

УДК 633.16:631.559:632.11

© 2021

ПРОДУКТИВНІСТЬ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ПОГОДНИХ УМОВ І РІВНЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ

В.В. Камінська¹, Н.Г. Буслаєва²

*кандидати сільськогосподарських наук
ННЦ «Інститут землеробства НААН»*

вул. Машинобудівників, 26, смт Чабани Фастівського р-ну Київської обл., 08162, Україна

*e-mail: ¹kamin.59@ukr.net, ²nataliyabuslaeva@ukr.net
ORCID: ¹0000-0002-0549-6581, ²0000-0003-4956-7801*

Надійшла 11.04.2021

Мета. Провести оцінку погодних умов і встановити закономірності їхнього впливу на урожайність ячменю ярого за різних за енергонасиченістю технологій його вирощування в умовах північної частини Правобережного Лісостепу України. **Методи.** Польовий — для закладання багаторічного досліді у 4-разовому повторенні, вимірювально-ваговий — для обліку врожаю культури, порівняльний — для підрахунку залежності врожаю культури від погодних чинників, статистичний і кореляційний. **Результати.** Проаналізовано тенденції зміни погодних умов за 1999–2018 рр. і встановлено закономірності їхнього впливу на урожайність ячменю ярого в умовах північної частини Правобережного Лісостепу. За результатами 20-річних експериментальних даних на основі кореляційно-регресійного аналізу створено математичні моделі, що відтворюють залежність урожайності ячменю ярого, який вирощували за технологій різної інтенсивності, від комплексу погодних умов вегетаційного періоду. Показано найбільшу залежність продуктивності культури від умов зволоження квітня місяця і температурного режиму травня. **Висновки.** У північній частині Правобережного Лісостепу відбувається істотне коливання погодних умов, а саме: зростання показників температурного режиму та зменшення кількості опадів впродовж вегетаційного періоду і їхня нестабільність за роками. Аналіз кореляційних зв'язків урожайності ячменю ярого з погодними умовами за різних технологій вирощування свідчить, що найбільше впливали на формування врожаю умови зволоження квітня і температурний режим травня.

Ключові слова: *врожайність, температура повітря, кількість опадів, статистичний аналіз, кореляційно-регресійний аналіз.*

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202105-04>

Сучасний клімат України формується під впливом глобальних погодних процесів і нині характеризується тенденцією до потепління, що супроводжується відповідною зміною температурного режиму, умов зволоження та збільшенням частоти погодних аномалій.

Підвищення температури повітря зумовило зміни в розвитку природних процесів — настання часу формування й руйнування снігового покриву, періоду фізичної стиглості ґрунту, переходу середньодобових температур через 0, 5 та 10°C, тобто призвело до зміни тривалості вегетаційних

періодів сільськогосподарських культур. Стийке зростання середньодобової температури повітря насамперед відбувається в холодний період року [1].

Нині переважають м'які, теплі та мало-сніжні зими. Внаслідок зміни температурних показників холодного періоду весняні процеси дедалі частіше розпочинаються на 2–3 тижні раніше. Характерним для останніх років є також підвищений температурний режим упродовж весняних і літніх місяців, за якого розвиток зернових культур починається раніше у середньому на 7–10 днів. Улітку збільшилася повторюваність і тривалість періодів з високими та надто високими температурами повітря (вище 25–30 і 35°C). Водночас зберігається ймовірність прояву холодних періодів в окремі проміжки вегетації культур [1, 2].

Характерною особливістю погодних умов останніх років також є зростаюча нерівномірність розподілу опадів за порами року, тенденція до збільшення їх екстремального характеру (сильні зливи в межах однієї або кількох місячних норм за короткий проміжок часу та їхня відсутність протягом тривалого періоду). Практично по всій території України спостерігається зменшення кількості опадів у зимові місяці, збільшення у червні, вересні і жовтні. Особливо негативним є зменшення кількості опадів у липні–серпні. Зростає частота такого негативного кліматичного явища як посухи, які спостерігаються навіть у районах достатнього зволоження [3].

