

УДК 58:[547.292:581.16]

Н.В. ЗАІМЕНКО, Б.О. ІВАНИЦЬКА

Національний ботанічний сад ім. М.М. Гришка НАН України
Україна, 01014 м. Київ, вул. Тімірязєвська, 1

ВПЛИВ ОРГАНІЧНИХ КИСЛОТ НА РОСТОВІ ПРОЦЕСИ РОСЛИН РІЗНИХ ЕКОМОРФОТИПІВ

Наведено результати впливу янтарної, винної, оцтової та щавлевої кислот на ростові процеси рослин. Доведено можливість управління ростовими процесами, фізіологічними показниками рослин різних екоморфотипів та рослин з різним типом вуглецевого метаболізму шляхом внесення органічних кислот у 0,001–0,01 % концентрації.

Ключові слова: органічні кислоти, винна кислота, янтарна кислота, оцтова кислота, щавлева кислота.

Управління ростовими процесами як декоративних, так і сільськогосподарських видів шляхом активізації фізіолого-біохімічних процесів має важливе значення, оскільки дає змогу керувати розвитком надземної і підземної частин рослин, оптимізувати проходження вікових стадій в онтогенезі.

Ріст надземної і підземної частин рослин залежить не лише від впливу певних екзогенних чинників, а й від дії фізіологічно активних сполук, зокрема органічних кислот. Із літературних джерел відомо, що при внесенні янтарної кислоти, яка є проміжним продуктом циклу Кребса, стимулюються різноманітні фізіолого-біохімічні процеси у рослин, причому дія її виявляється у відносно низьких концентраціях і пояснюється не лише активацією фотосинтетичних процесів, а й інтенсивним синтезом відновлених форм амінокислот [3]. Крім того, янтарна кислота може змінювати активність ферментів, підвищувати схожість насіння і продуктивність деяких видів рослин, стимулювати ростові процеси та синтез аскорбінової кислоти [4].

Експериментально доведено на проростках ячменю, що при використанні розчину щавлевої кислоти спостерігається

збільшення вмісту аскорбінової кислоти у 1,8–2,0 рази, а при застосуванні розчину винної кислоти — у 2,5 разу порівняно з контролем [3]. Винна кислота є природним антиоксидантом, а також інтермедіатором метаболізму вітаміну С у рослинних організмах [5]. Найбільш поширена у рослинах як у вільному стані, так і у вигляді солей, щавлева кислота, яка у формі щавлево-кислого кальцію накопичується у вигляді друз та рафідів [6].

Органічні кислоти беруть безпосередню участь у більшості реакцій фотосинтетичного та окисно-відновного циклів, зумовлюють необхідне співвідношення катіонів і аніонів при надходженні поживних речовин у корені.

Мета досліджень — з'ясувати вплив органічних кислот на ріст та розвиток рослин різних екоморфотипів.

Матеріал та методи

Експериментальну роботу виконано у відділі аделопатії Національного ботанічного саду ім. М.М. Гришка НАН України протягом 2006–2008 рр. Проведено лабораторні та вегетаційні дослідження. Аделопатичну активність розчинів органічних кислот визначали загальноприйнятим методом біологічних тестів А.М. Гродзинського [1]. Тест-об'єк-

том для вивчення аделопатичної активності слугував крес-салат (*Lepidium sativum* L.) та пшениця (*Triticum vulgare* Vill.). Контролем був приріст коренів тест-об'єкта у дистильованій воді. У модельних експериментах використовували озиму пшеницю сорту Миронівська-808 та кукурудзу (*Zea mais* L.), у вегетаційних дослідках — декоративні рослини із родини *Araceae* Juss. (*Spathiphyllum blandum* Schott. — наземна рослина, *Anthurium hookeri* Kunth. — епіфіт-літофіт, *Anthurium bakeri* Hook. — епіфіт, *Anthurium scandens* var. *violaceum* — епіфітна ліана).

