

## **ОЦІНКА ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ**

*Розглянуті зміни агрокліматичних умов росту та розвитку соняшнику за різними сценаріями змін клімату. На основі моделі продуктивності посіву соняшнику проведена оцінка фотосинтетичної продуктивності, коливань врожаю насіння соняшнику у зв'язку з можливими змінами клімату на сході Лісостепової зони України.*

**Ключові слова:** зміна клімату, сценарій, врожайність, соняшник, імовірність врожайності.

**Вступ.** Одним з найважливіших завдань кожної країни є задоволення потреб населення в продуктах харчування. Світова статистика засвідчує, що сьогодні зміна клімату на планеті співпадає з періодом наростання продовольчого дефіциту в світовій спільноті. Специфікою розвитку сільськогосподарського виробництва є тісний зв'язок із погодою та кліматом. У зв'язку зі змінами клімату оцінка впливу кліматичних умов на сільське господарство дуже актуальна й слугує основою для продовольчої безпеки країни.

Для підвищення ефективності сільського господарства України в умовах зміни клімату необхідне науково обгрунтоване розміщення посівних площ сільськогосподарських культур з врахуванням кліматичних змін, адаптація рослинництва до цих змін, що дозволить найефективніше використовувати природні ресурси в нових кліматичних умовах, досягти стійкого зростання величини і якості врожаю [1].

Рослинництво є базовою галуззю сільськогосподарського виробництва України, однією з провідних ланок агропродовольчого комплексу. Соняшник - основна олійна культура країни. На соняшникову олію припадає 98% загального виробництва олії в Україні. В Україні соняшник - це одна з найпопулярніших культур. Високий рівень рентабельності і попит на насіння спричинили значне розширення його посівних площ.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій з проблеми.** Дослідження впливу зміни клімату на сільське господарство вже охопили значний ареал розповсюдження світових продовольчих культур.

Так виконана оцінка зміни врожаю пшениці в наслідок зміни клімату в США, Канаді, Південної Америки, Великобританії, Німеччині, Росії, Україні [2,3,4,5,6]. Оцінка впливу глобальних змін клімату на врожай кукурудзи та сої виконувалась у Північній та Південній Америці [2,7]. У Північно-Західній Європі виконані дослідження впливу зміни температурного режиму та режиму зволоження на врожаї багаторічних трав і картоплі [4]. За одними сценаріями для культур в різних країнах складаються умови, що призведуть до зниження продуктивності у зв'язку з значним зростанням температури повітря, та зменшенням кількості опадів; за іншими, що передбачають зростання концентрації CO<sub>2</sub> в атмосфері, очікується зростання врожаю.

На сьогодні отримано досить багато оцінок впливу зміни клімату на сільськогосподарські рослини, однак для ґрунтово-кліматичних умов України такі дослідження потребують поглиблення.

**Метою** цієї роботи є оцінка формування врожаю соняшнику з урахуванням зміни агрокліматичних умов у зв'язку з можливою зміною клімату в Україні.

**Матеріали та методи дослідження.** Для оцінки змін агрокліматичних ресурсів при можливих змінах клімату було використано сценарії змін клімату в Україні – сценарій А1В, регіональна кліматична модель MPI-M-REMO, глобальна модель – ECHAM5-r3 [8] та сценарій А2.

Дослідження формування врожаю соняшнику проводилося на основі динамічної моделі продуктивності посівів соняшнику [9].

За допомогою математичної моделі були виконані розрахунки врожайності посівів соняшнику у східній частині Лісостепової зони України за сценаріями А2 та А1В. Кліматичний період 1986-2005 рр. був прийнятий за базовий. В сценаріях А2 та А1В розглянуті 2 кліматичні періоди – 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр..

**Результати та обговорення.** За умов реалізації сценаріїв зміни клімату (табл. 1) тривалість вегетаційного періоду соняшнику змінюватиметься: за сценарієм А2 в першому випадку період вегетації на тиждень зростає, у другому незначно (на один день) зменшується; за сценарієм А1В і у першому (на 14 днів), і у другому (8 днів) випадках вегетаційний період скорочується.

За першим сценарієм А2 у першому кліматичному періоді сходи з'являться на 4 дні раніше, цвітіння припадатиме на дату цвітіння базового періоду, досягання очікується на 3 дні пізніше. У другому кліматичному періоді сходи з'являться на 7 днів раніше, цвітіння настане на 4 дні раніше, досягання завершиться раніше на 8 днів.