Саме ці явища потребують постійного уточнення оптимуму показників кількості вологи і тепла для формування врожаю зернових культур, зокрема ячменю ярого, у зв'язку зі зміною метеорологічних умов і залежністю їхнього кількісного рівня під впливом останніх [4, 5].

Вплив метеорологічних чинників, а також різних технологічних процесів може бути врахований за допомогою математичного аналізу і методів математичного моделювання. Математичне моделювання процесів, біологічних або інших систем, впливу різних чинників на продуктивність культур дає змогу аналізувати значну кількість завдань, дослідити велику кількість варіацій їх дії і визначити найоптимальніші [6–10].

Мета досліджень — провести оцінку погодно-кліматичних умов за період 1999–2018 рр., розробити комплексну модель максимальної реалізації потенціалу продуктивності ячменю ярого за наявних агрометеорологічних ризиків і встановити закономірності їхнього впливу на урожайність ячменю ярого за різних за енергонасиченістю технологій його вирощування в умовах Північного Лісостепу.

Цю мету реалізовано способом створення математичних моделей на основі кореляційно-регресійного аналізу залежності урожайності ячменю ярого від метеорологічних умов за різних проєктів технологій вирощування.

Матеріали і методи досліджень. Залежність урожайності ячменю ярого за різних технологій його вирощування в Північному Лісостепу від впливу метеорологічних чинників визначали за допомогою кореляційно-регресійного аналізу [11]. Вивчали вплив середньомісячних показників температури повітря та кількості опадів за вегетаційний період культури.

Аналіз погодних умов і рівень їхньої мінливості за період 1999–2018 рр. проводився на основі критеріїв коефіцієнта суттєвості (істотності) відхилень (K_c) елементів агрометеорологічного режиму кожного з досліджуваних років від середніх багаторічних згідно з формулою:

$$K_c = \frac{(X_i - \bar{X})}{S},$$

де K_c — коефіцієнт суттєвості відхилень; X_i — елемент поточної погоди; \bar{X} — показник середньої багаторічної величини; S — середнє квадратичне відхилення; i — порядковий номер року.

Рівень коефіцієнта суттєвості (істотності) відхилень відповідає градації: $K_c = 0 \div 1$ — умови, близькі до звичайних; $K_c = 1 \div 2$ — умови істотно відрізняються від середніх багаторічних; $K_c > 2$ — умови, наближені до екстремальних.

Показники врожайності ячменю ярого отримано під час його вирощування за варіантів спрощеної, ресурсозберігальної, інтенсивної та інтенсивної енергонасиченої технології за період 1999–2018 рр. у довготривалому стаціонарному досліді відділу технологій вирощування зернових

колосових культур ННЦ «Інститут землеробства НААН». Варіант спрощеної технології передбачав вирощування ячменю ярого без застосування мінеральних добрив. За ресурсозберігальної технології доза мінеральних добрив становила $P_{30}K_{30}N_{30}$, за інтенсивної — $P_{60}K_{60}N_{30} + N_{30IV}$. При вирощуванні культури за інтенсивної енергонасиченої технології доза добрив становила $P_{90}K_{90}N_{45} + N_{45IV}$. Усі варіанти технологій мали інтегровану систему захисту: протруювання насіння, внесення гербіцидів і фунгіцидів.

Дослідження проводили на базі стаціонарного досліді, закладеного на темно-сірому опідзоленому крупнопилуватому легкосуглинковому ґрунті. Ґрунт характеризувався низьким вмістом гумусу, дуже низьким рівнем забезпеченості лужногідролізованим азотом, високим вмістом рухомих форм фосфору, середнім — обмінного калію.

