

В. А. Яшук*Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН***ПОТЕНЦІЙНА АЛЮМОСТІЙКІСТЬ БАГАТОРІЧНИХ ВИДІВ БОБОВИХ ТА ЗЛАКОВИХ ТРАВ ЗА ДІАГНОСТИЧНИМИ ІНДЕКСАМИ**

Наведені результати скринінг-тестування багаторічних трав на алюмостійкість, яке базується на лабораторних методах ранньої діагностики рослин, для виявлення ступеня алюмотолерантності видів і сортів бобових і злакових трав, що складають основу травостоїв культурних пасовищ і сінокосів України. За величиною індексу кореня (ІДК) та паростку (ІДП) встановлені достовірні реакції рослин багаторічних трав у ювенільному періоді росту на концентрацію розчину $AlCl_3$, за результатами яких побудовано ранжувальний ряд бобових видів трав за рівнем стійкості до ознаки алюмотоксичності. Визначено граничний ступінь алюмостійкості злакових трав, що є перешкодою для реалізації генетичного потенціалу цих видів за вирощування в едафічних умовах з підвищеною кислотністю ґрунтового розчину. Проведений кластерний аналіз злакових видів трав за адаптивним потенціалом до стрес-фактору.

Ключові слова: *багаторічні трави, потенційна алюмостійкість, індекс довжини коренів, індекс довжини пагонів, кластерний аналіз.*

На сучасному етапі інтенсивного ведення агропромислового виробництва існує проблема підвищеної кислотності ґрунтового розчину, яка набуває більш негативного значення з огляду на теперішні інтенсивні системи землеробства, а також запобігає реалізації продукційного потенціалу природних кормових угідь, яких в Україні налічується більше 7 млн га [1, 3].

Зона Лісостепу Правобережного загалом і Поділля зокрема належить до регіону, де рівень кислотності ґрунтового розчину є серйозною агротехнологічною та екологічною проблемою. Середньозважений показник рН для регіону складає 5,6 за площі кислих ґрунтів 527,9 тис. га (49 % від обстеженої площі). На категорію сильно- і середньокислих припадає 171,4 тис. га (16 % обстежених площ). При цьому, динаміка підкислення має яскраво виражений деградаційний характер з величиною приросту у 13 %, особливо на схилі землях, де розміщені сінокоси і пасовища [2, 9].

Такий стан кормових угідь диктує необхідність застосування інноваційних підходів управління рівнем кислотостійкості багаторічних трав (шляхом конструювання багаторічних агрофітоценозів різного цільового призначення на основі добору алюмотолерантних компонентів), що відкриває перспективу створення стійких, високопродуктивних, економічно

виправданих кормових агроєкосистем в умовах дії факторів ґрунтового стресу. Відтворення господарсько-цінної рослинності вироджених природних кормових угідь диктується необхідністю оптимізації агроландшафтів шляхом збільшення продуктивності кормової площі за рахунок схилених земель, водоохоронних зон та малопродуктивних земель, виведених із ріллі [6, 7].

Метою досліджень є вивчення потенційної алюмоустійкості багаторічних бобових та злакових трав, що є важливою складовою адаптивної стратегії рослин при конструюванні високопродуктивних багаторічних агрофітоценозів в умовах Лісостепу Правобережного.

Матеріал та методи дослідження. При проведенні досліджень використовували лабораторний скринінговий тест на алюмоустійкість, в основі якого лежить метод водної культури (культури в поживних розчинах). Такий спосіб діагностики дає змогу уникати «шумів» і діагностувати рослини на ранніх етапах онтогенезу, що забезпечує велику пропускну спроможність і невисоку вартість досліджень, дає можливість проводити прижиттєву діагностику і вести відбори цінних для селекції стійких особин [4].

