

В. М. Горенський, аспірант

В. Д. Бугайов, к.с.-г.н.

Інститут кормів та сільського господарства Поділля НААН України

Наведено результати оцінки алюмоустійкості лабораторним способом 48 колекційних сортозразків люцерни посівної і мінливої різного еколого-географічного походження за індексом довжини зародкового кореня та паростка. Виділено зразки з високою та середньою стійкістю на початковому (ювенільному) етапі росту, які можуть бути використані у подальшій селекційній роботі при створенні сортів толерантних до кислотності ґрунту.

Ключові слова: люцерна, алюмоустійкість, лабораторний спосіб, колекційні сортозразки, кислотність ґрунту, насіннева продуктивність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Алюміній найпоширеніший метал у земній корі, на його долю припадає 8% її маси [1]. Не дивлячись на те, що вміст цього елемента в рослинах становить близько 200 мг/кг сухої речовини [2], а деякими дослідниками доведено стимулюючий ефект на ріст паростків [3], токсичність рухливих іонів Al^{3+} є основним фактором, що знижує продуктивність сільськогосподарських культур при вирощуванні їх на кислих ґрунтах [4-6]. Токсичний ефект дії ґрунтової кислотності, обумовлений іонами водню, значно менший, порівняно з рухомими формами алюмінію [7, 8]. Генетична та хромосомна локалізація генів стійкості до алюмінію найширше вивчена у зернових культур (пшениця, жито, тритикале, ячмінь, овес) [9, 10]. У результаті появились сорти стійкі до токсичності алюмінію на кислих ґрунтах. У бобових культур також проводяться дослідження з даного напрямку (соя, горох, конюшина, частково люцерна) [11, 12]. У люцерни виявлено, що стійкість до алюмінію знаходиться під генетичним контролем, однак не виявлені специфічні гени, що відповідають за дану ознаку [7].

Лабораторний спосіб оцінки алюмоустійкості базується на оцінці індексу довжини кореня (ІДК) культури, що вивчається, на стресових фонах трихлористого алюмінію ($AlCl_3$) до контролю (дистильована вода рН 6,0). Багато авторів відзначають позитивну кореляцію між оцінкою різних культур на толерантність до кислотності ґрунту в польових умовах і їх лабораторного скринінг-тесту. Відмічено ефективність відбору зразків високостійких до алюмінієвої токсичності та рослин регенерантів, відібраних і вирощених на відповідних стресових фонах, для створення стійких до кислотності ґрунту сортів рослин. Встановлено також вплив місця походження сорту на його ювенільну (паросткову) алюмоустійкість – сорти із північних широт планети та з країн, у яких великі площі займають кислі ґрунти, в більшості випадків характеризуються високою стійкістю до алюмінію [13-16]. Більшість досліджень вище згаданих авторів були спрямовані на роботу з культурами, які є більш толерантними до токсичності Al^{3+} , що змусило їх використовувати більші кон-

центрації розчину хлориду алюмінію (1-1,5 г/л, зрідка 0,5 та 1,75 г/л $AlCl_3$). У той же час при прощуванні люцерни та визначенні індексу довжини кореня (ІДК) майже не відмічалось суттєвої різниці на концентраціях 1 та 1,5 г/л $AlCl_3$ (корені паростків були пригнічені в однаковій мірі, або різниця знаходилась в межах десятих частин міліметра). У зв'язку з цим, для більш чіткої диференціації сортів люцерни за рівнем алюмоустійкості на початковому етапі росту, нами запропоновано розширити концентрацію розчинів трихлористого алюмінію (0,25; 0,5; 0,75; 1,0 г/л). Відповідно оформлена заявка на винахід (№ а 2014 03961 від 14.04.2014 р.).

