

DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-1-1

Оригінальна наукова стаття

УДК 633.11-152.75:631.527.85

ПЛАСТИЧНІСТЬ ТИПУ РОЗВИТКУ ОЗИМОГО ТРИТИКАЛЕ***О. В. Бондаренко**

Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН
пр-кт Юності, 16, м. Вінниця,
Україна, 21100

Про авторів:

Олександр БОНДАРЕНКО,
аспірант
ORCID: 0000-0001-5518-2639

Для листування:

Олександр БОНДАРЕНКО
e-mail: bs1985journal@gmail.com

Інформація про фінансування:

Національна академія аграрних наук України

Отримано:

13 вересня 2024 р.

Погоджено до друку:

23 вересня 2024 р.

Мінливість погодних умов під час осіннього періоду вегетації змушує науковців шукати нові методи для підвищення врожайності озимих зернових культур. Останніми роками під час оптимальних строків сівби озимих культур все частіше фіксуються посушливі умови, через що насіння закладається в сухий ґрунт або ж сівба переноситься на пізніші терміни. Це затримує розвиток рослин, і рослини часто входять у зиму в фазі сходів, що знижує їхню зимостійкість і робить весняне кушіння менш продуктивним. Одним із можливих рішень є використання альтернативних культур, таких як тритикале. У статті наведені результати досліджень типу розвитку 40 зразків озимого тритикале різного еколого-географічного походження. Визначено, що у 2021 р. більшість зразків розвивалися за озимим типом розвитку, 2022 та 2023 рр. – озимо-ярим. Виділено зразки, які при весняному посіві завершили вегетацію у фазу повної стиглості продовж трьох років досліджень (2021–2023 рр.) – НТН 1933, Remico, НТН 3476, Salto, Наварро, Dinaro, Хлебороб, Ярослава – характерний ярий тип розвитку. Визначено зразки, які розвивалися за озимим типом розвитку за роками досліджень – Ураган, Сибірський, Сирс 57.

Ключові слова: зразок, пластичність, тип розвитку, озимість, фази вегетації.

Стаття з відкритим доступом на умовах ліцензії Creative Commons.

* Науковий керівник – кандидат сільськогосподарських наук В. Д. Бугайов.

© Бондаренко О. В., 2024

Plasticity of the type of development of winter triticale

Institute of Feed and Agriculture of Podillia NAAS
16 Yunosti Ave, Vinnytsia, Ukraine,
21100

About authors:

Oleksandr BONDARENKO
ORCID: 0000-0001-5518-2639

For corresponding:

Oleksandr BONDARENKO
e-mail: bs1985journal@gmail.com

Funding information:

National Academy of Agrarian
Sciences of Ukraine

Received:

September 13, 2024

Accepted:

September 23, 2024

Variability of weather conditions during the autumn growing season forces scientists to look for new methods to increase the yield of winter crops. In recent years, the optimal time for sowing winter crops has been increasingly affected by dry conditions, which causes seeds to be sown in dry soil or postponed to later dates. This delays plant development, and winter crops often enter winter in the germination phase, which reduces their winter hardiness and makes spring tillering less productive. One possible solution is to use alternative crops such as triticale. The article presents the results of studies of the type of development of 40 samples of winter triticale of different ecological and geographical origin. It was determined that in 2021 most of the samples developed by the winter type of development, in 2022 and 2023 – by the winter-spring type of development. The samples that completed the vegetation in the phase of full ripeness during the three years of research (2021–2023) were identified NTH 1933, Remico, NTH 3476, Salto, Navarro, Dinaro, Khleborob, Yaroslava – typical spring type of development. The samples that developed according to the winter type of development by the years of research were identified – Urahan, Sybirskyi, Syrs 57.

Keywords: sample, plasticity, type of development, wintering, vegetation phases.

This is an open-access article under the terms of the Creative Commons.

Вступ. Тритикале (*x Triticosecale Wittmack*) – це міжродовий гібрид пшениці (*Triticum spp.*) та жита (*Secale spp.*) [8, 14]. Висока продуктивність зерна та зеленої маси, стабільний адаптивний потенціал, можливість виробництва високоякісних кормів за амінокислотним і фракційним білковим складом забезпечити зростання інтересу до культури [12, 14]. За останні 10 років виробництво зерна тритикале зросло у всьому світі, переважно в Польщі, Німеччині, Франції [17].

