

12th International youth conference

“Perspectives of science and education”

27 September 2019

**New York
2019**

ОЦІНКА АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ В СТЕПОВІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ

ПОЛЬОВИЙ А.М.

*доктор географічних наук, професор кафедри
агрометеорології та агроєкології*

БОЖКО Л.Ю.

*кандидат географічних наук, доцент кафедри
агрометеорології та агроєкології*

БАРСУКОВА О.А.

*кандидат географічних наук, доцент кафедри
агрометеорології та агроєкології*

*Одеський державний екологічний університет
м. Одеса, Україна*

Овочеві культури відіграють особливу роль у харчуванні людини через те, що вміщують велику кількість вітамінів та органічних сполук, які нейтралізують неорганічні кислі сполуки, що вводяться в організм з такими продуктами харчування як м'ясо, жири, яйця, вироби з муки, крупи. Така нейтралізація необхідна для більш повного засвоєння білків та підтримки лужної реакції крові і нормального функціонування всього організму людини.

Серед великої кількості вирощуваних в Україні овочевих культур особливе місце належить баклажанам, солодкому перцю та томатам. Основні посівні цих культур розташовані в Степовій зоні України.

Ріст та розвиток рослин відображають взаємодію живого організму з факторами навколишнього середовища. На розвиток рослин впливають світло, тепло, волога, ґрунти, наявність питомих речовин і ін. Всі ці фактори для розвитку рослин рівноцінні і незамінні, діють не ізольовано, а у тісній взаємодії

один з одним та в найбільш значній мірі проявляються під час сумісної дії. В Степові зоні України для одержання високих врожаїв необхідна наявність усіх життєво необхідних факторів у оптимальному співвідношенні. Вирощуванню овочів в цій зоні сприяють теплий клімат, родючі ґрунти та забезпеченість рослин світлом. Тут оптимальне співвідношення життєво необхідних факторів порушується посушливими умовами впродовж вегетаційного періоду, тому в цій зоні овочеві культури вирощуються на зрошуваних полях [1].

Тривалість вегетаційного періоду культур залежить від скоростиглості сорту, біологічного мінімуму, забезпеченості рослин теплом.. Нижня межа розвитку овочевих культур становить відповідно 10–13 °С. За вегетаційний період ці культури вимагають суми температур в залежності від скоростиглості сортів від 2800 до 3800 °С.

Сумарне споживання води овочевими культурами залежить від густоти рослин, суми опадів, кількості та норм поливів, механічного складу ґрунтів. Вирощуються культури розсадним способом і тільки іноді насіння томатів висівається в ґрунт в крайніх південних районах [1].

Продуктивність усіх сільськогосподарських культур, в тому числі і овочевих, обумовлюється сукупністю агрокліматичних показників, які характеризують агрокліматичні ресурси території. Показники агрокліматичних ресурсів повинні всебічно відображати: 1 – наскільки сільськогосподарські культури забезпечені цими ресурсами, 2 – співвідношення ресурсів потребам рослин, 3 – ступінь використання цих ресурсів. В умовах змін клімату значення агрокліматичних показників буде змінюватись і вони будуть не повністю відображати основні агрокліматичні ресурси території [1].

Наприкінці ХІХ початку ХХ століття відбуваються суттєві зміни клімату, що характеризуються різними проявами, серед яких провідними є зміна частоти та інтенсивності кліматичних аномалій та потепління клімату. Сучасне потепління зумовлює значну зміну агрокліматичних умов росту, розвитку та формування продуктивності сільськогосподарських культур. Воно супроводжується підвищенням температури повітря у зимові місяці,

збільшенням кількості тривалих відлиг, часовим зрушенням розвитку природних процесів, змінами тривалості сезонів року, подовженням безморозного періоду та тривалості вегетаційного періоду культур. Зміни клімату спричиняють і спричинятимуть у подальшому зміни радіаційного та волого – температурного режиму сільськогосподарських культур, збільшенням теплозабезпеченості вегетаційного періоду, збільшенням кількості опадів взимку зменшенні їх влітку та загальним зниженням вологості ґрунтів і зменшення їхньої родючості, виснаженням ресурсів прісної води у південних регіонах країни, деградацією ґрунтів [2].

