

## Розділ 2. МЕТЕОРОЛОГІЯ, КЛІМАТОЛОГІЯ ТА АГРОМЕТЕОРОЛОГІЯ

УДК 633.16

Польовий А.М., д.геогр.н., Божко Л.Ю., к.геогр.н., Барсукова О.А., к.геогр.н.,  
Одеський державний екологічний університет

### ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН АГРОКЛІМАТИЧНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ НА ФОРМУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ

*Виконано оцінку зміни агрокліматичних умов вирощування ярого ячменю в Україні, його фотосинтетичної продуктивності та формування врожаю за умов зміни клімату за сценарієм GFDL - %.*

*Ключові слова:* клімат, ярий ячмінь, агрокліматичні умови, продуктивність, коливання врожаю.

**Вступ:** Вирішення світової продовольчої проблеми в ХХІ ст. є найважливішою, стратегічною задачею нового століття, воно є не тільки головною умовою існування населення Землі, але і вирішальним чинником соціальної стабільності окремих країн і світової спільноти в цілому.

Загострення світової продовольчої проблеми зумовлено, головним чином, більш високими темпами зростання населення в порівнянні з темпами зростання виробництва продовольства і різким скороченням таких основних ресурсів, як орнопридатні землі, запаси прісної води, джерела енергії.

Зменшення розмірів орних земель, неприступність для багатьох держав таких елементів індустріальних технологій, як хімізація, іригація, комплексна механізація, призводять до дестабілізації і навіть зниження виробництва життєво важливих сільськогосподарських продуктів. Особливо складним є положення із зерном. Головний продукт сільського господарства забезпечує не тільки продовольчі потреби людини, але і найцінніший фураж для тварин. Розрахунки показують, якщо в 1950–1990 рр. світове виробництво зерна щорічно збільшувалося більше ніж на 2 %, то в 1990 – 1999 рр. воно збільшилось ледве на 1 %. При цьому темпи зростання населення світу в останнє десятиріччя перевищують 1,6 %.

В той же час площа землі, зайнятої зерновими культурами (на душу населення), з середини і до кінця ХХ ст. скоротилася з 0,24 до 0,12 га. За розрахунками вчених, до 2050 р. вона зменшиться до 0,08 га на людину.

Матеріали світової статистики показують, що сьогодні зміна клімату на планеті співпадає з періодом наростання продовольчого дефіциту в світовій спільноті. Дві нові обставини посилюють і раніше існуючу проблему із забезпеченням населення продовольством. Перша, помітне підвищення рівня платоспроможного попиту на продукти в густонаселених країнах – Китаї та Індії. Друга – розширення практики використання сільськогосподарських земель для виробництва біопалива. Ці дві важливі обставини в умовах скорочення світових запасів земельних угідь і невідновлюваних джерел енергії при раціональному регулюванні посівних площ ріпаку та соняшника (яке сьогодні, на жаль, недостатньо регулюється) створюють для України можливість стати одним із найбільших виробників сільськогосподарської продукції. Це пов'язано з тим, що хоча основні площі орних земель України розташовані в зонах нестійкого і недостатнього зволоження, зміни клімату для рослинництва, особливо вирощування озимих культур та ранніх ярих культур, цілком можливо, скоріше позитивні, чим негативні.

В цих умовах важливим чинником підвищення ефективності сільського господарства України в умовах зміни клімату є науково обгрунтоване розміщення посівних площ сільськогосподарських культур з врахуванням кліматичних змін, адаптація рослинництва до цих змін, що дозволить найбільш ефективно використовувати природні ресурси в нових

кліматичних умовах, добитися стійкого зростання величини і якості урожаю, підвищити віддачу сировинних, енергетичних і трудових ресурсів.

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 необхідно прийняття своєчасних та адекватних рішень щодо складних проблем, зумовлених змінами клімату. В 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.

**Мета та методи досліджень.** Мета досліджень – дати оцінку агрокліматичних умов вирощування однієї із поширених зернових культур – ярого ячменю по території України за умов змін клімату.

Дослідження виконувалися на матеріалах фактичних багаторічних спостережень мережі агрометеорологічних станцій за фенологією та урожайністю ячменю і метеорологічними факторами за період з 1986 по 2008 рр., на матеріалах Держкомстату України та на розрахованих показниках змін клімату за період до 2040 року.

Тенденції зміни агрокліматичних ресурсів розглядалась нами у розрізі основних агрокліматичних зон за різні проміжки часу. Для оцінки змін агрокліматичних ресурсів при можливих змінах клімату було використано опубліковані в [2, 3] результати побудови сценаріїв зміни клімату в Україні:

– розрахунків змін кліматичних показників за стаціонарними моделями загальної циркуляції атмосфери, які досліджують реакцію кліматичної системи на подвоєння вмісту CO<sub>2</sub>: *GFDL* (модель Лабораторії геофізичної гідродинаміки США); *UKMO* (модель Метеорологічного бюро Сполученого Королівства);

– сценаріїв зміни температури повітря і кількості атмосферних опадів в Україні на основі результатів розрахунків за нестационарною моделлю, у якій моделюється відгук на поступове зростання вмісту парникових газів на 30 % (модель Лабораторії геофізичної гідродинаміки США – *GFDL-30* %).