У лабораторних умовах відділу польових кормових культур, сіножатей та пасовищ Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН було проведено дослідження з визначення реакції пророщуваного насіння до впливу різних концентрацій $AlCl_3$. Предметом дослідження стали шість сортів бобових та десять сортів злакових видів трав селекції інституту, які є найпоширенішими компонентами в кормових агрофітоценозах Лісостепу Правобережного (див. таблиці). Стрес-фактором слугували концентрації робочого розчину $AlCl_3$ для визначення алюмоустійкості багаторічних видів трав $-0,5$; $0,75$ та 1 г/л $AlCl_3$ ($3,7$; $5,6$ та $7,5$ ммоль/л), що відповідає концентрації іонів Al^{3+} у розчині 10 , 15 та 20 мг/л або $0,74$; $1,13$ та $1,5$ ммоль/л, відповідно).

Пророщування насіння відбувалось у термостаті за температури $27-29$ °С. Підрахунок схожості насіння та довжини коренів і паростків бобових видів проводили через 3 доби, злакових видів – через 6 діб [8]. Повторність у досліді – шестиразова.

В якості тестової ознаки при діагностиці бобових трав використовували індекс довжини кореня (ІДК), а злакових – індекс довжини паростка (ІДП).

$$ІДК = \frac{ДКС}{ДКК} \cdot 100, \quad (1)$$

де ІДК – індекс довжини кореня, %;

ДКС – довжина кореня проростка вирощеного при концентрації стресового фактору, мм;

ДКК – довжина корінця проростка контрольного варіанта, мм.

$$ІДП = \frac{ДПС}{ДПК} \cdot 100, \quad (2)$$

де ІДП – індекс довжини паростку, %;

ДКС – довжина паростку вирощеного при концентрації стресового фактору, мм;

ІДК – довжина паростку контрольного варіанта, мм.

Попередніми дослідженнями не було виявлено чіткої диференціації за показником схожості насіння багаторічних трав у середовищах пророщування, тому отримані дані за цим показником не використовувались при визначенні ступеня алюмоустійкості.

Розподіл за групами стійкості проводили за такою класифікацією (табл. 1), при цьому для збільшення обсягу робіт з оцінки алюмоустійкості бобових видів користувались результатами ІДК трьох концентрацій – 0,5, 0,75 та 1,0 г/л $AlCl_3$.

1. Градація груп стійкості рослин (ІДК) до впливу стресового фактору (Косарева, 1999)

Групи	Концентрація $AlCl_3$, г/л		
	0,5	0,75	1,0
Висока	> 70 %	> 50 %	> 35 %
Середня	60–70 %	40–50 %	25–35 %
Низька	< 60 %	< 40 %	< 25 %

Отриманий масив експериментальних даних обробляли на комп'ютері за допомогою програми STATISTICA 10.

Результати досліджень. Відомо, що більшість бобових культур мають слабку стійкість до підвищеного рівня ґрунтової кислотності, це пов'язано з низькою здатністю рослин засвоювати важкорозчинні фосфати в умовах кислих ґрунтів, а бульбочковими бактеріями накопичувати азот [5].

При аналізі потенційної алюмоустійкості шести видів бобових трав на початкових стадіях онтогенезу було встановлено, що до групи високостійких до стресору можна віднести 3 види, помірностійких – 2 види та до слабкостійких – 1 вид.

Так, види *M. sativa*, *O. arenaria* та *L. corniculatus* проявляли високу стійкість на всіх концентраціях $AlCl_3$, суттєво не знижуючи морфометричних показників довжини коренів на початкових етапах онтогенезу. Тому дані види можуть викликати інтерес для селекції на адаптивність в умовах кислих ґрунтів. За значеннями ІДК на рівні 52–74 % залежно від концентрації найкращим виявився верховий бобовий вид *M. sativa*. (див. табл. 2).