В умовах зміни клімату через зростання потепління важливим чинником підвищення ефективності вирощування овочевих культур є науково обґрунтоване розміщення їх посівних площ з врахуванням кліматичних змін, адаптація рослин до цих змін, що дозволить найбільш ефективно використовувати природні ресурси в нових кліматичних умовах, добиватися стійкого зростання величини і якості врожаю, підвищувати віддачу сировинних, енергетичних і трудових ресурсів.

Метою дослідження є виявлення впливу змін клімату на основні агрокліматичні показники розвитку баклажанів, солодкого перцю та томатів, вегетаційний період яких проходить за середніх температур повітря вище 10 °С.

Кліматичні зміни на майбутнє розраховуються з використанням кліматичних моделей. Глобальні кліматичні моделі є основними інструментами, що використовуються для проектування тривалості та інтенсивності змін клімату в майбутньому. Ці моделі розраховують майбутні кліматичні режими на основі низки сценаріїв зміни антропогенних факторів .

В цьому дослідженні для кліматичних розрахунків використовується набір сценаріїв, а саме Репрезентативні траєкторії концентрацій (Representative Concentration Pathways – RCP), що уявляють собою чотири сценарії, які включають часові ряди викидів і концентрацій всього набору парникових газів, аерозолів і хімічно активних газів [1, с.355]. Найбільш дослідженими сценаріями клімату майбутнього вважаються два з них: RCP 4,5 та RCP 8,5.

Найпесимістичнішим є сценарій – RCP 8,5, який передбачає експоненціальне збільшення кількості вуглецю в атмосфері до кінця XXI ст. приблизно в 2,5 рази відносно сучасного [2].

Як теоретична основа для виконання розрахунків та порівняння результатів були використані розроблені А.М. Польовим моделі продукційного процесу сільськогосподарських культур : – модель формування продуктивності агроєкосистеми [4]; – модель фотосинтезу зеленого листка рослини при зміні концентрації CO₂ в атмосфері [5].

Розрахунки виконувались за багаторічними спостереженнями за період з 1986 по 2010рр. (базовий період) по Степовій зоні України. Для оцінки змін агрокліматичних ресурсів при можливих змінах клімату були використані сценарії змін клімату в RCP4.5 та RCP8.5 на період з 2021 по 2050 рр.

Досліджувались такі агрокліматичні показники: сумарна радіація, інтенсивність фотосинтетично активної радіації (ФАР), середня декадна температура повітря за вегетаційний період (T_c), сума температур (ΣT), сума опадів за цей же період (ΣP), дефіцит насичення повітря (D_{мо}), сумарне випаровування (E_ф), випаровуваність (E_о), дефіцит випаровування (E_о – E_ф), гідротермічний коефіцієнт Г.Т.Селянінова (ГТК).

Сонячна радіація є головним джерелом енергії для формування врожаїв сільськогосподарських культур. Енергетична потреба рослин виражається через потребу рослин у теплі (суми температур) та надходженням фотосинтетично активної радіації (ФАР).

За даними Тоомінга Х.Г роль сонячної радіації в житті рослин багатостороння і визначається вона не тільки закономірностями зміни елементів фотосинтетичної діяльності рослин в залежності один від одного, але і під впливом змін агротехнічних заходів, густоти рослин, норм і термінів зрошення та норм і термінів живлення, кліматичних змін [6].

Розрахунки надходження сумарної сонячної радіації представлені в (табл.1).

Як видно із табл. 1 надходження сумарної радіації в базовий період поступово збільшувалось з січня до серпня місяця включно, далі поступово зменшувалось до грудня місяця. Сценарні розрахунки показують, що в період 2021 – 2050 рр. за обома сценаріями в останній місяць осені і в зимові місяці надходження сумарної радіації за сценарними даними будуть нижче середніх багаторічних базового періоду. Починаючи з березня впродовж всього періоду до листопада розрахункові величини сумарної радіації за сценарними даними очікуватимуться вищими, ніж в базовий період. Причому більша різниця між середніми величинами базового періоду і розрахованими буде спостерігатись в разі реалізації сценарію *RCP8.5*.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика надходження сумарної сонячної радіації ($\text{Вт}/\text{м}^2$) в базовий період з розрахованими величинами за сценаріями на період 2021-2050рр. за сценаріями *RCP4.5* та *RCP8.5*