Рослини вирощували при температурно-му режимі 22–28 °С і відносній вологості повітря 65–90 %. Вологість ґрунтових субстратів підтримували на рівні 30–75 % від повної вологоємності. Органічні кислоти (янтарну, винну, оцтову, щавлеву) вносили у субстрат у вигляді 0,001–0,01 % водних розчинів.

Вміст фотосинтетичних пігментів (хлорофілів і каротиноїдів) визначали спектрофотометрично за методикою Х.М. Починка [2].

Математичну обробку та аналіз експериментальних даних проводили за допомогою комп'ютерної програми Excel.

Результати та обговорення

Метою першого етапу досліджень було вивчення впливу органічних кислот на рослини кукурудзи та пшениці на ранній стадії онтогенезу (тривалість дослідку — 3 тиж, повторність — 8-разова). У модельних експериментах з кукурудзою доведено, що янтарна та оцтова кислоти у 0,01 і 0,001 % концентраціях стимулювали у 1,2 разу інтенсивніший розвиток підземної частини рослин порівняно з контролем. Щавлева кислота у тих самих концентраціях позитивно впливала на накопичення біомаси як підземної, так і надземної частин рослин. Аналогічний результат отримано і у варіанті з 0,001 % розчином оцтової кислоти (рис. 1, 2).

У дослідках з озимом пшеницею зафіксовано стимулювальний ефект винної, янтарної, щавлевої кислот у 0,01 і 0,001 %

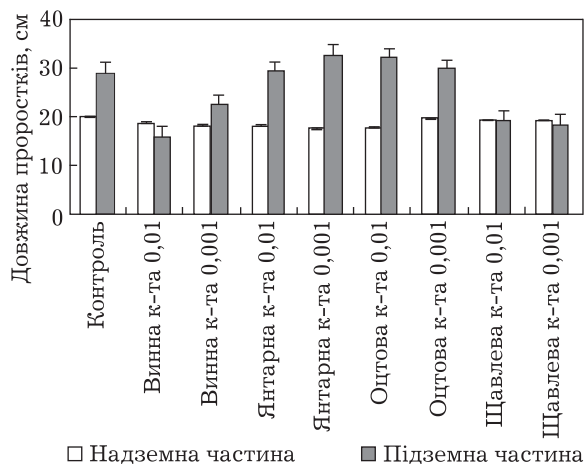


Рис. 1. Вплив різних концентрацій органічних кислот на морфометричні показники проростків кукурудзи

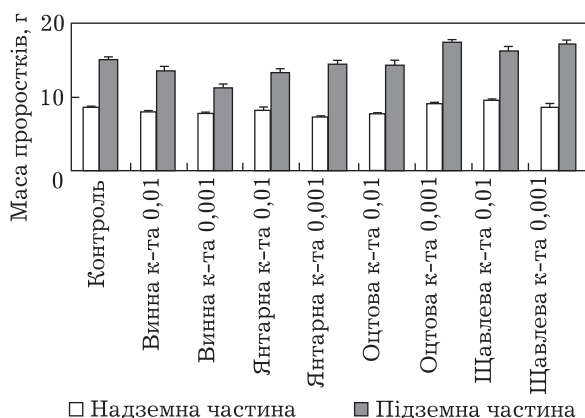


Рис. 2. Приріст біомаси рослин кукурудзи при різних концентраціях органічних кислот

концентрації, а оцтової кислоти — на збільшення лінійних розмірів надземної частини рослин у 0,01 %. У варіанті з винною і оцтовою кислотами у 0,01 і 0,001 % та щавлевою кислотою у 0,001 % концентрації спостерігали інтенсивне накопичення надземної біомаси порівняно з контролем. При цьому позитивний вплив на біомасу коренів зафіксовано лише при внесенні винної, щавлевої та янтарної кислот (рис. 3, 4).

Внесення органічних кислот не впливало на біосинтез фотосинтетичних пігментів у дослідних рослин за винятком винної кислоти у 0,01 % концентрації (табл. 1).

