

## ОПТИМІЗАЦІЯ СТРОКІВ СІВБИ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО В ЗОНІ ЗРОШЕННЯ ПІВДНЯ УКРАЇНИ В АСПЕКТІ ПОТОЧНИХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

**ЗАЄЦЬ С.О.** – доктор сільськогосподарських наук,  
старший науковий співробітник  
<https://orcid.org/0000-0001-7853-7922>

Інститут зрошуваного землеробства  
Національної академії аграрних наук України

**РУДІК О.Л.** – доктор сільськогосподарських наук, доцент  
<https://orcid.org/0000-0003-1384-5523>

Херсонський державний аграрно-економічний університет  
**ОНУФРАН Л.І.** – кандидат сільськогосподарських наук  
<https://orcid.org/0000-0001-6247-4920>

Інститут зрошуваного землеробства  
Національної академії аграрних наук України

**Постановка проблеми.** Упродовж останнього періоду формування структури рослинництва зерно ячменю стало вагомим компонентом зернового балансу, а тому подальше зростання його виробництва є дієвим важелем подальшого успішного розвитку агропромислового комплексу України. За останні десять років його частка в структурі посівних площ коливалася у межах від 5,9 до 9,8%. Натеper, займаючи 32,9–42,8% посівної площі, саме ячмінь озимий формує 56,5–62,1% валових зборів цієї культури [1].

Навіть враховуючи його понижено зимостійкість, ячмінь озимий – це культура високої потенціальної продуктивності та інтенсивного зерновиробництва. Він передбачає значно пізніші терміни сівби, краще за інші ярі види використовує осінньо-зимові запаси вологи, економніше витрачає поживні речовини та вологу на одиницю продукції і формує врожай значно вищий, ніж інші зернові. Усе це, враховуючи попит світового ринку, робить вирощування цієї культури доцільним із господарської точки зору, високо рентабельним та перспективним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Грунтовними науковими дослідженнями та практичним досвідом доведено, що від стану посівів озимих культур на момент припинення осінньої вегетації великою мірою залежать процеси проходження рослинами зимового циклу та подальший розвиток рослин і кінцевий результат – величина та якість урожаю. Невідповідно до умов середовища сформовані параметри посівів негативно позначаються на протіканні фізіологічних процесів, зумовлюють ризики ослаблення або навіть загибель рослин [2].

Найбільш небезпечними в зимовий період є різкі коливання температур або значне їх зниження на фоні відсутності снігового покриву. На початку періоду спокою, коли процес загартування ще не завершився критичним, може бути стійке пониження температури до -13 °С морозу. При тривалих відлигах, впродовж 5 діб та більше, морозостійкість озимих культур суттєво знижується, а тому помітне зрідження або навіть загибель може наступити при значно меншому зниженні температури, що є

наслідком відновлення ростових процесів та зниження концентрації клітинного соку за таких обставин. Такі умови стають все більш типовими для Півдня України на фоні глобальних змін клімату [3; 4].

Безумовно, що важливу роль у виживанні озимих культур відіграє відповідність генетично обумовленої спроможності сорту культур протистояти впливу несприятливих чинників за відповідних агро-екологічних систем їх вирощування [5].

Негативний вплив низьких температур, особливо в ранній весняний період, є найбільш поширеною причиною загибелі озимих культур. При цьому деструктивна дія зимових температур не завжди проявляється як загибель або значні пошкодження посівів, проте завжди призводить до значного ураження наземної маси та зниження урожаю зерна [6; 7].

Дослідженнями встановлено, що для формування високого рівня морозостійкості озимі зернові культури повинні пройти належний, за гідротермічним режимом і тривалістю, період яровизації та загартування [8].

Зважається, що найстійкіші до умов перезимівлі рослини, які перебувають на II етапі органогенезу, коли морозо- і зимостійкість рослин є найвищою.

Регіональні кліматичні зміни проявляються у зміщенні термінів та тривалості вегетаційного періоду, зміні окремих сезонних параметрів, що, перш за все, має значні наслідки для рослинництва, впливаючи на циклічність органогенезу культурних рослин [9–11].

