



УДК 633.16:631.527

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ СЕЛЕКЦІЇ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В УМОВАХ ПІДВИЩЕНОЇ КИСЛОТНОСТІ ҐРУНТІВ

О.Б. Маренюк О. В. Корнійчук, В.О.Дорощук

DOI: 10.31073/kormovyrobnytstvo202089-03

Мета. Одним з основних факторів, що стримує підвищення урожайності ячменю ярого, є підвищена кислотність ґрунтів у зоні Лісостепу та Полісся України. Алюміній – основний токсичний чинник на кислих ґрунтах. Тому одним із шляхів підвищення урожайності ячменю є створення алюмостійких сортів даної культури. Дані дослідження спрямовано на одержання, висвітлення результатів роботи та визначення перспектив селекції зі створення сортів ячменю ярого, толерантних до впливу едафічного стресу підвищеної кислотності ґрунту. **Методи.** Польові (проведення фенологічних спостережень та обліків), лабораторні (встановлення алюмостійкості колекційних сортозразків), біометричний та вимірювально-ваговий (для обліку продуктивності та врожайності), математичні та статистичні (об'єктивна оцінка отриманих експериментальних даних). **Результати.** Дослідження з оцінки та створення перспективного селекційного матеріалу та сортів, адаптованих до підвищеної кислотності ґрунту, проводили на дослідних полях селекційної сівозміни Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН (2013-2019 рр.). За результатами досліджень, проведених у лабораторних умовах, встановлено потенційну алюмостійкість 73 сортозразків ячменю ярого, а також показано результати перевірки отриманих даних в польових умовах на фоні природньої підвищеної кислотності ґрунту. Отримані результати досліджень дали змогу виокремити зразки, які є потенційними донорами ознаки толерантності до токсичного впливу іонів Al^{3+} та підвищеної кислотності ґрунту. Створено перспективний селекційний матеріал ячменю ярого, толерантного до впливу едафічного стресу підвищеної кислотності ґрунту, який ефективно застосовується при створенні нових сортів ячменю ярого. **Висновки.** Проведена оцінка урожайності досліджуваних зразків, які виділено за результатами лабораторної оцінки потенційної алюмостійкості, у польових умовах на природному фоні з підвищеною кислотністю ґрунту (рН 4,3-4,8) підтвердила ефективність використання даного способу в селекційному процесі зі створення сортів, толерантних до умов вирощування на ґрунтах з підвищеною кислотністю.

Ключові слова: ячмінь ярий, алюмостійкість, кислотність ґрунту, едафічний стрес, урожайність.

Маренюк Олександр Борисович, кандидат с.-г. наук, завідувач лабораторії селекції зернових та олійних культур, Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН, м. Вінниця, пр-т Юності, 16, Україна, 21000, e-mail: masa999@i.ua

ORCID iD <https://orcid.org/0000-0002-8981-9244>

Корнійчук Олександр Васильович, кандидат с.-г. наук, с.н.с., директор Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН, пр-кт Юності, 16, м. Вінниця, Україна, 21100 e-mail: o.kornychuk@ukr.net, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-2796-6713>

Дорощук Василь Олексійович молодший науковий співробітник відділу селекції зернових та олійних культур, Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН, м. Вінниця, пр-т Юності, 16, Україна, 21000, e-mail: masa999@i.ua

Вступ. Постановка проблеми. Для України ячмінь залишається однією з ключових культур зернового клину, яка має велику питому вагу в зерновому балансі країни. На превеликий жаль, останнім часом, на відміну від загальносвітових тенденцій зростання виробництва ячменю, інтерес вітчизняних агроформувань до його вирощування знизився: спостерігається



стійка динаміка до скорочення посівних площ під ячменем на користь більш урожайній кукурудзі та більш рентабельним – соняшнику, сої та ріпаку.

Характерною особливістю вирощування ячменю в Україні є низький рівень урожайності та варіювання виробництва даної культури за роками. Даний факт зумовлений як суб'єктивними (порушення технології вирощування), так і об'єктивними (глобальні кліматичні зміни) причинами. Маючи в своєму розпорядженні сорти озимого та ярого ячменю з потенціалом урожайності зерна 8,0-9,0 т/га і більше, аграрії в середньому по країні збирають до 3,5 т/га.

Одним з факторів, що стримує підвищення рівня урожайності ячменю, є підвищена кислотність ґрунту. Спостерігається стійка динаміка до збільшення площ підкислених ґрунтів. Тому такий стан сільськогосподарських земель зумовлює необхідність розвитку селекційних технологій з едафічної селекції та створення сортів ячменю, здатних давати пристойний урожай в умовах підвищеної кислотності ґрунту. Слід зазначити, що дослідження в даному напрямку широко розповсюджені в світовій селекційній практиці, адже відомо, що підкислення ґрунтів – проблема не лише України, а й більшості країн світу [1-5].