Вихідний матеріал, методика та умови дослідження. У дослідженнях використано 48 колекційних сортозразки різного еколого-географічного походження, які були проаналізовані в лабораторних умовах відділу селекції кормових культур Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН. Для визначення алюмоустійкості люцерни використано концентрації робочого розчину – 0,25; 0,5; 0,75 та 1 г/л $AlCl_3$ (або в ммоль/л це становить 1,87; 3,7; 5,6 та 7,5), що відповідає концентрації іонів Al^{3+} в розчині 5, 10, 15 та 20 мг/л або 0,38; 0,74; 1,13 та 1,5 ммоль/л, відповідно. На концентраціях 0,25 і 0,5 показник рН становив 4,2-4,3 та на 0,75 і 1 г/л – 3,9-4,0. Для аналізу алюмоустійкості на кожній концентрації відбирали 30 насінин одного розміру (вирощених в однакових умовах), потім розміщували їх у чашках Петрі на зволжених відповідними розчинами 2-х шарах фільтрувального паперу згідно методики стандартного визначення лабораторної схожості та енергії проростання насіння [17]. Для досліджень використано хлористий алюміній (ЧДА) російського виробництва, якість якого відповідає вимогам ГОСТ 3759-75. Температура пророщування – 18°C (на 2°C менше за стандартну). Вимірювання довжини корінця та паростка проводилося на 7-й день. Індекс довжини кореня (ІДК) та індекс довжини паростка (ІДП) визначали шляхом відношення довжини кореня (паростка) на концентраціях хлориду алюмінію до довжини кореня (паростка) на контролі (дистильована вода), (повторність 3-х разо-

ва). Розподіл за групами стійкості проводили за | такою класифікацією (табл. 1).

Таблиця 1

Класифікація ступенів алюмостійкості люцерни за ІДК на концентраціях $AlCl_3$, %

Показник стійкості	Концентрація $AlCl_3$, г/л			
	0,25	0,5	0,75	1
Висока	>100	>50	>40	>35
Середня	90-100	40-50	30-40	25-35
Низька	<90	<40	<30	<25

Згідно наведеної класифікації до високостійких (за ІДК) відносили зразки, які проявили високу стійкість на 4-х концентраціях, або високу і середню, а головне стабільну (без різких змін) на 3-4-х концентраціях; середньостійкими – зразки у яких виявлено середню стійкість на 3-4-х концентраціях, або низьку на 0,25 і середню на концентраціях 0,5-0,75 г/л $AlCl_3$ та із змінами полярності росту (у частини паростків корені розміщені не на фільтрувальному папері, а направлені вгору та мають дещо більшу довжину ніж ті, що контактують з розчином), на концентраціях 0,75-1,0 г/л, але за умови прояву високої стійкості на концентраціях 0,25-0,5; до малостійких – з низькою стійкістю на 3-4 концентраціях із змінами полярності росту на 0,5-1,0, або з проявом високої стійкості на 0,25-0,5 та низької - 0,75-1,0 чи середньої стійкості на концентраціях 0,25-0,5 і низької на 0,75-1,0 г/л $AlCl_3$.

Для зменшення обсягу робіт з оцінки алюмостійкості можна скористатись показниками ІДК двох концентрацій – 0,5 та 0,75 г/л $AlCl_3$, згідно яких високостійкими вважаються зразки з проявом високої стійкості на обох концентраціях.

Для перевірки результатів лабораторної оці-

нки алюмостійкості на природному фоні було проведено закладку досліду в 2013 р. на полях Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН. Ґрунти – сірі опідзолені з показником рН сольової витяжки 4,8-4,9 та гідролітичною кислотністю 2,8-3,1 мг/екв. на 100 г ґрунту.

Закладку колекційного розсадника проводили літнім безпокровним широкорядним способом сівби (45 см), залікова площа ділянки 3 м², повторність дворазова. Для обліку врожаю насіння використовувався перший укіс. За стандарт взято сорт Синюха, створений в Інституті кормів та сільського господарства Поділля НААН, який відзначається толерантністю до кислотності ґрунту при рН 5,0-5,5.

Польові дослідження, спостереження, обліки та вимірювання проводились згідно методичних вказівок [18-21].

