

АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ В УКРАЇНСЬКІЙ ЧАСТИНІ СУББАСЕЙНУ ДЕЛЬТИ ДУНАЮ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Оцінюються зміни агрокліматичних умов вирощування ярого ячменю в зв'язку зі зміною клімату. Для оцінки змін використано сценарій зміни клімату в Україні – А1В, регіональну кліматичну модель MPI-M-REMO, глобальну модель – ECHAM5-r3 як найбільш вірогідні на період до 2050 року. За допомогою моделей продукційного процесу рослин також виконана оцінка фотосинтетичної продуктивності та коливань середньої районної урожайності зерна ярого ячменю в районах Одеської області, які відносяться до української частини суббасейну дельти Дунаю.

Ключові слова: клімат, температура повітря, опади, озима пшениця, фотосинтез, біомаса, продуктивність, урожай.

Вступ. Важливою ланкою проблеми зміни глобального клімату є оцінка зміни агрокліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур та впливу цих змін на їхню продуктивність. Сільське господарство є найбільш вразливою галуззю економіки України до коливань та змін клімату. Враховуючи інерційний характер сільського господарства та залежність його ефективності від погодних умов, уже зараз необхідне прийняття своєчасних та адекватних рішень щодо складних проблем, зумовлених змінами клімату. У зв'язку з очікуваним підвищенням температури повітря Північної півкулі продовольча безпека України значною мірою буде залежати від того, наскільки ефективно адаптується сільське господарство до майбутніх змін клімату. Це передбачає завчасну оцінку впливу очікуваних змін клімату на агрокліматичні умови вирощування сільськогосподарських культур.

Сучасне потепління спричиняє значну зміну агрокліматичних умов росту, розвитку та формування продуктивності сільськогосподарських культур. Воно супроводжується істотним підвищенням температури повітря у зимові місяці, збільшенням кількості тривалих відлиг, часового зрушення розвитку природних процесів, змінами тривалості сезонів року, подовженням беззаморозкового періоду та тривалості вегетаційного періоду сільськогосподарських культур, збільшенням теплозабезпеченості вегетаційного періоду, деяким покращенням вологозабезпеченості майже усіх зон України. Можливе зростання частоти екстремальних погодних явищ, загальне зниження вологості ґрунтів та зменшення їхньої родючості, виснаження ресурсів прісної води у південних регіонах країни, деградація ґрунтів. Разом з тим, основною особливістю потепління стала нерівномірність випадіння опадів за окремі періоди року, що призвело до збільшення посушливих явищ. Посухи нерідко співпадають з суховіями, спричиняючи пошкодження рослин у різних фазах розвитку та зменшуючи їхню продуктивність.

Матеріали та методи досліджень. Для оцінки змін агрокліматичних ресурсів при можливих змінах клімату було використано сценарій зміни клімату в Україні – А1В, регіональну кліматичну модель MPI-M-REMO, глобальну модель – ECHAM5-r3 [9] як найбільш вірогідні на період до 2050 року.

Регіональна модель (РЕМО), результати розрахунків за якою використані як сценарні, була розроблена в Інституті метеорології Макса-Планка (м. Гамбург) [1-10]. РЕМО об'єднує колишню чисельну модель прогнозу погоди EUROPA-MODELL для розрахунків термодинамічних характеристик та блоку глобальної кліматичної моделі

ЕСНАМ4 [9], в якому розраховуються процеси хмаро та опадоутворення, проходження потоків сонячної радіації в атмосфері, вплив підстильної поверхні на теплові потоки з урахуванням альбедо і типу поверхні [2, 3, 4]. В даній моделі використовується повернута сферична система координат, коли екватор проходить через центр області моделювання для зменшення впливу кривизни Землі на прямокутність координатної сітки, і, так звана, гібридна вертикальна координата, яка є комбінацією ізобаричної та σ вертикальної координати, тобто, вертикальні рівні розташовані вздовж підстильної поверхні поблизу землі і з висотою перетворюються в паралельні ізобаричним за спеціальним співвідношенням.

В останні роки РЕМО досить успішно застосовувалась для моделювання минулого і майбутнього регіонального клімату не тільки Німеччини, але й інших країн Європи, а також Індії, Аргентини та інших країн світу [2, 3, 4].

Аналіз тенденції зміни клімату виконано шляхом порівняння даних за кліматичним сценарієм та середніх багаторічних характеристик кліматичних та агрокліматичних показників за три періоди: 1986 – 2005 рр. (базовий період), 2011 – 2030 рр. (I-й сценарний період), 2031 – 2050 рр. (II-й сценарний період).

Для сільськогосподарських культур на фоні зміни кліматичних умов за I-й сценарний (2011-2030рр.) та II-й сценарний (2031-2050 рр.) періоди розглядалися такі варіанти: кліматичні умови періоду; кліматичні умови періоду + збільшення CO_2 в атмосфері (для I-го періоду з 380 до 470 ppm, для II-го періоду з 380 до 520 ppm); кліматичні умови періоду + збільшення CO_2 + внесення добрив в дозах N_{40} ; кліматичні умови періоду + збільшення CO_2 + внесення добрив в дозах N_{80} .

Як теоретична основа для виконання розрахунків та порівняння результатів були використані розроблені А.М. Польовим моделі продуктивного процесу сільськогосподарських культур: модель формування продуктивності агроекосистеми [5]; результати розробки моделі фотосинтезу зеленого листка рослин при зміні концентрації CO_2 в атмосфері [6].

Ідентифікація моделі формування врожайності сільськогосподарських культур виконана на основі матеріалів агрометеорологічних спостережень метеорологічних станцій Болград, Ізмаїл, Вилкове та даних середньої районної урожайності ярого ячменю.

Слід підкреслити, що вплив зміни клімату на формування продуктивності ярого ячменю розглядався за умов сучасної агротехніки та сучасних сортів і гібридів ярого ячменю в припущенні, що вони суттєво не зміняться.

