

УДК 632.954
© 2001

З.М. Грицаєнко,
доктор сільсько-
господарських наук
Уманська державна
аграрна академія

МЕХАНІЗМ ДІЇ ГЕРБІЦИДІВ НА ЧУТЛИВІ Й СТІЙКІ ДО НИХ РОСЛИНИ ЗАЛЕЖНО ВІД УМОВ ЗАСТОСУВАННЯ ПРЕПАРАТІВ

Висвітлено закономірності фізіолого-біохімічних процесів у рослинах пшениці озимої, кукурудзи та бур'янів під впливом гербіцидів залежно від ґрунтових умов, ступеня чутливості рослин до препаратів, доз, строків і способів їх внесення.

В Уманській державній аграрній академії проводять дослідження з вивчення дії гербіцидів на фізіолого-біохімічні процеси в культурних рослинах і бур'янах, анатомічну будову їх органів і тканин залежно від умов застосування препаратів — механічного складу ґрунту, наявності в ньому поживних елементів і гумусу, погодних умов, доз, строків і способів внесення хімічних препаратів. Дослідження проводили в лабораторних, вегетаційних, лізіметричних, польових і виробничих умовах Уманської державної аграрної академії і навчально-дослідного господарства «Родниківка» та в господарствах Черкаської, Вінницької, Кіровоградської областей.

Досліди проводили на чорноземах опідзолених важкосуглинкових з показниками: вміст гумусу за Тюрнімом в орному шарі 3–6%, рН сольової витяжки 6–6,5; гідролітична кислотність 2,3–5 мг-екв/100 г ґрунту; насиченість основами 90–94%, вміст рухомого фосфору за Труогом 12–15 мг/100 г ґрунту, обмінного калію за Бровкіною — 9–11 мг, легкогідролізуючого азоту за Тюрнімом і Кононовою — 4,9–5,4 мг, а також на сірих опідзолених середньосуглинкових ґрунтах із вмістом гумусу 0,9–2,3%, рН сольової витяжки 4,8–5,2, гідролітична кислотність — 2,7–3,6 мг-екв/100 г ґрунту, ступінь насиченості основами — 83–84%, рухомого фосфору — 4–5 мг, обмінного калію — 16,8–18,7 мг/100 г ґрунту.

Погодні умови у роки проведення дослідів відрізнялись значними коливаннями за кількістю опадів — як за рік у цілому (460–715 мм), так і за вегетаційний період (228–461 мм).

Агротехніка вирощування культур загальноприйнята для даної зони. Обприскування проводили ранцевим («Автоматс») і тракторними (ГАН-8, ГАН-10, ПОУ, ОПШ-15) обприскувачами суцільним і стрічковим способами однокомпонентними препаратами і сумішками гербіцидів під передпосівну культивуацію, після посіву культури і по сходах рослин у різні фази їх розвитку.

Повторення дослідів: вегетаційних — 6-разове, лізіметричних — 4-, польових і виробничих — 3-разове.

Визначення вмісту амінокислот, у тому числі незамінних, у рослинних зразках проводили за допомогою одномірної хроматографії на папері, азоту за ГОСТ 13496.4–84, загального, органічного, мінерального азоту і їх фракцій — за Н.М.Городнім та ін. [1], фосфору — за ГОСТ 26657–85, органічного і неорганічного фосфору, а також фосфору різних фракцій — за Огаром і Розеном [2], Е.С. Багінським та ін. [3].

У результаті проведених досліджень встановлено, що одні й ті самі гербіциди діють по-різному на обмін речовин залежно від доз, строків та способів їх застосування, ступеня чутливості рослин до хімічних препаратів, ґрунтових і погодних умов.

