

УДК 581.1:581.143

Тропічні епіфітні орхідеї — об'єкт досліджень космічної ботаніки та елемент дизайну кабіни космічних кораблів і орбітальних станцій

Т. М. Черевченко, Н. В. Заіменко

Центральний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України, Київ

Надійшла до редакції 09.03.98

Попередніми дослідженнями доведено, що епіфітні види орхідних більш стійкі при тривалому перебуванні на орбітальній станції, ніж наземні види. Модельні досліди показали, що в умовах тривалого клінонстативування активність нативних стимуляторів росту — вільних ауксинів та гіберелінів у епіфітних орхідеях змінюється менше, ніж у наземних, і, очевидно, разом з послабленою геотропічною реакцією є однією з причин їхньої стійкості в умовах мікрогравітації. Крім цього, встановлено, що орхідеї з моноподіальним типом галузнення пагонової системи менш стійкі в умовах невагомості, ніж симподіальні види.

Вивчення особливостей росту та розвитку рослин в умовах невагомості викликає як загальнобіологічний інтерес, так і має велике практичне значення для здоров'я людини, що тривалий час перебуває в екологічно замкнутій системі, її естетичного задоволення та психологічного комфорту.

Наші багаторічні дослідження показали, що тропічні орхідеї, завдяки біологічним особливостям, закладеним в їхньому геномі, є перспективним об'єктом для досліджень в умовах космічного польоту. Слід зазначити, що епіфітні види орхідеїв, які, як правило, ростуть на бідному субстраті, задовольняються невеличкими скопиченнями гумусу. Наявність туберидіїв та м'ясистих листків з потовщеною кутикулою, в яких накопичуються запаси вологи та поживних речовин, дозволяє багатьом видам епіфітних орхідеїв добре переносити посуху і обходитися без поливу до трьох тижнів. Оптимальна температура для їхнього росту і розвитку приблизно відповідає такій, що є комфортною для людини. Суттєвим моментом є те, що при епіфітному способі життя корені орхідеїв мають ослаблену геотропічну реакцію завдяки гідро- та хемотропізмам,

тому закріплюються на корі дерев, в її тріщинах і дуплах в будь-якому напрямку.

Для епіфітних орхідеїв характерна також стійкість хлорофілу до темноти. Навіть через чотири тижні перебування ряду видів орхідеїв в цілковитій темряві хлорофіл зберігався (правда, в меншій кількості) і досить швидко відновлювався на світлі. Це питання важливе в зв'язку з тим, що повна темрява обов'язково супроводжує рослини при виході на орбіту та розгрузці корабля. Крім того, пилок орхідеїв, зібраний в полінії, склеєний вісцином, тобто не може розсіпатися і викликати алергію у космонавта.

Наші дослідження в галузі космічної ботаніки розпочалися в 1979 р., а в 1980 р. оранжерея «Малахіт-2» з чотирма касетами з орхідеями була виведена на орбіту в космічному кораблі «Союз-36» і розміщена на орбітальній станції «Салют-6». В касети були висаджені орхідеї у фазі вегетації, бутонізації та цвітіння. Субстратом служив синтетичний матеріал на основі йонообмінної смоли. Інтенсивність освітлення в середній частині оранжереї становила 1500 лк, температура 18—28 °С,

відносна вологість повітря 50—60 %. Дві касети з рослинами після 60 діб перебування на борту повернулись з експедицією на Землю, замість них тією самою експедицією були доставлені з орхідеями нові. Через 171 добу на Землю була спущена оранжерея з усіма касетами. Таким чином, досліджувались орхідеї після 60-, 110- та 171-добового перебування на орбіті. Контролем були однорідні орхідеї в мікрооранжереї «Малахіт», яка знаходилася на Землі в камері штучного клімату. Параметри освітлення, вологості, фотоперіоду були близькими до тих, що на орбітальній станції. Крім того, однорідні рослини в теплицях були прийняті за норму.

Догляд за рослинами в польоті та фенологічні спостереження проводились космонавтами В. В. Рюміним та Л. І. Поповим. Дані свідчать про те, що рослини без видимих змін перенесли перевантаження при виході корабля на орбіту. Суцвіття та квітки повністю зберегли декоративність, але період цвітіння значно скоротився, пуп'янки так і не розкрилися, зів'явши. В подальшому вегетація цих рослин продовжувалася. Дослідження рослин після повернення на Землю показали, що найбільш витривалими виявилися рослини епідендрума укоріненого, вони не тільки зберегли декоративність, але й дали помітний приріст осьового пагона з нормально розвинутими листками, повітряними коренями та двома боковими пагонами (рис. 1). Але інтенсивність ростових процесів була значно нижчою від контрольних.