Результати досліджень та їх аналіз. За умов реалізації сценарію зміни клімату терміни посіву ярого ячменю змістяться на більш ранні строки: для періоду 2011 – 2030 рр. на 15 днів, для періоду 2031 – 2050 рр. – на 28 днів. Відповідно змістяться і строки появи сходів на 14 – 25 днів та колосіння на 8 – 17 днів. Воскова стиглість настане на 9 – 16 днів раніше, а тривалість періоду сівба – воскова стиглість збільшиться до 99 – 105 днів.

Порівняння динаміки середньої за декаду температури повітря при зміні кліматичних умов в I-й та II-й сценарні періоди з температурою базового періоду за період вегетації ярого ячменю показує, що зміщення строків сівби в сторону більш ранніх термінів приведе до того, що за весь період вегетації ярого ячменю ріст і розвиток будуть проходити на фоні знижених температур (рис. 1).

Період сівба – колосіння буде проходити при знижених температурах: на $0,9\text{ }^\circ\text{C}$ у період 2011 – 2030 рр. і на $1,7\text{ }^\circ\text{C}$ у період 2031-2050 рр. (табл. 1). Дещо зниженим буде і температурний режим від колосіння до воскової стиглості (на $0,3\text{ }^\circ\text{C}$ у I-й період і на $1,7\text{ }^\circ\text{C}$ у II-й період).

Таблиця 1 - Агрокліматичні умови вирощування ярого ячменю

Період	Період сівба – колосіння			Період колосіння – воскова стиглість			Весь вегетаційний період		
	середня температура, °С	сума температур, °С	сума опадів, мм	середня температура, °С	сума температур, °С	сума опадів, мм	середня температура, °С	сума температур, °С	сума опадів, мм
1986 – 2005	13,3	918	98	20,4	490	49	15,1	1408	147
2011 – 2030	12,4	930	92	20,1	482	25	14,3	1412	117
Різниця	-0,9	-12	-6 %	-0,3	-8	-48 %	-0,8	+4	-20 %
2031 – 2050	11,6	917	85	19,1	497	24	13,5	1414	109
Різниця	-1,7	-1	-13%	-1,3	+7	-51 %	-1,6	+6	-26 %

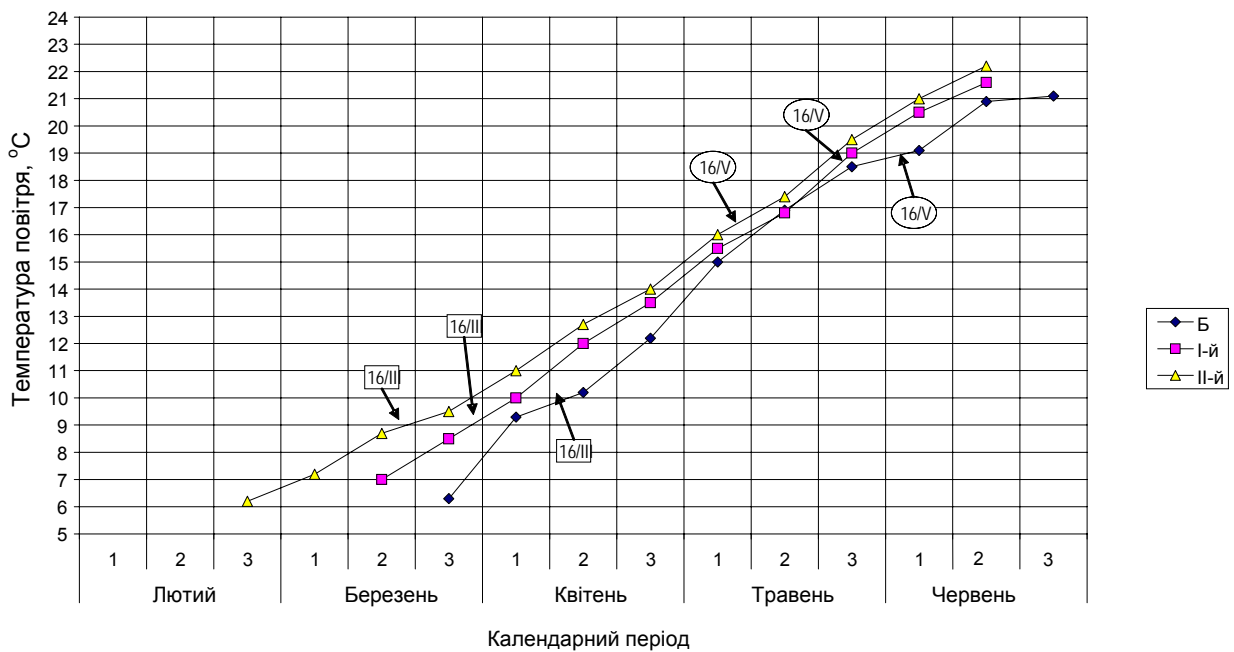


Рис. 1 – Динаміка середньої за декаду температури повітря за період вегетації ярого ячменю в умовах зміни клімату: Б - базовий період; I-й - 2011-2030 рр.; II-й - 2031-2050 рр.

□ - дата сходів; △ - дата колосіння

Кількість опадів у період сівба – колосіння зменшиться для I-го сценарного періоду на 6 %, а для II-го – на 13 % (табл. 1). Для періоду колосіння – воскова стиглість це зменшення буде досить відчутним (на 48 – 51 %). Таким чином, кількість опадів за період сівба – воскова стиглість ярого ячменю при зміні клімату зменшиться в I-й період на 20 %, а в II-й період на 26 %.

Зросте сумарне випаровування в порівнянні з базовим (198 мм) до 228 мм в I-й сценарний період і до 268 мм - у II-й період. Відбудеться збільшення витрат на транспірацію з 79 мм до 93 – 116 мм (табл. 2).