Основним токсичним фактором на кислих ґрунтах виступає алюміній [6]. Підвищена активація алюмінію в ґрунті найбільше проявляється за сильно- і середньокислої реакції ґрунту (рН 4,0-5,0), тобто з підвищенням обмінної кислотності пропорційно зростає вміст рухомого алюмінію в ґрунті [7].

Токсичність алюмінію вважається найбільш важливим фактором, що обмежує ріст коренів рослин на кислих ґрунтах. Первинна реакція на алюмінієвий стрес проходить саме в коренях [8, 9]. Коріння під впливом Al^{3+} стає коротким та ламким. Верхівки коренів і бокові корінці потовщуються та набувають коричневого кольору. Коренева система деформується, як наслідок, відбувається неефективне поглинання води та поживних речовин [10].

Мета і завдання досліджень – оцінка та створення перспективного селекційного матеріалу та сортів, адаптованих до умов підвищеної кислотності ґрунту.

Матеріали і методи досліджень. Дослідження з оцінки та створення перспективного селекційного матеріалу та сортів, адаптованих до підвищеної кислотності ґрунту, проводили на дослідних полях селекційної сівозміни Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН (2013-2019 рр.). Ґрунти – сірі лісові, з показником рН_{сол.} від 4,3 (сильно кислі) до 5,9 (близькі до нейтрального ґрунту) та гідролітичною кислотністю 3,4-4,4 мг-екв. на 100 г ґрунту. Така строкатість ґрунтів дала змогу виділити природний специфічний селективний фон з рН 4,3-4,8 для подальших досліджень.

Матеріалом для досліджень слугувала колекція ячменю ярого в кількості 73 сортозразків різного еколого-географічного походження із колекційних фондів Національного центру генетичних ресурсів рослин України та



Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН та інший селекційний матеріал.

Доведено, що чутливість до кислих ґрунтів зернових культур дуже висока на початкових етапах [6, 11, 12]. Тому більшість методів сортової діагностики розроблено в основному для проростків. Оцінка вихідного матеріалу у селекції на алюмостійкість потребує сучасних і ефективних методів оцінки рослин. Серед них лабораторний є більш швидким, точним і менш затратним у порівнянні з вегетаційним і польовим [13].

Оцінку алюмостійкості проводили в лабораторних умовах на ранніх етапах розвитку рослин з використанням кореневого тесту [14]. Для визначення стійкості сортозразків ячменю ярого до іонів алюмінію використовували в якості контролю дистильовану воду (рН 6,0) та водний розчин хлористого алюмінію ($AlCl_3$) у концентрації 1,5 мМ Al (рН 4,3). У семиденних проростків вимірювали довжину найбільшого кореня і оцінювали рівень алюмостійкості за допомогою індексу довжини кореня (ІДК). ІДК – це відношення середньої довжини кореня в досліді до контролю. Повторність – 3-разова. Згідно праці Novacode і співавторів [15], за рівнем алюмостійкості сортозразки були умовно розподілені на наступні групи: стійкі (ІДК >65%); помірно стійкі (ІДК – 50-65%); помірно чутливі (ІДК – 40-49%); нестійкі (ІДК <40%).

Дане лабораторне дослідження дало змогу виявити потенційну стійкість сортозразків до іонів алюмінію за відношенням середньої довжини корінця при високій і низькій концентрації стресового фактору (індекс довжини кореня) з подальшою перевіркою отриманих результатів у природному специфічному фоні з рН 4,3-4,8.

Метеорологічні умови в роки проведення досліджень суттєво відрізнялись нестабільністю режимів температур і опадів, що дало змогу отримати достовірні дані, провести об'єктивну оцінку колекційних зразків і селекційних ліній за комплексом господарсько-цінних ознак.

Польові дослідження, спостереження, обліки та вимірювання проводили згідно загальноприйнятих методик [16-18].

Результати досліджень і обговорення. Згідно отриманих результатів проведення лабораторної оцінки алюмостійкості 73 сортозразків ячменю ярого встановлено, що до групи стійких можна віднести 15 сортозразків; помірно стійких – 45 сортозразків; помірно чутливих – 13 сортозразків. Нестійких сортозразків з індексом довжини кореня <40% не було встановлено.

У нашому дослідженні встановлено, що негативна дія стресового фактору (Al^{3+}) найбільше проявляється, насамперед, на коренях (стає коротким та ламким; верхівки коренів потовщуються та набувають коричневого кольору).

До сортозразків з високою потенційною алюмостійкістю (стійкі з ІДК >65%) віднесено наступні: Оберіг (77,8%), Сапфір (71,9%), Подільський 14 (70,8%), Букат (67,4%), Святогор (67,4%), Екзотик (66,4%), Водограй (66,4%),



Неофіт (66,0%), Мирон (66,0%), Алегро (65,5%), Сталкер (65,3%) (Україна); Кузнецкий (69,1%), Сибирский авангард (67,7%) (Росія); Гонор (74,1%) (Білорусь); Astoria (66,0%) (Франція).