За сценарієм А1В у першому випадку з'явлення сходів очікується, як і за першим сценарієм раніше на 4 дні, цвітіння настає на 10 днів раніше базового, термін досягання буде раніше на 18 днів. В другому випадку сходи з'являться ще раніше за базовий період, цвітіння слід очікувати раніше на 9 днів, досягання скоротиться на 19 днів.

Таблиця 1 – Фази розвитку соняшнику. Східна частина. Лісостепова зона

Період	Фази розвитку						Тривалість вегетаційного періоду, дні	
	Сходи		Цвітіння		Досягання			
1986-2005	15.05		18.07		24.08		101	
2011-2030	A2	A1B	A2	A1B	A2	A1B	A2	A1B
	11.05	11.05	18.07	8.07	27.08	6.08	108	87
2031-2050	A2	A1B	A2	A1B	A2	A1B	A2	A1B
	8.05	4.05	14.07	9.07	16.08	5.08	100	93

Порівняльний аналіз настання фаз розвитку за двома сценаріями показав, що у першому випадку появу сходів можна очікувати в той самий час, цвітіння за сценарієм А1В спостерігається на 10 днів раніше за А2, досягання насіння за А1В на 21 день раніше за А2. У другому випадку всі фази розвитку за другим сценарієм очікуються раніше, ніж за першим.

В наступний час (табл. 2) сходи – цвітіння середня температура повітря в середньому за міжфазний період становить 17,6 °С, за цей період випадає 191 мм опадів, в період цвітіння-досягання середня температура дорівнює 19,4 °С, кількість опадів становить 100 мм. В середньому за вегетаційний період сходи – досягання температура повітря становить 18,5 °С, кількість опадів, що випадають складає 291 мм. За такими умовами вологабезпеченість соняшнику становить 58 %.

Розглянемо як будуть змінюватися агрокліматичні умови в період росту та розвитку соняшнику за сценаріями. За сценарієм А2 у першому випадку в період сходи-цвітіння температура повітря знижується (на 1,7°C), кількість опадів на 24 мм зростає, в період цвітіння – досягання середня температура повітря також буде нижче за базову (на 2,4°C), кількість опадів збільшиться на 120 мм. За вегетаційний період сходи – досягання середня температура повітря очікується нижче базової на 2,0 °С, кількість опадів буде більшою на 144 мм, тому слід очікувати збільшення, вологозабезпеченості соняшнику. У другому випадку в першому міжфазному періоді температурний режим буде також зниженим, кількість опадів незначно, однак буде зростати (на 4 мм), у другому міжфазному періоді режим зволоження буде значно більшим (на 156 мм) за базовий, температура буде на 0,4 °С нижче. Отже, від сходів до досягання температура повітря практично на градус буде менша, кількість опадів в 1,5 рази буде більшою за базову.

За другим сценарієм й у першому, й у другому сценарних періодах температурний режим першого міжфазного періоду буде нижче базового на 1,7 °С і 1,3 °С, відповідно, кількість опадів збільшиться в першому випадку на 19 мм, у другому на 76 мм. В другий міжфазний період температура повітря значно зросте у першому випадку 1,1 °С, у другому на 1,9 °С, кількість опадів збільшиться на 76 мм і 43 мм, відповідно. В цілому за період зі сходів до досягання температурний режим незначно відрізнятиметься від базового (у першому на 0,3°C нижче, у другому на 0,3°C вище), режим зволоження по сценарних періодах буде відрізнятися, так, за першим періодом слід очікувати збільшення кількості опадів до 133 %, за другим, навпаки, зменшення від сьогоденного рівня. Через зростання температур в період формування врожаю насіння, буде зростати й дефіцит зволоження, тому вологозабезпеченість соняшнику очікується нижчою за базову у першому випадку на 2 %, у другому на 6 %.