Таблиця 2 - Характеристика водного режиму вегетаційного періоду ярого ячменю

Період, роки	Сумарна за вегетаційний період, мм					Вологозабезпеченість за період, %		
	випаровуваність	випаровування	транспірація	випаровування з поверхні ґрунту	дефіцит випаровування	сходи – коло сіння	колосіння-воскова стиглість	весь вегетаційний період
1986 – 2005	284	198	79	119	86	74,7	65,1	70,5
2011 –2030	318	228	93	135	90	75,3	65,8	72,8
Різниця	+11%	+15%	+18%	+13%	+5%	+0,6	+0,7	+2,3
2031 –2050	378	268	116	151	110	75,4	65,8	72,0
Різниця	+21%	+35%	+47%	+28%	+28%	+0,4	+0,7	+1,5

Разом з тим вологозабезпеченість всього періоду від посіву до воскової стиглості ярого ячменю залишиться на рівні базового періоду (рис. 2). Це пояснюється зміщенням періоду вегетації на раніші терміни, коли після зимових опадів у ґрунті знаходиться достатня кількість вологи, а вегетація проходить при зниженому температурному режимі. Особливістю запасів вологи в ґрунті є їх інерційність, тому, не зважаючи на зменшення кількості опадів за вегетацію ярого ячменю, вологозабезпеченість посівів при зміні клімату буде на рівні базової або навіть дещо краща. Як видно з даних рис. 2, на дату настання фаз сходів та колосіння вологозабезпеченість як у I-му, так і у II-му періоді буде дещо вища, ніж в базовий період.

Аналіз динаміки показників фотосинтетичної продуктивності посівів ярого ячменю в умовах зміни клімату в порівнянні з базовим періодом проведемо на прикладі Болградського району.

Динаміка наростання площі листкової поверхні наведена на рис. 3 та рис. 4. За рахунок більш ранніх термінів сівби в порівнянні з базовим періодом прирости площі листя в період 2011-2030 рр. будуть відбуватись на 1 – 2 декади раніше (рис. 3).

За зміни кліматичних умов площа листкової поверхні в період її максимального розвитку (колосіння – цвітіння) збільшиться з 1,55 до 1,79 м²/м². Порівняно з базовим періодом це становитиме 15 % (табл. 3).

Підвищення вмісту CO₂ в атмосфері з 380 до 470 ppm зумовить збільшення площі листя до 2,0 м²/м². Внесення добрив покращить умови формування листкової поверхні посівів: внесення доз добрив N₄₀ підвищить рівень розмірів площі листя до 2,39 м²/м², внесення N₈₀ зумовить зростання її до рівня 2,66 м²/м², що відповідно на 54 та 72 % вище порівняно з базовим періодом. Фотосинтетичний потенціал посівів збільшиться при внесенні добрив на 46 – 61 % в порівнянні з базовим періодом.

Кліматичні умови періоду 2031 – 2050 рр. виявляться більш сприятливими для фотосинтетичної діяльності посівів ярого ячменю та формування його урожаю. За рахунок зміни кліматичних умов зросте площа листкової поверхні з 1,55 до 2,09 м²/м² (рис.4).

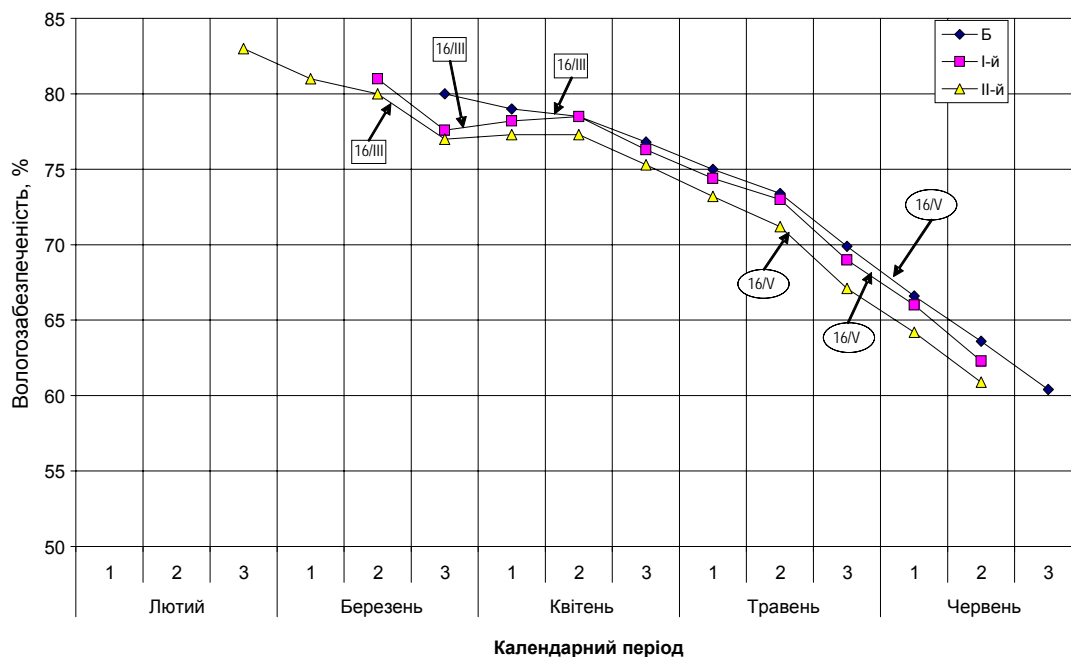


Рис. 2 – Динаміка вологозабезпеченості ярого ячменю в умовах зміни клімату: Б - базовий період; I-й - 2011-2030 рр.; II-й - 2031-2050 рр.