Анатомічні дослідження показали, що в умовах космічного польоту процеси диференціації тканин пагонів та коренів проходили без особливих порушень. Лише відбулося деяке зменшення розмірів клітин і помітна редукція паренхімних тканин, що призвело до зменшення діаметра пагонів та повітряних коренів. Товщина листової пластинки також зменшувалася за рахунок паренхіми. Зменшувалися і розміри епідермальних клітин, що призвело до збільшення продихів на одиницю поверхні листка.

Після повернення на Землю в епідендрума спостерігалася повне гальмування росту верхівкових пагонів, і тільки через 55—65 днів з'явилися молоді бокові пагони та повітряні корені. В подальшому ріст та розвиток рослин епідендрума не відрізнявся від контрольних. У дорітиса уже на другий день після приземлення із пазухи листка, який знаходився над основою старого квітконоса, з'явився слідуєчий квітконіс, а через місяць новий листок та повітряні корені. Інтенсивність наростання квітконоса і листка була в два рази більша ніж в контролі, але період від появи квітконоса до цвітін-

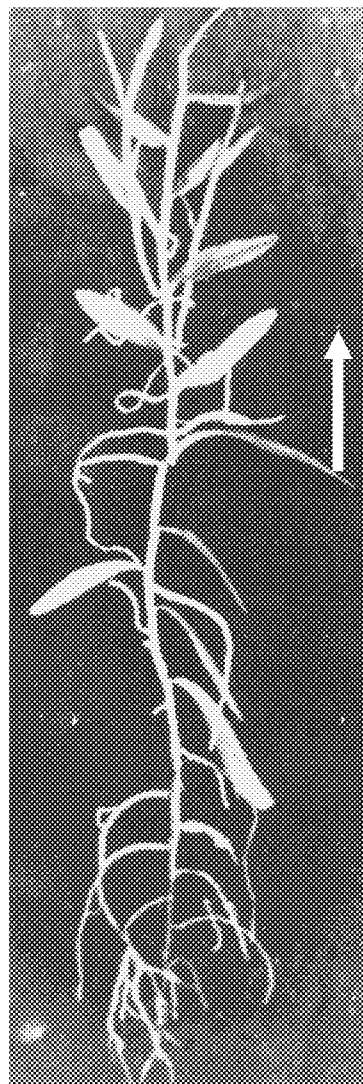


Рис. 1. *Epidendrum radicans* після 171-добового польоту. Верхня частина пагона — приріст у космосі

ня скоротився з 98 до 45 діб порівняно з контролем. Висота квітконоса, діаметр квітки, довжина квітконіжки виявилися на 25 % меншими, ніж у контрольних. В наступні роки біоритми, феноритми та параметри дослідних рослин збігалися з контрольними.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

У зв'язку з тим, що в подальшому не було можливості проводити дослідження на орбітальній станції, ми постійно проводили їх на кліностахах при швидкості 3 об/хв, освітлення цілодобове — 1700 лк,

температура повітря 20—22 °С, вологість 50—60 %. Рослини вирощували на штучних волокнистих субстратах з додаванням добрив пролонгованої дії. Контрольні рослини знаходилися поряд з кліноостатом, в теплицях рослини бралися за норму.

Основна мета досліджень — виявити функціональні порушення фітогормональної системи у тропічних орхідних різної морфологічної структури. Об'єктами досліджень були види тропічних та субтропічних орхідей різних екотипів та морфологічної структури: епіфіти з моноподіальним типом галузнення — *Angraecum distichum* Lindl., *Vanda watsoni* Rolfe, *Vanda hybrida hort.*; з симподіальним типом галузнення — *Bulbophyllum falcatum* Lindl., *Doritis pulcherrima* Lindl., *Dendrobium phalaenopsis* Fitzg., *Epidendrum rigidum* Jacq. та наземні види: з симподіальним типом галузнення — *Zygopetalum mackai*, *Paphiopedilum insigne*, *Stenorrhynchus speciosus*, а також *Cymbidium hybrida hort.*, в селекції якого приймали участь як епіфітні, так і наземні види. Визначення активності вільних аук-

синів і гіберелінів проводили за допомогою хроматографії з використанням тестових культур [2—4].

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МІКРОГРАВІТАЦІЇ

Вивчення впливу штучно створених умов мікрогравітації на фітогормональні сполуки сприяє глибшому пізнанню біології рослин, їхнього ступеня витривалості і пристосованості. Дослідами минулих років [5] було встановлено, що епіфітні види орхідних виявилися більш стійкими у тривалому перебуванні на орбітальній станції, ніж наземні види цієї родини. Модельні експерименти на горизонтальному кліноостаті показали, що внаслідок тривалого кліноостатування активність нативних стимуляторів росту — вільних ауксинів і гіберелінів — у епіфітних видів змінюється менше, ніж у наземних, що, мабуть, поряд з ослабленою геотропічною реакцією є однією з причин їхньої витривалості в умовах мікрогравітації.