Кліматичний сценарій *GFDL-30* % передбачає оцінку можливих змін режиму температури повітря та опадів у природних зонах України на період до 2030–2040 рр. Така оцінка майбутніх змін клімату є більш реалістичною як з точки зору поступовості зростання вмісту парникових газів на 30 %, так і з точки зору більш прикладного аспекту цієї оцінки, позаяк немає практичного сенсу розглядати зміну агрокліматичних ресурсів та продуктивності сільськогосподарських культур на сторіччя згідно кліматичних сценаріїв *GFDL* та *UKMO*.

**Результати досліджень.** За умов реалізації кліматичного сценарію зміни клімату оптимальні агрометеорологічні умови для посіву, а найкращі терміни будуть складатися уже з середини лютого до початку березня (15.02 – 5.03). Це на 33–45 днів раніше багаторічних термінів сівби. У відповідності до таких ранніх строків сходи ярого ячменю сформуються у другій та третій декадах березня, що раніше середніх багаторічних термінів майже на місяць. Період сходи – колосіння у ярого ячменю буде проходити на фоні зниженого порівняно з кліматологічною нормою температурного режиму (табл. 1 та 2). Більшим це зниження температури повітря буде в Поліссі, Лісостепу, Північному Степу, Прикарпатті та Закарпатті, де воно сягатиме 1,0–1,5 °С, меншим – в Південному Степу.

Кількість опадів за цей період для всіх ґрунтово-кліматичних зон зменшиться у порівнянні з середньою багаторічною величиною. Так, у Поліссі і Лісостепу кількість опадів за період сходи – колосіння ярого ячменю зменшиться до 84–88 % кліматичної норми, а у Північному Степу – до 90 % кліматичної норми. Для Південного Степу, Прикарпаття та Закарпаття зменшення кількості опадів за період буде становити 79–80 % кліматичної норми.

Не зважаючи на дещо меншу кількість опадів, період сходи – колосіння ярого ячменю буде проходити в умовах достатнього зволоження, що зумовлено більш високим рівнем запасів продуктивної вологи в ґрунті на початок вегетації за рахунок більш ефективного використання зимових опадів.

Середні запаси продуктивної вологи метрового шару ґрунту за цей період будуть у Поліссі, Лісостепу, Північному Степу, Південному Степу на 20 – 25 мм вище від середніх багаторічних. Незначним буде це підвищення у Прикарпатті та Закарпатті.

Таблиця 1 – Агрокліматичні умови вирощування ярого ячменю за середніми багаторічними даними

Ґрунтово-кліматична зона, область	Кількість опадів мм	Середня температура повітря за період, °С		Сума опадів за період, мм		Сума ФАР за вегетаційний період, ккал/см <sup>2</sup>	Сумарне випаровування за вегетаційний період, мм	Дефіцит вологи за вегетаційний період, мм
		сходи – коло сіння	колосіння – воскова стиглість	сходи – колосіння	колосіння – воскова стиглість			
<b>Полісся</b>								
Волинська	214	14,1	17,6	113	79	18,60		
Рівненська	231	14,3	17,7	129	117	18,98		
Житомирська	227	15,2	19,1	107	92	18,25		
Чернігівська	176	16,9	18,4	94	92	18,52		
<b>Лісостеп</b>								
Львівська	312	13,9	17,5	152	120	20,0		
Тернопільська	258	13,5	17,2	123	112	19,32		
Хмельницька	268	14,6	17,9	133	105	19,53		
Вінницька	240	14,5	18,2	122	96	19,32		
Київська	205	15,2	18,6	94	87	18,68		
Сумська	193	15,6	18,5	92	83	17,94		
Черкаська	195	15,6	18,8	94	76	18,45		
Полтавська	163	18,1	19,1	79	65	17,68		
Харківська	155	16,0	19,4	57	80	17,66		
<b>Степ</b>								
Кіровоградська	183	15,2	19,3	92	71	18,81		
Дніпропетровська	147	15,2	19,9	70	58	17,18		
Донецька	156	15,8	20,0	80	56	18,43		
Луганська	151	15,6	20,1	76	54	18,49		
Одеська	153	15,0	19,9	100	34	19,90	188	156
Миколаївська	144	5,1	20,2	76	52	19,30	180	154
Запорізька	142	15,2	20,5	75	52	17,58	166	124
Херсонська	116	14,7	20,1	60	40	18,25	150	177
АР Крим	124	11,6	20,6	68	41	19,80	172	190
<b>Закарпаття та Прикарпаття</b>								
Закарпатська	299	16,8	19,3	170	188	16,09	271	–
Івано-Франківська	345	13,6	17,4	185	127	18,98	281	–
Чернівецька	261	14,2	18,0	152	81	18,23	243	26

Таблиця 2 – Агрокліматичні умови вирощування ярого ячменю за сценарієм зміни клімату *GFDL-30%*