Період	Місяці											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1980-2010	62,3	115,1	127,5	167,8	234,7	248,6	263,5	231,9	167,1	97,2	70,3	67,5
<i>RCP4.5</i>	52,6	88,6	145,3	200,9	242,9	272,3	275,6	241,5	177,8	111,2	62,2	43,4
<i>Різниця</i>	-9,7	-26,5	17,8	33,1	8,2	23,7	12,1	9,6	10,7	14,0	-8,0	-24,1
<i>RCP8.5</i>	58,5	106,7	162,2	228,4	254,6	275,5	292,1	257,5	184,2	121,3	67,3	46,1
<i>Різниця</i>	-3,8	-8,9	34,7	60,6	19,9	26,9	71,4	25,6	17,1	24,1	-3,0	-21,3

Фотосинтетично-активна радіація (ФАР) – найважливіший фактор продуктивності рослин. Інтенсивність ФАР розраховувалась за період з температурами повітря вище $10\text{ }^\circ\text{C}$ за даними про надходження прямої, розсіяної чи сумарної радіації за формулами 1 та 2 [6,7].

$$\sum Q_{\text{фар}} = 0,43 \sum S' + 0,57 \sum D \quad , \quad (1)$$

де $\sum Q_{\text{фар}}$ – сумарна фотосинтетично активна радіація ($\text{Дж}/\text{м}^2$);

$\sum S'$ – сума прямої сонячної радіації на горизонтальну поверхню, ($\text{Дж}/\text{м}^2$);

$\sum D$ – сума розсіяної сонячної радіації ($\text{Дж}/\text{м}^2$).

Для розрахунку ФАР використовується також формула

$$Q_{\text{фар}} = 0,52 \sum Q . \quad (2)$$

де Q – сумарна сонячна радіація , (Дж/м²).

Розрахунки показали, що різниця між середньою багаторічною сумою ФАР, яка становить 175 кДж/(см² період) і розрахованими за сценаріями зміни клімату, які очікуватимуться відповідно на рівні 195 та 212 (кДж/см² період), буде коливатись від 20 до 28 (кДж/см² період). Аналіз надходження ФАР по декадах вегетаційного періоду овочевих культу показав нерівномірність надходження ФАР за різними сценаріями по декадах.

Динаміка ФАР впродовж вегетаційного періоду овочевих культур представлена на (рис. 1).

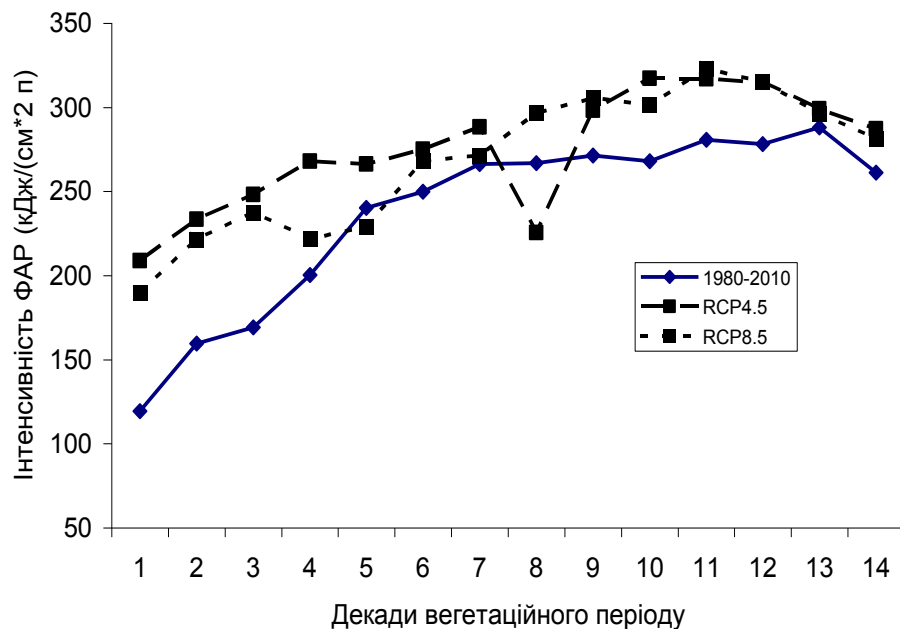


Рис. 1. Порівняння середніх багаторічних величин інтенсивності ФАР на верхній межі рослинного покриву з розрахованими за сценаріями *RCP4.5* та *RCP8.5*.