При внесенні 2,4-ДА по сходах кукурудзи у фазі 3–5 листків і початкових фазах розвитку у чутливих до гербіциду бур'янів (шириця звичайна, лобода біла, осот рожевий) значно змінювались азотний, фосфорний і вуглеводний обміни за всіх випробуваних доз гербіциду (0,5–4 л/га). Так, рівень зміни обміну речовин був різним залежно від ступеня чутливості бур'янів до гербіциду і доз препарату. У шириці звичайної, найбільш чутливої до похідних 2,4-Д, через добу після обробки значно зростає вміст амінокислот і амідів у листках рослин з підвищенням доз гербіциду до 2 л/га (табл. 1), тоді як загальний вміст азоту в листі рослин за цих доз був нижчим, ніж на контролі. При цьому зменшення загального вмісту азоту відбувалося за рахунок його органічної форми, вміст мінерального азоту значно підвищувався, що свідчить про уповільнення надходження азоту із ґрунту в рослини, гальмування процесу перетворення мінеральних сполук азоту на органічні і про збільшення вмісту амінокислот не за рахунок їх синтезу, а за рахунок посилення процесу розкладання білків під впливом хімічного агента.

При дозах гербіциду понад 2 л/га вміст амінокислот і амідів у листках шириці звичайної через добу після внесення препарату різко зменшувався. Одночасно зменшувався вміст загального азоту: у 1,7 раза при дозі 3 л/га і в 1,5 раза при дозі 4 л/га водночас із різким зниженням у листках рослин органічного й мінерального азоту, редукованих цукрів і олеосахаридів.

Під дією 2,4-ДА в рослинах шириці звичайної відбувалися також значні зміни у фосфорному обміні. Через добу після внесення гербіцидів у листках зменшувався загальний вміст фосфору, а також його мінеральної форми, що свідчить про уповільнення поглинання фосфору корінням рослин із ґрунту під дією гербіциду. При цьому зменшувалась кількість нуклеотидів, фосфатно-ліпідних і білкових сполук, що відіграють важливу роль в енергетичних процесах рослин. Водночас вміст нуклеїнових кислот збільшувався, у зв'язку з чим підвищувався і вміст органічного фосфору. З цим, можливо, пов'язаний посилений поділ клітин камбію і як результат — аномальні зміни в морфологічній і анатомічній будові органів і тканин чутливих до 2,4-Д дводольних рослин.

1. Вміст вільних амінокислот у листі шириці жминдовидної через добу після внесення 2,4-ДА в початковій фазі її розвитку в посівах кукурудзи, вирощуваної на сірих опідзолених ґрунтах з вмістом гумусу 1,3%, мг/г сухої речовини

Амінокислота	Контроль	Доза гербіциду, л/га				
		0,5	1	2	3	4
Цистеїн	0,8	1,4	1,6	1,3	0,6	0,4
Лізин	0,6	0,8	0,8	0,7	0,5	0,3
Гістидін	1,1	1,7	1,6	1,7	0,9	0,7
Аспарагін	7,9	11,3	12,1	12,0	6,3	6,0
Аспарагінова кислота	6,4	6,9	7,9	8,1	4,7	3,2
Глутамін	8,0	10,1	10,9	12,0	7,3	6,3
Аргінін	1,3	1,4	1,7	1,5	1,3	1,0
Серін	1,5	1,3	1,4	1,6	1,5	1,3
Гліцин	0,6	0,7	0,5	0,5	0,3	0,4
Глутамінова кислота	7,3	8,4	9,8	10,1	6,4	5,4
Треонін	0,9	1,4	1,6	1,4	0,6	0,4
α-аланін	5,8	6,1	7,5	7,3	5,3	4,0
Пролін	0,4	0,7	0,8	0,5	0,3	0,3
Тирозин	0,7	0,7	0,9	0,6	0,4	0,5
Триптофан	0,6	0,8	0,6	0,4	0,3	0,3
Метіонін	0,7	0,8	0,9	0,8	0,5	0,5
Валін	0,6	0,6	0,7	0,6	0,4	0,3
Фенілаланін	0,7	0,8	0,7	0,7	0,4	0,5
Лейцин	0,9	0,9	1,0	0,8	0,6	0,5
Сума амінокислот + амідів, %	100,0	121,4	134,6	133,8	82,5	68,3
» амінокислот, %	100,0	114,6	129,4	124,9	80,9	63,7
» амідів, %	100,0	134,6	144,6	150,9	5,5	77,4
» незамінних амінокислот, %	100,0	122,0	126,0	108,0	66,0	56,0

В осоту рожевого, менш чутливого до похідних 2,4-Д, ніж шириця звичайна, азотний та вуглеводний обміни порушувались аналогічно характеру змін в листках шириці звичайної, проте порушення були менш вираженими.