Грунтово-кліматична зона, область	Кількість опадів, мм	Середня температура повітря за період, оС		Сума опадів за період, мм		Сума ФАР за вегетаційний період, ккал/см <sup>2</sup>	Сумарне випаровування за вегетаційний період, мм	Дефіцит вологи за вегетаційний період, мм
		сходи-кокосіння	кокосіння–воскова стиглість	сходи-кокосіння	кокосіння–воскова стиглість			
<b>Полісся</b>								
Волинська	273	13,2	21,8	93	89	18,33	243	52
Рівненська	209	13,4	18,6	96	103	18,39	237	56
Житомирська	213	13,9	18,8	96	88	17,40	227	59
Чернігівська	213	14,4	20,6	107	78	17,37	237	59
<b>Лісостеп</b>								
Львівська	294	13,5	17,5	120	146	20,72	293	-
Тернопільська	264	12,7	17,8	92	112	19,38	272	60
Хмельницька	193	15,4	17,5	80	88	18,46	260	20
Вінницька	200	13,6	19,5	96	86	17,95	243	99
Київська	183	14,1	19,7	86	74	17,09	198	124
Сумська	191	14,2	20,8	87	68	17,36	220	39
Черкаська	174	13,1	19,0	79	74	17,36	220	39
Полтавська	161	14,5	19,8	76	61	17,09	186	136
Харківська	156	14,7	20,4	76	55	16,98	183	140
<b>Степ</b>								
Кіровоградська	150	13,8	20,1	74	59	17,92	190	122
Дніпропетровська	129	14,1	19,7	63	46	16,40	183	106
Донецька	147	14,2	20,4	77	48	17,16	207	100
Луганська	117	14,5	21,1	70	30	17,77	187	146
Одеська	130	14,3	19,8	64	49	17,37	174	144
Миколаївська	118	14,7	20,2	63	41	17,22	180	127
Запорізька	133	14,0	20,2	70	45	16,89	181	98
Херсонська	101	14,0	19,6	54	33	16,03	156	132
АР Крим	152	13,7	18,5	59	73	16,16	179	116
<b>Закарпаття та Прикарпаття</b>								
Закарпатська	312	15,6	20,1	153	117	16,02	249	8
Івано-Франківська	313	12,6	17,7	140	154	19,39	294	-
Чернівецька	236	13,3	18,1	115	99	17,91	237	28

Колосіння ярого ячменю буде відбуватися протягом першої – другої декади травня, що на 32–34 дні раніше багаторічних термінів, а воскова стиглість настане у Поліссі, Лісостепу, Північному Степу, Прикарпатті та Закарпатті у другій декаді червня, а в Південному Степу – в першій декаді червня. Воскова стиглість ярого ячменю настане на 30–40 днів раніше середніх багаторічних термінів.

Період колосіння – воскова стиглість ярого ячменю буде проходити в умовах дещо більш високих температур повітря порівняно з кліматичними даними. У Поліссі температура повітря за цей період в середньому буде вищою на 1,7 °С, а у Лісостепу, Північному Степу, Південному Степу, Прикарпатті та Закарпатті – на 0,3–0,7 °С порівняно з температурою повітря цього періоду за середніми багаторічними даними.

Майже в усіх ґрунтово-кліматичних зонах кількість опадів в період колосіння – воскова стиглість ярого ячменю зменшиться. Так, у Поліссі і Лісостепу зменшення опадів становитиме 92–94 % від кліматичної норми, а у Північному Степу – 79 %. Слід відзначити, що у деяких областях Південного Степу (Одеська обл. та АР Крим) очікується збільшення кількості опадів. У Прикарпатті та Закарпатті кількість опадів збільшиться в середньому до 137 % від кліматичної норми.

Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту в період колосіння – воскова стиглість ярого ячменю будуть у Поліссі, Лісостепу, Північному Степу, Південному Степу на 30–40 мм вищими порівняно з середніми багаторічними даними, у Прикарпатті та Закарпатті вони практично не зміняться.

Кількість опадів за період вегетації ярого ячменю зменшиться в порівнянні з кліматичною нормою. Позаяк початок вегетаційного періоду буде припадати на більш ранні терміни, то спостерігатиметься також зменшення суми фотосинтетичної радіації за вегетаційний період.

На більшій частині території сумарне випаровування за вегетацію збільшиться. Дефіцит вологи в ґрунті за період вегетації ярого ячменю зменшиться в західній та центральній частині Полісся, на більшості території Північного Степу та в Південному Степу.

Зміни агрокліматичних умов спричинять зміну показників фотосинтетичної діяльності посівів ярого ячменю, що зумовить рівень його урожайності. Такими показниками будуть розміри фотосинтезуючої площі та фотосинтетичний потенціал посівів, кількісні показники приростів рослинної біомаси на одиницю площі, чиста продуктивність фотосинтезу (ефективність процесу фотосинтезу на одиницю площі листової поверхні), урожай загальної біомаси посівів та урожай біомаси зерна, коефіцієнт господарської ефективності, який показує частку урожаю господарсько-цінної частини врожаю в загальному врожаї біомаси посівів.

Розглянемо розподіл цих показників у ґрунтово-кліматичних зонах України при зміні кліматичних умов за сценарієм *GFDL-30* % в порівнянні з показниками фотосинтетичної продуктивності ярого ячменю, які розраховані за середніми багаторічними даними (табл. 3 і 4).

*Полісся.* В порівнянні з середніми багаторічними даними за умови зміни клімату буде спостерігатись зростання фотосинтетичного потенціалу посівів на 7–10 % до 1,20–1,49 млн.м<sup>2</sup>/га за період вегетації. В період колосіння – цвітіння максимальна площа листя (рис. 1) буде сягати 3,3–3,9 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. Підвищиться рівень чистої продуктивності фотосинтезу до 7,1–8,2 г/м<sup>2</sup> за добу, що зумовить високий рівень приростів загальної сухої біомаси (34–48 г/м<sup>2</sup> за добу). Внаслідок цього можливе зростання врожаю загальної сухої біомаси до 1140–1556 г (с.р.)/м<sup>2</sup>. Коефіцієнт господарської ефективності у Волинській, Рівненській та Чернігівській областях буде трохи вищий від середнього багаторічного. Урожай сухої біомаси зерна буде вищий від середнього багаторічного на 17–21 % і становитиме 242–320 г (с.р.)/м<sup>2</sup>.