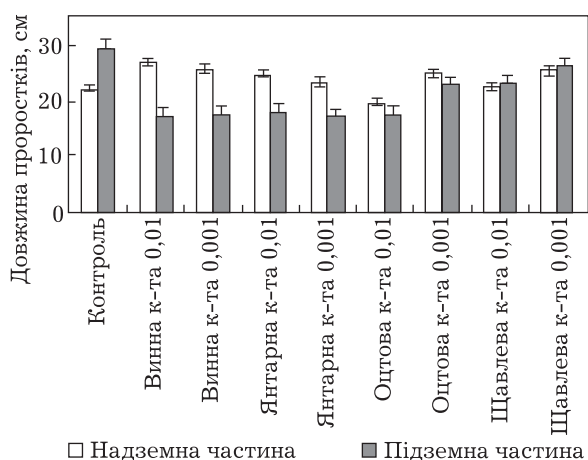


Рис. 3. Вплив різних концентрацій органічних кислот на морфометричні показники рослин озимої пшениці

Результати аналізу алелопатичної активності різних концентрацій органічних кислот свідчать про стимулювальний вплив 0,001 % розчину щавлевої кислоти

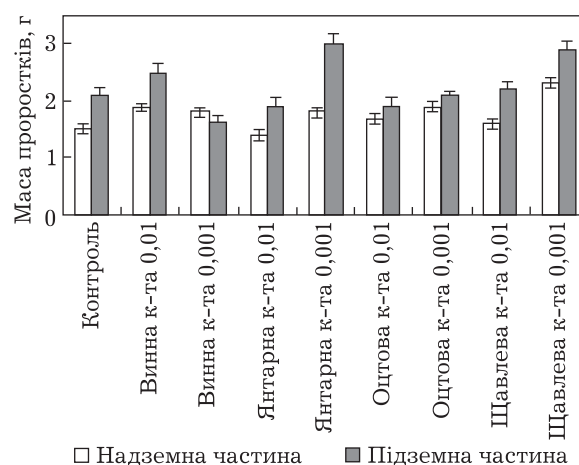


Рис. 4. Приріст біомаси рослин пшениці при різних концентраціях органічних кислот

на корені крес-салату, для решти варіантів зафіксовано інгібувальну дію. Найвища алелопатична активність притаманна оцтовій кислоті, 0,01 % розчин якої втричі

Таблиця 1. Вплив органічних кислот на біосинтез фотосинтетичних пігментів у листках рослин на ранніх етапах онтогенезу

Варіант	Хлорофіли			Каротиноїди (k)	(a + b)/k	
	a	b	a + b			
Кукурудза						
Контроль	90,3±4,5	44,1±2,2	134,4±6,7	31,1±1,6	4,3±0,2	
Винна к-та	0,01 %	102,3±5,1	51,9±2,6	154,3±7,7	30,7±1,5	5,1±0,3
	0,001 %	86,9±4,3	44,1±2,2	131,0±6,6	27,1±1,4	4,8±0,2
Янтарна к-та	0,01 %	67,7±3,4	35,9±1,8	103,6±5,2	20,2±1,0	5,1±0,3
	0,001 %	74,2±3,7	39,1±1,9	113,3±5,7	24,6±1,2	4,6±0,2
Оцтова к-та	0,01 %	78,7±3,9	41,2±2,1	119,9±6,0	22,5±1,1	5,3±0,3
	0,001 %	88,0±4,4	45,6±2,3	133,7±6,7	26,4±1,3	5,1±0,3
Щавлева к-та	0,01 %	73,4±3,7	36,9±1,8	110,3±5,5	24,2±1,2	4,6±0,2
	0,001 %	81,1±4,1	41,6±2,1	122,7±6,1	24,8±1,2	4,9±0,3
Озима пшениця						
Контроль	99,8±4,9	65,2±3,3	165,0±8,3	27,7±1,4	5,9±0,3	
Винна к-та	0,01 %	84,7±4,2	54,5±2,7	139,3±6,9	26,5±1,3	5,3±0,3
	0,001 %	86,4±4,3	55,3±2,8	141,7±7,1	27,2±1,4	5,2±0,3
Янтарна к-та	0,01 %	83,7±4,2	56,6±2,8	140,3±7,0	26,6±1,3	5,3±0,3
	0,001 %	87,2±4,4	58,1±2,9	145,3±7,3	26,8±1,3	5,4±0,3
Оцтова к-та	0,01 %	59,4±2,9	38,8±1,9	98,2±4,9	17,4±0,9	5,6±0,3
	0,001 %	76,8±3,8	49,9±2,5	126,8±6,3	23,1±1,2	5,5±0,3
Щавлева к-та	0,01 %	83,8±4,2	53,9±2,7	137,7±6,9	25,5±1,9	5,6±0,3
	0,001 %	84,3±4,1	54,2±2,7	138,5±6,9	24,7±1,2	5,6±0,3