В останні роки відбувалося підвищення середньорічної температури на 1,5–2,0 °С, посилилась континентальність клімату. Це збільшило тривалість осіннього періоду, подовжило осінню вегетацію озимих культур [20]. На відміну від ярих, озимі потребують періодів низьких температур для переходу від вегетативної до репродуктивної фази, що називається яровизацією. Температура та тривалість є двома основними факторами навколишнього середовища, які впливають на швидкість розвитку озимих культур [18]. За таких умов все більшої актуальності набирає створення сортів, придатних до

пізньоосіннього висіву та посів у «лютневі вікна» (відлиги в лютому – на початку березня) [20].

Вирощування нових сортів із покращеною врожайністю, якістю та стійкістю до біотичних і абіотичних стресів є основою для рослинництва [18]. Адаптивність нових сортів зернових культур, зокрема тритикале, до мінливих погодних умов є одним з основних чинників, які забезпечують високий врожай [5].

Біологічною особливістю дворучок є те, що восени вони пізніше закінчують вегетацію порівняно озимими сортами, а навесні раніше її відновлюють. У них сильна реакція на довжину дня, і поки день короткий (менше ніж 12 год), вони накопичують біомасу, але не переростають, навіть за високих температур [15]. Вони також менш вибагливі до попередників, строків сівби, різких коливань гідротермічних умов впродовж вегетації. Використання сортів-дворучок як страхової культури на випадок пересіву площ уможливорює, не змінюючи структури

посівних площ, вийти на оптимальний рівень урожайності зернових культур [1].

Факультативні культури пізньої осінньої сівби мають багато переваг, оскільки їх розвиток може відбуватися за озимим або ярим типом, залежно від умов навколишнього середовища. Насіння тритикале може проростати при температурі 1–3 °С. Проросле насіння залишається життєздатним при низькій температурі, і його яровизація відбувається безперервно. При цьому збільшується маса кореневої системи та накопичуються розчинні вуглеводи. Урожайність зерна та біомаси факультативного тритикале менше залежить від строків сівби, ніж в озимих сортів [11].

Мета дослідження – визначити типи розвитку колекційних зразків озимого тритикале та виділити зразки зі стабільним проявом ознаки впродовж трьох років дослідження.

Матеріали і методи. Дослідження проведено на дослідних полях Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН. Посіви озимого тритикале розміщували в семипільній селекційній сівозміні, попередник – гірчиця біла. Технологія вирощування загальноприйнята для зони Лісостепу.

Як вихідний матеріал для вивчення використано 40 колекційних зразків

озимого тритикале різного еколого-географічного походження, одержаного з колекції Національного центру генетичних ресурсів рослин України. Посів проводили ранньою весною (перша-друга декада березня) вручну рядковим способом з обліковою площею 2 м² з шириною міжрядь 45 см. Розподіл колекційних зразків на фенотипові класи проводили в кінці вегетації. Під час обліку за типом розвитку ярими вважали всі рослини, що на час закінчення вегетації весняного посіву виколосились, озимими – які встигли лише розкущитись. На час збирання рослин які перебували у фазах: молочно-воскової стиглості, цвітіння, виходу в трубку та кушення з поступовими переходами між цими групами рослин можна віднести до озимо-ярих або яро-озимих. Рослини, які у період збору перебували у фазі кушення, виходу у трубку або пізно виколосились, не давали потомства.

У роки проведення досліджень (2021–2023 рр.) склалися контрастні за гідротермічним режимом умови, здебільшого задовільні й добрі для росту та розвитку рослин тритикале. Визначено, що перехід зразків озимого тритикале до фази колосіння або виходу в трубку за весняної сівби, значною мірою залежав від умов вегетації (рис. 1, 2).