*Лісостеп.* За умови реалізації сценарію зміни клімату буде очікуватись більш інтенсивне формування площі асимілюючої поверхні (рис. 2) в порівнянні з середніми багаторічними даними. В період максимального росту площа листя становитиме 3,3–4,9 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. За рахунок такого наростання площі листя відбудеться зростання фотосинтетичного потенціалу посівів в 1,2–1,5 рази. Рівень чистої продуктивності фотосинтезу залишиться практично на рівні середнього багаторічного, але за рахунок більшого фотосинтетичного потенціалу посівів рівень урожаю загальної біомаси може зрости до 1110 – 1573 г (с.р.)/м<sup>2</sup>. Коефіцієнт господарської ефективності у Тернопільській, Київській, Черкаській, Полтавській та Харківській областях буде трохи нижчий від середнього багаторічного, а у Львівській, Хмельницькій, Вінницькій,

Сумській - вищий від середнього багаторічного. Урожай сухої біомаси зерна у всіх областях буде вищий від середнього багаторічного на 11 – 25 % і буде становити 256 – 308 г (с.р.)/м<sup>2</sup>.

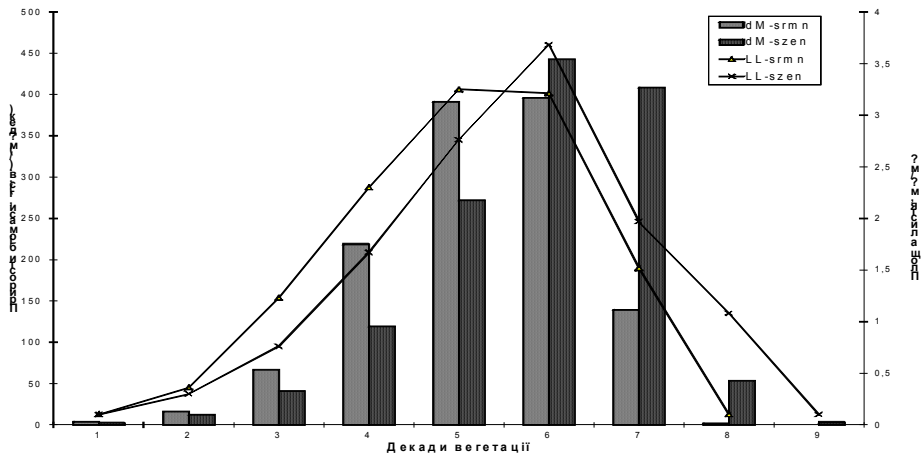


Рис. 1 – Динаміка площі листя (LL) та приростів загальної рослинної біомаси (dM) ярого ячменю за середніми багаторічними даними та при умовах реалізації сценарію зміни клімату. Полісся.

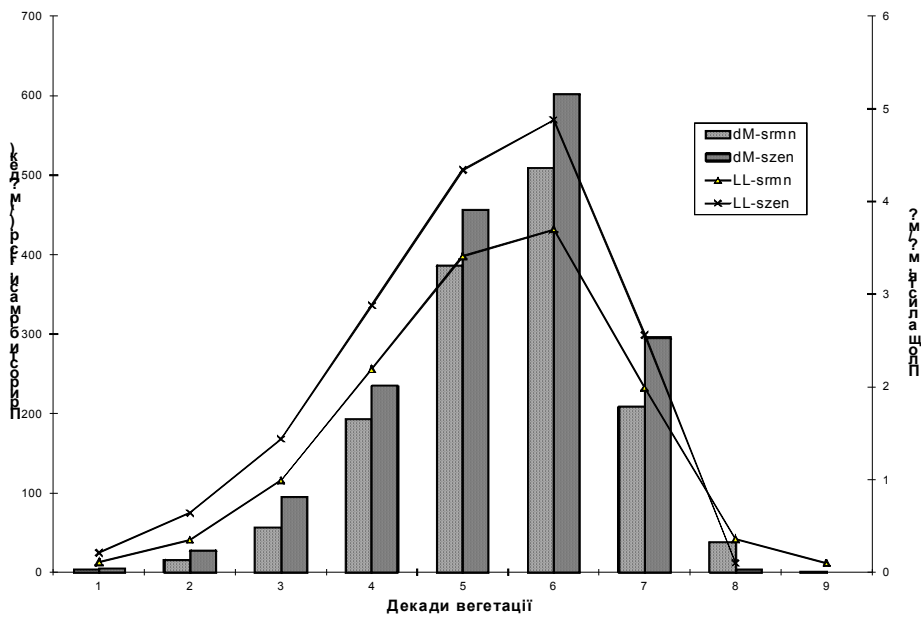


Рис. 2 – Динаміка площі листя (LL) та приростів загальної рослинної біомаси (dM) ярого ячменю за середніми багаторічними даними та при умовах реалізації сценарію зміни клімату. Лісостеп.

*Степ.* Можливі зміни клімату призведуть до того, що в порівнянні з середніми багаторічними даними (табл. 1 і 2) відбудеться зростання фотосинтетичного потенціалу до 0,95–1,35 млн. м<sup>2</sup>/га за період вегетації в усіх областях Степу. Майже в усіх областях Степу воно спричинена більш раннім (особливо у Північному Степу) та більш інтенсивним формуванням площі асиміляційного апарату в порівнянні з середньою багаторічною динамікою площі листа ярого ячменю (рис. 3 і 4). Максимальний приріст загальної біомаси в Північному Степу дещо зменшиться, у Південному Степу він збільшиться до 42–58 г/м<sup>2</sup> за добу. Чиста продуктивність фотосинтезу буде знаходитись переважно на вищому рівні від середнього багаторічного майже в усіх областях Степу (до 6,9–12,3 г/м<sup>2</sup> за добу).