Деякі автори встановили позитивну кореляцію між оцінкою різних культур на толерантність до кислотності ґрунту в польових умовах і їх лабораторного скринінг-тесту [19, 20]. Тому з метою визначення ефективності лабораторного способу оцінки алюмоустійкості колекційних сортозразків було проведено польові дослідження на природному фоні підвищеної кислотності ґрунту (рН 4,3-4,8). Враховуючи значний негативний вплив таких умов на формування високого рівня урожайності, за індикатор стійкості рослин ячменю ярого на такому фоні взято рівень урожайності. Результати досліджень представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Урожайність колекційних сортозразків ячменю ярого з високою потенційною алюмоустійкістю (ІДК > 65%) на фоні підвищеної кислотності ґрунту (рН 4,3-4,8)

Назва зразка	Походження	ІДК, %	Урожайність, середнє за 2013-2019 рр.		
			кг/м ²	± до St	% до St
Взірець (St)	Україна	58,8±1,9	0,36	–	100
Оберіг	Україна	77,8±2,9	0,39	0,03	108
Сапфір	Україна	71,9±2,3	0,31	-0,05	86
Подільський 14	Україна	70,8±1,3	0,38	0,02	105
Святогор	Україна	67,4±3,7	0,52	0,16	144
Букат	Україна	67,4±2,1	0,42	0,06	116
Водограй	Україна	66,4±1,9	0,50	0,14	138
Екзотик	Україна	66,4±2,2	0,51	0,15	141
Неофіт	Україна	66,0±3,0	0,24	-0,12	66
Мирон	Україна	66,0±3,1	0,37	0,01	102
Алегро	Україна	65,5±1,7	0,49	0,13	136
Сталкер	Україна	65,3±2,2	0,43	0,07	119
Кузнецкий	Росія	69,1±2,1	0,48	0,12	133
Сибирский авангард	Росія	67,7±1,9	0,41	0,05	113
Гонор	Білорусь	74,1±3,3	0,38	0,02	105
Astoria	Франція	66,0±3,1	0,27	-0,09	75
НІР _{0,05}			0,02		

Алюмоустійкість – стійкість до низької рН, оскільки токсичність алюмінію проявляється тільки при величинах рН <5,0. Вважається, що всі алюмоустійкі генотипи є одночасно стійкими до кислотності ґрунтів, проте не всі генотипи, стійкі до кислотності ґрунту, стійкі до алюмінію. За стандарт взято сорт Візірець, який є національним стандартом з 2012 року. Даний сорт ячменю ярого за результатами лабораторної оцінки алюмоустійкості відноситься до групи помірно стійких. Показник індексу довжини кореня в нього становить 58,8%.

Згідно отриманих даних за результатами проведених досліджень, 12 із 15 (80%) сортозразків з високим рівнем алюмоустійкості, які було виділено в лабораторних умовах (ІДК >65%), сформували вищу урожайність на 2-44% (+0,01-0,16 кг/м²) у порівнянні із стандартом. Зокрема: Мирон, Подільський



14, Оберіг, Букат, Сталкер, Алегро, Водограй, Екзотик, Святогор (Україна); Сибирський авангард, Кузнецкий (Росія); Гонор (Білорусь).

Слід зазначити, що частина зразків, хоч і показали високу чи помірну потенційну алюмостійкість в лабораторних умовах на початковому етапі росту, в польових умовах, однак, сформували нижчу урожайність. Даний факт можна пояснити тим, що на рівень продуктивності рослин ячменю ярого впродовж вегетації мають вплив цілий ряд абіотичних та біотичних чинників.

Загалом можна сказати, що перевірка результатів лабораторного методу оцінки алюмостійкості сортозразків ячменю ярого в польових умовах на природному фоні з підвищеною кислотністю ґрунту (рН 4,3-4,8) дала змогу більш ефективно оцінити стійкість до даного стресового фактору і відібрати саме ті зразки, що поєднують у собі стійкість до підвищеної кислотності ґрунту та високу продуктивність.

Слід також наголосити, що не завжди сорти, які мають походження з однієї країни, характеризувались підвищеною стійкістю до іонів алюмінію. Даний факт, насамперед, можна пояснити тим, що селекцією ячменю ярого займаються на різних типах ґрунтових відмін, в тому числі не завжди з підвищеним умістом іонів алюмінію, або, можливо, у якості батьківських форм використовуються сорти, нестійкі до даного критичного елемента. Схожі результати отримали у своїх дослідженнях І.А. Косарева, О.В. Яковлева, І.Н. Щеннікова, Е.М. Лісичин [12, 21-24].