інтенсивніше пригнічував ріст коренів крес-салату порівняно з іншими органічними кислотами (рис. 5).

У дослідах з більш алелопатично толерантним тест-об'єктом — озимую пшеницею виявлено позитивну дію органічних кислот на розвиток колеоптиля та коренів. Найбільш стимулювальним впливом відзначались винна та янтарна кислоти у концентрації 0,01 % (рис. 6).

Отже, реакція рослин на наявність органічних кислот у ґрунтовому субстраті на ранніх етапах онтогенезу неоднозначна: однодольні рослини (кукурудза і пшениця) по-різному реагують на внесення органічних кислот у концентраціях 0,01 та 0,001 %.

Для рослин пшениці з C_3 -типом метаболізму вуглекислоти зафіксовано інтенсивний приріст надземної частини, а для рослин кукурудзи з C_4 -типом, навпаки, підземної. Доведено, що найбільш прийнятне для вищих рослин на ранніх етапах розвитку внесення органічних кислот у 0,01 % концентрації.

Другий етап нашої роботи передбачав вивчення дії органічних кислот на декоративні рослини різних екоморфотипів родини Agaseae (тривалість досліду — 3 міс). Установлено, що стимулювальний вплив на розвиток коренів наземного виду *Spathiphyllum blandum* мали янтарна, оцтова і щавлева кислоти у 0,01 % концентрації, а на розвиток надземної частини — оцтова і щавлева кислоти у 0,01 % концентрації (рис. 7).

Для рослин епіфіта-літофіта *Anthurium hookeri* позитивний ефект на розвиток як підземної, так і надземної частини рослин спостерігали при внесенні винної, янтарної і оцтової кислот, тоді як щавлева кислота інгібувала розвиток рослин цього виду (рис. 8).

Внесення оцтової та щавлевої кислот сприяло стимулюванню розвитку як надземної, так і підземної частин рослин епіфіта *Anthurium bakeri*. Винна і янтарна

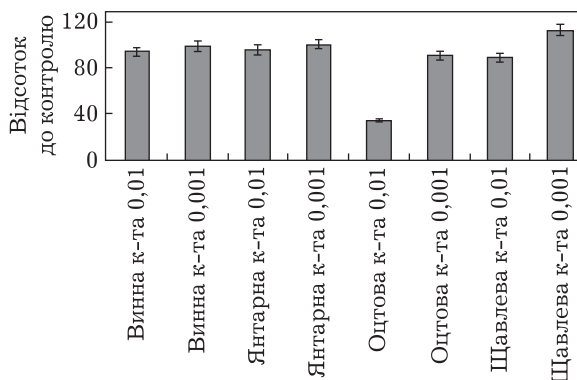


Рис. 5. Алелопатична активність розчинів органічних кислот щодо коренів крес-салату