Результати дослідження. За результатами лабораторних досліджень з оцінки алюмостійкості люцерни виявлено відповідний розподіл колекційних сортозразків за групами стійкості на використаних концентраціях хлористого алюмінію (табл. 2.)

Таблиця 2

Розподіл колекційних сортозразків за показниками стійкості (ІДК) відповідно до концентрацій $AlCl_3$ (шт.)

Показник стійкості	Концентрація $AlCl_3$, г/л			
	0,25	0,5	0,75	1
Висока	20	27	14	6
Середня	7	16	17	25
Низька	21	5	17	17

Згідно отриманих даних на концентрації 0,25 г/л $AlCl_3$ в 20 колекційних сортозразків відмічається стимулювання росту кореневої системи на перших етапах росту та розвитку, особливо у високостійких номерів (табл. 3). У 7 зразків отримано результати ІДК 90-100 % та у 21-го <90 %, відповідно з проявом середньої та низької стійкості (подібні результати отримано при вирощуванні на рулонах).

Згідно наведеної класифікації на ювенільному етапі росту рослин високостійкими виявились колекційні сортозразки: Саратовська-1, Севані-1 (РФ); Оахаса (Мексика); Vertibenda (Німеччина); Mega (Швеція); JJ Paso, Selecton Manfredi, Villigar (Аргентина); Magalie (Франція); Месопотамська (Ірак); Монгольська строкатогібридна (Монголія) та стандартний сорт Синюха.

Середня стійкість за ІДК спостерігалась у 16 зразків: Белгородська-86 (РФ); Регіна, Зарниця

(Україна); Комерційна 2-52-75 (Великобританія); Kisvardai (Угорщина); Перувианська опушена (Перу); Sabit, Hubrid Milfenie (Франція); Вахшська 233 (Таджикистан); WL 508, Washol (США); Moremmona (Італія); Avasliol, Local de Calchin, Місцева (Аргентина) та Місцева з Азербайджану.

Щодо індексу довжини паростка не виявлено чіткої диференціації досліджуваних сортозразків за їх алюмостійкістю (табл. 3).

З метою оцінки ефективності запропонованого лабораторного способу оцінки алюмостійкості колекційних сортозразків були проведені польові дослідження на природному фоні підвищеної кислотності ґрунту. Враховуючи значний негативний вплив таких умов на формування плодоеlementів, як індикатор стійкості рослин люцерни на такому фоні взято рівень насінневої продуктивності [22, 23]. Результати досліджень представлені в табл. 4.

Таблиця 3

Результати визначення ювенільної алюмоустійкості колекційних сортозразків люцерни