Також слід зазначити, що реакція рослин на різні типи абіотичних стресів у перші тижні впливу визначається механізмами неспецифічної стійкості, тому підвищення стійкості селекційних зразків і сортів до будь-якого абіотичного стресу може паралельно призводити до підсилення ознаки алюмостійкості чи стійкості до кислотності ґрунту. Широко відомим є той факт, що посухостійкі сорти мають більш потужну кореневу систему, що дозволяє їм краще протистояти даному стресовому фактору. Так у дослідженнях російських вчених встановлено, що селекція на стійкість до посухи має тісний зв'язок з рівнем стійкості рослин до іонів Al^{3+} [25].

Таким чином, отримані результати досліджень дали змогу виокремити зразки, які є потенційними донорами ознаки толерантності до токсичного впливу іонів Al^{3+} та підвищеної кислотності ґрунту. Вони мають цінність для едафічної селекції та залучаються у селекційні програми досліджень для створення сортів ячменю ярого, здатних формувати досить високий рівень урожайності в умовах впливу едафічного стресу. На їх основі створено перспективний селекційний матеріал, толерантний до впливу едафічного стресу підвищеної кислотності. Створювані сорти повинні поєднувати у собі стійкість до підвищеної кислотності ґрунту та високу продуктивність. Тому на всіх етапах селекції проводимо оцінювання селекційного матеріалу за рівнем продуктивності.

За результатами конкурсного сортовипробування 2017-2019 рр. нами виділено 4 перспективні селекційні лінії ячменю ярого, які на фоні рН 4,3-4,8



формували урожайність в середньому на 20-24,7% вище стандартного сорту Взірець (табл. 2).

Таблиця 2

Оцінка та результати кращих ліній ячменю ярого у конкурсному сортовипробуванні на фоні підвищеної кислотності ґрунту (рН 4,3-4,8) (2017-2019 рр.)

Лінія	Урожайність					
	т/га			% до St		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Взірець (St)	3,76	3,57	3,85	–	–	–
35/07	5,08	4,42	4,02	135	124	104
59/10	5,62	4,15	4,20	149	116	109
32/12	4,97	4,37	4,07	132	122	106
33/12	4,88	4,43	4,16	130	124	108
НІР _{0,05}	0,24	0,20	0,20			

Висновки. Проведена оцінка урожайності досліджуваних зразків, які виділено за результатами лабораторної оцінки потенційної алюмоустійкості, у польових умовах на природному фоні з підвищеною кислотністю ґрунту (рН 4,3-4,8) підтвердила ефективність використання даного способу в селекційному процесі зі створення сортів, толерантних до умов вирощування на ґрунтах з підвищеною кислотністю. Серед виділених зразків з високою стійкістю – 80% , 4 перспективні селекційні лінії ячменю ярого сформували урожайність на 2-44% (+0,01–0,16 кг/м²) більше порівняно до стандартного сорту Взірець. Встановлено частковий вплив місця походження сорту на його ювенільну (паросткову) алюмоустійкість – сорти з країн, у яких великі площі займають кислі ґрунти, в більшості випадків характеризуються високою стійкістю до алюмінію.

Проведення досліджень дало змогу встановити сортозразки, потенційно стійкі до токсичного впливу іонів Al³⁺, дані зразки залучаються до селекційного процесу, на їхній основі створено перспективний селекційний матеріал, толерантний до впливу едафічного стресу підвищеної кислотності.

Список бібліографічних посилань

1. Лисицын Е.М. Динамика посевных площадей и продуктивности ячменя и овса в различных регионах Европейской России, имеющих кислые дерново-подзолистые почвы / Е.М. Лисицын, Г.А. Баталова, И.Н. Щенникова // *Создание сортов овса и ячменя для кислых почв. Теория и практика*. Palmarium Acad. Publ., Saarbrücken, Germany. 2012. С. 11-28.
2. Karlen D. Soil quality assessment: past, present and future / [D. Karlen, S. Andrews, B. Wienhold, T. Zobeck] // *Journal of integrated biosciences*. 2008. № 6 (1). P. 3-14.
3. Smith J.L. Measurement and Use of pH and Electrical Conductivity for Soil Quality Analysis / J.L. Smith, J.W. Doran // *Methods for assessing Soil Quality. Soil Science Society of America Journal, SSSA*. 1996. № 49. P. 169-182.
4. Ferreira J.R. Is a non-synonymous SNP in the HvAACT1 coding region associated with acidic soil tolerance in barley? / [J.R. Ferreira, B.F. Faria, M.J. Comar, C.A. Delatorre, E. Minella, J.F. Pereira] // *Genetics and molecular Biology*. 2017. V. 40 (2). P. 480-490.
5. Olav S. Inheritance of tolerance to low soil pH in barley / S. Olav, A. Sigurd // *Hereditas*.



1978. V. 88. P. 101-105.

6. *Климашевский Э.Л.* Генетический аспект минерального питания растений. М.: Агропромиздат, 1991. 415 с.