Таблиця 2 – Агрокліматичні умови вирощування соняшнику. Східна частина. Лісостепова зона

Кліматичний період	Період вегетації						
	сходи – цвітіння		цвітіння – досягання		сходи – досягання		
	Показники						
	Середня температура повітря, °С	Кількість опадів, мм	Середня температура повітря, °С	Кількість опадів, мм	Середня температура повітря, °С	Кількість опадів, мм	Вологозабезпеченість, %
1986-2005	17,6	191	19,4	100	18,5	291	58
Сценарій А2							
2011-2030	15,9	215	17,0	220	16,5	435	66
2031-2050	16,2	195	19,0	256	17,6	451	67
Сценарій А1В							
2011-2030	15,9	210	20,5	176	18,2	386	56
2031-2050	16,3	115	21,3	143	18,8	258	52

Під впливом зміни агрокліматичних умов вирощування соняшнику відбудуться і зміни показників фотосинтетичної діяльності посівів соняшнику, що обумовлюють

рівень його врожайності (табл. 3). Такими показниками, згідно теорії фотосинтетичної продуктивності посівів [9] є розміри фотосинтетичної площі посівів, кількісні показники приростів рослинної біомаси на одиницю площі, загальна біомаса посівів, врожай біомаси господарсько-корисної частини рослин.

У порівнянні з показниками фотосинтетичної продуктивності соняшнику, що розраховані за базовим сценарієм, при зміні кліматичних умов за сценарієм А2 площа листя буде більшою, що приведе до росту загальної біомаси: за умовами першого кліматичного періоду в порівнянні з базовим до 616,2 г/м<sup>2</sup>; другого до 530,9 г/м<sup>2</sup>. За сценарієм А1В у першому випадку площа листя зменшиться, тому й ріст загальної біомаси знизиться до 393,3 г/м<sup>2</sup>, умови другого кліматичного періоду будуть сприяти формуванню більшої за базову площу листя, тому біомаса зростає до 561,6 г/м<sup>2</sup>.

Врожайність насіння соняшнику при реалізації сценарію А2, в порівнянні з базовим, очікується більшою: у першому випадку зростає до рівня 133 %, у другому до 117 %. Агрокліматичні умови за сценарієм А1В у першому випадку будуть складатися менш сприятливими за базові, тому в цей кліматичний період слід очікувати зменшення врожаю на 15 %, агрокліматичні умови у другому періоді сприятимуть збільшенню врожаю на 122%.

Таблиця 3 – Фотосинтетична продуктивність соняшнику на сході Лісостепової зони

РОКИ	ПОКАЗНИКИ			
	Площа листя в період макс. розв. SL, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	Максимальний приріст біомаси Δ M, г/м <sup>2</sup>	Загальна біомаса на момент дозрівання M, г/м <sup>2</sup>	Урожай, ц/га
1986-2005	2,68	115,9	477,4	13,3
Сценарій А2				
2011-2030	3,26	138,2	616,2	17,7
2031-2050	2,85	117,9	530,9	15,5
Сценарій А1В				
2011-2030	2,14	97,9	393,3	11,4
2031-2050	3,05	130,7	561,6	16,2

За розглянуті кліматичні періоди можливі значні зміни врожаю соняшнику, чому сприяють агрометеорологічні умови, які складаються в окремі роки. Для розкриття часової мінливості врожаю соняшнику, за формулою Г.А. Алексеєва [10], виконано розрахунки ймовірності можливих врожаїв за різними сценаріями.

Розглянемо, як буде змінюватися врожайність соняшнику в часі за сценаріями А2 і А1В. За сценарієм А2 за період з 2011 по 2030 рр. (рис. 1А) можна очікувати урожай 11...14 ц/га (80...90 %). В окремі роки (два роки з двадцяти) агрокліматичні умови сприятимуть формуванню врожайності до 23 ... 24 ц/га. За період з 2031 по 2050 рр. (рис. 1Б) з високою забезпеченістю (90 %) слід очікувати врожай 10 ц/га. У 10 % випадків урожай буде 25 ц/га.

За сценарієм А1В у першому кліматичному періоді (рис. 2А) агрометеорологічні умови окремих років будуть більш виразно відрізнятися, найбільш імовірним буде врожай соняшнику 7 ц/га (90 %), у 50 % випадків урожай насіння очікується в межах 13 ц/га, а в 20 % випадків слід очікувати врожай 18 ц/га, такий врожай у другому періоді (рис. 2Б) можна очікувати частіше (40 %), у 20 % випадків врожай буде більше (22 ц/га).