Бобові види, такі як *T. pratense* та *G. orientalis* за значеннями індексу довжини кореня на рівні 34–70 % та 30–67 % відповідно відносяться до помірностійких до впливу іонів алюмінію. При цьому критичною для *G. orientalis* виявилась концентрація розчину $AlCl_3$ на рівні 0,75 г/л де спостерігали найнижчі значення тестової ознаки (ІДК).

Серед усіх бобових видів лише *M. albus* проявляв найменшу алюморезистентність по досліді. Показники ІДК даного виду суттєво знижувались за впливу стрес-фактору і варіювались у межах 20–64 % залежно від концентрацій розчину $AlCl_3$.

Отримане значення ІДК для кожного виду дає змогу ранжувати бобові трави за рівнем стійкості до алюмотоксичності в такому порядку:

1. *Medicago sativa* => 2. *Onobrychis arenaria* => 3. *Lotus corniculatus* => 4. *Trifolium pratense* => 5. *Galega orientalis* => 6. *Melilotus albus*.

2. Результати визначення алюмоустійкості багаторічних видів бобових трав

№ з/п	Назва виду	Індекс довжини кореня (ІДК), % $\times \pm S$			
		Дистильована вода (контроль)	Розчини $AlCl_3$ г/л		
			0,5	0,75	1,0
1	<i>Medicago sativa</i>	100	74 \pm 0,9	69 \pm 5,4	52 \pm 6,7
2	<i>Onobrychis arenaria</i>	100	80 \pm 3,2	64 \pm 2,5	47 \pm 2,5
3	<i>Galega orientalis</i>	100	67 \pm 6,9	39 \pm 2,4	30 \pm 2,2
4	<i>Melilotus albus</i>	100	64 \pm 6,3	37 \pm 4,7	20 \pm 1,2
5	<i>Trifolium pratense</i>	100	70 \pm 2,3	56 \pm 2,3	34 \pm 2,4
6	<i>Lotus corniculatus</i>	100	72 \pm 0,4	62 \pm 0,7	40 \pm 2,0

Уперше на великому обсязі матеріалу вивчений внутрішньо-сортовий поліморфізм потенціалу алюмоустійкості багаторічних злакових трав. За допомогою статистично опрацьованих даних величини ІДП доведено вищу, ніж у бобових видів, мінливість злакових трав (за видами і сортами) щодо механізмів алюмотолерантності у ювенільній стадії їхнього розвитку (табл. 3).

3. Результати визначення ювенільної алюмоустійкості багаторічних злакових трав

№ з/п	Назва виду	Індекс довжини паростку (ІДП), % $\times \pm S$			
		Дистильована вода (контроль)	Розчини $AlCl_3$ г/л		
			0,5	0,75	1,0
1	<i>Elytrigia intermedia</i>	100	72 \pm 2,3	62 \pm 5,3	41 \pm 2,9
2	<i>Bromopsis inermis</i>	100	63 \pm 0,7	42 \pm 1,5	28 \pm 1,9
3	<i>Festuca arundinacea</i>	100	60 \pm 5,2	46 \pm 1,2	26 \pm 1,2
4	<i>Festuca pratensis</i>	100	61 \pm 4,3	37 \pm 7,5	27 \pm 5,2
5	<i>Lolium multiflorum</i>	100	57 \pm 2,4	53 \pm 1,3	37 \pm 2,2
6	<i>Agropyrum pectiniforme</i>	100	66 \pm 3,8	54 \pm 1,6	39 \pm 1,7
7	<i>Phleum pratense</i>	100	39 \pm 1,4	15 \pm 2,7	9 \pm 0,9
8	<i>Lolium perenne</i>	100	75 \pm 8,1	58 \pm 4,0	28 \pm 3,9
9	<i>Festuca rubra</i>	100	47 \pm 6,9	27 \pm 0,9	15 \pm 2,1
10	<i>Agrostis tenuis</i>	100	49 \pm 7,4	27 \pm 4,9	18 \pm 1,3

Для інтегральної оцінки стійкості злакових видів до алюмінію зважаючи на велику кількість тест-об'єктів, у дослідженнях був використаний кластерний аналіз, оснований на показниках довжини пагону. У результаті проведеного аналізу весь набір досліджуваних злакових видів розділився на три кластери (рис. 1) по лінії linkage distance = 20.