7. *Ткаченко М.* Вплив повторного вапнування на вміст рухомого алюмінію у сірому лісовому ґрунті / М. Ткаченко // *Вапнування та відтворення родючості ґрунтів в сучасних господарсько-економічних умовах.* Рівне, 2012. С. 19-22.

8. *Jayasundara H.P.S.* Responses of cool season grain legumes to soil abiotic stresses / H.P.S. Jayasundara, B.D. Thomson, C Tang // *Adv. Agron.* – 1998. – № 63. – P. 77-151.

9. *Carver L.G.* Acid Soil Tolerance in Wheat / L.G. Carver, J.D. Ownby // *Advances in Agronomy.* 1995. № 54. P. 117-73.

10. *Foy C.D.* Plant adaptation to acid, aluminum-toxic soils / C.D. Foy // *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 1988. № 19. P. 959-987.

11. *Евдокимов В.М.* Изучение и оценка кислотобезопасности сортов и гибридов ячменя в связи с задачами селекции / [В.М. Евдокимов, И.Ф. Ломак, Л.П. Храмышева, А.И. Харлоновская] // *Селекция, семеноводство и сортовая агротехника с.-х. культур:* Сб. научн. тр. Л., 1997. С. 150-157.

12. *Лисицын Е.М.* Генетическое разнообразие сортов яровой мягкой пшеницы по алюмоустойчивости / Е.М. Лисицын, О.С. Амунова // *Вавиловский журнал генетики и селекции.* 2014. Том 18, № 3. С. 497-505.

13. *Яковлева О.В.* Толерантность ячменя к токсичным ионам алюминия в условиях почвенной культуры / О.В. Яковлева, А.М. Капешинский // *Труды ВИР по прикладной ботанике, генетике и селекции,* 2011. Т.168. С. 54-64.

14. *Лисицын Е.М.* Методика лабораторной оценки алюмоустойчивости зерновых культур / Е.М. Лисицын // *Доклады РАСХН.* 2003. №3. С. 5-7.

15. *Navacode S.* A genetic analysis of aluminium tolerance in cereals / [S. Navacode, A. Weidner, R.K. Varshney, U. Lohwasser, U. Scholz, M.S. Roder, A. Borner] // *Agric. Conspec. Sci.* 2010. V. 75. No. 4. P. 191-196.

16. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. М.: Колос, 1985. 336 с.

17. *Лоскутов И.Г.* Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. / И.Г. Лоскутов, О.Н. Ковалева, Е.В. Блинова. Санкт-Петербург, 2012. 63 с.

18. Методика проведення експертизи та державного сортовипробування сортів рослин зернових, круп'яних та зернобобових культур. Охорона прав на сорти рослин: офіц. бюлетень / гол. ред. В.В. Волкодав. Київ: Алефа. 2003. Вип. 2, Ч. 3. 241 с.

19. *Горенський В.М.* Лабораторний метод оцінки алюмоустійкості люцерни / В.М. Горенський, В.Д. Бугайов // *Вісник Сумського національного аграрного університету.* 2014. № 9 (28). С. 156-160.

20. *Buhaliov V.* The response of Medicago sativa to aluminium toxicity under laboratory and field conditions / V. Buhaliov, V. Horenskyu, A. Liatukiene // *Zemdirbyste-Agriculture,* vol. 150, No. 2 (2018). P. 141-148.

21. *Косарева И.А.* Изучение коллекций сельскохозяйственных культур и диких родичей по признакам устойчивости к токсическим элементам кислых почв / Косарева И.А. // *Труды ВИР по прикладной ботанике, генетике и селекции.* 2012. Т. 170. С. 35-45.

22. *Щенникова И.Н.* Оценка сортов ярового ячменя на кислотоустойчивость (Al⁺) / И.Н. Щенникова, О.Н. Щуплецова, О.И. Бугакова // *Труды ВИР по прикладной ботанике, генетике и селекции.* 2012. Т. 165. С. 179-182.

23. *Лисицын Е.М.* Изменение потенциала алюмоустойчивости гибридов ячменя под влиянием материнского сорта / Е.М. Лисицын, И.Н. Щенникова // *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук.* 2009. № 6. С. 10-12.

24. *Лисицын Е.М.* Влияние места репродукции сорта на его потенциальную алюмоустойчивость / Е.М. Лисицын, И.И. Лисицына // *Сельскохозяйственная биология.* Сер.: Биология растений. 2008. № 5. С. 58-64.

25. *Лисицын Е.М.* Генетическое разнообразие сортов яровой мягкой пшеницы по алюмоустойчивости / Е.М. Лисицын, О.С. Амунова // *Вавиловский журнал генетики и селекции.*



2014. Т. 18. № 3. С. 497-505.