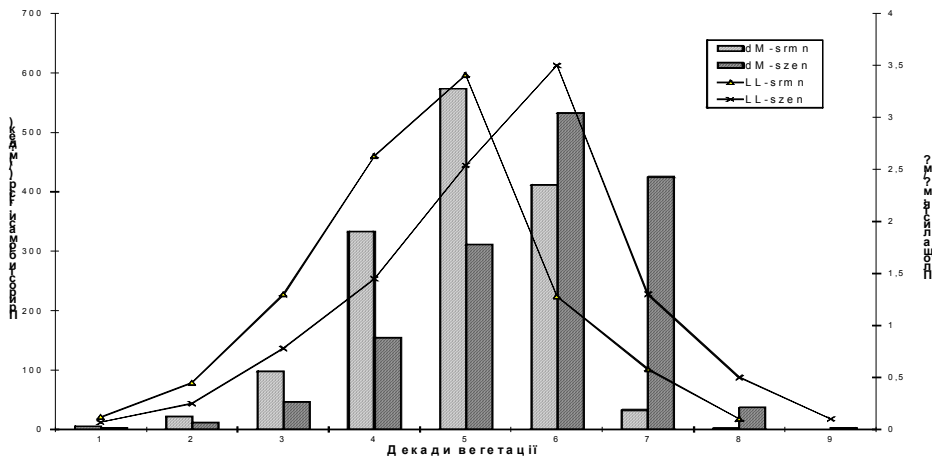


Рис. 3 – Динаміка площі листа (LL) та приростів загальної рослинної біомаси (dM) ярого ячменю за середніми багаторічними даними та при умовах реалізації сценарію зміни клімату. Північний Степ.

Більш високий рівень фотосинтетичного потенціалу посівів та чистої продуктивності фотосинтезу зумовлять підвищення рівня урожайності загальної сухої біомаси в 1,1–1,4 раза, він зросте до 1181–1780 г(с.р.)/м<sup>2</sup>. Коефіцієнт господарської ефективності буде вищий від середнього багаторічного в більшості областей Степу за винятком Херсонської області та Кримської АР, де він зостанеться на рівні середнього багаторічного. Урожай сухої біомаси зерна у всіх областях буде вищий від середнього багаторічного майже на 30–50 % і буде становити 221–301 г(с.р.)/м<sup>2</sup>.

*Закарпаття та Прикарпаття.* Порівняння з середніми багаторічними даними показує, що зміни клімату створюють такі агрокліматичні умови вирощування ярого ячменю, за яких відбудеться зростання на 11–24 % фотосинтетичного потенціалу посівів до 1,58–1,64 млн. м<sup>2</sup>/га за період вегетації. Сформується більш високий рівень площі листа посівів, збільшаться прирости загальної сухої маси в період максимального росту до 40–55 г/м<sup>2</sup> за добу. Чиста продуктивність фотосинтезу повсюди буде на нижчому рівні від середнього багаторічного (до 4,9–7,8 г/м<sup>2</sup> за добу). Не зважаючи на це, за рахунок значні величини фотосинтетичного потенціалу посівів урожай загальної сухої біомаси у всіх областях буде вищий від середнього багаторічного на 7–17 % і буде становити 1192–1801 г(с.р.)/м<sup>2</sup>). Коефіцієнт господарської ефективності в Івано-Франківській та Чернівецькій областях буде трохи нижчий від середнього багаторічного, а в Закарпатській – вище. Урожай сухої біомаси зерна в усіх областях буде вищий від середнього багаторічного на 7–13 % і становитиме 232–286 г(с.р.)/м<sup>2</sup>).

У останні два десятиріччя в ряді районів зниження урожайності за умов зміни клімату порівнювалось з її зростанням за рахунок підвищення технології виробництва, і хоч в

більшості країн світу удосконалення технології продовжує давати позитивний внесок в збори зерна, подекуди зростання його виробництва зменшилось.

Значні зміни показників фотосинтетичної діяльності посівів ярого ячменю спричинять значну зміну рівнів очікуваних за сценарієм урожаїв ярого ячменю як за абсолютною величиною, так і по відношенню до сучасного рівня урожайності (табл. 5, рис.5).

*Полісся.* При реалізації кліматичного сценарію на території Полісся буде очікуватись зростання урожайності, у Волинській, Чернігівській та Житомирській областях до 132–145 %, а в Рівненській – до 162 %. Це складатиме відповідно 28,2 – 34,0 ц/га, та 37,2 ц/га.

*Лісостеп.* При реалізації сценарію зміни клімату очікуються умови, які будуть сприятливі для формування урожайності в Лісостепу. Виняток становитиме крайня північна частина Лісостепу, де за умов реалізації цього сценарію може очікуватись дещо менше підвищення урожайності.