□ - дата сходів ○ - дата колосіння

Таблиця 3 - Фотосинтетична продуктивність ярого ячменю. Болградський район

Період, роки	Варіант	Період максимального росту		Фотосинтетичний потенціал посівів за вегетаційний період, м ² /м ²	Урожай, ц/га
		площа листової поверхні, м ² /м ²	приріст загальної сухої біомаси, г/м ² ·за день		
1986–2005	Базовий	1,55	10,8	70,6	17,2
2011–2030	Клімат	1,79	12,0	80,9	17,7
	Клімат + CO ₂	2,0	13,9	88,5	20,3
	Клімат + CO ₂ + N ₄₀	2,39	17,6	103,2	25,7
	Клімат + CO ₂ + N ₈₀	2,66	20,1	113,4	29,3
2031–2050	Клімат	2,09	14,1	100,8	22,4
	Клімат + CO ₂	2,47	17,7	116,8	27,9
	Клімат + CO ₂ + N ₄₀	2,98	22,3	133,1	35,2
	Клімат + CO ₂ + N ₈₀	3,22	25,3	152,2	40,1

Збільшення вмісту CO₂ в атмосфері з 380 до 520 ppm суттєво підвищить рівень показників фотосинтетичної діяльності посівів. Зросте площа листя до 2,47 м²/м², ще більшим буде це зростання при внесенні добрив: при внесенні добрив в дозі N₄₀ площа листя зросте до рівня 2,98 м²/м² (на 92 %), а при внесенні N₈₀ – до 3,32 м²/м² (на 114 %).

Сезонний хід інтенсивності фотосинтезу має чітко визначений максимум в фазу колосіння, після чого він поступово знижується (рис. 5 та рис. 6). В період 2011 –

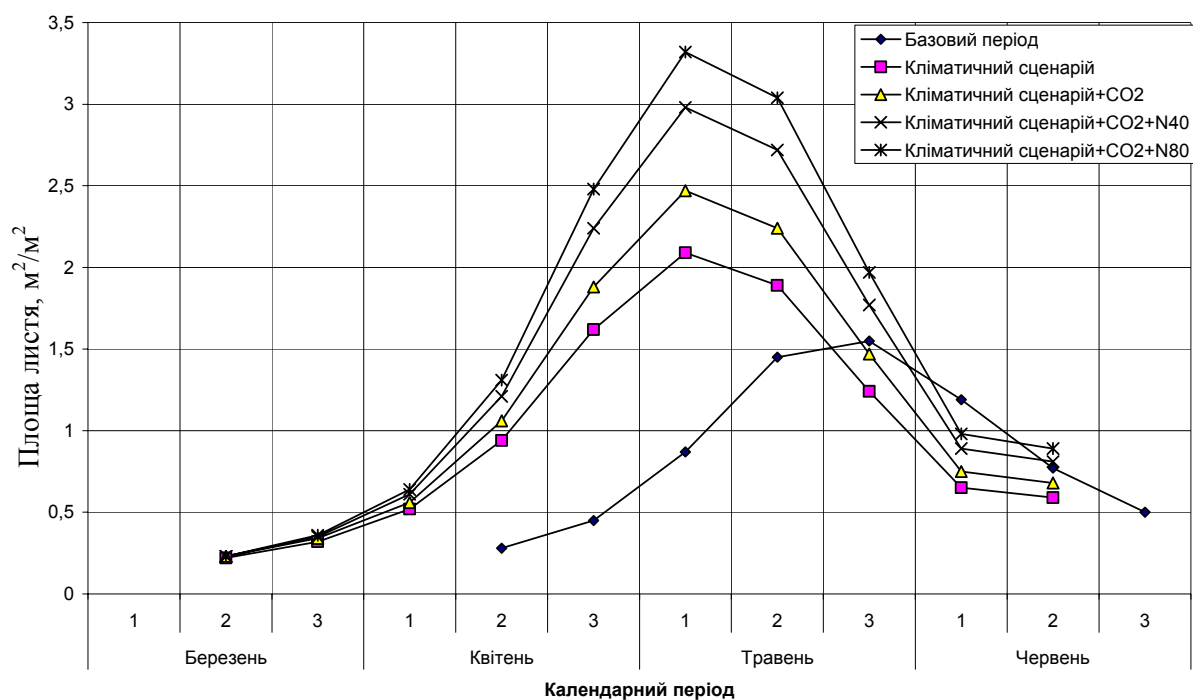


Рис. 3 – Динаміка відносної площі листкової поверхні ярого ячменю в умовах зміни клімату за сценарієм на 2011 - 2030 роки в порівнянні з періодом 1986 - 2005 роки (базовий період).