Найбільш вагомими є наслідки зміни динаміки температурного режиму, надходження опадів настання ранніх та пізніх заморозків, що позначається на строках сівби озимих культур [12].

Зважаючи, що серед озимих зернових культур ячмінь найбільш чутливий до строків сівби, оскільки має найнижчу зимостійкість, дана проблема набуває виключної актуальності.

Зволікання з посівом призводить до лінійного зниження врожайності на рівні 0,43 т/га за кожні добу [13].

Його посіви можуть бути пошкоджені морозами за температури нарівні вузла кушення нижче -12 °С. При цьому ячмінь раніше за інших відновлює

вегетацію, втрачаючи зимостійкість, що посилює ризики загибелі рослин у ранньовесняний період.

Саме в цей час на Півдні України систематично спостерігаються значні коливання температур. Кращу морозостійкість ячмінь має тоді, коли рослини ввійшли в зиму у фазі трьох-чотирьох пагонів або у фазі «шилець», тоді як за наявності одного-двох листочків зимостійкість різко знижується. Тому, якщо з об'єктивних причин немає можливості провести посів у оптимальний термін, краще сівбу проводити наприкінці осені, щоб насіння встигло «наклюнутися» і в такому стані зимувало.

Оптимальні строки сівби проявляються в подальшому у формуванні більших значень сухої маси рослин, максимального приросту врожаю та умов дозрівання [14].

Не можна також ігнорувати генетично зумовлені сортові особливості окремих об'єктів селекції. Вибір оптимального строку сівби необхідно передусім розглядати у розрізі відповідності їх біологічним вимогам, оскільки формуються різні абіотичні умови та поєднання температури повітря, суми позитивних температур, тривалості дня, опадів тощо [15; 16].

**Метою роботи** є встановлення закономірностей зміни оптимальних термінів сівби ячменю озимого в умовах Південного Степу України в аспекті глобальних кліматичних змін.

Для досягнення мети використані результати дослідження, отримані в різний час на полях Інституту зрошуваного землеробства НААН згідно з методикою польових і лабораторних досліджень в умовах зрошення. Технологія вирощування сортів ячменю озимого була рекомендованою для зональних умов. У першому досліді впродовж 1999–2001 року в терміни із 20 вересня по 15 жовтня висівали сорт ячменю озимого Росава. У другому досліді у терміни із 20 вересня по 20 жовтня в 2016–2018 роки висівали сорти класично озимого сорту ячменю Академічний та сорти альтернативного типу Дев'ятий вал та Достойний.

Погодні умови періоду досліджень були характерними для даної зони.

Осінній період вегетації 1998 року за температурним режимом був близький до норми, проте із раннім припиненням вегетації, тоді як 1999 та особливо 2000 рік – прохолодним із тривалим підвищенням температур та продовженням вегетації до початку грудня.

За умовами зволоження більш сприятливим був 2000 рік, коли опади вересня забезпечили формування необхідних для отримання сходів запасів ґрунтової вологи. Решта років за надходженням опадів були близько до середньо-багаторічної норми. За гідротермічними умовами весняно-літній період сприятливим для проходження ростових процесів рослин ячменю був у 2001 році. Ситуацію впродовж 1999 та 2000 років ускладнювала періодична кількоденна посуха.

Осінь 2015 та 2017 років була теплою та зтяжною, тоді як 2016 р. – більш холодною та ранньою. Коефіцієнт зволоження за вересень-листопад, відповідно, складав 0,71; 1,29 та 0,7 при нормі значень 0,85. Умови весняно – літнього періоду вегетації 2016 та 2017 років оцінювалися як вологі, а 2018 р. – як сухі.