Таблиця 3 – Фотосинтетична продуктивність ярого ячменю за середніми багаторічними даними

Грунтово-кліматична зона, область	Період максимального росту		За період вегетації				
	площа листкової поверхні, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	приріст загальної сухої маси, г/(м <sup>2</sup> ·д)	фотосинтетичний потенціал, лмлн. м <sup>2</sup> /га	чиста продуктивність фотосинтезу, г/(м <sup>2</sup> ·д)	урожай сухої загальної біомаси, г(с.р.)/м <sup>2</sup>	коефіцієнт господарської ефективності	урожай сухої біомаси зерна, г/м <sup>2</sup>
<b>Полісся</b>							
Волинська	3,88	43,6	1,39	6,7	1303	0,19	246
Рівненська	3,60	47,6	1,31	7,7	1403	0,19	264
Житомирська	3,25	39,6	1,21	7,1	1239	0,18	219
Чернігівська	3,02	34,6	1,10	6,4	1006	0,20	201
<b>Лісостеп</b>							
Львівська	3,80	36,8	1,57	6,1	1279	0,20	263
Тернопільська	3,45	39,2	1,31		1247	0,20	248
Хмельницька	3,40	43,3	1,22	7,6	1282	0,18	228
Вінницька	3,48	40,6	1,28	6,8	1191	0,20	237
Київська	3,60	44,4	1,30	7,2	1256	0,20	247
Сумська	3,24	35,7	1,10	6,1	970	0,21	209
Черкаська	3,70	50,9	1,33	8,5	1404	0,18	260
Полтавська	3,55	44,6	1,22	7,1	1219	0,19	226
Харківська	3,26	41,5	1,07	7,3	1095	0,19	205
<b>Степ</b>							
Кіровоградська	3,60	65,5	1,26		1578	0,14	225
Дніпропетровська	3,41	57,4	1,0	11,3	1342	0,14	189
Донецька	3,08	50,7	1,01	9,9	1350	0,14	189
Луганська	2,87	52,0	0,99	9,8	1240	0,13	166
Запорізька	3,02	54,2	0,93	11,8	1238	0,14	168
Миколаївська	3,70	39,2	1,16	6,8	1027	0,17	176
Одеська	3,06	42,5	0,95	9,6	1115	0,16	173
Херсонська	2,73	43,9	0,89	8,8	1013	0,17	173
АР Крим	2,96	42,9	1,03	8,4	1134	0,18	207
<b>Закарпаття та Прикарпаття</b>							
Закарпатська	3,77	36,2	1,42	13,5	1111	0,19	211
Івано-Франківська	3,38	41,6	1,42	7,5	1368	0,18	244
Чернівецька	3,82	54,7	1,32		1545	0,18	277



Таблиця 4 – Фотосинтетична продуктивність ярого ячменю за сценарієм зміни клімату GFDL-30 %

Грунтово-кліматична зона, Область	Період максимального росту		За період вегетації				
	площа листкової поверхні, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	приріст загальної сухої маси, г/(м <sup>2</sup> ·д)	фотосинтетичний потенціал млн. м <sup>2</sup> /га	чиста продуктивність фотосинтезу, г/(м <sup>2</sup> ·д)	урожай сухої загальної біомаси, г(с.р.)/м <sup>2</sup>	коефіцієнт господарської ефективності	урожай сухої біомаси зерна, г/м <sup>2</sup>
<b>Полісся</b>							
Волинська	3,89	43,6	1,49	7,1	1440	0,20	292
Рівненська	3,61	47,5	1,43	8,0	1556	0,20	320
Житомирська	3,68	44,3	1,25	8,2	1385	0,18	256
Чернігівська	3,31	34,3	1,20		1140	0,21	242
<b>Лісостеп</b>							
Львівська	4,42	42,8	1,88	6,6	1498	0,21	308
Тернопільська	4,08	42,8	1,63	6,5	1459	0,19	275
Хмельницька	3,78	45,7	1,45	7,6	1477	0,19	281
Вінницька	3,82	41,0	1,46		1339	0,21	276
Київська	4,98	54,7	1,65	6,5	1573	0,18	276
Сумська	3,28	34,5	1,25		1110	0,24	263
Черкаська	4,88	60,2	1,72	6,8	1719	0,17	285
Полтавська	4,45	51,2	1,52	6,5	1436	0,18	253
Харківська	4,96	54,6	1,51	7,1	1513	0,17	256
<b>Степ</b>							
Кіровоградська	3,55	62,2	1,35	9,2	1780	0,17	301
Дніпропетровська	3,39	53,3	1,03	13,3	1526	0,18	282
Донецька	3,0	52,2	1,13	10,4	1525	0,18	274
Луганська	2,96	50,9	0,95	10,4	1352	0,18	237
Запорізька	3,20	57,3	1,08	14,6	1614	0,17	277
Миколаївська	3,94	41,8	1,27	6,9	1181	0,19	221
Одеська	3,19	43,6	1,08	9,6	1292	0,18	226
Херсонська	2,97	45,8	1,08	9,1	1383	0,17	234
АР Крим	3,29	50,2	1,23	8,7	1408	0,18	261
<b>Закарпаття та Прикарпаття</b>							
Закарпатська	4,56	39,7	1,62	4,9	1192	0,20	232
Івано-Франківська	3,50	44,6	1,58	7,3	1540	0,17	261
Чернівецька	4,11	55,3	1,64	7,8	1801	0,16	286

Так, у Київській області урожайність складатиме 118 % від середньої багаторічної, що буде становити 32,1 ц/га. Агрокліматичні умови вирощування ярого ячменю на решті території Лісостепу будуть обумовлювати зростання урожайності до 141–160 % від сучасного рівня у Львівській, Тернопільській, Хмельницькій, Вінницькій, Сумській та Харківській областях. Рівень урожайності на цій території буде становити 29,7 ц/га у Харківській області та 30,6–35,8 ц/га у Львівській, Тернопільській, Хмельницькій, Вінницькій та Сумській областях.