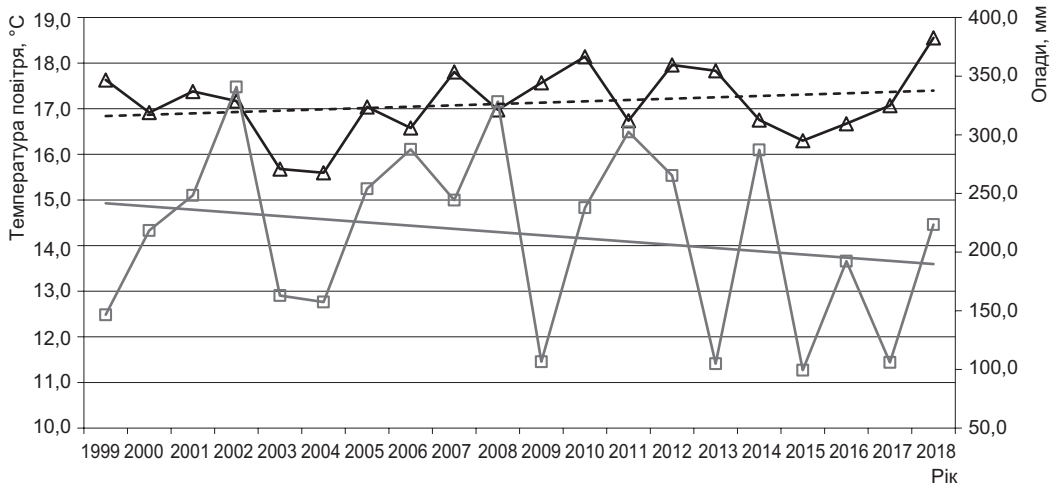
Результати досліджень. Аналіз показників середньомісячної температури повітря і суми опадів, які є основними складовими теплового та водного балансів і головними кліматоформульними чинниками, за період квітень–липень 1999–2018 рр. свідчить, що їхній рівень і часовий розподіл у більшості років змінювалися за відповідними тенденціями і закономірностями та мали певні відхилення порівняно з багаторічними.

За роки багаторічних досліджень (1999–2018) у північній частині Правобережного Лісостепу (Київщина) спостерігається значне коливання та ріст показників температурного режиму впродовж вегетаційного періоду. Встановлено, що середня температура повітря за вегетацію ячменю ярого коливалася за роками досліджень від +15,6 у 2004 р. до +18,6°C — у 2018-му. При цьому у більшості років середні багаторічні значення температури повітря були перевищеними (рисунок).

Максимальні відхилення від середніх багаторічних у бік зниження виявлено впродовж вегетаційних періодів 2003, 2004 і 2015 рр.

Вищою від середньої багаторічної температурою повітря за вегетацію характеризувалися 1999, 2001, 2002, 2007–2013, 2018 рр., з максимальними показниками +18,1°C у 2010 і +18,6°C — 2018 рр. Близькими за величиною показника, що характеризується, були 2000 і 2005, 2008 рр. Розрахована лінія тренду температури повітря за вегетацію рослин мала тенденцію до зростання.

Характеризуючи умови зволоження, які визначаються кількістю опадів і рівномірністю їхнього випадання, слід зазначити, що закономірність їхнього розподілення за 20 років у більшості випадків відповідала тенденціям зміни температурного режиму



Річні коливання температури повітря та кількості опадів за вегетацію ячменю ярого (квітень–липень, 1999–2018 рр.): \triangle — температура повітря; \square — опади; --- — тренд температури повітря; — — тренд опадів

(див. рисунок). Зокрема, у 2002, 2005–2012, 2014 і 2018 рр. кількість опадів порівняно з багаторічною нормою була надмірною. При цьому найбільша їхня кількість, яка формувала умови, що істотно відрізняються від багаторічних, випала у червні 2002 р. (167,3 проти 66 мм). Близьким до екстремальних був і 2008 р. коли кількість опадів у квітні місяці становила 125,5 проти 35,8 мм.

У противагу зазначеному вище у вегетаційні періоди 1999, 2000, 2003, 2004, 2009, 2013, 2015 і 2017 рр. спостерігалася нестача опадів, що зумовлювало несприятливі умови для росту і розвитку рослин ячменю ярого.

Мінімальний рівень місячної суми опадів був у квітні 2009 р. — 0,8 мм, червні 2004 р. — 3,5 мм, квітні 2015 р. — 5,6 мм і липні 2013 р. — 10,0 мм за середніх багаторічних показників у ці місяці відповідно 35,8, 66,0, 35,8 і 57,2 мм. За кількістю опадів за вегетаційний період ячменю ярого 2001 і 2016 рр. виявилися близькими до середніх багаторічних.