№ п/п	Назва зразка	Походження	Індекс довжини кореня (ІДК)				Індекс довжини паростка (ІДП)			
			Розчини AlCl ₃ г/л				Розчини AlCl ₃ г/л			
			0,25	0,5	0,75	1,0	0,25	0,5	0,75	1,0
Високостійкі										
1	Синюха (St)	Україна	105±4	60±9	50±7	30±1	110±2	89±2	86±7	48±2
2	Саратовська-1	РФ	145±1	94±17	68±2	31±2	117±3	108±1	95±1	60±4
3	Севані-1	РФ	137±3	58±7	47±5	31±8	94±4	88±1	60±3	45±17
4	Оахаса	Мексика	147±9	90±6	47±1	42±4	124±1	108±6	104±1	92±1
5	Vertibenda	Німеччина	118±7	88±3	59±1	35±1	125±8	96±10	75±8	68±9
6	Mega	Швеція	123±2	65±20	53±8	35±1	114±5	89±7	93±1	89±5
7	JJ Paso	Аргентина	119±4	62±13	43±7	37±3	109±1	84±10	69±12	81±1
8	Selecton Manfredi	Аргентина	90±3	71±3	48±4	28±2	119±3	111±2	100±6	80±10
9	Villigar	Аргентина	100±4	52±13	52±13	42±5	100	75±4	75±2	65±5
10	Magalie	Франція	100±4	66±8	43±2	28±2	113±1	117±9	108±7	100±2
11	Месопотамська	Ірак	67±2	47±2	47±2	40±1	76±3	72±6	66±13	52±9
12	Монгольська строкатогібридна	Монголія	82±8	53±2	53±2	47±2	85±2	81±1	85±2	73±10
Середньостійкі										
13	Білгородська-86	РФ	109±5	72±1	36±4	27±9*	124±1	108 ±1	108±1	64±2
14	Регіна	Україна	94±2	66±3	33±3	27±1	130±2	104±1	95±1	47±1
15	Зарниця	Україна	138±7	66±1	33±7	33±7	126±2	113±3	104±4	78±2
16	Комерційна 2-52-75	Великобританія	95±1	57±1	38±1	33±2	106±8	82±10	74±7	40±8
17	Перуванська опушена	Перу	100±8	59±2	36±2	32±6	122±4	111±5	100	107±9
18	Hybrid Milfenie	Франція	58±5	47±3	58±1	29±9	96±10	72±2	72±4	44±2
19	Washol	США	75±2	46±7	33±1	17±1	97±12	90±3	103±1	48±8
20	Local de Calchin	Аргентина	71±1	47±10	41±7	29±4	93±1	82±2	61±5	50±7
21	Місцева	Аргентина	52±8	37±3	32±4	26±2	113±6	83±5	70±2	83±8
Малостійкі										
22	Унітро	Україна	112±6	58±5	23±2	17±1	99±1	88±2	67±3	53±2
23	Nizona	Куба	76±2	43±3*	33±5*	23±4*	118±5	111±5	96±1	85±1
24	Liguen	Чілі	100	91±13	43±14	26±4	26±1	100	113±2	130±4

Примітка * - зміна полярності росту

Таблиця 4

Характеристика колекційних сортозразків за насінневою продуктивністю на фоні підвищеної кислотності ґрунту рН 4,8-4,9 (2014 р.)

№ п.п	Назва зразка	Походження	Номер національного каталогу	Урожайність насіння		
				г/м ²	до St, +/-	до St, %
1	St Синюха	Україна	UJ0700134	31,28	0	100
2	Саратовська-1	Росія	UJ0700186	19,76	-11,52	63
3	Севані-1	Росія	UJ0700189	51,58	20,3	165
4	Оахаса	Мексика	UJ0700371	30,9	-0,38	99
5	Vertibenda	Німеччина	UJ0700390	9,36	-21,92	30
6	Mega	Швеція	UJ0700365	35,14	3,86	112
7	JJ Paso	Аргентина	UJ0700364	60,32	29,04	193
8	Selecton Manfredi	Аргентина	UJ0700336	48,8	17,52	156
9	Villigar	Аргентина	UJ0700361	23,34	-7,94	75
10	Magalie	Франція	UJ0700381	38,36	7,08	123
11	Месопотамська	Ірак	UJ0700428	38,54	7,26	123
12	Монгольська строкатогібридна	Монголія	UJ0700188	55,62	24,34	178
13	Білгородська-86	Росія	UJ0700185	68,74	37,46	220
14	Регіна	Україна	UJ0700031	17,4	13,88	56
15	Зарниця	Україна	UJ0700007	12,16	-19,12	39
16	Комерційна 2-52-75	Великобританія	UJ0700195	44,42	13,14	142
17	Перуванська опушена	Перу	UJ0700414	37,46	6,18	120
18	Hybrid Milfenie	Франція	UJ0700346	14,16	-17,12	45
19	Washol	США	UJ0700404	64,24	32,96	205
20	Local de Calchin	Аргентина	UJ0700356	9,72	-21,56	31
21	Місцева	Аргентина	UJ0700338	44,46	13,18	142
22	Унітро	Україна	UJ0700392	17,16	-14,12	55
23	Nizona	Куба	UJ0700368	11,96	-19,32	38
24	Moremmona	Італія	UJ0700344	21,62	-9,66	69
НІР 0,05				1,71		