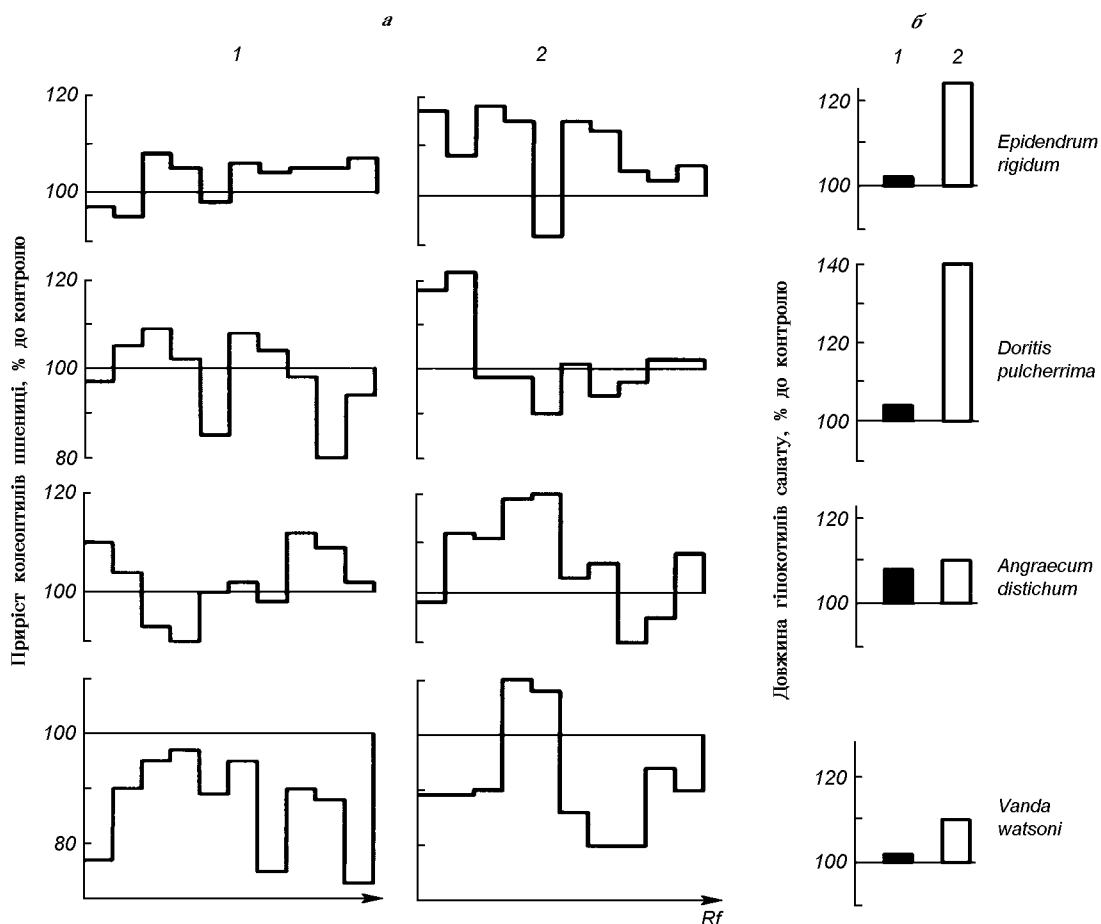


Рис. 2. Активність вільних ауксинів (а) і гіберелінів (б) в листках орхідей: 1 — рослини після 2-місячного кліноостатування, 2 — контрольні рослини

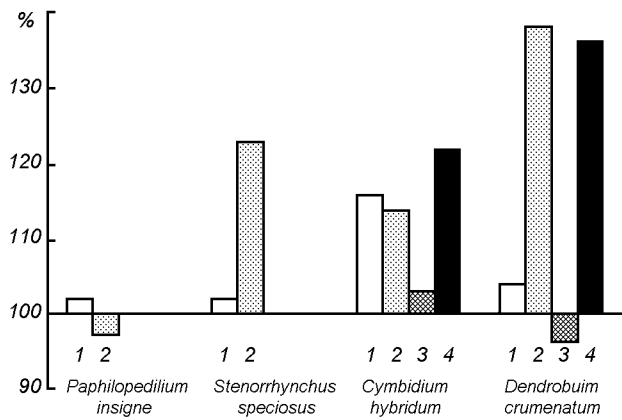


Рис. 3. Активність вільних гіберелінів в вегетативних органах орхідей після 2-місячного кліностакування. Листки: 1 — дослід, 2 — контроль; туберидії: 3 — дослід, 4 — контроль