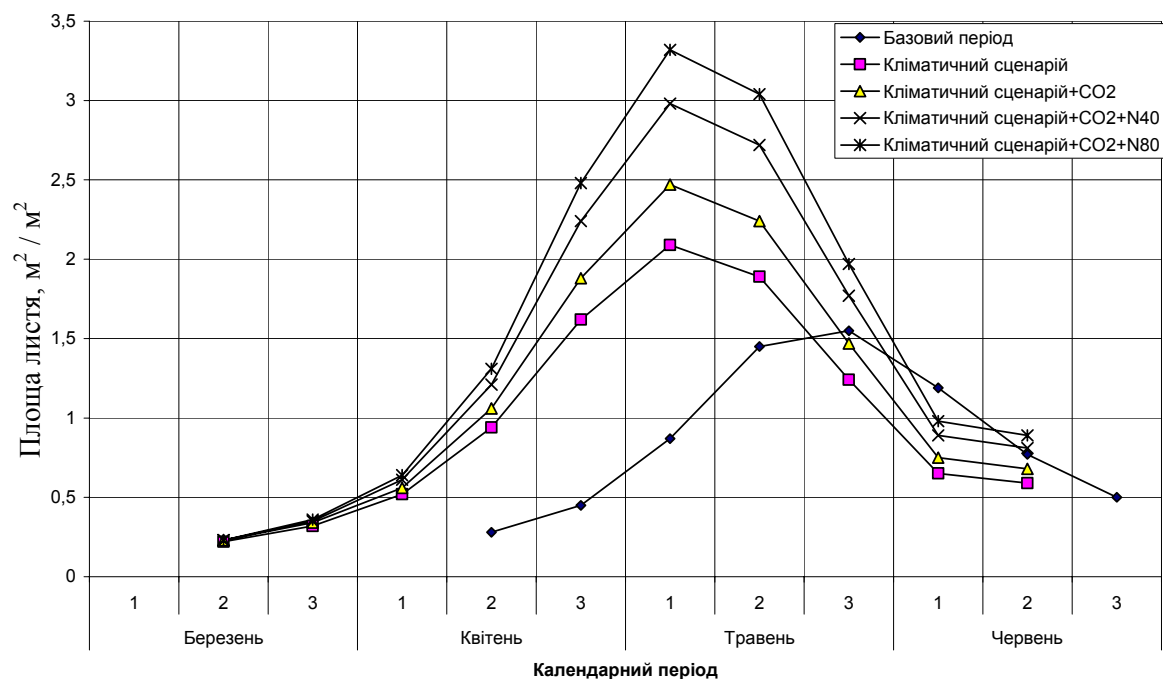


Рис. 4. Динаміка відносної площі листкової поверхні ярого ячменю в умовах зміни клімату за сценарієм на 2031 - 2050 роки в порівнянні з періодом 1986 - 2005 роки (базовий період).

2030 рр. кліматичні умови в травні дещо гірші, ніж у базовий період. При зміні кліматичних умов в порівнянні з базовим періодом інтенсивність фотосинтезу ярого ячменю в перші три декади вегетації буде на 0,1 – 0,2 мг CO₂ / (дм²·год) нижче, чим в

базовий період, але це буде спостерігатись тільки до фази колосіння. Підвищення вмісту CO_2 в атмосфері з 380 до 470 ppm підвищить рівень інтенсивності фотосинтезу посівів до рівня $11,6 \text{ мг } \text{CO}_2 / (\text{дм}^2 \cdot \text{год})$ в декаду його максимальних значень.

Внесення добрив в дозі N_{40} та N_{80} суттєво підніме рівень інтенсивності фотосинтезу, особливо при внесенні вищої дози добрив. Це підвищення буде становити $1,5 - 2,0 \text{ мг } \text{CO}_2 / (\text{дм}^2 \cdot \text{год})$, а рівень інтенсивності фотосинтезу сягатиме $11,7 - 12,2 \text{ мг } \text{CO}_2 / (\text{дм}^2 \cdot \text{год})$.

При реалізації кліматичного сценарію періоду 2031-2050 рр. інтенсивність фотосинтезу буде вищою (рис. 6), ніж в базовий період, а збільшення вмісту CO_2 в атмосфері до 520 ppm зумовить підвищення інтенсивності фотосинтезу. При внесенні добрив рівень фотосинтезу зростає і в період максимальних значень він буде становити $11,0 - 11,4 \text{ мг } \text{CO}_2 / (\text{дм}^2 \cdot \text{год})$.

Накопичення загальної біомаси у перші чотири декади відбуватиметься досить повільно, потім зростає і після 7-ої декади вегетації сповільниться. В період 2011-2030 рр. на початку вегетації зміна клімату не позначиться на приростах загальної біомаси і тільки після 5-ої декади спостерігатиметься більш високий темп наростання загальної біомаси.

Врахування підвищення рівня CO_2 показує, що прирости загальної біомаси зростуть на 32 %. Внесення добрив в дозах N_{40} та N_{80} зумовлять збільшення приростів загальної біомаси до $17,6 - 20,1 \text{ г/м}^2$ за день (табл. 3) та збільшення її майже вдвічі в порівнянні з базовим періодом.

Формування загальної біомаси у період 2031 -2050 рр. за рахунок зміни клімату буде відбуватись інтенсивніше . Приріст загальної біомаси в період максимальних значень збільшиться з $10,2$ до $14,1 \text{ г/м}^2$ за день (табл. 3).

Ще суттєвішим буде збільшення приростів за рахунок зміни вмісту CO_2 в атмосфері, вони становитимуть в період максимальних значень $17,7 \text{ г/м}^2$ за день.

Внесення добрив підвищить рівень приростів загальної біомаси і вона сформується на рівні $776 - 881 \text{ г/м}^2$. Зміна всіх показників фотосинтетичної діяльності

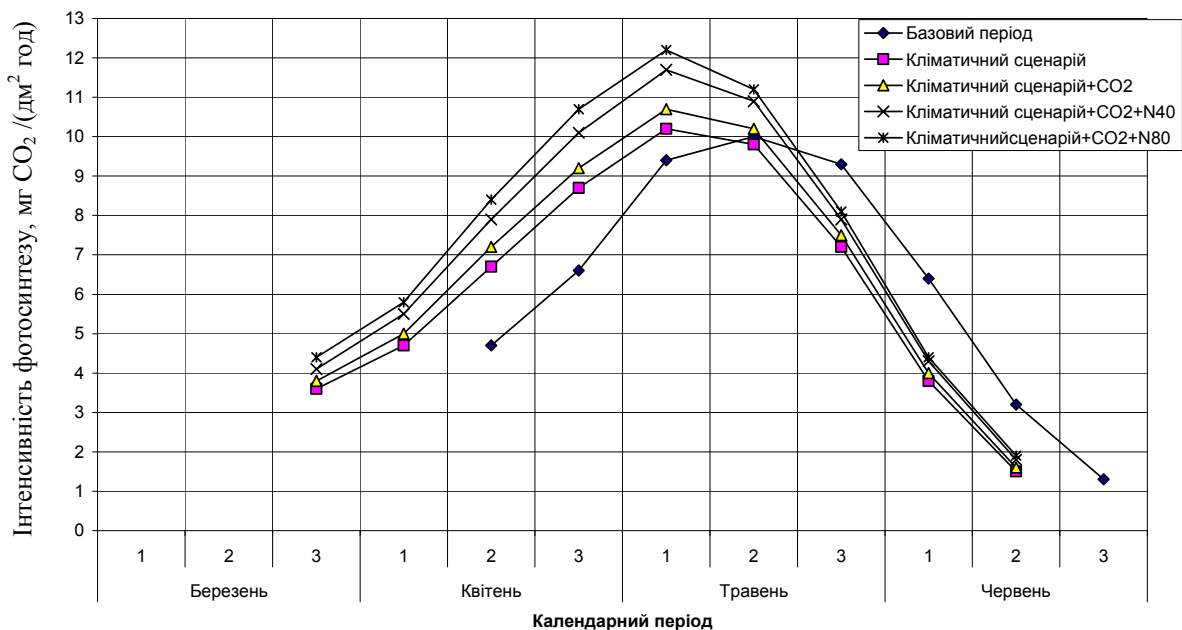


Рис. 5 – Динаміка середньої за декаду інтенсивності фотосинтезу ярого ячменю в умовах зміни клімату за сценарієм на 2011 - 2030 роки в порівнянні з періодом 1986 - 2005 роки (базовий період).