Отже, показники суми опадів упродовж вегетаційного періоду у різні роки свідчать про зменшення їхньої кількості та нестачу

більшості надходження вологи в ґрунт. За лінією тренду, яка проходить крізь усі роки досліджень, можна спрогнозувати подальше зменшення річної кількості опадів.

Детальніший статистичний аналіз показників температури повітря та суми опадів за величиною коефіцієнта суттєвості відхилень свідчить, що практично у кожному з досліджуваних років упродовж вегетаційного періоду були місяці, коли вони істотно відрізнялися від середніх величин.

Зокрема, найістотніші коливання середньомісячної температури повітря були у квітні впродовж усіх років досліджень (табл. 1). Винятком виявилися умови температурного режиму квітня 2000, 2016 і 2018 рр., коли вони були близькими до середніх багаторічних.

У 2003 р. квітень характеризувався умовами, які були наближені до екстремальних ($K_c = 2$), коли середньомісячна температура повітря становила лише $+5,9^\circ\text{C}$. У травні і червні істотних відхилень температурного режиму, коли коефіцієнт суттєвості відхилень дорівнював 1 або перевищував її, не виявлено. І лише температурний режим червня 1999 р. мав істотне відхилення від середньобагаторічного показника.

1. Кратність прояву несприятливих погодних умов протягом вегетаційного періоду за величиною середньомісячної температури повітря і кількості опадів за 1999–2018 рр.

Характеристика показників	Місяць			
	квітень	травень	червень	липень
<i>Температура повітря</i>				
Істотно відрізняються від середньобагаторічних значень	16	–	1	12
%	80,0	–	5,0	60,0
Наближені до екстремальних	1	–	–	–
%	5,0	–	–	–
Разом	17	–	1	12
%	85,0	–	5,0	60,0
<i>Опади</i>				
Істотно відрізняються від середньобагаторічних значень	5	–	3	3
%	25,0	–	15,0	15,0
Наближені до екстремальних	12	16	16	17
%	60,0	80,0	80,0	85,0
Разом	17	16	19	20
%	85,0	80,0	95,0	100,0

З усіх досліджуваних років лише у 2000, 2003, 2004, 2013–2016 і 2018 рр. умови температурного режиму липня мали істотні відхилення від багаторічних, а у решти були близькими до них.

У значної кількості років (2001, 2002, 2005–2012 і 2017) умови температурного режиму, які істотно відрізнялися від багаторічних, були впродовж двох місяців вегетаційного періоду (квітень і липень), а в 1999 р. це явище спостерігалось у квітні, червні і липні.

Розрахунки показників коефіцієнта суттєвості відхилень кількості опадів за окремі місяці вегетаційного періоду впродовж 1999–2018 рр. свідчать, що умови вологозабезпеченості у квітні були близькими до багаторічних лише у 1999, 2003 і 2013 рр. Істотно відрізнялися 5 років ($K_C = 1$) (2004, 2006, 2007, 2011, 2017). У решті років умови вологозабезпечення, які склались у квітні, були наближені до екстремальних ($K_C = 2$).

Істотне відхилення місячної кількості опадів від середньої багаторічної величини за коефіцієнта суттєвості відхилень 1 спостерігалось у червні 1999, 2015 і 2017 рр. і в липні 2001, 2002 і 2013 рр., тоді як у травні впродовж усіх досліджуваних років цієї закономірності не виявлено. Водночас умови зволоження, що були наближеними до екстремальних, спостерігалися у травні і червні 16 років досліджень, а в липні — 17 років (див. табл. 1).

Близькими до багаторічних умови зволоження травня виявилися лише у 2003, 2009, 2017 і 2018 рр., червня — у 2016 р., а в липні вони взагалі не спостерігалися.

Статистичний аналіз метеорологічних показників за роками досліджень свідчить,

що найбільше стандартне відхилення (S) температури повітря спостерігалось у 1999 і 2003 рр., коли його показник становив $S = 6,7$ з коефіцієнтом варіації $V = 37,9$ і $V = 42,5\%$ відповідно. Найменше стандартне відхилення ($S = 3,2$ і $S = 3,3$) було у 2000 і 2016 рр.