Згідно одержаних даних сортозразки, що виділились за високим рівнем алюмоустійкості в лабораторних умовах 75 % (9 з 12 шт.) і середнім 25 % (4 з 16) сформували вищу урожайність насіння на 12-105 % (+3,86-37,46 г/м²), порівняно до стандартного сорту. Зокрема: Комерційна 2-52-75 (Великобританія); Севані-1, Белгородська-86 (РФ); Мега (Швеція); JJ Paso, Selecton Manfredi, місцева (Аргентина); Перувианська опушена (Перу); Magalie (Франція); Месопотамська (Ірак); Монгольська строкатогібридна (Монголія); Washol (США). У стандартного сорту урожайність насіння становила 31,28 г/м². Частина зразків хоч і показала високу чи середню алюмоустійкість в лабораторних умовах на початковому етапі росту, в польових умовах сформувала значно нижчий урожай насіння.

Висновки. За результатами досліджень 48 колекційних сортозразків люцерни посівної та мінливої модифікованим способом оцінки алюмоустійкості за індексом довжини кореня (ІДК) виділені 12 високостійких та 16 із середньою стійкістю до токсичної дії іонів алюмінію на ювенільному (паростковому) етапі росту і розвитку рослин.

Проведена оцінка насінневої продуктивності досліджуваних сортозразків в польових умовах на природному фоні з підвищеною кислотністю ґрунту (рН 4,8-4,9) підтвердила ефективність використання такого способу в селекції. Серед виділених сортозразків з високою стійкістю 75 % та середньою - 25 % сформували врожай насіння на 12-105 % (+3,86-37,46 г/м²) більше порівняно до стандартного сорту Синюха.

Список використаної літератури:

1. Fitz Patrick E.A. An introduction to soil science / Fitz Patrick E.A. – N.Y., 1986. – 55 p.
2. Kabata - Pendias A. Trace elements in soils and plants / Kabata-Pendias A., Pendias Boca Raton H. – Florida. – 1986. – 67 p.
3. Schier G.A. Stimulatory effects of aluminum on growth of sugar maple seedlings / G.A. Schier, C.J. Mc Quattie // J. Plant Nutrit. – 2002. – № 25(11). – P. 2583-2589.
4. Драгавцев В. А. Физиологические основы селекции растений / [Драгавцев В. А., Удовенко В. А., Батыгин Н. Ф. и др.] – СПб. : ВИР, 1995. – Т. 2. – 291 с.
5. Климашевский Э. Л. Генетический аспект минерального питания / Климашевский Э. Л. – М. : Агропромиздат, 1991. – 415 с.
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. Климов С. В. Селекция сельскохозяйственных культур на устойчивость к кислотности почвы / С. В. Климов // Сельское хозяйство за рубежом. – 1984. – №10. – С. 18-22.
8. Campbell T. A. Diallel analysis of tolerance to aluminium in alfalfa / T. A. Campbell, Z. L. Xia, P. R. Jackson // Euphytica. – 1993/1994. – Volume 72. – Issue 3. – P. 157-162.
9. Жученко А. А. Роль гетерозиса в эволюции и селекции растений / А. А. Жученко // Гетерозис с.-х. растений : международный симпозиум (1-5 декабря 1997). – М., 1997. – С. 183-187.
10. Aniol A. Chromosome location of genes controlling aluminum tolerance in wheat, rye, and triticale / A. Aniol, J. P. Gustafson // Can. J. Genet. Cytol. – 1984. – № 26. – P. 701-705.
11. Bouton J.H. Screening the alfalfa core collection for acid soil tolerance / J.H. Bouton // Crop Sci. – 1996. – № 36. – P. 198-200.
12. Zhang Xianguang Genetic variability and inheritance of aluminium tolerance as indicated by long root regrowth in lucerne (*Medicago sativa* L.) / Xianguang Zhang, Alan Humphries, Geoff Auricht // Euphytica. – September 2007. – Volume 157. – Issue 1-2. – P. 177-184.
13. 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.
14. Яковлева О. В. Генетические основы устойчивости к токсичным ионам алюминия у разных видов злаков / О. В. Яковлева, А. М. Капешинский // Труды ВИР по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2012. – Т. 170. – С. 46-58.
15. Тумасова М. Щ. Селекция клевера лугового на алюмотолерантность / М. Щ. Тумасова, Н. А. Демшина, М. Л. Грипась, О. Л. Онучина // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – III. – Киров. – 2006. – С. 34-38.
16. Лисицын Е. М. Влияние места репродукции сорта на его потенциальную алюмоустойчивость / Е. М. Лисицын, И. И. Лисицына // Сельскохозяйственная биология. Сер. Биология растений. – 2008. – N 5. – С. 58-64.
17. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості ДСТУ 4138-2002. – [Чинний від 2004-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України. – 2003. – 170 с.
18. Жаринов В. И. К методике оценки исходного материала при селекции люцерны на повышение семенной продуктивности / В. И. Жаринов // Новые методы создания и использования исходного материала для селекции растений. – К. : Наукова думка, 1979. – С. 233-242.
19. Константинова А. М. Методика селекции многолетних трав / А. М. Константинова, П. А. Воцинин, А. С. Новоселова – М., 1969. – 108 с.
20. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под ред. Малова Л. И. – М. : Сельхозиздат, 1963. – 303 с.