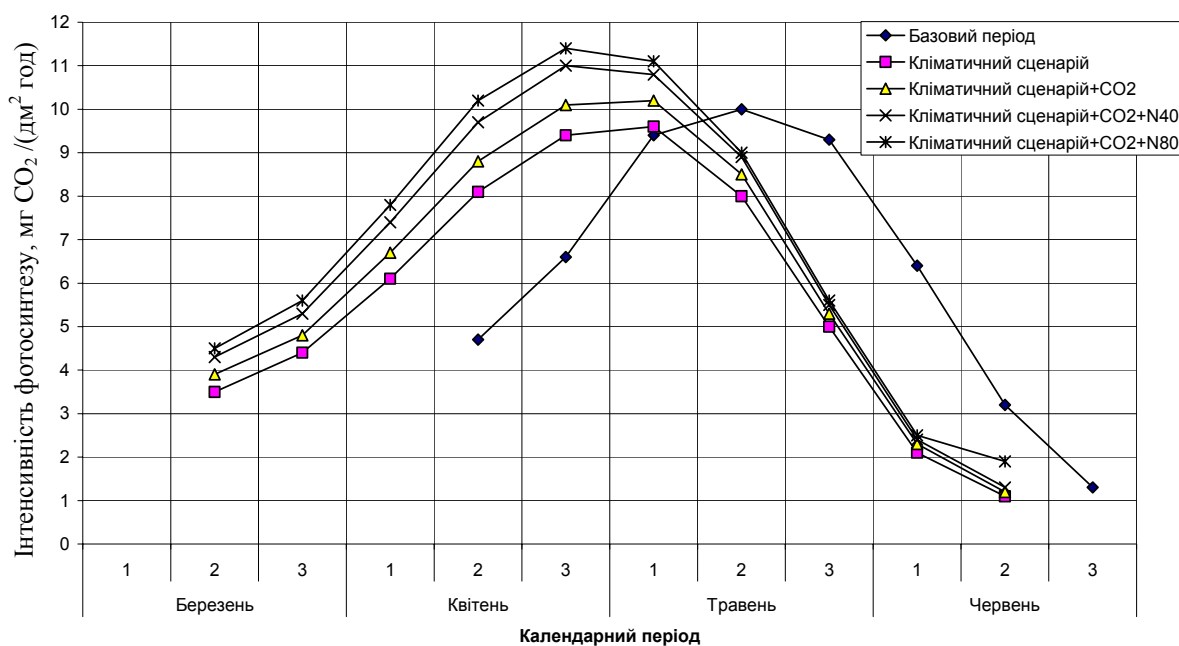


Рис. 6 – Динаміка середньої за декаду інтенсивності фотосинтезу ярого ячменю в умовах зміни клімату за сценарієм на 2031 - 2050 роки в порівнянні з періодом 1986 - 2005 роки (базовий період).

посівів ярого ячменю обумовить відповідно і зміну кінцевої продукції – урожаю зерна.

При зміні кліматичних умов в I-й період урожай зерна ярого ячменю збільшиться з 17,2 до 17,7 ц/га. Підвищення вмісту CO₂ в атмосфері з 380 до 470 ppm спричинить до підвищення урожаю зерна на 3,1 ц/га (до 20,3 ц/га).

Внесення добрив в дозі N₄₀ і N₈₀ (табл. 4) підвищить показники фотосинтетичної діяльності посівів ярого ячменю та зумовить до збільшення урожаю відповідно по періодах до 25,7 та 29,3 ц/га, що становитиме 149 та 170 % від базового періоду.

Кліматичні умови II-го періоду виявляться більш сприятливими для фотосинтетичної діяльності посівів ярого ячменю та формування його урожаю. За рахунок тільки зміни кліматичних умов урожайність зерна ярого ячменю підвищиться на 5,2 ц/га порівняно з базовим періодом (табл. 3).

Збільшення вмісту CO₂ в атмосфері з 380 до 520 ppm суттєво підвищить рівень показників фотосинтетичної діяльності посівів і як результат збільшення показників фотосинтетичної продуктивності. Очікуваний урожай ярого ячменю становитиме 27,9 ц/га, що в 1,6 разу більше порівняно з базовим періодом.

Внесення мінеральних добрив в дозах N₄₀ і N₈₀ дозволить підвищити рівень урожайності до 35,2 – 40,1 ц/га, що становить відповідно 204,6 та 233,1 % від базового періоду.

Тенденції зміни показників фотосинтетичної продуктивності ярого ячменю в умовах зміни клімату в усіх адміністративних районах дельти Дунаю представлені в табл. 4.

Як видно із табл. 4 і рис. 7, в усіх адміністративних районах дельти Дунаю збільшення рівня урожайності за рахунок зміни кліматичних умов буде спостерігатись і у I-й сценарний (на 3 %), і у II-й сценарний (на 30 %) періоди. Зростання вмісту CO₂ в атмосфері підвищить урожайність відповідно на 15 та 62 %. Цілком закономірно, що максимальний ефект буде отримано при поєднанні змін клімату, зростання вмісту CO₂ в атмосфері та внесенні високої дози мінеральних добрив.

