	12.03	17.11	23.03	02.11	31.03	24.10	20.04	07.10	11.05	17.09
	250		224		207		170		129	
III-КП	11.03	22.11	17.03	11.11	29.03	31.10	14.04	09.10	10.05	21.09
	258		239		218		178		134	
Середнє	14.03	22.11	22.03	09.11	31.03	31.10	16.04	10.10	08.05	18.09
	253		232		214		177		133	

* Навесні. ** Восени.

4. Вплив погодно-кліматичних умов на величину гідротермічних коефіцієнтів

Кліматичний період	Місяці гідрологічного року					Середнє
	вересень	травень	червень	липень	серпень	
I-КП	0,741	0,980	0,859	0,730	0,464	0,748
II-КП	0,776	0,984	1,006	0,994	0,728	0,928
III-КП	0,810	0,818	1,110	0,773	0,770	0,852
Середнє	0,790	0,942	1,045	0,824	0,630	0,846

Дослідження показали, що у III-КП значно поліпшились умови зволоження для сівби озимих культур, їх перезимівлі та формування врожаю. Разом з тим спостерігається зменшення кількості опадів у травні та повернення досить сильних приморозків, що трапляється на більш високому температурному фоні, ніж раніше. Це й посилює негативний їх вплив на ранні ярі зернові та кукурудзу. Значно погіршились гідротермічні умови для формування продуктивності пізніх зернових культур, особливо у липні.

Урожайність відображає та інтегрує вплив усіх факторів (абіотичних, біотичних, тех.-ногенних), що діють на агроценози зернових культур впродовж росту й розвитку рослин, а її величина завжди є результатом взаємної біокомпенсації між продуктивністю і стійкістю до несприятливих умов середовища.

Обмежуючим фактором при формуванні врожаю ярих зернових культур є несприятливі погодні умови вегетаційного періоду, а для озимих – в період вегетації і зимівлі (табл. 5). Так, величина відхилення мінімальної урожайності від середньої збільшувалось у зернових колоскових від I-КП до III-КП. У кукурудзи цей показник у III-КП виявився меншим, ніж у II-КП, але більшим відносно I-КП. Збільшення величини мінімальної врожайності у II-КП зумовлено рівнем ресурсного забезпечення і особливо застосуванням підвищених доз органічних і мінеральних добрив (табл. 6). Порівняно з I-КП збір зерна пшениці озимої збільшувався на 0,82 т/га (64,6 %), кукурудзи – на 0,36 т/га (36,4 %) і ячменю ярого – на 0,16 т/га (14,2 %). Аномалія погодних умов у III-КП в поєднанні з внесенням досить низьких доз добрив зумовлювали зниження мінімальної урожайності пшениці озимої, ячменю ярого і кукурудзи відносно II-КП на 1,13; 0,54 і 0,29 т/га, або у 2,18, 1,72 і 1,27 рази відповідно.

Максимальний урожай зернових культур формувалася за сприятливих погодних умов вегетаційного та зимового періодів і визначався також обсягом використання добрив. Так, у II-КП максимальна урожайність пшениці озимої становила 4,23 т/га, що вище рівня найбільшої урожайності у I-КП на 1,43 т/га (51,1%), щодо III-КП – на 0,68 т/га (19,2 %). Ячмінь ярий забезпечував у I-КП максимальну врожайність 2,23 т/га, що менше, ніж у II-КП на 0,81 т/га (36,3 %), і порівняно з III-КП – менше на 0,10 т/га (3,4 %). Найбільший збір зерна кукурудзи одержано у II-КП – 3,7 т/га, що більше відносно I-КП на 0,69 т/га (22,9 %), а щодо III-КП – на 0,59 т/га (19,0 %).

5. Урожайність зернових культур, її коливання (т/га) та коефіцієнти варіації (V, %) за різних кліматичних періодів (1955–2008 рр.)

Кліматичний період	Середня	Мінімальна		Максимальна		Коефіцієнт варіації
		фактично	зниження від середньої	фактично	приріст до середньої	
Зернові культури – всього						
I	1,80	1,15	-0,65	2,39	0,59	18,7
II	2,66	1,77	-0,89	3,81	1,15	18,4
III	2,28	1,11	-1,17	3,25	0,97	24,3
I-III	2,25					
Пшениця озима						
I	1,97	1,27	-0,70	2,80	0,83	20,9
II	3,07	2,09	-0,98	4,23	1,16	20,7
III	2,71	0,96	-1,75	3,55	0,84	25,1
I-III	2,58					
Ярі зернові – всього						
I	1,66	1,09	-0,57	2,27	0,61	20,9
II	2,20	1,33	-0,87	2,80	0,60	21,8
III	1,90	0,87	-1,03	2,76	0,86	25,7
I-III	1,92					
Ячмінь ярий						
I	1,56	1,13	-0,43	2,23	0,67	23,2
II	2,18	1,29	-0,89	3,04	0,86	22,8
III	1,90	0,75	-1,15	2,94	1,04	34,2
I-III	1,88					
Кукурудза						
I	1,94	0,99	-0,95	3,01	1,07	27,0
II	2,74	1,35	-1,39	3,70	0,96	19,0
III	2,21	1,06	-1,15	3,11	0,90	25,6
I-III	2,29					

Слід відзначити, що різниця між мінімальною і максимальною урожайністю пшениці озимої і ячменю ярого збільшувалась від I-КП до III-КП. Винятком є кукурудза, де

зазначений показник у III-КП зменшується на 0,30 т/га порівняно з II-КП. Це пояснюється тим, що у формуванні величини продуктивності зернових культур важливе місце посідає генетичний потенціал сортів і гібридів.