References

1. Lisitsyn E.M. et al. (2012). Dinamika posevnykh ploshhadej i produktivnosti yachmenya i ovsy v razlichnykh regionakh Evropejskoj Rossii, imeyushhikh kislyie dernovo-podzolistyie pochvy [Dynamics of sown areas and productivity of barley and oats in different regions of European Russia with acidic sod-podzolic soils]. Sozdanie sortov ovsy i yachmenya dlya kisly`kh pochv. Teoriya i praktika [Creation of oat and barley varieties for acidic soils. Theory and practice]. Palmarium Acad. Publ., Saarbrucken, Germany. pp. 11-28 [in Russian].
2. Karlen D. Soil quality assessment: past, present and future / [D. Karlen, S. Andrews, B. Wienhold, T. Zobeck] // Journal of integrated biosciences, 2008, no. 6 (1), pp. 3-14.
3. Smith J.L., Doran J.W. Measurement and Use of pH and Electrical Conductivity for Soil Quality Analysis. Methods for assessing Soil Quality. Soil Science Society of America Journal, SSSA, 1996, no. 49, pp. 169-182.
4. Ferreira J.R. Is a non-synonymous SNP in the HvAACT1 coding region associated with acidic soil tolerance in barley? / [J.R. Ferreira, B.F. Faria, M.J. Comar, C.A. Delatorre, E. Minella, J.F. Pereira] // Genetics and molecular Biology, 2017, V. 40 (2), pp. 480-490.
5. Olav S. Inheritance of tolerance to low soil pH in barley / S. Olav, A. Sigurd // Hereditas, 1978, V. 88, pp. 101-105.
6. Klimashevskij E.L. (1991). Geneticheskij aspekt mineralnogo pitaniya rastenij [Genetic aspect of the mineral nutrition of plants]. Moscow, Agropromizdat, 415 p. [in Russian].
7. Tkachenko M. (2012). Vplyv povtornogo vapnuvannya na vmist rukhomogo alyuminiyu u siromu lisovomu hrunti [Influence of repeated liming on the content of mobile aluminum in gray forest soil]. Vapnuvannya ta vidtvorennya rodyuchosti hruntiv v suchasnykh gospodarsko-ekonomichnykh umovakh [Liming and reproduction of soil fertility in modern economic conditions]. Rivne, pp. 19-22 [in Ukrainian].
8. Jayasundara H.P.S. Responses of cool season grain legumes to soil abiotic stresses / H.P.S. Jayasundara, B.D. Thomson, C Tang // Adv. Agron, 1998, no. 63, pp. 77-151.
9. Carver L.G. Acid Soil Tolerance in Wheat / L.G. Carver, J.D. Ownby // Advances in Agronomy, 1995, no. 54, pp. 117-73.
10. Foy C.D. Plant adaptation to acid, aluminum-toxic soils / C.D. Foy // Commun. Soil Sci. Plant Anal, 1988, no. 19, pp. 959-987.
11. Evdokimov V.M. et al. Izuchenie i ocenka kislotovynoslivosti sortov i gibridov yachmenya v svyazi s zadachami selekczii [Study and assessment of acid tolerance of varieties and hybrids of barley in connection with the tasks of selection]. Selekcziya, semenovodstvo i sortovaya agrotehnika s.-kh. kultur [Selection, seed production and varietal agricultural technology of agricultural crops]. Sb. nauchn. tr. [Collection of scientific papers]. Leningrad, 1997, pp. 150-157 [in Russian].
12. Lisitsyn E.M., Amunova O.S. Geneticheskoe raznoobrazie sortov yarovej myagkoj pshenizy po alyumoustojchivosti [Genetic diversity of spring soft wheat varieties in terms of aluminum resistance]. Vavilovskij zhurnal genetiki i selekczii [Vavilov Journal of Genetics and Breeding], 2014, vol. 18, no. 3, pp. 497-505 [in Russian].
13. Yakovleva O.V., Kapeshinskij A.M. Tolerantnost yachmenya k toksichnym ionam alyuminiya v usloviyakh pochvennoj kultury [Tolerance of barley to toxic aluminum ions under soil culture conditions]. Trudy VIR po prikladnoj botanike, genetike i selekczii [Proceedings of VIR on applied botany, genetics and breeding], 2011, vol. 168, pp. 54-64 [in Russian].
14. Lisitsyn E.M. Metodika laboratornoj ocenki alyumoustojchivosti zernovykh kultur [Methods of laboratory assessment of aluminum resistance of grain crops]. Doklady RASKhN [Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences], 2003, no. 3, pp. 5-7 [in Russian].
15. Navacode S. A genetic analysis of aluminium tolerance in cereals / [S. Navacode, A. Weidner, R.K. Varshney, U. Lohwasser, U. Scholz, M.S. Roder, A. Börner] // Agric. Conspec. Sci, 2010, vol. 75, no. 4, pp. 191-196.
16. Dospikhov B.A. (1985). Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij) [Field experiment technique (with the basics of statistical processing of research



results)]. Moscow, Kolos, 336 p. [in Russian].