Дендрограма для 10 видів. Метод Варда. Евклідова відстань

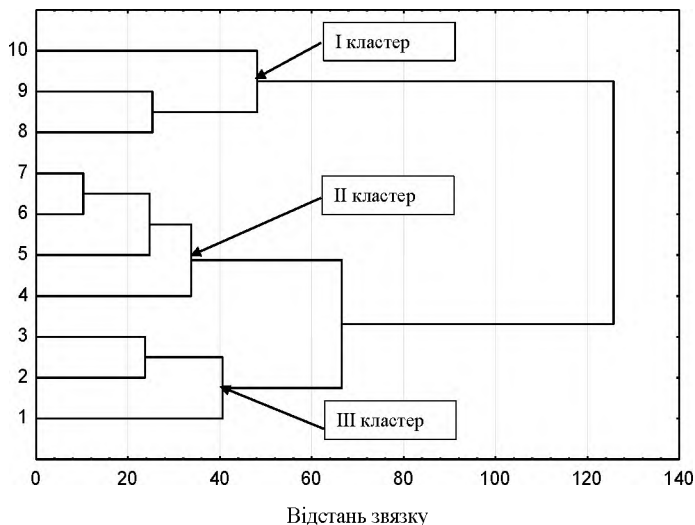


Рис. 1. Дендрограма розподілу десяти видів багаторічних злакових трав за алюмостійкістю (по лінії ординат: 1. *Agrostis tenuis*; 2. *Festuca rubra*; 3. *Phleum pratense*; 4. *Lolium multiflorum*; 5. *Festuca pratensis*; 6. *Festuca arundinacea*; 7. *Bromopsis inermis*; 8. *Lolium perenne*; 9. *Agropyrum pectiniforme*; 10. *Elytrigia intermedia*)

До першого кластеру, який характеризувався найбільшим середнім показником ІДП (77,1 %), увійшли три види: *L. perenne*, *A. pectiniforme* та *E. intermedia*. Види першого кластеру характеризувались найбільшою довжиною паростків, як в дистильованій воді, так і в робочих розчинах $AlCl_3$ порівняно з рештою видів (табл. 4).

Найбільшою групою виявився другий кластер, що складався з 4 видів злакових трав різного еколого-географічного походження, а саме *B. inermis*, *F. arundinacea*, *F. pratensis* та *L. multiflorum*. Середній показник ІДП по кластеру становив 53,7 %, що робить види, що до нього входили середньостійкими до токсичного впливу алюмінію на ювенільній стадії органогенезу.

Третій кластер був представлений групою видів злакових трав, які володіли найменшою силою росту паростків у різних стресорах. Такі види як *P. pratense*, *F. rubra* та *A. tenuis* мали найменші абсолютні показники розвитку як в контролі, так і водних розчинах $AlCl_3$.

4. Середні ростові параметри злакових трав різних кластерів у перерахунку на одну рослину

Кластер	Назва виду	Довжина паростку, мм	ІДП, %
1	<i>Elytrigia intermedia</i>	34,08 ± 9,13*	77,1
	<i>Agropyrum pectiniforme</i>	26,26 ± 7,14	
	<i>Lolium perenne</i>		
2	<i>Bromopsis inermis</i>	26,47 ± 6,58	53,7
	<i>Festuca arundinacea</i>		
	<i>Festuca pratensis</i>		
	<i>Lolium multiflorum</i>		
3	<i>Phleum pratense</i>	13,22 ± 3,12	45,5
	<i>Festuca rubra</i>	6,02 ± 2,10	
	<i>Agrostis tenuis</i>		

Примітка. * У чисельнику – контроль, у знаменнику – стрес-фактор.