**6. Внесення органічних і мінеральних добрив
під зернові культури по кліматичних періодах**

Внесення добрив	Кліматичні періоди		
	I КП	II КП	III КП
Органічних, т/га	2,5-3,1	5,4-6,5	3,4-0,4
Мінеральних, кг д. р. на 1 га	8-43	69-62	29-14

Зусиллями селекційних установ підвищена межа продуктивності рослин зернових культур, однак при цьому високоврожайні сорти і гібриди нерідко виявляються більш чутливими до аномалій погодно-кліматичних умов. Їм притаманна більша амплітуда щорічних коливань врожайності на зміну навколишнього середовища (довкілля) і техногенних засобів оптимізації умов росту й розвитку агроценозів зернових культур.

Така біологічна особливість сучасних сортів підтверджується як коефіцієнтами варіації урожайності зернових культур, так і ранжируванням їх урожайності по кліматичних періодах (рис., див. табл. 5). Упродовж трьох кліматичних періодів (1955–2008 рр.) середньорічна урожайність пшениці озимої в області становила 2,58, ячменю ярого – 1,88 і кукурудзи – 2,29 т/га. Найбільш успішно генетичний потенціал сортів і гібридів зернових культур реалізовано у II-КП з урожайністю відповідно: 3,07; 2,18 і 2,74 т/га.