17. Loskutov I.G. et al. (2012). Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu i sokhraneniyu mirovoj kollekcii yachmenya i ovsya [Guidelines for the study and preservation of the world collection of barley and oats]. Sankt-Peterburg, 63 p. [in Russian].

18. Volkodav V.V. Metodika provedennya ekspertyzy ta derzhavnogo sortovyprobuvannya sortiv roslyn zernovykh, krupyanikh ta zernobobovykh kultur. Okhorona prav na sorti roslyn: ofic. byuleten [Methods of examination and state variety testing of plant varieties of cereals, cereals and legumes. Protection of plant variety rights: official bulletin]. Kyiv, Alefa, 2003, issue 2, part 3, 241 p. [in Ukrainian].

19. Horenskyj V.M., Buhaiov V.D. Laboratornyi metod otsinki alyumostijkosti lyutserni [Laboratory method for assessing the alumina resistance of alfalfa]. Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu [Bulletin of Sumy National Agrarian University], 2014, no. 9 (28), pp. 156-160 [in Ukrainian].

20. Buhaiov V. Horenskyj V., Liatukiene A. The response of *Medicago sativa* to aluminium toxicity under laboratory and field conditions. *Zemdirbyste-Agriculture*, 2018, vol. 150, no. 2, pp 141-148.

21. Kosareva I.A. Izucheniye kollekcij selskokhozyajstvennykh kultur i dikikh rodichej po priznakam ustojchivosti k toksicheskim elementam kislykh pochv [Study of collections of agricultural crops and wild relatives on the basis of resistance to toxic elements of acidic soils]. *Trudy VIR po prikladnoj botanike, genetike i selekcii* [Proceedings of VIR on applied botany, genetics and breeding], 2012, vol. 170, pp. 35-45 [in Russian].

22. Shchennikova I.N. et al. Otsenka sortov yarovogo yachmenya na kisloustojchivost (Al+) [Evaluation of varieties of spring barley for acid resistance (Al +)]. *Trudy VIR po prikladnoj botanike, genetike i selekcii* [Proceedings of VIR on applied botany, genetics and breeding], 2012, vol. 165, pp. 179-182 [in Russian].

23. Lisitsyn E.M., Shchennikova I.N. Izmenenie potentsiala alyumoustojchivosti gibridov yachmenya pod vliyaniem materinskogo sorta [Changing the potential of aluminum resistance of barley hybrids under the influence of the parent variety]. *Doklady Rossijskoj akademii selskokhozyajstvennykh nauk* [Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences], 2009, no. 6, pp. 10-12 [in Russian].

24. Lisitsyn E.M., Lisitsyna I.I. Vliyanie mesta reprodukcii sorta na ego potentsialnuyu alyumoustojchivost [Influence of the place of reproduction of the variety on its potential aluminum resistance]. *Selskokhozyajstvennaya biologiya. Ser.: Biologiya rastenij* [Agricultural biology. Series: Plant Biology], 2008, no. 5, pp. 58-64 [in Russian].

25. Lisitsyn E.M., Amunova O.S. Geneticheskoe raznoobrazie sortov yarovoj myagkoj pshenitsy po alyumoustojchivosti [Genetic diversity of spring soft wheat varieties in terms of aluminum resistance]. *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii* [Vavilov Journal of Genetics and Breeding], 2014, vol. 18, no. 3, pp. 497-505 [in Russian].

Marenuk O.B., Korniychuk O.V., Doroshchuk V.O. Main results and prospects of spring barley selection in environment of high soil acidity

Purpose. One of the main factors holding back the increase in spring barley yield is high soil acidity in the Forest-Steppe and Polissya natural zone of Ukraine. Aluminum is a major toxic factor of acidic soils. Therefore, one of the ways to increase the yield of barley is to create aluminum-resistant varieties of this crop. These studies are aimed at obtaining, highlighting the results of work and determining the prospects of selection for the creation of varieties of spring barley, tolerant to the effects of edaphic stress of high soil acidity. **Methods.** Field (phenological observations and accounting), laboratory (establishment of aluminostability of collection varieties), biometric and measuring-weight (for accounting of productivity and yield), mathematical and statistical (objective evaluation of the obtained experimental data). **Results.** Research on the evaluation and creation of promising breeding material and varieties adapted to high soil acidity was conducted in the experimental fields of the Institute of Feed Research and Agriculture of Podillya of NAAS (2013-2019). According to the results of the research conducted in the laboratory, the potential 73 aluminium resistant varieties of spring barley were established, and the results of verification of the obtained data in the field against the background of natural high soil acidity were shown. The obtained research results made it possible to select samples that are potential donors of tolerance to the toxic effects of Al³⁺ ions and high soil acidity. Promising breeding material of spring barley, tolerant to the effects of



edaphic stress of high soil acidity, which is effectively used in the creation of new varieties of spring barley has been created. **Conclusions.** Evaluation of productivity of the studied samples, which were isolated by laboratory evaluation of potential aluminium resistance, in the field on a natural background with high soil acidity (pH 4.3-4.8) confirmed the effectiveness of this method in the selection process, aimed at creation varieties tolerant to cultivation in conditions of highly acid soils.