При цьому депресія росту паростків під дією іонів алюмінію складала 54,5 %, що було найбільшим по досліді.

Таким чином, за результатами лабораторних скринінгових тестів на алломостійкість багаторічні трави можна поділити на наступні гомогенні групи варіювання за стійкістю до стресового фактору:

а) **Високостійкі**: пирій середній (*Elytrigia intermedia*), пажитниця багаторічна (*Lolium perenne*), житняк гребінчастий (*Agropyrum pectiniforme*), люцерна посівна (*Medicago sativa*), еспарцет піщаний (*Onobrychis arenaria*), лядвенець рогатий (*Lotus corniculatus*);

б) **Середньостійкі**: стоколос безостий (*Bromopsis inermis*), костриця лучна (*Festuca pratensis*), костриця очеретяна (*Festuca arundinacea*), пажитниця Вестервольдська (*Lolium multiflorum*), конюшина лучна (*Trifolium pratense*), козлятник східний (*Galega orientalis*);

в) **Слабостійкі**: костриця червона (*Festuca rubra*), мітлиця тонка (*Agrostis tenuis*), тимофіївка лучна (*Phleum pratense*), буркун білий (*Melilotus albus*).

Висновки. У результаті проведеного дослідження встановлено, що багаторічні трави мають широкий спектр генотипної різноманітності по реакції на стресовий вплив іонів алюмінію. З'ясовано, що незалежно від виду та місця зростання зразки бобових та злакових трав можуть мати різний рівень стійкості до даного стресового фактору. Серед вивченого матеріалу багаторічних трав виділено гомогенні групи варіювання за стійкістю до стресового фактору, які здатні функціонувати в екстремальних едафічних умовах.

Бібліографічний список

1. Балюк С. А. Ґрунтові ресурси України: стан і заходи їх поліпшення / С. А. Балюк // Вісник аграрної науки. – 2010. – № 6. – С. 6–7.
2. Дедов О. В. Декальцинація ґрунтів Вінниччини: проблема та перспективи її вирішення / О. В. Дедов // Наукові записки [Вінницького

державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського].
Серія: Географія. – 2014. – Вип. 26. – С. 72 – 76.

3. *Екологічні проблеми землеробства: навчальний посібник /* І. Д. Примак, Ю. П. Манько, Н. М. Рідей [та ін.]; за ред. І. Д. Примака. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 456 с.

4. *Климашевский Э. Л., Чернышева Н. Ф.* Генетическая вариабельность устойчивости растений к ионной токсичности (водорода и алюминия) в зоне корней: теория и практические аспекты // Сельскохозяйственная биология. 1980. Т. 15. № 2. С. 270 – 277.

5. *Косарева И. А., Дзюбенко Н. И., Дук О. В., Малышев Л. Л., Яковлева М. Ю.* Изменчивость Al- толерантности в роде *Melilotus* Mill // Сб. тезисов межд. конф. «Генетические ресурсы растений в XXI веке» СПб., 2007.

6. *Косарева И. А.* Скрининг сельскохозяйственных культур с целью обеспечения стабильности растениеводства / И. А. Косарева, Г. В. Давыдова, Е. В. Семенова, Е. В. Груздева // Научные проблемы создания новых сортов с.-х. культур, адаптированных к современным условиям производства и переработки: Матер, научн., сессии 21–22 июля 1998 г. – СПб. – 1998. – С. 13 – 15.

7. *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.

8. *Лисицын Е. М.* Методика лабораторной оценки алюмоустойчивости зерновых культур // Докл. РАСХН. 2003. № 3. С. 5–7.

9. *Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України.* – К.: ТОВ «ВИК-ПРИНТ», 2010. – 111 с.

*Надійшла до редколегії 16. 11. 2017 р.
Рецензент Н. Я. Гетман, доктор сільськогосподарських наук*