У рослин кукурудзи, вирощуваних на сірих опідзолених ґрунтах і оброблених гербіцидом у фазі 3–5 листків, через добу та через 5 днів після внесення 2,4-ДА при дозах препарату 0,5–2 л/га збільшувався порційно до доз вміст амінокислот (табл. 2), особливо дикарбонових (аспарагінової і глутамінової), що може свідчити про сприятливий вплив 2,4-ДА в цих дозах на процес фотосинтезу рослин кукурудзи, в результаті якого утворюється НАДФ-Н, необхідний для синтезу глутамінової кислоти, збільшувався в листі вміст гетероциклічних амінокислот, а також вміст незамінних амінокислот, у тому числі лізину, що відіграє першорядну роль у явищах спадковості.

порційно до доз вміст амінокислот (табл. 2), особливо дикарбонових (аспарагінової і глутамінової), що може свідчити про сприятливий вплив 2,4-ДА в цих дозах на процес фотосинтезу рослин кукурудзи, в результаті якого утворюється НАДФ-Н, необхідний для синтезу глутамінової кислоти, збільшувався в листі вміст гетероциклічних амінокислот, а також вміст незамінних амінокислот, у тому числі лізину, що відіграє першорядну роль у явищах спадковості.

2. Вміст вільних амінокислот у листі кукурудзи, вирощуваної на сірих опідзолених ґрунтах із вмістом гумусу 1,3%, через добу після внесення 2,4-ДА у фазі 3–5 листків, мг/г сухої речовини

Амінокислота	Контроль	Доза гербіциду, л/га				
		0,5	1	2	3	4
Цистеїн	0,8	0,9	0,9	1,0	0,7	0,8
Лізин	0,6	0,9	1,0	1,1	0,7	0,5
Гістидін	0,9	1,3	1,5	1,8	0,9	0,7
Аспарагін	4,0	4,0	4,3	4,3	4,8	4,8
Аспарагінова кислота	4,9	6,3	6,8	7,0	4,9	5,1
Глутамін	5,1	5,3	5,0	6,2	6,0	5,8
Аргінін	1,0	1,4	1,7	1,6	1,7	1,4
Серін	1,2	1,2	1,3	1,3	0,8	0,7
Гліцин	0,8	0,8	0,9	1,0	0,5	0,6
Глутамінова кислота	5,8	6,7	6,7	7,3	6,1	5,4
Треонін	0,6	0,6	0,8	0,9	0,6	0,5
α-аланін	3,2	3,4	3,4	3,4	2,6	2,8
Пролін	1,1	1,7	1,6	1,7	1,8	1,7
Тирозин	0,5	0,7	0,7	0,8	0,5	0,4
Триптофан	0,7	1,2	1,4	1,4	0,8	0,8
Метіонін	0,7	0,8	0,8	0,9	0,5	0,6
Валін	0,5	0,7	0,8	0,8	0,5	0,5
Фенілаланін	0,7	0,8	0,9	0,9	0,5	0,5
Лейцин	0,8	0,9	1,0	0,9	0,4	0,4
Сума амінокислот + амідів, %	100,0	116,8	122,4	130,7	104,1	100,3
» амінокислот, %	100,0	122,2	129,8	136,3	98,8	94,4
» амідів, %	100,0	102,2	102,2	115,4	118,7	116,5
» незамінних амінокислот, %	100,0	128,3	145,7	150,0	87,0	82,6

3. Вміст азоту в листі кукурудзи, вирощуваної на сірих опідзолених ґрунтах з вмістом гумусу 1,3%, після внесення 2,4-ДА в фазі 3–5 листків, мг/г сухої речовини

Варіант досліджу	Через добу						Через 5 днів					
	загальний		мінеральний		органічний		загальний		мінеральний		органічний	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	51,9	100,0	21,0	100,0	30,9	100,0	52,6	100,0	20,8	100,0	31,8	100,0
2,4-ДА, л/га												
0,5	52,8	101,7	21,6	102,9	31,2	101,0	54,8	104,2	21,6	103,8	33,2	104,4
1	60,5	116,6	26,4	125,7	34,1	110,4	59,9	113,9	24,1	115,9	35,8	112,6
2	56,8	109,4	25,0	119,0	31,8	102,9	53,5	101,7	21,6	103,8	31,9	100,3
3	50,0	96,3	21,5	102,4	28,5	92,2	50,6	96,2	20,1	96,6	30,5	95,9
4	41,2	79,4	20,3	99,5	20,9	67,6	48,2	91,6	20,0	96,2	28,3	88,7