Key words: spring barley, aluminum resistance, soil acidity, edaphic stress, yield

Marenuk O.B., Candidate of Agricultural Sciences, head of the laboratory of selection of grain and oilseeds, Institute of Feed Research and Agriculture of Podillya of NAAS, 16 Yunosti Ave., Vinnytsia, Ukraine, 21100, e-mail: masa999@i.ua, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8981-9244>

Korniychuk Oleksandr V., Candidate of Agricultural Sciences, Senior Research Fellow, Director of the Institute of Feed Research and Agriculture of Podillya of NAAS, 16 Yunosti Ave., Vinnytsia, Ukraine, 21100, e-mail: o.korniychuk@ukr.net, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-2796-6713>

Doroshchuk V.O. Junior Research Fellow of the laboratory of selection of grain and oilseeds, Institute of Feed Research and Agriculture of Podillya of NAAS, 16 Yunosti Ave., Vinnytsia, Ukraine, 21100 e-mail: masa999@i.ua

Маренюк А.Б., Корнийчук А.В., Дорошук В.А. Основные результаты и перспективы селекции ячменя ярового в условиях повышенной кислотности почвы

Цель. Одним из основных факторов, сдерживающим повышение урожайности ячменя ярового, является повышенная кислотность почв в зоне Лесостепи и Полесья Украины. Алюминий – основной токсический фактор на кислых почвах. Поэтому одним из путей повышения урожайности ячменя является создание алюмоустойких сортов данной культуры. Данные исследования направлены на получение, освещение результатов работы и определение перспектив селекции по созданию сортов ячменя ярового, толерантных к воздействию эдафического стресса повышенной кислотности почвы. **Методы.** Полевые (проведение фенологических наблюдений и учётов), лабораторные (установление алюмоустойкости коллекционных сортообразцов), биометрический и измерительно-весовой (для учёта производительности и урожайности), математические и статистические (объективная оценка полученных экспериментальных данных). **Результаты.** Исследования по оценке и созданию перспективного селекционного материала и сортов, адаптированных к повышенной кислотности почвы, проводили на опытных полях селекционного севооборота Института кормов и сельского хозяйства Подолья НААН (2013-2019 гг.). По результатам исследований, проведённых в лабораторных условиях, установлено потенциальную алюмоустойкость 73 сортообразцов ячменя ярового, а также показаны результаты проверки полученных данных в полевых условиях на фоне естественной повышенной кислотности почвы. Полученные результаты исследований позволили выделить образцы, которые являются потенциальными донорами признака толерантности к токсическому воздействию ионов Al^{3+} и повышенной кислотности почвы. Создан перспективный селекционный материал ячменя ярового, толерантного к воздействию эдафического стресса повышенной кислотности почвы, который эффективно применяется при создании новых сортов ячменя ярового. **Выводы.** Проведённая оценка урожайности исследуемых образцов, выделенных по результатам лабораторной оценки потенциальной алюмоустойкости в полевых условиях на естественном фоне с повышенной кислотностью почвы (pH 4,3-4,8), подтвердила эффективность использования данного способа в селекционном процессе по созданию сортов, толерантных к условиям выращивания на почвах с повышенной кислотностью.

Ключевые слова: ячмень, алюмоустойкость, кислотность почвы, эдафический стресс, урожайность.

Маренюк Александр Борисович, кандидат с.-х. наук, заведующий лабораторией селекции зерновых и масличных культур, Институт кормов и сельского хозяйства Подолья НААН., г. Винница, пр-т Юности, 16, Украина, 21000, e-mail: masa999@i.ua

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8981-9244>

Корнийчук Александр Васильевич, кандидат с.-х. наук, старший н.с., директор Института кормов



и сельского хозяйства Подолья НААН, пр-кт Юности, 16, г. Винница, Украина, 21100

e-mail: o.kornychuk@ukr.net, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-2796-6713>

Дорошук Василий Алексеевич младший научный сотрудник отдела селекции зерновых и масличных культур, Институт кормов и сельского хозяйства Подолья НААН., Г. Винница, пр-т Юности, 16, Украина, 21000, e-mail: masa999@i.ua

Стаття надійшла до редакції:30.06.2020

Фахове рецензування:21.07.2020

Бібліографічний опис для цитування:

Маренюк О.Б., Корнійчук О.В., Дорошук В.О. Основні результати та перспективи селекції ячменю ярого в умовах підвищеної кислотності ґрунтів Корми і кормовиробництво. 2020. № 89. С. 35-45. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202089-03>