**Результати досліджень.** Вчені кліматологи визначають значне прискорення метеорологічних змін за останні 25-30 років. На цій підставі проведено порівняння реакції сортів ячменю озимого на різні строки сівби в проміжку часу 18 років. Зважаючи на наявний у той період рівень розвитку рослинництва, менша врожайність зерна була отримана в першому базовому досліді із використанням сорту ячменю озимого Росава – 4,02–5,34 т/га (табл. 1).

За попередніх кліматичних умов на початку значних кліматичних змін найвищого рівня врожайності було досягнуто за сівби 25 вересня – 5,34 т/га. При цьому в межах календарного терміну 25 вересня – 1 жовтня рівень урожайності залишався однаковий. Відхилення терміну сівби, як у бік більш ранніх, так і більш пізніх, на одну пентаду зумовлювало достовірне зниження врожайності зерна до одного рівня – 4,68–4,90 т/га. Проте подальше відтермінування строку сівби на одну градацію призводило до істотного зниження врожайності відносно попереднього строку. Також спостерігалось сповільнення темпів її зниження в межах терміну сівби культури із 5 жовтня і надалі.

Зважаючи на впровадження у виробництво сортів ячменю альтернативного типу та їх дещо різні потреби і реакції на терміни сівби, сорти типово озимого типу та дворучки доцільно аналізувати окремо.

У другий базисний період, коли відбувався активний прояв кліматичних змін, урожайність типово озимого сорту ячменю Академічний змінювалася залежно від термінів сівби в межах від 6,27 до 6,93 т/га. При цьому найвищий врожай був

Таблиця 1 – Урожайність ячменю озимого за різних строків сівби в зоні Південного Степу України

Строк сівби	Урожайність сортів в роки дослідження, т/га			
	Росава (1999–2001 рр.)	Академічний (2016–2018 рр.)	Дев'ятий вал (2016–2018 рр.)	Достойний (2016–2018 рр.)
20 IX	4,90	6,93	6,95	5,85
25 IX	5,34	-	-	-
1 X	5,24	6,88	6,98	5,90
5 X	4,68	-	-	-
10 X	4,27	6,68	6,83	5,83
15 X	4,02	-	-	-
20 X	-	6,27	6,50	5,41
НІР <sub>05</sub> , т/га	0,38		0,32	

за сівби у перший строк – 20 вересня, із динамікою до стабільного зниження при зміщенні термінів. Однак у межах сівби культури із 20 вересня до 10 жовтня включно коливання врожайності було в межах похибки досліду. За висіву культури 20 жовтня спостерігається різке зниження врожайності зерна до 6,27 т/га.

Таким чином, зміни, зумовлені погодними умовами та зональними кліматичними трансформаціями, спричинили розширення терміну сівби ячменю типово озимого типу, за яких його врожайність варіює несуттєво. Однак сівба культури пізніше 10 жовтня супроводжується різким зниженням врожайності зерна.

Певні особливості мала динаміка врожайності зерна сортів альтернативного типу, якими є Дев'ятий вал та Достойний. У цих сортів строки сівби із 20 вересня до 10 жовтня також не зумовлювали істотне варіювання врожайності. Такі зміни були у більш вузьких межах значень, а стандартне відхилення для зазначених сортів, відповідно, складало 0,08 та 0,04 т/га, проти 0,13 та 0,43 т/га у сортів Академічний та Росава.

Для узгодження даних та їх об'єктивного аналізу були використані методи математичної статистики та моделювання, які дали такі результати (табл. 2).

Представлені типи моделей були вибрані за найвищим значеннями  $R^2$ , що забезпечує їх високу відповідність процесам, які підлягали дослідженню, а математичні моделі із високою точністю відобра-

жають залежність продукційного процесу та демонструють головні тенденції залежності (рис. 1).