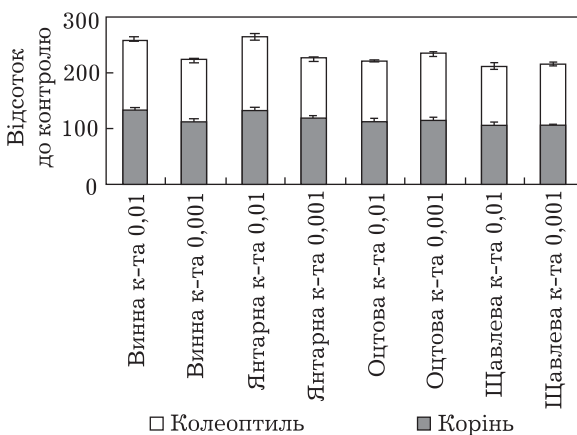


Рис. 6. Алелопатична толерантність розчинів органічних кислот щодо проростків пшениці

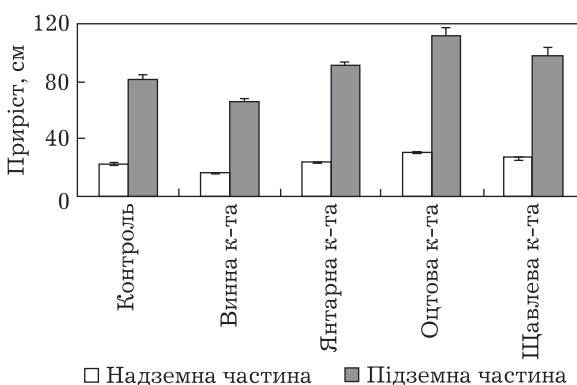


Рис. 7. Вплив органічних кислот на приріст рослин *Spathiphyllum blandum*

кислоти стимулювали розвиток лише надземної частини рослин (рис. 9).

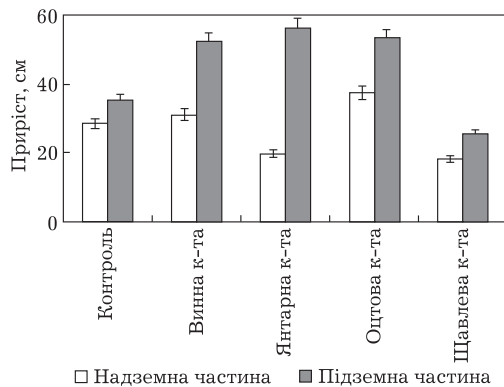


Рис. 8. Вплив органічних кислот на приріст рослин *Anthurium hookeri*

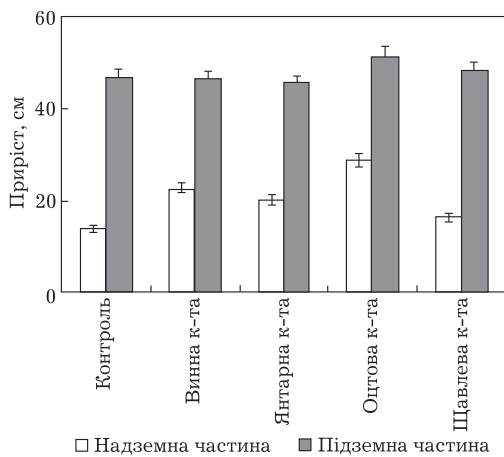


Рис. 9. Вплив органічних кислот на приріст рослин *Anthurium bakeri*

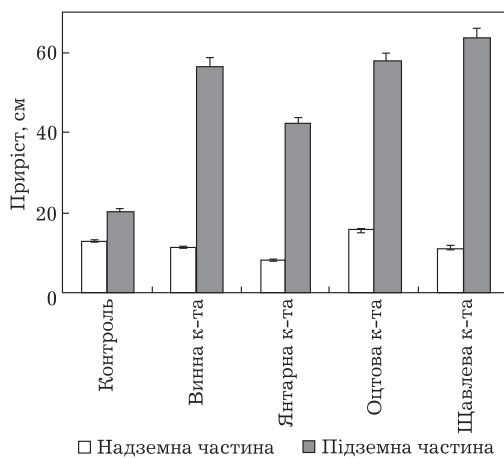


Рис. 10. Вплив органічних кислот на приріст рослин *Anthurium scandens var. violaceum*

Епіфітна ліана — *Anthurium scandens var. violaceum* — позитивно відреагувала на наявність у субстраті органічних кислот. Приріст коренів дослідних варіантів у 2–3 рази перевищував контрольні показники. Лише винна та оцтова кислоти стимулювали розвиток надземної частини (рис. 10).