Аналіз метеорологічних даних за окремими місяцями свідчить, що найвищу мінливість температурні показники мали у квітні ($V = 15,9\%$) та травні ($V = 11,6\%$). В інші місяці їхнє варіювання було середнім ($V = 7,9–8,4\%$) (табл. 2).

Статистичний аналіз показників суми опадів за вегетаційний період ячменю ярого у 1999–2018 рр. свідчить, що значне відхилення їхньої кількості від середніх багаторічних значень виявлено у 1999 р. ($S = 18,4$) за середнього значення $36,7 \pm 9,2$ мм, коефіцієнта варіації — $50,3\%$, у 2000 р. — $X = 54,6 \pm 5,8$ за $S = 11,5$, $V = 21,1\%$, у 2005 р. — $X = 63,5 \pm 10,0$ за $S = 19,9$, $V = 31,4\%$, у 2008 р. — $X = 82,1 \pm 18,8$ за $S = 37,7$, $V = 45,9\%$ та у 2010 р. — $X = 59,5 \pm 12,3$ за $S = 24,6$, $V = 41,3\%$.

Щодо аналізу кількості опадів в окремі місяці вегетаційного періоду ячменю ярого слід зазначити, що в середньому за 1999–2018 рр. їх відхилення від середніх багаторічних значень було нормальним і субнормальним за винятком квітня 2008 р., травня 2014, червня 2002 та липня 2011 р. У ці періоди відхилення кількості опадів від середнього багаторічного значення більше ніж удвічі перевищило показник стандартного відхилення (S). Значне варіювання показників кількості опадів за роками підтверджується коефіцієнтами варіації, які коливалися в межах від $54,1$ у липні до $83,8\%$ — у квітні (табл. 3).

2. Статистичні характеристики середньомісячної температури повітря (середнє за 1999–2018 рр.)

Місяць	Статистичні показники				
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Min, °C	Max, °C	Коефіцієнт варіації (V), %	Стандартне відхилення (S)
Квітень	$10,5 \pm 0,4$	5,9	13,3	15,9	1,7
Травень	$16,2 \pm 0,4$	12,5	19,5	11,6	1,9
Червень	$19,7 \pm 0,4$	17,4	23,6	8,4	1,7
Липень	$22,1 \pm 0,4$	19,0	26,1	7,9	1,7

3. Статистичні характеристики місячної кількості опадів (середнє за 1999–2018 рр.)

Місяць	Статистичні показники				
	$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Min, °C	Max, °C	Коефіцієнт варіації (V), %	Стандартне відхилення (S)
Квітень	34,3±6,4	0,8	125,5	83,8	28,8
Травень	54,4±8,6	14,4	167,0	70,9	38,6
Червень	68,1±10,4	3,5	167,3	68,1	46,4
Липень	58,9±7,1	10,0	124,2	54,1	31,9

Дія та взаємодія різноманітних чинників, які є основою технологічного циклу вирощування, а також вплив погодних умов можуть бути враховані тільки за допомогою математичного аналізу і методів математичного моделювання.

Завдяки проведеному математичному аналізу залежності урожайності ячменю ярого від рівня тепло- і вологозабезпечення за різних проєктів технології вирощування

виявлено рівень щільності зв'язку між цими показниками. За результатами кореляційного аналізу встановлено, що найбільший вплив на формування продуктивності ячменю ярого за всіх технологій вирощування мала температура повітря травня, де коефіцієнт детермінації (D) становив 18,5–39,3%. При цьому найвищим цей коефіцієнт (D=37,3 і 39,3%) був за інтенсивних та інтенсивних енергонасичених технологій вирощування.

4. Кореляційний зв'язок урожайності ячменю ярого з погодними умовами за різних технологій вирощування (1999–2018 рр.)