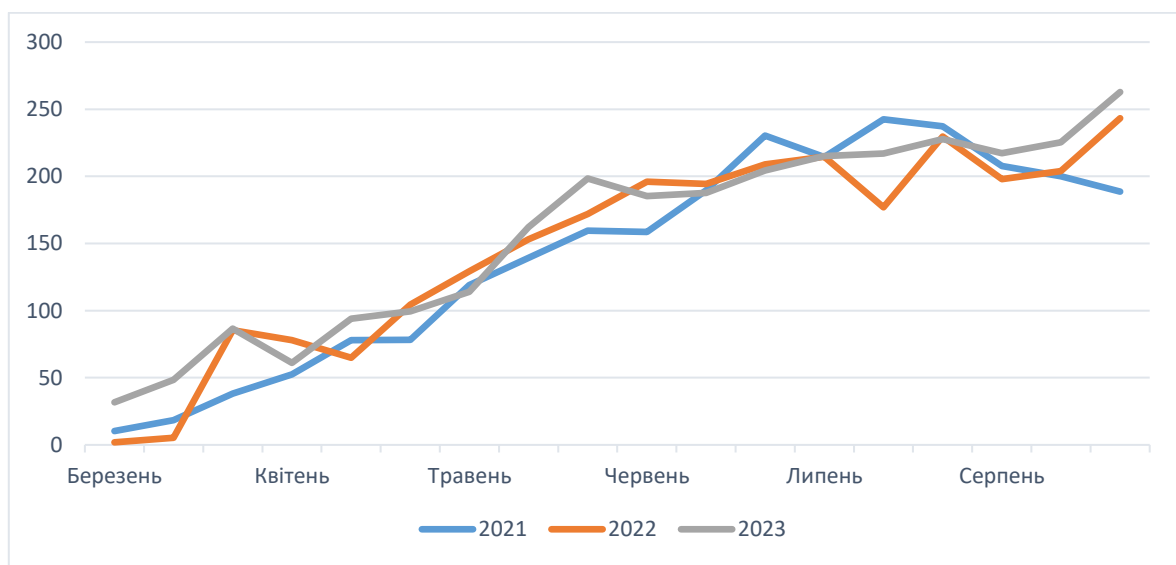


Рисунок 1. Сума ефективних температур вегетаційного періоду зразків озимого тритикале весняного посіву (2021–2023 рр.)

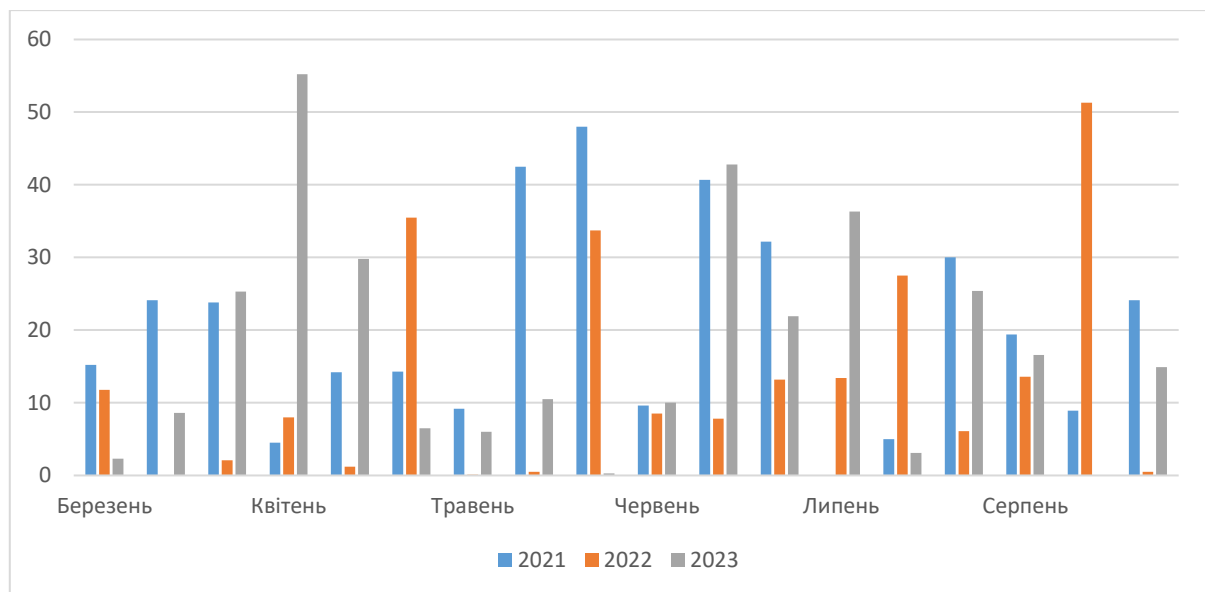


Рисунок 2. Сума опадів за вегетаційний період зразків озимого тритикале весняного посіву (2021–2023 рр.)

При проведенні досліджень відмічали дати настання фенологічних фаз, відповідно початок фази визначався наявністю відповідних ознак у 10 % рослин, повна фаза – 75 % рослин. Структуру врожаю визначали за методикою Держсортотипування [5]. Збирання врожаю зерна проводили за повної стиглості.