Цікаві результати отримано при аналізі впливу органічних кислот на розміри листової пластинки. Так, внесення оцтової кислоти сприяло збільшенню площі асиміляційної поверхні листків трьох із чотирьох досліджуваних видів (*Spathiphyllum blandum*, *Anthurium hookeri*, *A. bakeri*). У рослин *Anthurium scandens* аналогічна реакція спостерігалась при внесенні винної кислоти (табл. 2).

Найвищий вміст фотосинтетичних пігментів виявлено в епіфітній ліани *Anthurium scandens* при внесенні оцтової кислоти. Для наземного виду *Spathiphyllum blandum*, який зростає на болотистих місцях, позитивний вплив на біосинтез мала винна кислота. Для епіфітного виду *Anthurium bakeri* максимальний вміст фотосинтетичних пігментів зафіксовано у варіанті з янтарною кислотою. Виняток становить епіфіт-літофіт *Anthurium hookeri*, для рослин якого не виявлено стимуляційного ефекту органічних кислот щодо активації фотосинтетичних процесів. Отже, результати аналізу вмісту фотосинтетичних пігментів доводять неоднозначність впливу органічних кислот на функціонування фотосинтетичного апарату рослин різних екоморфотипів.

Висновок

Таким чином, доведено можливість управління ростовими процесами та фізіологічними показниками рослин різних екоморфотипів та видів з різним типом вуглецевого метаболізму шляхом внесення органічних кислот у 0,001–0,01 % концентрації.

1. Гродзінський А.М. Основи хімічної взаємодії рослин. — К. : Наук. думка, 1973. — 204 с.

Таблиця 2. Вплив органічних кислот на площу асиміляційної поверхні листків, см²

Варіант досліджу	<i>Spathiphyllum blandum</i>	<i>Anthurium hookeri</i>	<i>Anthurium scandens</i>	<i>Anthurium bakeri</i>
Контроль	70,13±2,1	36,85±1,5	41,79±1,3	63,51±2,5
Винна к-та	32,64±1,3	36,66±1,2	51,18±2,1	44,42±1,8
Янтарна к-та	57,07±1,7	39,6±1,6	42,76±1,7	77,43±3,1
Оцтова к-та	116,86±4,7	67,44±2,1	44,33±1,8	162,69±6,1
Щавлева к-та	61,77±2,5	21,2±0,9	35,6±1,4	109,52±4,4

Таблиця 3. Вміст фотосинтетичних пігментів у листках дослідних видів ароїдних при внесенні органічних кислот, мг/100 г сирого рослинного матеріалу