Таблиця 4 - Фотосинтетична продуктивність ярого ячменю по адміністративних районах Дельти Дунаю

Період, роки	Варіант	Період максимального росту		Урожай	
		площа листкової поверхні, м ² /м ²	приріст загальної сухої біомаси, г/м ² за день	ц/га	в % від базового за період 1986–2005рр.
Болградський район					
1986–2005	Базовий	1,55	10,8	17,2	100
2011–2030	Клімат	1,79	12,0	17,7	102,9
	Клімат + CO ₂	2,0	13,9	20,3	118,0
	Клімат + CO ₂ + N ₄₀	2,39	17,6	25,7	149,4
	Клімат + CO ₂ + N ₈₀	2,66	20,1	29,3	170,3
2031–2050	Клімат	2,09	14,1	22,4	130,2
	Клімат + CO ₂	2,47	17,7	27,9	162,2
	Клімат + CO ₂ + N ₄₀	2,98	22,3	35,2	204,6
	Клімат + CO ₂ + N ₈₀	3,22	25,3	40,1	233,1
Ренійський район					
1986–2005	Базовий	1,37	10,3	20,5	100
2011–2030	Клімат	1,55	11,5	23,1	112,7
	Клімат + CO ₂	1,71	13,3	26,6	129,8
	Клімат + CO ₂ + N ₄₀	2,04	16,9	33,7	164,4
	Клімат + CO ₂ + N ₈₀	2,26	19,4	38,6	188,3
2031–2050	Клімат	1,75	11,6	25,8	125,8
	Клімат + CO ₂	2,05	14,4	32,0	156,1
	Клімат + CO ₂ + N ₄₀	2,46	18,3	40,5	197,6
	Клімат + CO ₂ + N ₈₀	2,73	20,9	46,3	225,8
Ізмайльський район					
1986–2005	Базовий	1,45	11,1	22,0	100
2011–2030	Клімат	1,63	12,4	24,9	113,2
	Клімат + CO ₂	1,80	14,3	28,6	130,0
	Клімат + CO ₂ + N ₄₀	2,14	18,1	36,0	163,6
	Клімат + CO ₂ + N ₈₀	2,38	20,6	41,1	186,8
2031–2050	Клімат	1,85	12,4	27,7	125,9
	Клімат + CO ₂	2,17	15,5	34,3	155,9
Продовження табл. 5					
	Клімат + CO ₂ + N ₄₀	2,59	19,5	43,2	196,4
	Клімат + CO ₂ + N ₈₀	2,87	22,1	49,0	222,7
Кілійський район					
1986–2005	Базовий	1,50	11,7	23,2	100
2011–2030	Клімат	1,52	12,8	26,6	114,6
	Клімат + CO ₂	1,68	14,8	30,6	134,9
	Клімат + CO ₂ + N ₄₀	2,0	18,8	38,8	167,2
	Клімат + CO ₂ + N ₈₀	2,22	21,5	44,4	191,4
2031–2050	Клімат	1,84	13,0	29,7	128,0
	Клімат + CO ₂	2,15	13,4	37,0	159,5
	Клімат + CO ₂ + N ₄₀	2,59	20,8	46,9	202,2
	Клімат + CO ₂ + N ₈₀	2,88	23,7	53,6	231,0

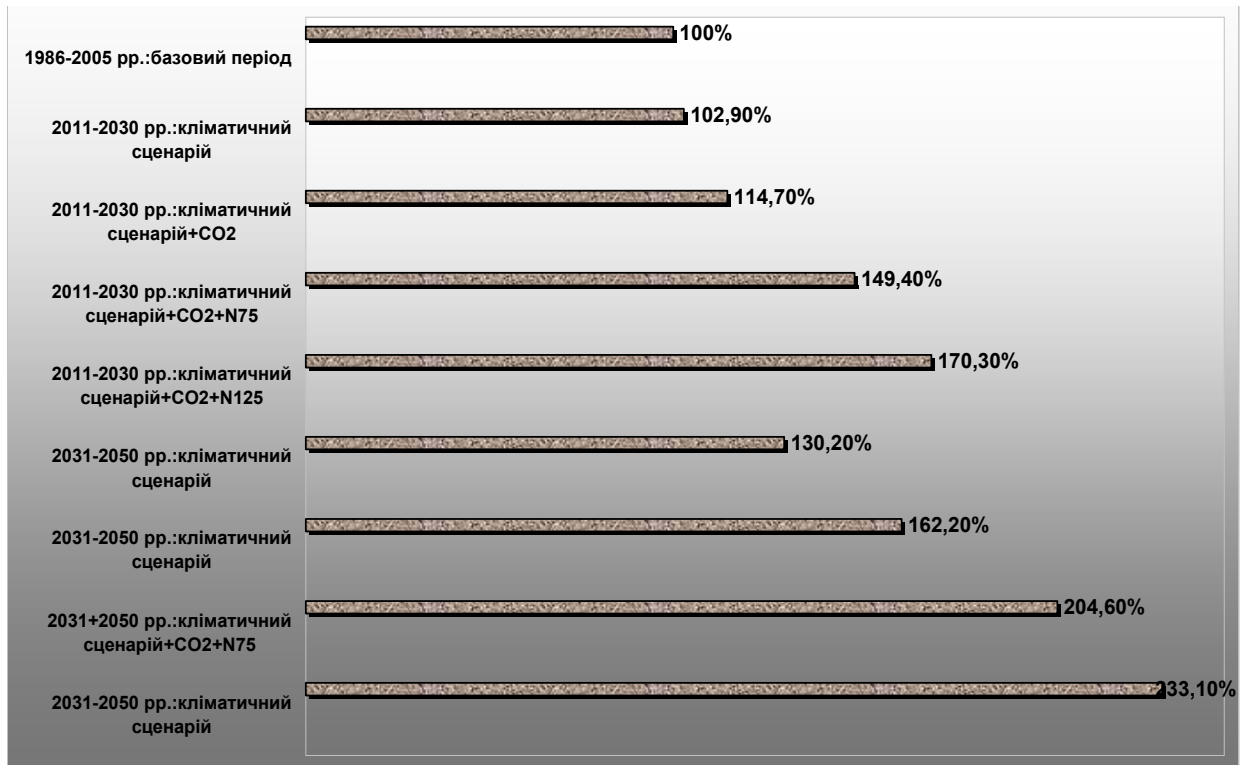


Рис. 7 – Зміна урожайності ярого ячменю в залежності від кліматичних змін у 2011-2030 роках та 2031-2050 роках в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 роки). Болградський район.