Результати та обговорення. У 2021 р. більшість зразків озимого тритикале при весняному посіві (55 %) розвивалися за озимим типом, ярий тип розвитку виявлений у 27,5 %, озимо-ярий – 15 %, яро-озимий – 2,5 % зразків. Скоростиглі зразки тритикале озимого виявляли більшу здатність до колосіння за весняної сівби, а пізньостиглі меншу. Проміжний тип розвитку (озимо-ярий) переважав у 2022 р. – виявлено в 47,5 % зразків, озимий – 12,5 %, ярий – 22,5 % та яро-озимий – 17,5 %. У 2023 р. 27,5 % зразків визначено озимий та ярий тип, 35 % –

озимо-ярий та 10 % – яро-озимий (табл. 1, 2).

При весняному посіві 2021 р., коли склалися відносно несприятливі умови через низькі температури впродовж першої половини вегетації рослин та нерівномірний розподіл опадів більшість зразків озимого тритикале завершили вегетацію у фазі куцнення та виходу в трубку. Одинадцять зразків завершили вегетацію у фазу повної стиглості – NTH 1933, Никанор, Remico, NTH 3476, Salto, Наварро, Динаро, Хлебороб, Alico, Ярослава, Тит – характерний ярий тип розвитку. Озимо-ярий тип визначено в шести зразків (Хлібодар зимучий, Maestro, Бета, Торнадо, Скиф, Десятинне) – у період збирання рослини знаходилися у фазі повної, молочно-воскової стиглості, цвітіння, поодинокі – виходу в трубку. Визначено лише один зразок (Парус) з яро-озимим типом розвитку.

1. Основні типи розвитку колекційних зразків озимого тритикале (2021–2023 рр.)

Озимий			Ярий		
2021 р.	2022 р.	2023 р.	2021 р.	2022 р.	2023 р.
1	2	3	4	5	6
Стратег	Сирс 57	Сибирский	NTH 1933	Хлебороб	Тит
Святозар	Сибірський	Амос	Никанор	NTH 1933	NTH 3476
Маркіян	Ураган	Маркіян	Remico	Наварро	Remico

1	2	3	4	5	6
Нина	Цекад 90	Цекад 22	NTH 3476	Remico	Alico
Ураган	Богодарське	Сирс 57	Salto	NTH 3476	Наварро
Цекад 22		Богодарське	Наварро	Тит	Никанор
Амос		Святозар	Dinaro	Ярослава	NTH 1933
Обрій Миронівський		Нина	Хлебороб	Salto	Хлебороб
Гермес		Ураган	Alico	Dinaro	Salto
Сергий		Гермес	Ярослава		Dinaro
Союз		Союз	Тит		Ярослава
Маяк					
АД 256					
Букет					
Кастусь					
Божич					
Цекад 90					
Павлодарський					
Сибірський					
Сирс 57					
Богодарське					
Бард					

У 2022 р. в першу половину вегетації (березень, квітень, частково травень) спостерігали нестачу опадів і підвищені температури, що привело до уповільнення ростових процесів рослин, в другу половину – підвищені температури та рясні опади сприяли інтенсивному росту рослин. Для більшості зразків визначений озимоярий тип розвитку, на період завершення вегетації рослини знаходилися у різних фазах від кушення до колосіння. Лише для п'яти зразків (Сирс 57, Сибірський, Ураган, Цекад 90, Богодарське) визначений озимий тип розвитку – у період збору рослини знаходилися у фазі кушення, виходу в трубку. Дев'ять зразків (Хлебороб, NTH 1933, Наварро, Remico, NTH 3476, Тит, Ярослава, Salto, Dinaro), які виколосилися і дали урожай віднесені до ярого типу. Проміжний яро-озимий тип визначено в семи зразків – Божич, Хлібодар зимуючий, Никанор, Alico, Maestro, Кастусь та Десятинне.

Підвищені температури та незначна кількість опадів на початку вегетації тритикале у 2023 р. привели до сповільнення ростових процесів.

Найпоширенішим типом розвитку визначено озимо-ярий, рослини на час збирання знаходилися у фазі кушення, виходу в трубку, окремі зразки виколосилися і досягли повної стиглості. Озимий тип визначений у 11 зразків (Сибірський, Амос, Маркіян, Цекад 22, Сирс 57, Богодарське, Святозар, Нина, Ураган, Гермес, Союз), завершили вегетацію у фазі колосіння та виходу в трубку. Одинадцять зразків (Тит, NTH 3476, Remico, Alico, Наварро, Никанор, NTH 1933, Хлебороб, Salto, Dinaro, Ярослава) завершили вегетацію у фазі повної стиглості. Чотири сорти (Хлібодар зимуючий, Божич, Парус, Бета) визначено яро-озимий тип, на час збирання рослини перебували у фазі стиглості (молочної, воскової, повної), окремі з них – виходу в трубку.