Аналіз надходження ФАР по декадах вегетаційного періоду показав нерівномірність надходження ФАР за різними сценаріями по декадах. Чітку закономірність в тенденції зміни сум ФАР по декадах вегетаційного періоду встановити досить складно. Є тільки одна закономірність за обома сценаріями впродовж вегетаційного періоду суми ФАР спостерігатимуться вищими, ніж в базовий період.

В разі реалізації сценарію *RCP4,5* декадні значення сум ФАР очікуються значно нижчі за базові. Але слід відзначити, що на початку вегетаційного періоду суми ФАР будуть нижчими за середні величини базового періоду. Але вже починаючи з четвертої декади вегетаційного періоду відзначається підвищення значень сум ФАР, але все ж таки нижчими ніж середні багаторічні. З другої половини останнього десятиріччя відзначатиметься зростання сум ФАР..

В разі реалізації сценарію *RCP8,5* тенденція зменшення сум ФАР в порівнянні із базовим періодом залишиться. Середні багаторічні значення зростали із 201 кал/(см²дек) до 280 кал/(см²д) в десяту декаду вегетаційного періоду, далі до кінця періоду спостерігалось поступове зменшення сум ФАР. Що стосується декадних сум ФАР, то найвищими вони будуть в друге десятиріччя, тобто в період з 2031 по 2040рр. Слід відзначити, що в період з 2041 по 2050 роки починаючи з другої половини спостерігатиметься збільшення сум ФАР до кінця вегетаційного періоду.

Чітку закономірність в тенденції зміни сум ФАР по декадах вегетаційного періоду встановити досить складно. Справа в тому, що суми ФАР в природно-кліматичній зоні за вегетаційний період по окремих десятиріччях відрізняються не значно. Є тільки одна закономірність за обома сценаріями – в усі розрахункові десятиріччя суми ФАР спостерігатимуться значно вищими, ніж в базовий період.

Забезпечення рослин теплом впродовж вегетаційного періоду визначає ареал їх розповсюдження. Для оцінки впливу змін клімату на термічні ресурси овочевих культур розраховувались такі показники:

- середні місячні температури повітря;
- дати переходу температури повітря через 10 °С, 15 °С навесні та восени;
- тривалість періоду з температурами повітря вище 10 °С, 15 °С;
- суми позитивних температур повітря за період з температурами вище 10 °С, 15 °С.

Розрахунки середніх за місяць температур за обома сценаріями в Степовій зоні показали, що в зимовий період спостерігатиметься підвищення середньомісячної температури в порівнянні з базовим періодом і тільки в грудні і березні, за сценарієм *RCP8.5* очікуватимуться від'ємні температури. Впродовж вегетаційного періоду за обома сценаріями середньомісячні температури очікуватимуться або близькими до середніх багаторічних за базовий період, або вищими, особливо за умов реалізації сценарію *RCP8.5*.

В табл.2 представлені розрахунки дат переходу температури повітря через 10 і 15 °С, тривалість періодів з цими температурами та суми температур.

Таблиця 2 – Порівняльна характеристика середніх багаторічних дат переходу температури повітря через 10 та 15 °С, тривалості періодів і сум температур з розрахованими на період 2021-2050 рр. за сценаріями *RCP4.5* та *RCP8.5*

Період	Дата переходу температури повітря через 10°С		Дата переходу температури повітря через 15°С		Тривалість періоду з температурою вище		Суми температур за період з температурами вище	
	весна	осінь	весна	осінь	10 °С	15 °С	10 °С	15 °С
1980-2010рр.	14.04	18.10	9.05	25.09	187	137	3488	2896
<i>RCP4.5</i>	14.04	18.10	7.05	24.09	183	139	3528	2786
Різниця	-	-	-2	-1	-4	2	40	-110
<i>RCP8.5</i>	10.04	18.10	18.05	26.09	183	131	3663	2912
Різниця	-4	-	9	2	-	-6	175	16