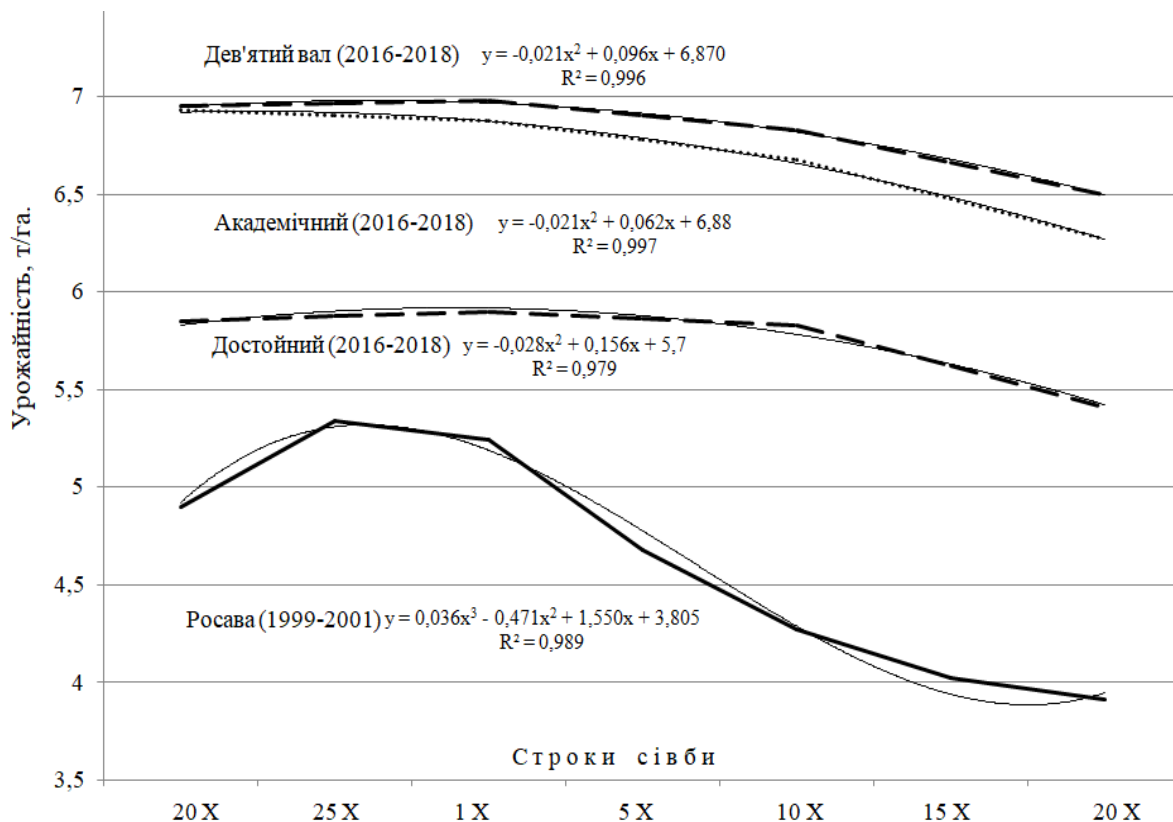
**Таблиця 2 – Моделі залежностей урожайності зерна сортів ячменю від строків сівби**

Сорт	Математична залежність	$R^2$
Росава	$Y = 0,036x^3 - 0,471x^2 + 1,55x - 3,805$	0,989
Академічний	$Y = -0,021x^2 + 0,062x + 6,88$	0,997
Дев'ятий вал	$Y = -0,021x^2 + 0,096x + 6,87$	0,996
Достойний	$Y = -0,028x^2 + 0,156x + 5,7$	0,979

Примітка:  $x$  – строк сівби, кількість пентад днів від 15 вересня.

В умовах 2016–2018 рр. урожайність ячменю сорту дворучки Дев'ятий вал була за абсолютними значеннями дещо вищою, ніж сорту класичного типу Академічний. Проте на статистичному рівні вони були однаковими. Результати програмування свідчать, що сорт Академічний має більш виражену реакцію на значне, більше 10 днів, відтермінування строків сівби порівно із сортом Дев'ятий вал.