21. Методика проведення експертизи сортів люцерни посівної, л. мінливої (*Medicago sativa* L. M., M. x varia Martyn) на відмінність, однорідність і стабільність / Адаптовано: Андрющенко А. В., Кривицький К. М., Веселовська О. Б. – 2010. – 18 с.

22. Бугайов В. Д., Мамалига В. С., Горенський В. М., Максимов А. М. Оцінка та створення вихідного матеріалу для селекції люцерни в умовах підвищеної кислотності ґрунтів / Збірник наукових праць Фактори експериментальної еволюції організмів. – К. – 2014. – том 15. – С. 153-155.

23. Бугайов В. Д. Методы эдафической селекции люцерны / В. Д. Бугайов, В. С. Мамалыга, А. Н. // Максимов тезисы докладов III вавиловской международной конференции «Идеи Н.И. Вавилова в современном мире». – Санкт-Петербург, 2012. – С. 263-264.

ЛАБОРАТОРНЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ АЛЮМОУСТОЙЧИВОСТИ ЛЮЦЕРНЫ

В. М. Горенский, В. Д. Бугайов

Приведены результаты оценки алюмоустойчивости лабораторным способом 48 коллекционных сортообразцов люцерны посевной и изменчивой различного эколого-географического происхождения по индексу длины зародышевого корешка и ростка. Выделены образцы с высокой и средней устойчивостью на начальном (ювенильном) этапе роста, которые могут быть использованы в дальнейшей селекционной работе при создании сортов, толерантных к кислотности почвы.

Ключевые слова: люцерна, лабораторный метод, коллекционные сортообразцы, кислотность почвы, алюмоустойчивость, семенная продуктивность.

LABORATORY METHOD OF EVALUATION THE ALU STABILITY OF ALFALFA

V. M. Horensky, V. D. Buhaiov

The results of evaluation the alu stability using laboratory method of 48 collection samples – variable and sown alfalfa of different eco-geographical origin on the index length of embryonic root and stem are presented. The samples are allocated with high and medium resistance to initial (juvenile) stage of growth, which can be used in the further breeding work in creating varieties that are tolerant to soil acidity.

Keywords: alfalfa, laboratory method, collectible varieties samples, soil acidity, alu resistance, seed production.

Надійшла до редакції: 16.09.2014 р.

Рецензент: Подгаєцький А.А.