Формування продуктивності пізніх посівів тритикале-дворучки менше залежить від умов осінньої вегетації, а більше – від часу відновлення весняної вегетації та температурного режиму в цей період [23]. Особливістю розвитку рослин дворучок є стрімкий та інтенсивний ріст у

весняний період з одночасним формуванням великої кількості пагонів, що в майбутньому дає рослинам змогу використати накопичену суху речовину для формування зерна [19].

Поєднання у сучасних сортів-дворучок високої продуктивності зі стійкістю до абіотичних факторів потребує широкого діапазону досліджень їх онтогенезу (за весняної та осінньої сівби). Коливання погодних умов певного року істотно впливає на проходження органогенезу всіх без винятку озимих

культур. Для сортів із тривалим періодом яровизації ключовим моментом за будь-яких строків сівби є перехід у фазу виходу у трубку (ВВСН 31) до настання критичного щодо вологозабезпеченості періоду. Ця вимога накладає певні обмеження на строки сівби, насамперед весняні [22].

Проведено структурний аналіз восьми зразків рослин озимого тритикале при весняному посіві, які завершили вегетацію у фазі повної стиглості. Результати обрахунків відображені у таблиці 2.

2. Елементи структури врожаю зразків озимого тритикале ярого типу розвитку (середнє, 2021–2023 рр.)

Зразок	Продуктивна куцистість, шт.	Висота рослин, см	Вага зерен із колосу, г	Вага зерен із рослини, г	Маса 1000 зерен, г	Урожайність, кг/м ²
NTH 1933	2,2	165	0,9	2,0	41,2	0,48
Remico	3,4	86	1,9	3,2	45,1	0,60
NTH 3476	2,1	171	1,2	2,1	41,6	0,40
Salto	3,1	111	1,4	2,3	51,5	0,59
Наварро	3,3	114	2,0	3,8	50,3	0,55
Dinaro	2,8	90	1,2	2,2	48,7	0,49
Хлебороб	2,4	166	1,1	2,5	41,7	0,50
Ярослава	3,5	103	1,9	3,8	48,2	0,67
СМР	2,9	125,8	1,5	2,7	46,0	0,50
НР ₀₅	0,15	6,44	0,07	0,14	2,37	0,03

Продуктивна куцистість – це один з головних елементів, що визначає зернову продуктивність рослин і значно залежить як від генетичних особливостей сорту, так і від умов вирощування [4]. Продуктивна куцистість зразків озимого тритикале за роки досліджень (2021–2023 рр.) у середньому становила 2,9 шт. стебел на рослину із варіюванням показників від 2,1 до 3,5 шт. Середній міжпопуляційний рівень (СМР) перевищили чотири зразки – Remico, Salto, Наварро та Ярослава.

Висота рослин озимого тритикале залежала не тільки від погодних умов років досліджень, але й від генетичних особливостей сорту. Визначено, що означений показник сильно варіював, як за роками досліджень, так і за генотипом, в середньому коливався від 86 см до 171 см, СМР – 125,8 см.

Вага зерен із колосу та рослини є основними елементами структури продуктивності, які головним чином визначають репродуктивний потенціал сорту. На формування цих ознак значно впливають умови навколишнього середовища у періоди закладання, диференціювання колосу, цвітіння та формування насіння, тому значення цих показників можуть варіювати у широких межах [21]. Вага зерен із колосу в середньому за три роки коливалась від 0,9 до 1,9 г, СМР – 1,5 г. Вага зерен із рослини досліджуваних зразків знаходилася в межах від 2,0 г до 3,8 г, СМР – 2,6 г. Виділено лише три зразки, які перевищили СМР за означеними показниками – Remico, Наварро та Ярослава.

Маса 1000 зерен – один з основних кількісних показників, що характеризує не лише врожайність, але й технологічні й фізичні показники якості зерна [7]. Зразки зерна з більшою масою 1000 зерен мають вищий вихід кондиційного насіння, що, своєю чергою, впливає на продуктивність насінневих посівів [3, 18]. Встановлено, що даний показник формується не лише залежно від сортових особливостей, але також під впливом екологічних умов вирощування й агротехнічних заходів [2]. За результатами проведених розрахунків маса 1000 зерен досліджених зразків в середньому коливалася від 41,2 г до 51,5 г, СМР – 46,2 г. Визначено чотири зразки, які перевищили середнє значення – Salto, Наварро, Dinaro та Ярослава.