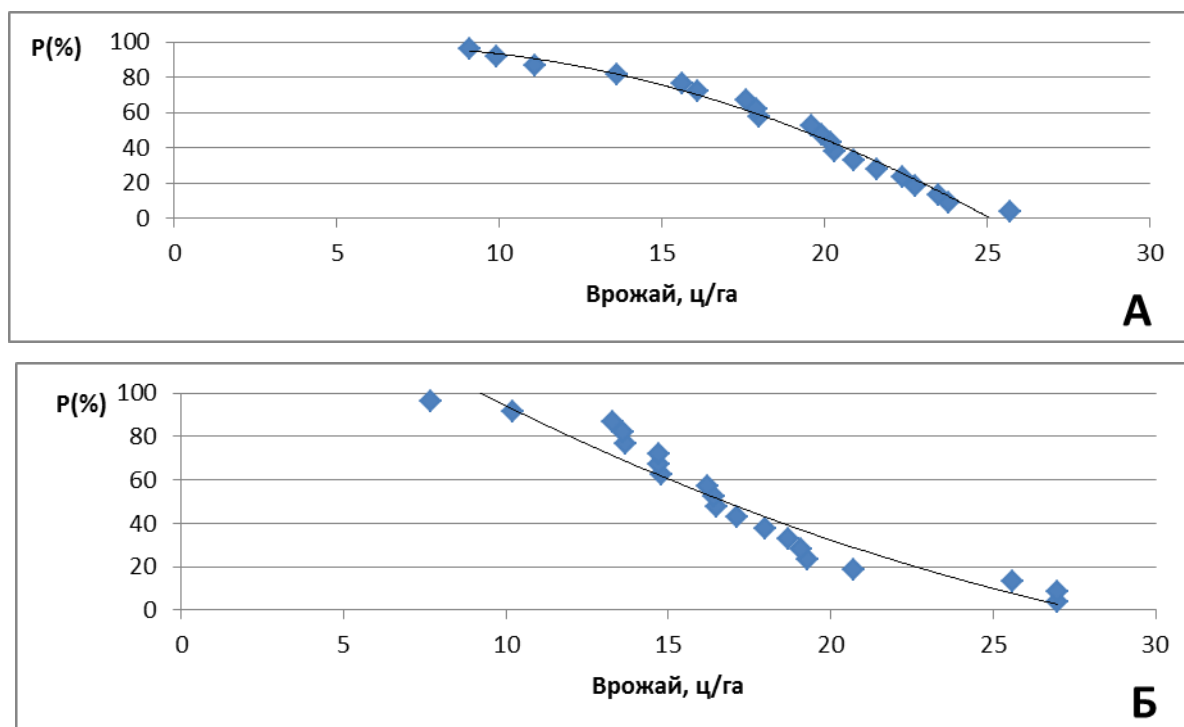


Рис. 1 – Імовірність забезпечення врожаю насіння соняшнику за сценарієм А2:  
А - кліматичний період 2011-2030 рр.; Б - кліматичний період 2031-2050 рр.