На території Черкаської та Полтавської областей зростання урожайності буде також значним і досягатиме 131–133 % від сучасного рівня. Це становитиме 29,4 ц/га у Полтавській області та 33,1 ц/га у Черкаській області.

*Степ.* За реалізації сценарію зміни клімату складуться умови, які будуть найбільш сприятливі для формування врожайності ярого ячменю в Степу. Деяко нижчим буде збільшення врожайності в західній частині Степу – Одеській та Миколаївській областях. Урожайність становитиме 136–148 % від сучасного рівня й сягатиме 25,7–26,3 ц/га.

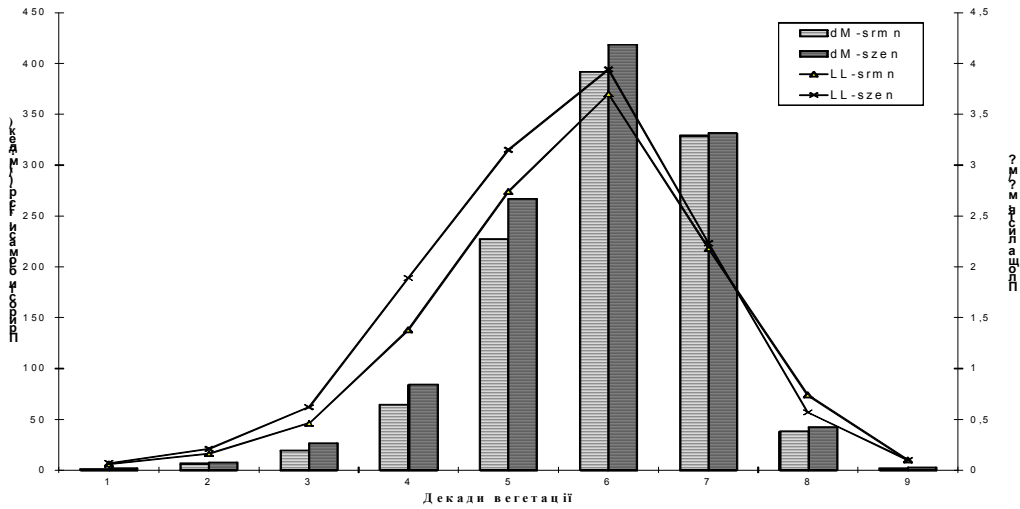


Рис. 4 – Динаміка площі листя (LL) та приростів загальної рослинної біомаси (dM) ярого ячменю за середніми багаторічними даними та при умовах реалізації сценарію зміни клімату. Південний Степ.

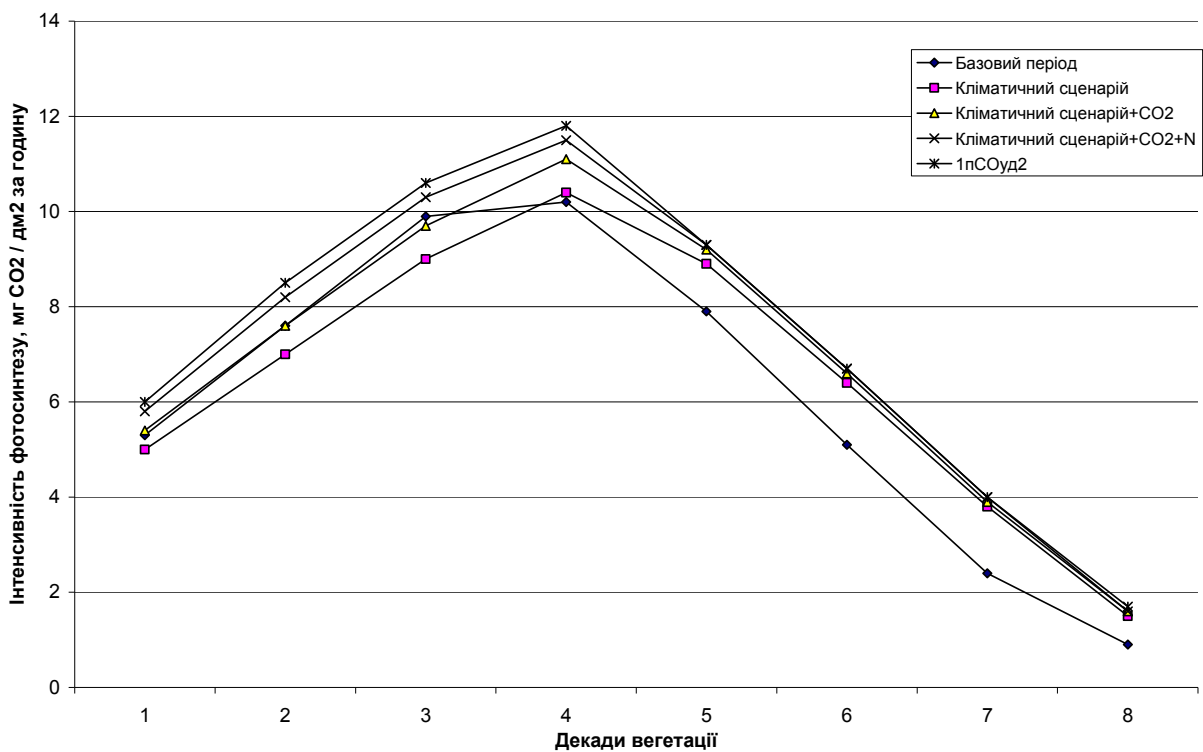


Рис. 5 – Динаміка інтенсивності фотосинтезу ярого ячменю в умовах зміни клімату в порівнянні з базовим періодом за сценарієм на 2011 – 2030 рр.