Урожайність зерна – кількісна ознака, що є сумарним кінцевим результатом сполучення низки її елементів структури [15, 7]. Визначено, що врожайність зерна зразків озимого тритикале коливалася від 0,40 до 0,67 кг/м². Виділено зразки, які перевищили СМР – Remico, Salto, Наварро та Ярослава. Встановлено, що при весняному посіві даних зразків озимого тритикале можна отримати урожай на рівні озимих посівів.

Висновки. Визначено різну реакцію досліджуваних зразків озимого тритикале

при весняному посіві та виділено зразки (дворучки), які завершують вегетацію у фазі повної стиглості. Встановлено, що у 2021 р. більшість зразків (55 %) розвивалися за озимим типом, ярий тип розвитку виявлений у 27,5 %, озимо-ярий – 15 %, яро-озимий – 2,5 % зразків; 2022 р. – озимо-ярий – 47,5 %, озимий – 12,5 %, ярий – 22,5 % та яро-озимий – 17,5 %; 2023 р. – озимий та ярий тип – 27,5 %, озимо-ярий – 35 % та яро-озимий – 10 %.

Виділено зразки, які завершили вегетацію у фазу повної стиглості: 2021 р. – НТН 1933, Никанор, Remico, НТН 3476, Salto, Наварро, Dinaro, Хлебороб, Alico, Ярослава; 2022 р. – Хлебороб, НТН 1933, Наварро, Remico, НТН 3476, Тит, Ярослава, Salto, Dinaro; 2023 р. – Тит, НТН 3476, Remico, Alico, Наварро, Никанор, НТН 1933, Хлебороб, Salto, Dinaro, Ярослава – характерний ярий тип розвитку. Визначено зразки, які за три роки досліджень завершували вегетацію у фазу повної стиглості – НТН 1933, Remico, НТН 3476, Salto, Наварро, Dinaro, Хлебороб, Ярослава. При структурному аналізі даних зразків, виділено найбільш продуктивні, які перевищили СМР за урожайністю зерна – Remico, Salto, Наварро та Ярослава, які можуть слугувати вихідним матеріалом для створення сортів дворучок.

Список використаної літератури

1. Андрійченко Л. В., Лавришина О. Є. Сорти-дворучки ячменю озимого для вирощування в умовах півдня Миколаївської області. *Зернові культури*. Том 3. № 2. С. 286–292. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0088>.
2. Вплив агроекологічних чинників і сортових особливостей на врожайність та якість зерна пшениці м'якої озимої / Б. В. Близнюк та ін. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 1. С. 62–73. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2019.163258>.
3. Коломієць Л. А., Кириленко В. В., Маринка С. М. Формування показників адаптивності (урожайності, маси 1000 зерен та природи зерна) ліній пшениці озимої залежно від гідротермічних умов у зоні Лісостепу України. *Селекція і насінництво*. 2012. Вип. 102. С. 22–29. DOI: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2012.59814>.
4. Левченко О. С., Стариченко В. М. Особливості формування і прояву ознак зернової продуктивності у тритикале озимого. *Зернові*

References

1. Andriichenko L. V., Lavryshyna O. Ye. Winter barley two-handed varieties for cultivation in the south of Mykolaiv region. *Zernovi kultury*. Volume 3. No. 2. P. 286–292. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0088>.
2. Influence of agroecological factors and varietal characteristics on the yield and quality of winter soft wheat grain / B. V. Blyzniuk et al. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2019. No. 1. P. 62–73. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2019.163258>.
3. Kolomiets L. A., Kyrylenko V. V., Marynka S. M. Formation of adaptability indices (yield, weight of 1000 grains and grain nature) of winter wheat lines depending on hydrothermal conditions in the Forest-Steppe zone of Ukraine. *Seleksiia i nasimnytstvo*. 2012. Issue 102. P. 22–29. DOI: <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2012.59814>.
4. Levchenko O. S., Starychenko V. M. Features of formation and manifestation of grain productivity traits in winter triticale. *Zernovi kultury*. Volume 4. No. 1. 2020. P. 20–27. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0102>.

культури. Том 4. № 1. 2020. С. 20–27. <https://doi.org/10.31867/2523-4544/0102>.