Дати переходу температури повітря через 10 та 15°С за сценарієм *RCP4.5* навесні і восени майже співпадатимуть із середніми багаторічними датами базового періоду. За сценарієм *RCP8.5* навесні дати переходу температури повітря через 10°С і 15°С навесні наставатимуть раніше середньої багаторічної на 14 та 9 днів, восени вони співпадатимуть із середньою датою базового періоду. Зміщення дат переходу температури повітря через різні межі спричинить зміну тривалості періодів з температурами вище 10 та 15 °С . Вони будуть відповідно на 4 – 6 днів коротшими середньої багаторічної.

За сценарієм *RCP4.5* суми температур за вегетаційний період вище 10 °С очікуватимуться майже на рівні сум температур базового періоду. Суми температур вище 15 °С будуть нижчими майже на 100 °С.

В разі реалізації сценарію зміни клімату *RCP8.5* суми температур вище 10 °С очікуватимуться вищими майже на 200 °С, а суми температур вище 15 °С очікуватимуться майже на рівні базового періоду. Це свідчить про те, що забезпеченість теплом вегетаційного періоду овочевих культур за сценарієм *RCP4.5* залишиться на рівні базового періоду, а за сценарієм *RCP8.5* буде вищою. Це дасть змогу поширити ареал вирощування середньостиглих і пізньостиглих більш врожайних сортів овочевих культур

Зволоження території визначається співвідношенням дохідної та витратної частин водного балансу.

Для характеристики зволоження території використовується безліч показників у вигляді тих чи інших функцій від кількості опадів та максимально можливого випаровування. В агрометеорологічній практиці для характеристики вологозабезпеченості території використовується також кількість опадів, що випадають за певний проміжок часу (рік, сезон, вегетаційний період, між фазний період і ін.), відношення фактичного водоспоживання (сумарного випаровування) до вологопотреби рослин (випаровуваності), коефіцієнти зволоження та ін. [7].

В нашому дослідженні для характеристики умов зволоження розглядалися такі показники:

- сума опадів за рік;
- сума опадів за періоди з температурами повітря вище 10, 15 °С;
- сумарне випаровування, випаровуваність, дефіцит випаровування;
- коефіцієнт зволоження – гідротермічний коефіцієнт Г.Т. Селянинова (ГТК) за період з температурами повітря вище 10 °С.

Аналіз розрахунків очікуваних річних сум опадів за сценаріями показав, що в Степовій зоні України за сценарієм *RCP4.5* суми опади становитимуть

89-90% від базової суми 93 – 95 % від базової суми за період за сценарієм *RCP8.5*.(табл.3).

Були також досліджені середні багаторічні і розраховані за сценаріями суми опадів по сезонах року. По сезонах року за розрахунками за сценаріями *RCP4.5* та *RCP8.5* спостерігатимуться значні коливання очікуваної кількості опадів і нерівномірність їх розподілу за сезонами. Так, за розрахунками за сценарієм *RCP4.5* весна буде сухішою, ніж в базовий період . Сума опадів становитиме 91 % від середньої багаторічної суми.

Розрахунки за сценарієм *RCP8.5* показують, що весна буде очікуватись з сумою опадів 126 мм що становитиме 107 % сум опадів базового періоду.

Літо буде сухим з сумами опадів біля 56 % від базових сум як за сценарієм *RCP4.5*, так і за сценарієм *RCP8.5*.

Таблиця 3 – Порівняння середніх багаторічних сум опадів з сумами опадів розрахованими за сценаріями *RCP4.5* та *RCP8.5*

Період	Сума опадів, мм				
	за рік	весна	літо	осінь	зима
1980-2010pp	493 (мм,%)	119 (мм,%)	147 (мм,%)	122 (мм,%)	105 (мм,%)
<i>RCP4.5</i>	428 (87)	108 (91)	91 62	107 (88)	122 (116)
Різниця	-65	-11	-56	-15	17
<i>RCP8.5</i>	436 (88)	126 (106)	90 (61)	99 (81)	121 (115)
Різниця	-57	7	-57	-23	16

В розрахунковий період 2021-2050 pp. сухою очікуватиметься і осінь, коли суми опадів за обома сценаріями очікуватимуться 107– 99 мм, що становитиме 88 – 81 % від сум опадів базового періоду.