За результатами побудованих моделей якщо впродовж вихідного періоду спостережень найвищих значень урожайності типово озимих сортів досягала за сівби культури 3 жовтня, то в завершальний період – 25 вересня. Для сортів дворучок Дев'ятий вал та Достойний, відповідно, 27 та 29 вересня. Таким чином, кліматичні зміни, що відбулися впродовж зазначеного періоду, позитивно вплинули на



**Рис. 1. Реакція сортів ячменю озимого на строки сівби в зрошуваних умовах Півдня України в різні періоди спостережень, т/га**

урожайність зерна ячменю озимого, а відповідно, є підстави їх вважати більш сприятливими для осіннього циклу розвитку культури. Такі умови можуть сприяти збільшенню площі вирощування ячменю озимого на зрошенні в мовах Півдня України.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Трансформація погодних умов унаслідок глобальних кліматичних змін сприяють вирощуванню ячменю озимого в умовах зрошення на Півдні України. Строки, в межах яких відбувається несуттєве коливання врожайності зерна культури, розширюються. Здійснений аналіз демонструє зміну реакції типово озимих сортів ячменю на строки сівби впродовж останніх 15-20 років та децю відмінну динаміку сортів, які належать до альтернативного типу. Це не дозволяє оцінювати терміни сівби як перманентний фактор та свідчить про необхідність подальшого систематичного дослідження реакції ячменю озимого на строки сівби та необхідність урахування їх сортових особливостей для розробки адаптивних технологій. Подальші дослідження також повинні враховувати інші впливові фактори, яким є елементи системи живлення та регуляторів росту рослин.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Рослинництво України. 2020 р. : статистичний збірник. Київ : Державна служба статистики України, 2021. 183 с.
2. Кучеренко О.М., Хоменко Л.О., Ковалишина Г.М., Кочмарський В.С. Вплив зміни клімату на особливості морфологічного аналізу при оцінці стану перезимівлі пшениці м'якої озимої. *Селекція і насінництво*, 2013. Вип. 103. С. 107–114. DOI: 10.30835/2413–7510.2013.54075.
3. Решетченко С.І., Попович Н.В., Шуліка Б.О., Порван А.П., Черкашина Н. І. Оцінка екологічності агрокліматичних ресурсів на території України в умовах змін клімату. URL: [journals.uran.ua/tarp/article/download/134890/144029](http://journals.uran.ua/tarp/article/download/134890/144029).
4. Коваленко О.А., Коваленко А.М. Строки сівби пшениці озимої у південному Степу в умовах зміни клімату Збірник тез II Міжнародної науково-практичної конференції «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти», 10-12 квітня 2019 року. ДУ НМЦ «Агроосвіта», Київ – Миколаїв – Херсон, 2019. С. 365–367.
5. Дубовий В.І. Способи оцінки морозо- та зимостійкості озимих зернових культур. *Миронівський вісник*, 2016. Вип. 2. С. 69–86.
6. Блищик Д.В., Польовий А.М., Феоктістов П.О. Блок динамічної моделі формування зимостійкості рослинами озимої пшениці на півдні України в залежності від строків сівби. *Культура народів Причорномор'я*, 2014. № 273. С. 83–88.
7. Методи оцінки морозостійкості селекційного матеріалу пшениці / С.В. Пикало, О.А. Демидов, Т.В. Юрченко та ін. *Екологічні науки*, 2021. № 2(35). С. 82–89.
8. Yunqin Yu. (June 25, 2019). Diverse strategies coping with winter in barley and its relatives. *American Society of Plant Biologists. Plant Physiology: News and Views, Research*. URL: <https://plantae.org/diverse-strategies-coping-with-winter-in-barley-and-its-relatives/>.

9. Kutta E., Hubbart J. A. (2016). Reconsidering meteorological seasons in a changing climate. *Climatic Change*. Springer. 137(3). 511–524. URL: [https://ideas.repec.org/a/spr/climat/v137y2016i3d10.1007\\_s10584-016-1704-3.html](https://ideas.repec.org/a/spr/climat/v137y2016i3d10.1007_s10584-016-1704-3.html).