Збільшувався в листі кукурудзи і вміст органічної та мінеральної форм азоту (табл. 3), активізувався фосфорний обмін — підвищувався вміст загального, в тому числі органічного фосфору, що в цілому сприяло підвищенню рівня життєдіяльності рослин і формуванню високих урожаїв кукурудзи. Водночас 2,4-ДА у дозах 3–4 л/га спричиняло зниження загальної кількості амінокислот на 12% при дозі 3 л/га та на 5,6% при дозі 4 л/га (табл. 2), а також загального

вмісту азоту і фосфору відповідно на 3,7 та 4,5% при 3 л/га і на 20,6 та 10,2% при 4 л/га (табл. 3, 4). При внесенні 2,4-ДА в фазі виходу в стебло, обмін речовин в листках кукурудзи також порушувався при всіх дозах препарату, крім 0,5 л/га. Вже через добу в листі на 13,4–32,2% зменшувалась загальна кількість амінокислот при збільшенні на 5,7–19,5% вмісту амідів (табл. 5), що може свідчити про мобілізацію захисних функцій рослин кукурудзи проти дії хімічного агента.

4. Вміст фосфору в листі кукурудзи, вирощуваної на сірих опідзолених ґрунтах з вмістом гумусу 1,3%, через добу після внесення 2,4-ДА в фазі 3–5 листків, мг P_2O_5 /г сухої речовини

Варіант досліджу	Загальний		Мінеральний		Нуклеотидний		Ліпідний		Нуклеїнових кислот		Білковий		Сума органічного	
	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%	мг	%
Контроль	6,05	100,0	2,08	100,0	1,07	100,0	0,89	100,0	1,03	100,0	0,98	100,0	3,97	100,0
2,4-ДА, л/га														
0,5	6,21	102,6	2,12	101,9	1,11	103,7	0,91	102,2	1,05	101,9	1,02	104,1	4,09	103,0
1	6,72	111,1	2,30	110,6	1,23	115,0	1,00	112,4	1,09	105,8	1,10	112,2	4,42	111,3
2	6,48	107,1	2,21	106,3	1,16	108,4	0,95	106,7	0,99	96,1	1,17	119,4	4,27	107,6
3	5,78	95,5	2,01	96,6	1,01	94,4	0,83	93,3	1,02	99,0	0,91	92,9	3,77	95,0
4	5,43	89,8	1,87	89,9	0,92	86,0	0,81	91,0	1,02	99,0	0,81	82,7	3,56	89,7

5. Вміст вільних амінокислот у листі кукурудзи, вирощуваної на сірих опідзолених ґрунтах з вмістом гумусу 1,3%, через добу після внесення 2,4-ДА у фазі виходу в стебло, мг/г сухої речовини

Амінокислота	Контроль	Доза гербіциду, л/га				
		0,5	1	2	3	4
Цистеїн	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2
Лізин	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5
Гістидін	1,2	1,3	0,9	0,7	0,6	0,6
Аспарагін	3,6	3,9	4,2	4,4	4,9	4,6
Аспарагінова кислота	4,9	5,3	4,4	4,1	3,2	3,0
Глутамін	5,1	5,3	5,1	5,3	5,0	5,8
Аргінін	1,2	1,3	1,0	1,2	0,9	0,7
Серін	1,4	1,2	0,9	0,8	0,7	0,5
Гліцин	0,9	0,8	0,7	0,6	0,3	0,4
Глутамінова кислота	3,8	5,9	5,7	5,3	4,8	4,7
Треонін	0,7	0,6	0,7	0,5	0,5	0,5
α -аланін	3,1	3,2	3,0	2,9	3,0	2,8
Пролін	1,2	1,4	1,5	1,4	1,2	1,3
Тирозин	0,7	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
Триптофан	0,8	0,7	0,5	0,6	0,5	0,4
Метіонін	0,7	0,6	0,4	0,5	0,4	0,4
Валін	0,8	0,8	0,5	0,6	0,5	0,5
Фенілаланін	0,5	0,6	0,4	0,4	0,3	0,3
Лейцин	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5
Сума амінокислот + амідів, %	100,0	101,4	91,7	89,4	81,9	80,7
» амінокислот, %	100,0	100,0	86,6	82,0	71,3	67,8
» амідів, %	100,0	105,7	106,9	111,5	113,8	119,5
» незамінних амінокислот, %	100,0	94,0	74,0	74,0	66,0	62,0