Місяць	Температура		Опади	
	коефіцієнт кореляції, r	коефіцієнт детермінації, D, %	коефіцієнт кореляції, r	коефіцієнт детермінації, D, %
<i>Спрощена технологія вирощування</i>				
Квітень	-0,149	2,2	0,307	9,4
Травень	-0,430	18,5	-0,153	2,3
Червень	-0,351	12,3	-0,060	0,4
Липень	-0,054	0,3	-0,012	0,01
<i>Ресурсозберігальна технологія вирощування</i>				
Квітень	-0,058	0,3	0,270	7,3
Травень	-0,524	27,4	-0,014	0,02
Червень	-0,339	11,5	-0,089	0,80
Липень	-0,097	0,9	0,004	0,002
<i>Інтенсивна технологія вирощування</i>				
Квітень	-0,163	2,6	0,298	8,8
Травень	-0,611	37,3	-0,060	0,4
Червень	-0,268	7,2	-0,195	3,8
Липень	-0,073	0,5	0,027	0,1
<i>Інтенсивна енергонасичена технологія вирощування</i>				
Квітень	-0,033	0,1	0,267	7,1
Травень	-0,627	39,3	-0,080	0,6
Червень	-0,350	12,3	-0,293	8,6
Липень	-0,115	1,3	0,062	0,4

5. Математичні моделі залежності урожайності ячменю ярого від комплексу погодних умов травня 1999–2018 рр.

Технологія	Рівняння регресії	Множинний коефіцієнт кореляції, R	Коефіцієнт детермінації, D, %
Спрощена	$Y = 0,3701 + 0,4073X_1 - 0,0194X_1^2 - 0,0279X_2 + 0,3710\sqrt{X_2}$	0,498	24,8
Ресурсозберігальна	$Y = 1,6023 + 0,3345X_1 - 0,0192X_1^2 - 0,0423X_2 + 0,6646\sqrt{X_2}$	0,584	34,1
Інтенсивна	$Y = -5,9050 + 1,2446X_1 - 0,0469X_1^2 - 0,0628X_2 + 0,9673\sqrt{X_2}$	0,773	59,8
Інтенсивна енергонасичена	$Y = -2,4329 + 0,8776X_1 - 0,0369X_1^2 - 0,0690X_2 + 1,0615\sqrt{X_2}$	0,771	59,4

Примітка. Y — урожайність, т/га; X₁ — температура повітря середня за місяць, °C; X₂ — кількість опадів за місяць, мм.

Розрахунки свідчать, що урожайність зерна за цих технологій мала прямий середній зв'язок із температурою повітря травня. В інші місяці вегетаційного періоду вплив цього елемента погоди не перевищував 15% (D=0,1–12,3%). За інших технологій вирощування залежність урожайності від температури повітря була слабкою (табл. 4).

Розрахунки кореляційно-регресійного аналізу свідчать, що зв'язок залежності рівня урожайності від кількості опадів, які випали в травні, був незначним. Аналіз показників залежності свідчить про те, що рівень врожайності більшою мірою залежав від кількості опадів і режиму зволоження квітня (D=7,1–9,4%).

У процесі аналізу також встановлено, що залежність урожайності ячменю ярого від умов вологозабезпеченості початкового періоду вегетації була слабкою (R=0,267–0,307), а умови кінця вегетації взагалі не впливали на її величину.

Аналіз кореляційного зв'язку дав змогу визначити критичний період розвитку

рослин ячменю ярого та за допомогою регресійного аналізу побудувати математичні моделі (табл. 5). Створені моделі відтворюють залежність урожайності ячменю ярого від комплексу погодних умов травня та є достовірними на 95%-му рівні ймовірності за критеріями Фішера та Стьюдента.

Коефіцієнти множинної кореляції свідчать про щільний зв'язок рівня урожайності з комплексом погодних умов травня (R=0,771–0,773) за інтенсивної та інтенсивної енергонасиченої технологій вирощування та середній (R = 0,468–0,584) за спрощеної та ресурсозберігальної. Моделі підтверджують існування залежності урожайності ячменю ярого за різних технологій вирощування від погодних умов травня місяця, яка оцінюється величиною коефіцієнта детермінації, що є критерієм оцінки впливу погодних умов, на рівні 24,8 і 34,1% за спрощеної і ресурсозберігальної технологій та 59,8 і 59,4% — за інтенсивної та інтенсивної енергонасиченої технологій вирощування.