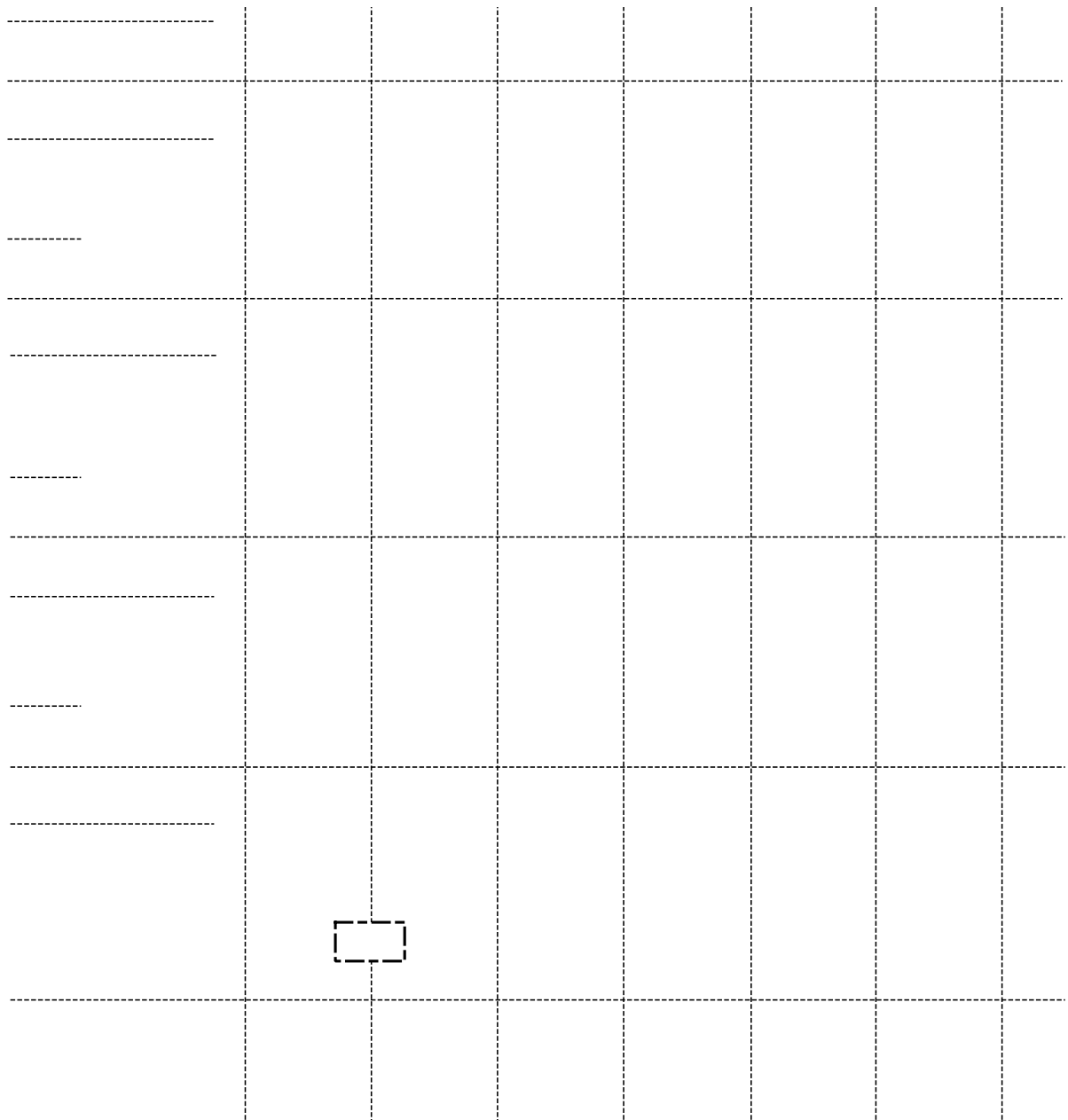


Рис. Ранжирування величини урожайності зернових культур по кліматичних періодах за 1955–2008 рр.

Підвищення врожайності зернових культур відбувалось за рахунок впровадження нових сортів і гібридів, застосування високих норм мінеральних і органічних добрив, розширення асортименту пестицидів, збільшення площ зрошувальних земель та достатнього техніко-технологічного забезпечення господарств. Хоч сумарний (інтегрований) вплив цих факторів на підвищення врожайності суттєво залежить від культур, особливостей перебігу щорічних погодних умов і технологічних заходів, проте найбільшу частку в прирості врожаю забезпечують нові сорти, гібриди, добрива та пестициди.

У І-КП за менш сприятливих гідротермічних умов і відносно низького ресурсного забезпечення урожайність пшениці озимої відносно ІІ-КП виявилась меншою на 1,10 (35,8%), ячменю ярого – на 0,62 (28,4 %) і кукурудзи – на 0,80 т/га (29,2 %). Мінливість

погодних умов у ІІІ-КП та недостатнє техногенне забезпечення, порівняно з ІІ-КП, спричинили зниження урожайності пшениці озимої на 0,36 (11,7 %), ячменю ярого на 0,28 (12,8 %) і кукурудзи на 0,53 т/га (або на 19,3 %). В цілому урожайність зернових культур у ІІІ-КП зменшилась на 0,38 т/га (14,3 %) і майже не різнилась з середньорічною за 1955–2008 рр.

Співвідношення між показниками середньорічної урожайності пшениці озимої, ячменю ярого і кукурудзи варіювали у таких межах: І-КП – 1,0 : 0,79 : 0,98; ІІ-КП – 1,0 : 0,71 : 0,89; ІІІ-КП – 1,0 : 0,70 : 0,82. Наведені індекси урожайності свідчать, що у менш сприятливих гідротермічних умовах І-КП різниця в урожайності основних зернових культур була найменшою. Щодо наступних кліматичних періодів, то індекси врожайності між основними зерновими культурами погіршувались, що визначалось рівнем адаптації технологій вирощування до агробіологічних вимог сортів і гібридів.

Висновки

Погодно-кліматичні умови південно-східної частини степової зони за 1954/55–2007/08 рр. характеризуються циклічною мінливістю основних елементів клімату, супроводжуються у ІІІ-КП потеплінням холодного періоду, деяким збільшенням кількості опадів та їх перерозподілом по сезонах року. Абіотичні фактори є надто важливими, але не єдиними чинниками формування величини урожайності зернових культур. Поряд з техногенними факторами як найбільш динамічними важливу роль відіграє подальша біологізація землеробства і рослинництва.

Бібліографічний список

1. Адаменко Т.І. Перспективи виробництва зерна озимої пшениці в умовах потепління клімату // Агроном. – № 3 (21). – 2008. – С. 12–14.
2. Адаменко Т.І. Как потепление действует на рынок зерна // Зерно. – № 10 (30). – 2008. – С. 38–45.
3. Дрижирук В.В. Глобальное потепление климата и мировое сельское хозяйство // Агровісн. України. – № 10 (32). – 2008. – С. 37–39.
4. Дьяков А.В. Использование информации об активности Солнца в гидрометеорологическом прогнозировании на длительные сроки // Солнечно-атмосферные связи в теории климата и прогнозах погоды. – Л. Гидрометеоиздат, 1974. – 452 с.
5. Клімат України / за ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. – К.: Вид-во Раєвського, 2003. – 334 с.
6. Лобас Н.Г. Интенсификация зернового хозяйства Украинской ССР в условиях становления рыночных отношений. – К: Урожай, 1991. – 264 с.
7. Рослинництво Запорізької області за 1990-2007 рр. – Запоріжжя.: Держ. комітет статистики України. – 107 с. – (Стат. збірник).
8. Сайко В.Ф. Наукові основи землеробства в контексті змін клімату // Вісн. аграр. науки. – 2008. – № 11. – С. 5–10.