10. Наукові основи адаптації систем землеробства до змін клімату в Південному Степу України : колект. моногр. за ред. чл.-кор. НААН Вожегової Р.А. Херсон : ОЛДІ–ПЛЮС, 2018. 752 с.

11. Bhatti M.T., Balkhair K.S., Masood A., Sarwar S. (2018). Optimized shifts in sowing times of field crops to the projected climate changes in an agro-climatic zone of Pakistan Exp. Agric. 54(2). P. 201–213.

12. Paymard P. I, Bannayan M. S Haghighi, R. S. (2018). Analysis of the climate change effect on wheat production systems and investigate the potential of management strategies. *Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards*. 91(3). 1237–1255. DOI: 10.1007/s11069–018–3180–8.

13. Green C. F., Furnston D. T., Ivins J. D. (1985). Time of sowing and the yield of winter barley *The Journal of Agricultural Science*. 104(2). 405–411. DOI: 10.1017/S0021859600044099.

14. Milan Mirosavljević, Vojislava Momčilović, Ivana Maksimović, Marina Putnik–Delić, Ljiljana Brbaklić, Novo Pržulj (2018). Effect of sowing date on dry matter accumulation in two–rowed winter barley. *Selekcija i semenarstvo*, XXIV (1). 1–8. DOI: 10.5937/SelSem1801001M.

15. Кривенко А.І. Агробіологічні основи технологій вирощування озимих зернових культур у Південному Степу України: монографія; наук. ред. д-р с.г. наук, проф., член-кор. НААН Вожегова Р. А., д-р с.-г. наук, проф. С.В. Коковихін. Вінниця : ТОВ «Нілан–ЛТД», 2018. 320 с.

16. Кисіль Л.Б., Заєць С.О. Вплив погодних умов та строків сівби на врожайність сортів ячменю озимого на зрошуваних землях південного Степу України. *Аграрні інновації*. 5 Видавничий дім «Гельветика» 2021 С. 47–51. DOI: 10.32848/agrar.snnov.2021.5.8.

#### REFERENCES:

1. Roslynnystvo Ukrainy (2020). Statystychnyi zbirnyk. [Statistical collection]. Kyiv: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy, 183. [in Ukrainian].
2. Kucherenko O. M., Khomenko L. O., Kovalyshyna H. M., Kochmarskyi V. S. (2013). Vplyv zminy klimatu na osoblyvosti morfolohichnoho analizu pry otsintsi stanu perezymivli pshenytsi miakoi ozymoi. *Selektsiia i nasynnytstvo*, [Influence of climate change on the peculiarities of morphological analysis in assessing the state of overwintering of soft winter wheat]. 103. 107–114. [in Ukrainian].
3. Reshetchenko S. I., Popovych N. V., Shulika B.O., Porvan A. P., Cherkashyna N. I. (2022) Otsinka ekolohichnosti ahroklimatychnykh resursiv na terytorii Ukrainy v umovakh zmin klimatu. [Assessment of environmental friendliness of agro-climatic resources on the territory of Ukraine in the conditions of climate change]. *journals.uran.ua/tarp/article/download/134890/144029*. [in Ukrainian].
4. Kovalenko O. A., Kovalenko A. M. (2019). Stroky sivy pshenytsi ozymoi u pivdennomu Stepu v umovakh zminy klimatu. [Terms of sowing of winter wheat in the