5. Мазуренко, Б. О., Новицька, Н. В. Накопичення абсолютно сухої речовини та чиста продуктивність фотосинтезу посівів тритикале за пізніх осінніх строків сівби та підживлень азотом. *Таврійський науковий вісник*. 2020. 111. С. 105–111. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.14>.

6. Методика державного сорто випробування сільськогосподарських культур / під ред. В. В. Волкодава. Київ, 2000, Вип. 1. 100 с.

7. A study of factors influencing the water absorption capacity of Canadian hard red winter wheat / H. Sapirstein et al. *Journal of Cereal Science*. 2018. Vol. 81. P. 52–59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.01.012>.

8. Compensatory Effect of the ScGrf3-2R Gene in Semi-Dwarf Spring Triticale (*x Triticosecale Wittmack*) / A. G. Chernook et al. *Plants*. 2022. 11 (22). 3032. <https://doi.org/10.3390/plants11223032>.

9. Genetic architecture underpinning yield component traits in wheat / S. Cao et al. *Theoretical and Applied Genetics*. 2020. Vol. 133. P. 1811–1823. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03562-8>.

10. Genome-wide association study for in vitro digestibility and related traits in triticale forage / A. De Zutter et al. *BMC Plant Biology*. 2024. 24 (1). <https://doi.org/10.1186/s12870-024-04927-7>.

11. Grain yield response of facultative and winter triticale for late autumn sowing in different weather conditions / B. Mazurenko et al. *Agronomy Research*. 2020. 18 (1). 183–193. <https://doi.org/10.15159/AR.20.008>.

12. Grebennikova, I., Stepochkin, P. Optimization of the breeding process of lodgingresistant varieties of spring triticale. VIII International Conference on Advanced Agritechnologies, *Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-VIII 2023)*. 2023. Vol. 390. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339003008>.

13. Identification of a candidate gene for a QTL for spikelet number per spike on wheat chromosome arm 7AL by high-resolution genetic mapping / S. Kuzay et al. *Theoretical and Applied Genetics*. 2019. Vol. 132. Issue 9. P. 2689–2705. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03382-56>.

14. Janczak-Pieniasek, M. The Influence of Cropping Systems on Photosynthesis, Yield, and Grain Quality of Selected Winter Triticale Cultivars. *Sustainability*. 2023. 15, 11075. 1–8. <https://doi.org/10.3390/su151411075>.

15. Linchevs'kyj, A. & Legkun, I. A new attitude to barley culture and selection in the conditions of climate change. *Visnyk agrarnoi nauky*. 2020. 98 (9), 34–42. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202009-05>.

16. Okon E., Etta H. E. and Zuba V. Variation of grain weight – ear –1 and -plant –1 and 1000-grain weight traits of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties under the effect of different treatments.

5. Mazurenko, B. O., Novytska, N. V. Total dry matter accumulation and net photosynthetic productivity of triticale crops during late autumn sowing and nitrogen fertilization. *Tavriyskiy naukoviy visnyk*. 2020. 111. P. 105–111. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.111.14>.

6. Methodology of state variety testing of agricultural crops / ed. V. V. Volkodava. Kyiv, 2000, Issue 1. 100 p.

7. A study of factors influencing the water absorption capacity of Canadian hard red winter wheat / H. Sapirstein et al. *Journal of Cereal Science*. 2018. Vol. 81. P. 52–59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.01.012>.

8. Compensatory Effect of the ScGrf3-2R Gene in Semi-Dwarf Spring Triticale (*x Triticosecale Wittmack*) / A. G. Chernook et al. *Plants*. 2022. 11 (22). 3032. <https://doi.org/10.3390/plants11223032>.

9. Genetic architecture underpinning yield component traits in wheat / S. Cao et al. *Theoretical and Applied Genetics*. 2020. Vol. 133. P. 1811–1823. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03562-8>.

10. Genome-wide association study for in vitro digestibility and related traits in triticale forage / A. De Zutter et al. *BMC Plant Biology*. 2024. 24 (1). <https://doi.org/10.1186/s12870-024-04927-7>.

11. Grain yield response of facultative and winter triticale for late autumn sowing in different weather conditions / B. Mazurenko et al. *Agronomy Research*. 2020. 18 (1). 183–193. <https://doi.org/10.15159/AR.20.008>.

12. Grebennikova, I., Stepochkin, P. Optimization of the breeding process of lodgingresistant varieties of spring triticale. VIII International Conference on Advanced Agritechnologies, *Environmental Engineering and Sustainable Development (AGRITECH-VIII 2023)*. 2023. Vol. 390. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339003008>.