Висновки

У північній частині правобережного Лісостепу спостерігається істотне коливання показників погодних умов, а саме: зростання величин температурного режиму та зменшення кількості опадів упродовж вегетаційного періоду ячменю ярого і їх нестабільність за роками.

Вплив показників погодних умов, а також чинників інтенсифікації, які є основою технологічного циклу вирощування, на урожайність ячменю ярого можуть бути враховані тільки за допомогою математичного аналізу і методів математичного моделювання. Аналіз кореляцій-

них зв'язків урожайності ячменю ярого з погодними умовами за різних технологій вирощування свідчить, що найбільше

впливали на формування врожаю температурний режим травня і режим зволоження квітня.

Kaminska V.¹, Buslayeva N.²

NSC «Institute of Agriculture of NAAS», 2b, Machynobudivnykiv Str., vil. Chabany, Fastiv region, Kiev oblast, 08162, Ukraine; e-mail: ¹kamin.59@ukr.net., ²nataliyabuslaeva@ukr.net; ORCID: ¹0000-0002-0549-6581, ²0000-0003-4956-7801

Productivity of spring barley depending on the weather conditions and the level of intensification of growing technology

Goal. To assess weather conditions and establish the patterns of their impact on the yield of spring barley for different energy saturation technologies for its cultivation in the Northern part of the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine. **Methods.** Field — to carry out long-term experiment in 4 repetitions; measuring and weighing — to account for crop yields; comparative — to calculate the dependence of crop yields on weather factors; statistical and correlation. **Results.** The tendencies of change of weather conditions for 1999–2018 were analyzed and the regularities of their influence on the yield of spring barley in the conditions of the Northern part

of the Right-Bank Forest-Steppe were established. According to the results of 20-year experimental data based on correlation regression analysis, mathematical models were created that reproduce the dependence of spring barley yield, which was grown by technologies of different intensity, on the complex weather conditions of the growing season. The greatest dependence of crop productivity on the conditions of April moistening and the temperature regime of May is shown. **Conclusions.** In the Northern part of the Right-Bank Forest-Steppe there is a significant fluctuation of weather conditions, namely: an increase in temperature and a decrease in rainfall during the growing season and their instability over the years. Analysis of correlations between spring barley yield and weather conditions under different cultivation technologies shows that the conditions of April moisture and temperature in May had the greatest influence on crop formation.

Key words: yield, air temperature, rainfall, statistical analysis, correlation regression analysis.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202105-04>

Бібліографія

1. Дмитренко В.П. Погода, клімат і урожай польових культур. Київ: Ніка-Центр, 2010. 620 с.
2. Нечипоренко О.М. Управління ризиками глобальних змін клімату в агропромисловому комплексі України. *Економіка АПК*. 2020. № 4. С. 6–8. doi:10.32317/2221-1055.202004006
3. Савчук Д. Посуха в Україні 2007 року, її наслідки та виклики. *Пропозиція*. 2009. № 6. С. 14–19.
4. Польовий А.М., Барсукова О.А. Вплив змін клімату на темпи розвитку ярого ячменю в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2015. № 16. С. 113–119.
5. Yawson D.O., Adu M.O., Armah F.A. Impacts of climate change and mitigation policies on malt barley supplies and associated virtual water flows in the UK. *Scientific Reports*. 2020. V. 10. 376 p. doi:10.1038/s41598-019-57256-3
6. Вергунова І.М. Основи математичного моделювання. Київ: Нора-принт, 2000. 146 с.
7. Лаврик В.І. Методи математичного моделювання в екології. Київ: Фітосоціоцентр, 1998. 131 с.
8. Daničić M., Zekić V., Miroslavić M. et al. The response of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) to climate change in Northern Serbia. *Atmosphere*. 2019. V. 10(1). 14 p. doi:10.3390/atmos10010014
9. Огірко О.І., Галайко Н.В. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посіб. Львів: ЛьвДУВС, 2017. 292 с.
10. Бишовець Н.Г., Кузьмичов А.І., Куценко Г.В. та ін. Ймовірнісне та статистичне моделювання в Excel для прийняття рішень: навч. посіб. Київ: Видавництво Ліра-К, 2019. 200 с.
11. Дослехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.