Азотний і фосфорний обміни змінювались у бік зменшення кількості органічних сполук, особливо зменшувався вміст фосфору білкової фракції та нуклеопротейдів.

Вивчаючи зміни обміну речовин у рослинах пшениці озимої залежно від різних умов застосування гербіцидів встановлено, що за ступенем змін у вмісті азотних і фосфорних речовин у листі пшениця озима більш чутлива до похідних 2,4-Д і діалену, ніж кукурудза за тих самих умов застосування препаратів. Так, через добу після внесення 2,4-ДА у фазі кушіння пшениці озимої сорту Миронівська 808 сума амінокислот у листі збільшувалась на 8,3% порівняно з контролем при дозі 1 л/га і на 24,5% — при 2 л/га. При дозі препарату 3 л/га сума амінокислот навпаки зменшувалась на 7,9% (табл. 6).

У рослин кукурудзи через добу після обприскування 2,4-ДА в тих самих дозах препарату вміст амінокислот у листі збільшувався порівняно з контролем на 14,1% при 1 л/га і на 49,6% — при 2 л/га. При дозі 3 л/га препарату, на відміну від озимої пшениці, у кукурудзі зменшення амінокислот не відбувалось, навпаки, їх кількість збільшувалась на 1,2%.

Аналогічна закономірність спостерігалась у вмісті незамінних амінокислот: їх було менше в листі пшениці озимої, ніж у листі кукурудзи, на 27,7% при 1 л/га 2,4-ДА і на 38,5% — при 2 л/га. У рослин кукурудзи був також більшим, ніж у рослин пшениці озимої вміст амідів за тих самих доз 2,4-ДА, що, можливо, визначає більшу захисну реакцію рослин кукурудзи і її підвищену стійкість до гербіцидів.

Ще більша різниця між кількістю амінокислот у листках двох видів культурних злакових рослин встановлена через добу після внесення 2,4-ДА разом із мінеральним позакореневим підживленням. Так, якщо в листках кукурудзи збільшувався вміст амінокислот порівняно з контролем на 16,3% при 1 л/га, на 54,4% при 2 л/га і на 11,7% при 3 л/га препарату, то в листках пшениці озимої сума амінокислот збільшувалась відповідно до двох перших доз гербіциду на 7,5 і 23,5%. При 3 л/га 2,4-ДА, що вносили разом з мінеральними добривами, сума амінокислот у листі пшениці озимої через добу після застосування сумішки, навпаки, зменшувалась на 1,7% порівняно з контролем. Аналогічна закономірність спостерігалась у вмісті незамінних амінокислот.

6. Вміст вільних амінокислот в листі пшениці озимої, вирощуваної на чорноземах опідзолених через добу після внесення 2,4-ДА в фазі кушіння (мг/г сухої речовини)

Амінокислота	Контроль	Доза гербіциду, л/га				
		0,5	1	2	3	4
Цистеїн	1,2	1,4	1,6	1,6	1,4	1,0
Лізин	0,5	0,5	0,8	0,9	0,7	0,5
Гістидін	0,9	0,9	1,0	1,3	1,0	0,7
Аспарагін	2,9	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3
Аспарагінова кислота	3,9	4,1	4,3	4,4	4,0	3,8
Глутамін	2,8	3,0	3,2	3,2	3,4	3,6
Аргінін	1,2	1,3	1,4	1,4	1,1	0,9
Серін	1,4	1,4	1,5	1,5	1,4	1,3
Гліцин	0,8	0,8	1,0	0,9	0,8	0,8
Глутамінова кислота	3,4	3,6	3,8	4,0	2,9	2,7
Треонін	1,3	1,1	1,3	1,2	1,2	1,0
α-аланін	1,3	1,6	1,8	2,0	1,6	1,6
Пролін	0,9	1,2	1,2	1,2	0,9	0,9
Тирозин	0,7	1,1	1,3	1,5	0,8	0,7
Триптофан	1,1	1,2	1,3	1,3	1,2	1,0
Метіонін	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0
Валін	0,8	0,9	1,0	1,0	0,9	0,7
Фенілаланін	0,4	0,5	0,7	0,7	0,7	0,5
Лейцин	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8
Сума амінокислот + амідів, %	100,0	107,3	117,2	121,6	106,6	98,2
» амінокислот, %	100,0	108,3	119,4	124,5	104,2	92,1
» амідів, %	100,0	103,5	108,8	110,5	115,8	121,1
» незамінних амінокислот, %	100,0	101,7	116,9	120,3	115,3	93,2