Таким чином можна зробити висновок, що не зважаючи на те, що в деякі періоди очікувані суми опадів будуть вищими за середні суми базового періоду в цілому за обома сценаріями очікувані суми опадів за рік будуть меншими ніж середні багаторічні, отже зросте посушливість весняно-літнього періоду.

Були також проаналізовані інші показники зволоження за період з температурою повітря вище 10 °С, сумарне випаровування, випаровуваність,

відношення сумарного випаровування до випаровуваності, дефіцит випаровування та коефіцієнт зволоження ГТК Г.Т. Селянинова (табл.4).

Як видно із табл.4 сума опадів за вегетаційний період овочевих культур за обома сценаріями очікуватиметься майже однаковою і набагато нижчою суми базового періоду на 84 – 87 мм. Зменшення сум опадів призведе до зменшення сумарного випаровування, випаровуваності і збільшення дефіциту випаровування. Сумарне випаровування зменшиться у майбутньому за обома сценаріями відповідно на 55 та 53мм, випаровуваність зменшиться відповідно на 40 та 13 мм, дефіцит випаровування збільшиться на 15 та 37 мм.

Таблиця 4 – Порівняння середніх багаторічних показників зволоження за вегетаційний період овочевих культур з розрахованими за сценаріями змін клімату

Період	Сума опадів (мм)	Сумарне випаровування (E_{ϕ} , мм)	Випаровуваність (E_o , мм)	Відношення E_{ϕ} / E_o , відн.од.	Дефіцит випаровування, мм	ГТК, відн. од.
1980-2010рр.	377	420,2	556,2	0,76	136,0	0,86
<i>RCP 4.5</i>	293	365	516	0,71	151,3	0,80
Різниця	-84	-55,2	-40,2	-0,05	15,3	-0,06
<i>RCP 8.5</i>	290	367,1	543	0,68	173,0	0,79
Різниця	-87,0	-53,1	-13,2	-0,08	37,0	-0,07

Буде нижчим і показник зволоження Г.Т.Селянинова ГТК, він становитиме відповідно 0,80 – 0,76 відн. од. Що свідчить про зростання сухості території Степової зони у розрахунковий період 2021 – 2050 рр. Зменшення кількості опадів і збільшення дефіциту випаровування вимагатимуть збільшення кількості поливів впродовж вегетаційного періоду овочевих культур для отримання високих врожаїв і, відповідно, збільшення поливної норми. Це, в свою чергу, збільшить собівартість вирощування овочевих культур.

Список використаної літератури

- 1.Божко Л.Ю. Клімат і продуктивність овочевих культур в Україні. – Одеса. «Екологія». 2010. – 368 с.
- 2.Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України. / За ред. С.М. Степаненка та А.М. Польового. Одеса.: «Екологія», 2011. – 694 с.
- 3.Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України. /За ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. – Одеса. «ТЕС», 2015. – 520 с.
- 4.Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем. – К.: КНТ, 2007. – 344 с.
- 5.Польовий А.М. Моделювання впливу підвищення концентрації CO₂ в атмосфері на фотосинтез зеленого листка // Польовий А.М. Український гідрометеорологічний журнал. – 2009, № 4, – с.46-56.
6. Тооминг Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая. –Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 200 с.
- 7.Ефимова Н.А. Радиационные факторы продуктивности растительного покрова. –Л.: Гидрометеиздат. 1977. -201с.
8. Corobov R. Estimations of climate change impakts on crop production in the Republie of Moldova/ Corobov R.//Geojournal. Vol 57(3),2002.P 195-202.
- 9.Radiation use efficiency and yield of winter wheat under deficit irrigation in North China.Н. Han¹, Z. Li¹, T. Ning ¹, X. Zhang ², Y. Shan ³, M. Bai¹. Plant Soil Environ. 54. 2008(7). С. 313 – 319.