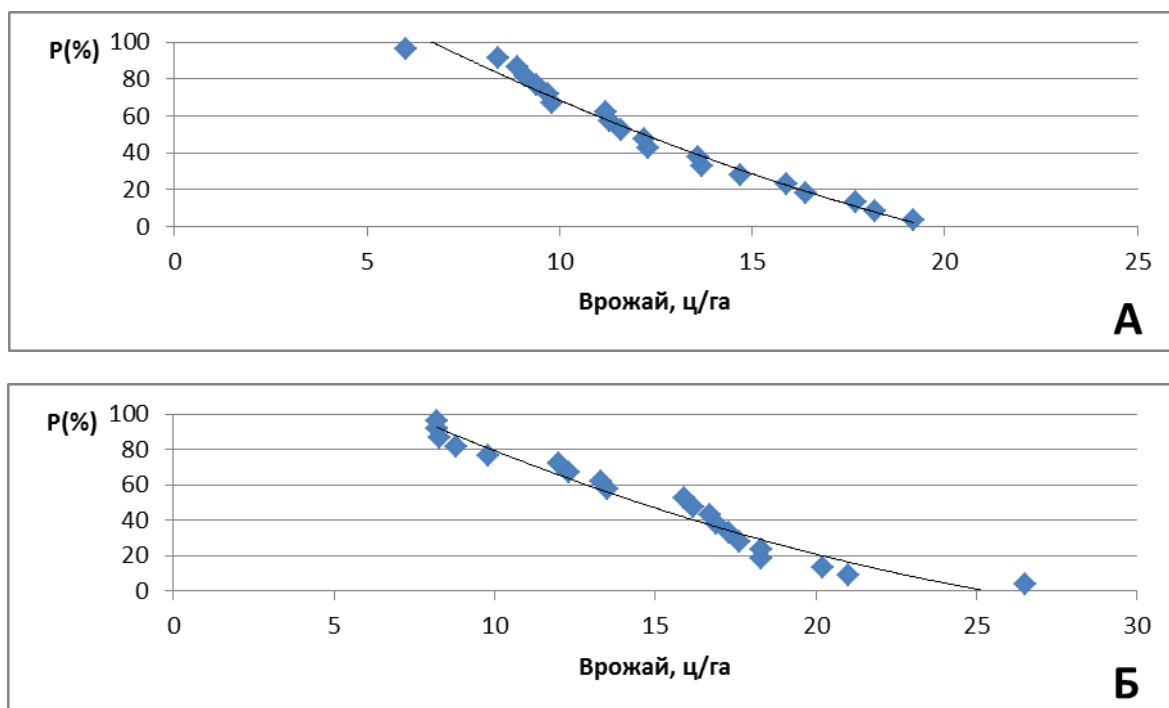


Рис. 2– Імовірність забезпечення врожаю насіння соняшнику за сценарієм А1В:  
А - кліматичний період 2011-2030 рр.; Б - кліматичний період 2031-2050 рр.

**Висновки.** За реалізації сценаріїв змін клімату є підстави вважати, що за рахунок більш сприятливих агрокліматичних умов весняного періоду вегетації строки сівби можливо проводити на два тижня раніше.

За реалізації сценарію А2 слід очікувати зменшення температури повітря, та зростання кількості опадів, а тому зростання й врожаю насіння соняшнику. За реалізації сценарію А1В за умов підвищення температури повітря в період дозрівання очікується зменшення врожаю насіння.

За умов сценаріїв слід очікувати різких коливань температурного режиму та режиму зволоження в період вегетації соняшнику в окремі роки.

Необхідно ретельно підбирати сорти та гібриди соняшнику, віддаючи перевагу вітчизняній селекції, як найбільш адаптованій до кліматичних умов України.

### Перелік посилань:

1. *Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України / За ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового.* – Одеса: Екологія, 2011– 696 с.
2. *Jones J.A. et al. A comparison of simulated wheaten, corn and soybean response of predicted in the USA // Amer. Soc. Agron. Annu. Meet., Madison, 1991 – 20p.*
3. *Parry M.A. note of levels of climate change for global and regional food supply. – IPCC Special Workshop Fortaleza, Brazil, October 17-21. – 1994. P. 87-92*
4. *Butterfield R.E. and Morison J.I. Modeling the impact of climatic warming on winter cereal development // Agr. and Forest Meteorol. – 1992. – Vol. 12/ - No. 3-4. – P 241-261.*
5. *Сиротенко О.Д. Будущее сельского хозяйства России в связи с ожидаемыми изменениями климата // В сб.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – 2000. – Т. XVII. – с. 258-274.*
6. *Польовий А.М. та інші. Вплив зміни клімату на сільське господарство Півдня України // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2005. – 49. – с. 252-261.*
7. *Rosenzweig C.E. Overview of the US Environmental Agriculture Project // Amer. Soc. Agron. Annu. Meet., 1992. – Minneapolis, 1992. – 22p.*
8. *Nakienovi 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.*
9. *Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроекосистем – К.: КНТ, 2007. – 344 с.*
10. *Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 362 с.*

#### **Оценка формирования урожая подсолнечника в условиях изменения климата.**

**Жигайло Е.Л., Жигайло Т.С., Бойчук Ю.О.**

*Рассматриваются изменения агроклиматических условий роста и развития подсолнечника по разным сценариям изменения климата. На основе модели продуктивности посевов подсолнечника проведена оценка фотосинтетической продуктивности, колебаний урожайности семян подсолнечника в связи с возможным изменением климата на востоке Лесостепной зоны Украины.*

**Ключевые слова:** *изменение климата, сценарий, урожайность, подсолнечник, вероятность урожайности.*

#### **The assessment of sunflower yields formation in climate change conditions.**

**Zhygailo E.L., Zhygailo T.S., Boychuk Y.A.**

*The changes of agroclimatic conditions of sunflowers growth and development in different climate change scenarios were discussed. The photosynthetic productivity, sunflower seeds yield fluctuations due to possible climate change in the eastern forest-steppe zone of Ukraine were evaluated using the model of sunflower crops productivity.*

**Keywords:** *climate change, scenario, yield, sunflower, probability yields.*