Через 3 дні після застосування в посівах пшениці озимої 2,4-ДА разом з мінеральним позакореневим підживленням вміст загальної кількості амінокислот, у тому числі незамінних, у листках рослин збільшувався при дозах 1 та 1,5 л/га препарату відповідно на 21,8 та 24,4% порівняно з контролем. При дальшому збільшенні доз гербіциду вміст цих речовин зменшувався. У той же час як при внесенні 2,4-ДА без мінеральних добрив у фазі кушіння пшениці озимої найбільша кількість амінокислот (125%), у тому числі незамінних (128,6% до контролю) нагромаджувалась у листі за дози гербіциду 2 л/га. При внесенні діалену амінокислотний обмін відбувався найбільш активно за дози 1,5 л/га препарату.

Внесення 2,4-ДА у посівах пшениці озимої у фазі виходу в трубку зменшувало в листках загальний вміст амінокислот, у тому числі незамінних (особливо лізину).

Дія гербіцидів на обмін речовин у рослинах виявлялась також і при внесенні пре-

паратів у ґрунт. Найбільша кількість мінерального і органічного азоту й фосфору, їх складових фракцій була у рослинах при внесенні 5 і 6 л/га ерадикану 6Е під посів кукурудзи, вирощуваної на сірих опідзолених ґрунтах з вмістом гумусу 1,8%, як через 1 місяць, так і через 2 місяці після застосування препарату. З підвищенням доз ерадикану 6Е понад 6 л/га на сірих опідзолених ґрунтах зменшувалась кількість азотних та фосфорних сполук у листках кукурудзи, а при 8 і 9 л/га препарату кількість всіх форм азоту і фосфору була меншою ніж на контролі. Водночас при вирощуванні кукурудзи на чорноземах опідзолених з вмістом гумусу 4,6% із застосуванням ерадикану 6Е у тих самих дозах кількість азотних та фосфорних сполук у листках була найбільшою при 8 і 9 л/га препарату, меншою — при 7 л/га і зовсім незначні зміни у вмісті азоту та фосфору відбувалися в листках кукурудзи при 5 і 6 л/га ерадикану.

ВИСНОВКИ

1. Гербіциди — похідні 2,4-Д, ерадикан 6Е — значною мірою впливають на обмін речовин чутливих і стійких до них рослин. Рівень змін в обміні речовин, що визначає життєдіяльність рослин та їх продуктивність при дії гербіцидів, тісно пов'язаний із ступенем чутливості рослин до препаратів, доз, строків та способів їх застосування, механічного складу ґрунту та вмісту в ньому

гумусу, поживного режиму і виду внесених добрив.

2. Регулюючи ґрунтовим середовищем та умовами застосування гербіцидів, здійснюючи відповідний вплив на обмін речовин культурних рослин та бур'янів, можна забезпечити найбільш екологічно безпечно їх застосування в посівах сільськогосподарських культур та підвищення продуктивності рослин.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Городній М.М., Козлов М.В., Бідзіля М.І. Агрохімічний аналіз. — К.: Вища шк., 1972. — С. 149—151, 173—174, 197—199.

2. Петербургский А.В. Определение фосфорных соединений в растениях по Огару и Розену // Практикум по агрономической химии. —

М.: Колос, 1968. — С. 51—53.

3. Baginski E.S., Foa P.P., Zak B. Microdetermination of inorganic phosphate, phospholipids and total phosphate in biologic materials // Elin Ehem. — 1967. — V.13. — № 4. — P. 326—332.