Висновки. За умов зміни клімату сівба ярого ячменю в перші 1–2 дні після настання весняної «стиглості» ґрунту зумовлюватиме максимальний урожай в конкретних агрометеорологічних умовах. При затримці з сівбою на 10 – 20 днів буде спостерігатись непродуктивна витрата ґрунтової вологи за рахунок випаровування, вегетація культури буде проходити при більш підвищеному температурному режимі, що зумовить менш сприятливі умови для фотосинтетичної продуктивності рослин і, як наслідок, урожай ярого ячменю буде знижуватись на 15 –20 %.

Збільшення теплозабезпеченості в умовах зміни клімату відкриває можливості для вирощування пожнивних культур після збирання врожаю ярого ячменю. Як пожнивні можуть вирощуватись такі культури: гречка, просо, ранні та середньостиглі сорти кукурудзи, соя, картопля, томати, суданська трава.

Список літератури

1. Агрокліматичний довідник по Одеській області (1986 – 2005 рр.). – Одеса: 2012. – 215 с.
2. Краковская С.В., Паламарчук Л.В., Дюкель Г.А. Региональная модель (РЕМО) в изучении сильных осадков в Карпатах. //Міжрегіональний збірник Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2008. – № 50. – С. 75-80.
3. Краковська С.В., Паламарчук Л.В., Шедєменко І.П., Дюкель Г.О., Гнатюк Н.В. Верифікація даних світового кліматичного центру (CRU) та регіональної моделі клімату (РЕМО) щодо прогнозу приземної температури повітря за контрольний період 1961-1990 рр. //Наук. праці УкрНДГМІ. – 2008. – № 257. – С. 42-60.
4. Краковська С.В., Паламарчук Л.В., Шедєменко І.П., Дюкель Г.О., Гнатюк Н.В. Моделі загальної циркуляції атмосфери та океанів у прогнозуванні змін

- регіонального клімату України в XXI ст. //Геофизический журнал. – 2011.– № 6. – Т. 33. – С. 68-81.
5. *Польовий А.М.* Моделювання продуктивності агроєкосистем. //Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2005. – Вип. 1. – С. 79-86.
 6. *Полевой А.Н.* Моделирование фотосинтеза зеленого листа у растений типа C₃ и C₄ при изменении концентрации CO₂ в атмосфере. – //В сб.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – М.:ИГКЭ. – 2010. – Том XXIII – С. 297-315.
 7. *Christensen, J.H., B. Hewitson, A. Busuioc, A. Chen, X. Gao, I. Held, R. Jones, R.K. Kolli, W.-T. Kwon, R. Laprise, V. Magaña Rueda, L. Mearns, C.G. Menéndez, J. Räisänen, A. Rinke, A. Sarr and P. Whetton.* Regional Climate Projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of WG I to the Fourth Assessment Report of the IPCC* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. – 2007. – 94 pp.
 8. *Jacob, D., B.J.J.M. Van den Hurk, U. Andre, G. Elgered, C. Fortelius, L.P. Graham, S.D. Jackson, U. Karstens, Chr. Kopken, R. Lindau, R. Podzun, B. Rockel, F. Rubel, B.H. Sass, R.N.B. Smith, X. Yang:* A comprehensive model inter-comparison study investigating the water budget during the BALTEX-PIDCAP period. //Meteor. Atm., 2001. – No. 77. – P.61-73.
 9. *Nakićenović, N., and R. Swart (eds.),* 2000: Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, US – 599 pp.
 10. *Roeckner, E., K. Arpe, L. Bengtsson, M. Christoph, M. Claussen, L. Dumenil, M. Esch, U. Schlese, U. Schulzweida.* The atmospheric general circulation model ECHAM4: Model description and simulation of present-day climate // Max-Planck-Institute fur Meteorologie, Report.– 1996. – No. 218.

Агрокліматические условия выращивания ярового ячменя в украинской части суббасейна дельты Дуная в условиях изменения климата. А.Н. Полевой, Л.Е.Божко, Е.А. Барсукова, Е.А. Дронова.

Оценивается тепло и влагообеспеченность вегетационного периода и изменения агроклиматических условий выращивания ярового ячменя в связи с изменениями климата. Для оценки изменений климата применялся сценарий изменения климата в Украине – A1B, региональная климатическая модель MPI-M-REMO, глобальная модель ECHAM5-r3 как наиболее вероятные на период до 2050 года.

С помощью моделей продукционного процесса растений получена оценка фотосинтетической продуктивности и колебаний средней районной урожайности зерна ярового ячменя в районах Одесской области, которые относятся к украинской части суббасейна дельты Дуная.

Ключевые слова: климат, температура воздуха, осадки, яровой ячмень, фотосинтетическая продуктивность, биомасса, урожай.

Agro-climatic conditions for growing spring barley in the Ukrainian part of the sub-basin of the Danube Delta in a changing climate. Polevoy A., Bozhko L., Barsukova E., Dronova E.

In this study, we evaluate heat and humidity of the growing season and changes in agro-climatic conditions of cultivation of spring barley, associated with climate change. For the evaluation of climate changes we used climate change in Ukraine scenario - A1B, the regional climate model MPI-M-REMO, the global model ECHAM5-r3 as the most likely for the period up to 2050.

This study provides an estimate of the photosynthetic productivity and regional variations in average grain yield of spring barley in the areas of Odessa region, which belong to the sub-basin of the Ukrainian part of the Danube Delta, based on models of the production process of plants.

Key words: climate, air temperature, precipitation, spring barley, photosynthetic productivity, biomass, harvest.