- southern steppe in the conditions of climate change]. Zbirnyk tez II Mizhnarodnoi naukovo–praktychnoi konferentsii «Klimatychni zminy ta silske gospodarstvo. Vyklyky dlia ahrarynoi nauky ta osvity», 10–12 kvitnia 2019 roku. DU NMTs «Ahrosvita», Kyiv – Mykolaiv – Kherson: 365–367. [in Ukrainian].
5. Dubovyi V. I. (2016). Sposoby otsinky morozozymosti ozymykh zernovykh kultur. [Methods for assessing frost and winter hardiness of winter cereals.]. Myronivskyi visnyk. 2. 69–86. [in Ukrainian].
6. Blyshchik D. V., Polovyi A. M., Feoktistov P. O. (2014). Blok dynamichnoi modeli formuvannya zymostiivosti roslynamy ozymoi pshenytsi na pivdni Ukrainy v zalezhnosti vid strokiv sivyby [Block of dynamic model of winter hardiness formation by winter wheat plants in the south of Ukraine depending on sowing dates]. Kultura narodov Prychernomorja. 273. 83–88. [in Ukrainian].
7. Pykalo S. V. Demydov O. A., Yurchenko T. V. (2021). Metody otsinky morozostiivosti selektsiinoho materialu pshenytsi. [Methods for assessing frost resistance of wheat breeding material.]. Ekologichni nauky. 2(35). 82–89. [in Ukrainian].
8. Diverse strategies coping with winter in barley and its relatives (June 25, 2019). American Society of Plant Biologists. Plant Physiology: News and Views, Research. URL: /by Yunqin Yu. <https://plantae.org/diverse-strategies-coping-with-winter-in-barley-and-its-relatives/>
9. Kutta E., Hubbart J. A. (2016). Reconsidering meteorological seasons in a changing climate. Climatic Change. Springer, 137 (3). 511–524. URL: [https://ideas.repec.org/a/spr/climat/v137y2016i3d10.1007\\_s10584-016-1704-3.html](https://ideas.repec.org/a/spr/climat/v137y2016i3d10.1007_s10584-016-1704-3.html)
10. Vozhehovoii R. A. (2018). Naukovi osnovy adaptatsii system zemlerobstva do zmin klimatu v Pivdennomu Stepu Ukrainy. [Scientific bases of adaptation of agricultural systems to climate change in the Southern Steppe of Ukraine]. kolekt. monohr. Kherson: Oldi–Plius. 752. [in Ukrainian].
11. Bhatti M. T., Balkhair K. S., Masood A., Sarwar S. (2018). Optimized shifts in sowing times of field crops to the projected climate changes in an agro–climatic zone of PakistanExp. Agric. 54. 201–213
12. Paymard P., Bannayan M. Haghghi R. S. (2018). Analysis of the climate change effect on wheat production systems and investigate the potential of management strategies. *Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards*. 91. 1237–1255. <https://doi.org/10.1007/s11069-018-3180-8>
13. Green C. F., Furnston D. T., Ivins J. D. (1985). Time of sowing and the yield of winter barley The Journal of Agricultural Science. 104 (2). 405–411. <https://doi.org/10.1017/S0021859600044099>
14. Milan Mirosavljević, Vojislava Momčilović, Ivana Maksimović, Marina Putnik–Delić, Ljiljana Brbaklić, Novo Pržulj (2018). Effect of sowing date on dry matter accumulation in two–rowed winter barley. *Selekcija i semenarstvo*, XXIV (1). 1–8. <https://doi.org/10.5937/SelSem1801001M>
15. Kryvenko A. I. (2018). Ahrobiolohichni osnovy tekhnolohii vyroshchuvannia ozymykh zernovykh kultur u Pivdennomu Stepu Ukrainy. [Agrobiological bases of technologies of cultivation of winter grain crops in the Southern Steppe of Ukraine]. monohrafiia; nauk. red. d–r s.–h. nauk, prof., chlenkor. NAAN Vozhehova R. A., d–r s.–h. nauk, prof. S. V. Kokovikhin. Vinnytsia: TOV «Nilan–LTD». 320. [in Ukrainian].
16. Kysil L. B., Zaiets S. O. (2021). Vplyv pohodnykh umov ta strokiv sivyby na vrozhainist sortiv yachmeniu ozymoho na zroshuvanykh zemliakh pivdennoho Stepu Ukrainy. [Influence of weather conditions and sowing dates on the yield of winter barley varieties on irrigated lands of the southern steppe of Ukraine]. Ahrami innovatsii Vydavnychi dim «Helvetyka». 5. 47–51. <https://doi.org/10.32848/agrar.snnov.2021.5.8> [in Ukrainian].