Варіант	Хлорофіли			Каротиноїди (k)	(a + b)/k
	a	b	a + b		
<i>Anthurium hookeri</i>					
Контроль	49,15±2,5	36,10±1,4	85,25	14,23±0,6	5,99
Винна к-та	41,54±1,9	30,03±1,2	71,57	11,52±0,5	6,23
Янтарна к-та	48,23±2,1	35,23±1,8	83,46	13,59±0,5	6,14
Оцтова к-та	45,13±2,3	32,19±1,3	77,32	12,23±0,4	6,35
Щавлева к-та	42,23±1,7	30,49±1,2	72,72	11,68±0,4	6,24
<i>Anthurium bakeri</i>					
Контроль	72,39±2,9	53,08±2,6	125,47	22,40±0,9	5,59
Винна к-та	74,93±2,7	55,02±2,7	129,96	21,84±0,8	5,95
Янтарна к-та	78,44±3,1	59,38±2,4	137,82	23,42±0,9	5,89
Оцтова к-та	58,16±2,9	45,44±2,3	103,60	19,03±0,6	5,46
Щавлева к-та	61,53±1,8	47,51±2,4	109,04	19,15±0,7	5,69
<i>Spathiphyllum blandum</i>					
Контроль	113,41±4,5	86,77±3,5	200,18	34,67±1,4	5,78
Винна к-та	154,59±6,2	119,33±4,8	273,92	45,01±1,8	6,09
Янтарна к-та	130,96±5,2	97,55±3,9	228,51	37,83±1,5	6,04
Оцтова к-та	127,29±6,4	96,67±3,8	223,96	37,58±1,5	5,96
Щавлева к-та	129,35±5,2	101,46±3,1	230,81	36,68±1,4	6,29
<i>Anthurium scandens</i>					
Контроль	65,71±2,6	48,16±1,9	113,87	19,81±0,8	5,75
Винна к-та	59,75±2,4	45,24±1,8	104,99	19,15±0,7	5,48
Янтарна к-та	64,12±2,6	46,15±1,8	110,27	18,83±0,8	5,86
Оцтова к-та	76,18±3,1	52,41±2,1	128,59	21,24±0,9	6,05
Щавлева к-та	57,41±2,3	44,42±1,8	101,83	18,43±0,6	5,52

2. Починюк Х.Н. Методы биохимического анализа растений. — К.: Наук. думка, 1976. — 333 с.

3. Чупахина Г.Н. Система аскорбиновой кислоты растений: Монография. — Калининград: Изд-во Калининградского ун-та, 1997. — 120 с.

4. Чупахина Г.Н., Романчук А.Ю. Возможный механизм стимулирования ростовых процессов янтарной кислотой // Теоретические и прикладные аспекты биологии: Межвуз. сб. науч. тр. / Отв. ред.

В.П. Дедков. — Калининград: Изд-во Калинингр. ун-та, 1999. — С. 46–51.

5. DeBolt S., Cook D.R., Ford Ch.M. L-Tartaric acid synthesis from vitamin C in the higher plants // PNAS. — 2004. — Vol. 103, N 14. — P. 5608–5613.

6. Genua J.M., Hillson C.J. The occurrence, type and location of calcium oxalate crystals in the leaves of fourteen species of Araceae // Annals of Botany. — 1985. — Vol. 56. — P. 351–361.

Рекомендував до друку П.А. Мороз

Н.В. Заіменко, Б.А. Іваницька

Національний ботанічний сад ім. Н.Н. Гришко
НАН України, Україна, г. Київ

**ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ НА
РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ РАСТЕНИЙ РАЗНЫХ
ЭКОМОРФОТИПОВ**

Приведены результаты влияния янтарной, винной, уксусной и щавелевой кислот на ростовые процессы растений. Доказана возможность управления ростовыми процессами, физиологическими показателями растений разных экоморфотипов и растений с разным типом углеродного метаболизма путем внесения органических кислот в 0,001–0,01 % концентрации.

Ключевые слова: органические кислоты, винная кислота, янтарная кислота, уксусная кислота, щавелевая кислота.

N.V. Zaimenko, B.O. Ivanytska

M.M. Gryshko National Botanical Gardens,
National Academy of Sciences of Ukraine,
Ukraine, Kyiv

**THE INFLUENCE OF ORGANIC ACIDS ON
GROWTH PROCESSES IN PLANTS WITH
DIFFERENT ECOMORPHOTYPE**

The are results of tartaric, succinic, acetic, oxalic acids effects on growth processes in plants are shown. The potential to control the growth processes and physiological parameters in plants with different ecomorphotypes types of CO₂ metabolism by application of the organic acids in 0.001–0.01 % concentration were proved.

Key words: organic acids, tartaric acid, succinic acid, acetic acid, oxalic acid.