Значно більшим підвищення врожайності в порівнянні з сучасним рівнем буде у центральній та східній частині Степу, де відбудеться зростання урожайності до 155–189 % від

сучасного рівня. При цьому дещо нижчий рівень урожайності буде у Луганській та Херсонській областях (27,2–27,6 ц/га), на іншій частині території урожайність ярого ячменю становитиме 30,3–35,0 ц/га.

Таблиця 5 – Оцінка можливої урожайності зерна ярого ячменю за сценарієм зміни клімату

Ґрунтово-кліматична зона, область	Середня багаторічна (1995-2009 рр.) урожайність, ц/га	Урожайність ярого ячменю за кліматичним сценарієм	
		ц/га	по відношенню до сучасного рівня, відн. од.
<b>Полісся</b>			
Волинська	23,5	34,0	1,45
Рівненська	22,9	37,2	1,62
Житомирська	22,4	29,7	1,32
Чернігівська	20,6	28,2	1,37
<b>Лісостеп</b>			
Львівська	22,4	35,8	1,60
Тернопільська	21,8	32,0	1,47
Хмельницька	22,2	32,7	1,47
Вінницька	22,7	32,1	1,41
Київська	27,1	32,1	1,18
Сумська	20,7	30,6	1,48
Черкаська	25,3	33,1	1,31
Полтавська	22,1	29,4	1,33
Харківська	21,0	29,7	1,41
<b>Степ</b>			
Кіровоградська	21,1	35,0	1,66
Дніпропетровська	20,1	32,7	1,63
Донецька	17,7	31,9	1,80
Луганська	14,2	27,6	1,94
Одеська	19,3	26,3	1,36
Миколаївська	17,3	25,7	1,48
Запорізька	17,2	32,2	1,88
Херсонська	17,5	27,2	1,55
АР Крим	16,0	30,3	1,89
<b>Закарпаття та Прикарпаття</b>			
Закарпатська	23,5	27,0	1,15
Івано-Франківська	23,6	30,3	1,28
Чернівецька	20,1	33,2	1,65
<b>По Україні</b>	<b>20,9</b>	<b>31,0</b>	<b>1,51</b>

*Закарпаття та Прикарпаття.* При реалізації сценарію *GFDL-30 %* складуться умови, які будуть більш сприятливі для формування урожайності ярого ячменю в Чернівецькій області. Збільшення урожайності під впливом цих умов буде досить значним, зростання врожайності досягне до 165 % від сучасного рівня. Можливий рівень урожайності становитиме 33,2 ц/га. В Івано-Франківській області збільшення буде меншим, рівень урожайності підвищиться до 128 % від сучасного рівня. Слід очікувати, що рівень урожайності в Закарпатській області також дещо зросте до 115 % від сучасного рівня. Очікуваний рівень урожайності ярого ячменю в Закарпатській та Івано-Франківській областях становитиме 27,0–30,3 ц/га.

**Висновки.** Потепління клімату спричинить значну зміну агрокліматичних умов росту, розвитку та формування продуктивності ярого ячменю по території України. Оцінка коливань урожайності та валових зборів ярого ячменю показала, що при зміні клімату за сценарієм *GFDL-30 %* складуться сприятливі умови для вирощування ярого ячменю, середній валовий збір зерна становитиме 11,39 млн.т.

### Список літератури

1. Україна та глобальний парниковий ефект. Книга 2. Вразливість і адаптація екологічних та економічних систем до зміни клімату. /За ред.. В.В.Васильченка, М.В.Ращуна, І.В.Трохимової. – К: Агентство з раціонального використання енергії та екології, 1998.- 208 с.
2. Модели продукционного процесса сельскохозяйственных культур. /Р.А. Полуэктов, Э.И. Смоляр, В.В. Терлеев, А.Г. Топаж. – С-Пб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 2006. – 396 с.
3. Моделирование продуктивности агроэкосистем. /Н.Ф. Бондаренко, Е.Е. Жуковский, И.Г. Мушкина и др. – Л.: Гидрометеиздат, 1982.–264с.
4. *Полевой А.Н.* Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 175 с.
5. *Полевой А.Н.* Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 319 с.
6. *Польовий А.М.* Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроекосистем. – К.: КНТ, 2007. – 344 с.
7. *Польовий А.М.* Моделювання впливу підвищення концентрації CO<sub>2</sub> в атмосфері на фотосинтез зеленого листка //Український гідрометеорологічний журнал. – 2009, № 4. – С.46-56.

### **Оценка влияния изменений агроклиматических ресурсов Украины на формирование урожайности ярового ячменя. Полевой А.Н., Божко Л.Е., Барсукова Е.А.**

*Выполнена оценка изменений агроклиматических условий выращивания ярового ячменя в Украине, его фотосинтетической продуктивности и формирования урожая при условии изменения климата по сценарию GFDL -30 %.*

**Ключевые слова:** *климат, яровой ячмень, агроклиматические условия, продуктивность, колебания урожая.*

### **Estimation of changes influence in agro-climatic resources of Ukraine on the formation of spring barley yield. Polevoy A.N., Bozhko L.E., Barsukova E.A.**

*The evaluation of changes in agro-climatic conditions of cultivation of spring barley in Ukraine, its photosynthetic efficiency and yield formation under the condition of climate change scenario GFDL -30% has been performed.*

**Keywords:** *climate, spring barley, agro-climatic conditions, productivity, fluctuations in yield.*