13. Identification of a candidate gene for a QTL for spikelet number per spike on wheat chromosome arm 7AL by high-resolution genetic mapping / S. Kuzay et al. *Theoretical and Applied Genetics*. 2019. Vol. 132. Issue 9. P. 2689–2705. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03382-56>.

14. Janczak-Pieniasek, M. The Influence of Cropping Systems on Photosynthesis, Yield, and Grain Quality of Selected Winter Triticale Cultivars. *Sustainability*. 2023. 15, 11075. 1–8. <https://doi.org/10.3390/su151411075>.

15. Linchevs'kyj, A. & Legkun, I. A new attitude to barley culture and selection in the conditions of climate change. *Visnyk agrarnoi nauky*. 2020. 98 (9), 34–42. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202009-05>.

16. Okon E., Etta H. E. and Zuba V. Variation of grain weight – ear –1 and -plant –1 and 1000-grain weight traits of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties under the effect of different treatments. *European Journal of Pharmaceutical and Medical Research*. 2016. Vol. 3 (4). P. 24–29.

European Journal of Pharmaceutical and Medical Research. 2016. Vol. 3 (4). P. 24–29.

17. Review on nutritional benefits of triticale / S. Kamanova et al. 2023. *Czech J. Food Sci. Czech J. Food Sci.* 2023, 41 (4). P. 248–262. DOI: 10.17221/67/2023-CJFS.

18. Shortening generation times for winter cereals by vernalizing seedlings from young embryos at 10 degree Celsius / Z. Zheng et al. *Plant Breeding*. 2023. 242 (2). 202–210. <https://doi.org/10.1111/pbr.13074>.

19. The effects of forage removal on biomass and grain yield of intermediate and spring triticales / F. Giunta et al. *Field Crops Research*. 2017. Vol. 200. P. 47–57. doi:10.1016/j.fcr.2016.10.002.

20. Triticale for late autumn sowing / S. V. Chernobai et al. *Feeds and Feed Production*. 2019. No. 88. P. 44–49. <http://dx.doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo201988-06>.

21. Tromsyuk, V. D., Bugayov, V. D. The level of heterosis and the degree of phenotypic dominance of the main traits of productivity in the f1 winter tritical. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*. 2021. 43 (1), 49–54. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2021.1.7>.

22. Vernalization in wheat I. A model-based on the interchangeability of plant-age and vernalization duration / S. Y. Wang et al. *Field Crops Research*. 1995. Vol. 41, Issue 2. P. 91–100. doi: 10.1016/0378-4290(95)00006-c.

23. Yan W., Wallace D. H., Ross J. A model of photoperiod × temperature interaction effects on plant development. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 1996. Vol. 15, Issue 1. P. 63–96. Doi: 10.1080/07352689609701936.

17. Review on nutritional benefits of triticale / S. Kamanova et al. 2023. *Czech J. Food Sci. Czech J. Food Sci.* 2023, 41 (4). P. 248–262. DOI: 10.17221/67/2023-CJFS.

18. Shortening generation times for winter cereals by vernalizing seedlings from young embryos at 10 degree Celsius / Z. Zheng et al. *Plant Breeding*. 2023. 242 (2). 202–210. <https://doi.org/10.1111/pbr.13074>.

19. The effects of forage removal on biomass and grain yield of intermediate and spring triticales / F. Giunta et al. *Field Crops Research*. 2017. Vol. 200. P. 47–57. doi:10.1016/j.fcr.2016.10.002.

20. Triticale for late autumn sowing / S. V. Chernobai et al. *Feeds and Feed Production*. 2019. No. 88. P. 44–49. <http://dx.doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo201988-06>.

21. Tromsyuk, V. D., Bugayov, V. D. The level of heterosis and the degree of phenotypic dominance of the main traits of productivity in the f1 winter tritical. *Bulletin of Sumy National Agrarian University. The Series: Agronomy and Biology*. 2021. 43 (1), 49–54. <https://doi.org/10.32845/agrobio.2021.1.7>.

22. Vernalization in wheat I. A model-based on the interchangeability of plant-age and vernalization duration / S. Y. Wang et al. *Field Crops Research*. 1995. Vol. 41, Issue 2. P. 91–100. doi: 10.1016/0378-4290(95)00006-c.

23. Yan W., Wallace D. H., Ross J. A model of photoperiod × temperature interaction effects on plant development. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 1996. Vol. 15, Issue 1. P. 63–96. Doi: 10.1080/07352689609701936.