Зважаючи на те, що у багатогранному взаємозв'язку процесів життєдіяльності рослин важливу роль відіграють нативні регулятори росту, які впливають на їхній ріст, розвиток, морфогенез та регенерацію, вивчали активність ауксинів, гіберелінів та фенольних сполук у орхідних з моноподіальним (ангрекум, ванда) та симподіальним (епідендрум, дорітіс) типом галуження пагонової системи. Проведеними дослідями виявлено суттєву різницю у балансі рістактивуючих та рістгальмуючих сполук у рослин. У наземній масі орхідей з різним типом галуження показало, що кліностакування спричиняє зниження активності цих сполук у всіх дослідних видів, однак у більшій мірі — у видів з моноподіальним типом галуження (рис. 2). Слід зазначити, що дуже низька активність вільних гіберелінів спостерігалась у цих видів навіть в контролі. Очевидно, це було однією з причин, що такі види, перебуваючи тривалий час на орбі-

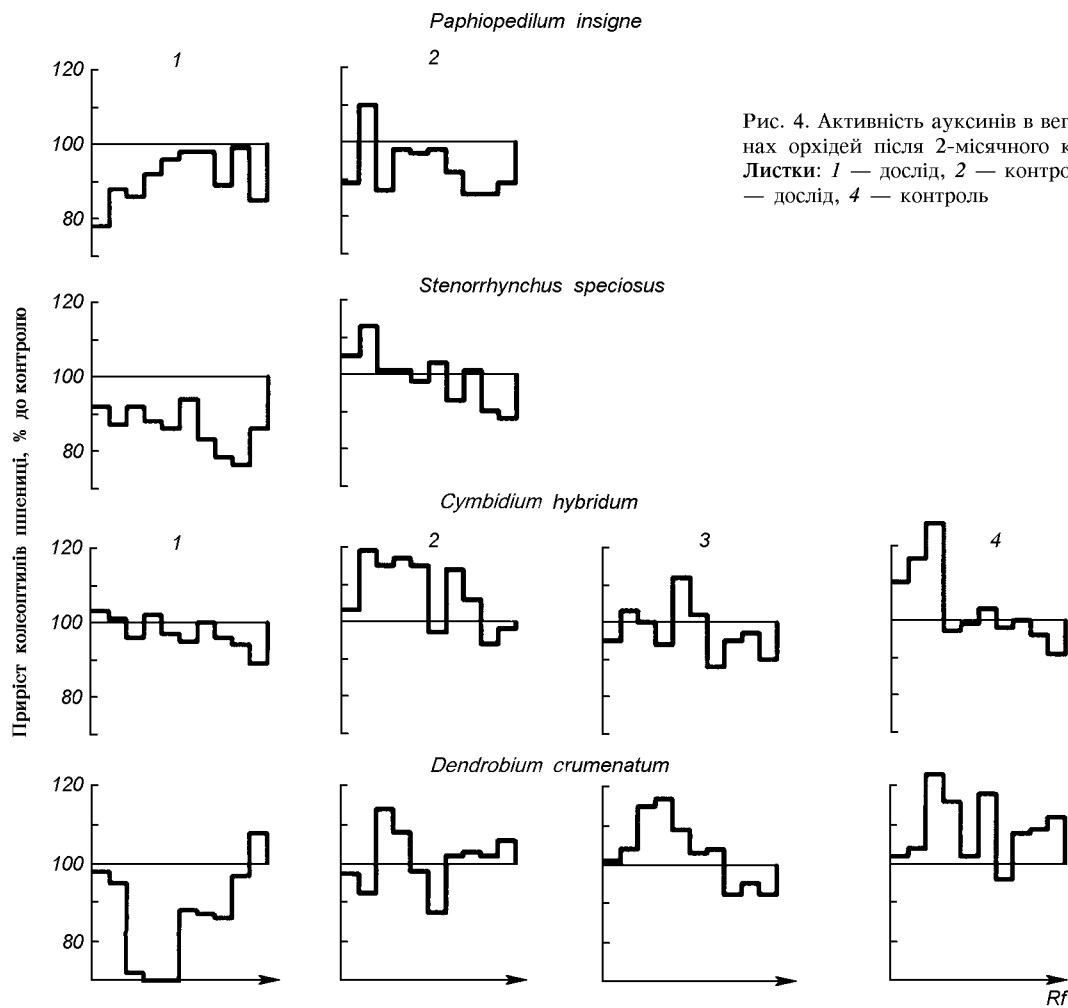


Рис. 4. Активність ауксинів в вегетативних органах орхідей після 2-місячного кліностакування. Листки: 1 — дослід, 2 — контроль; туберидії: 3 — дослід, 4 — контроль

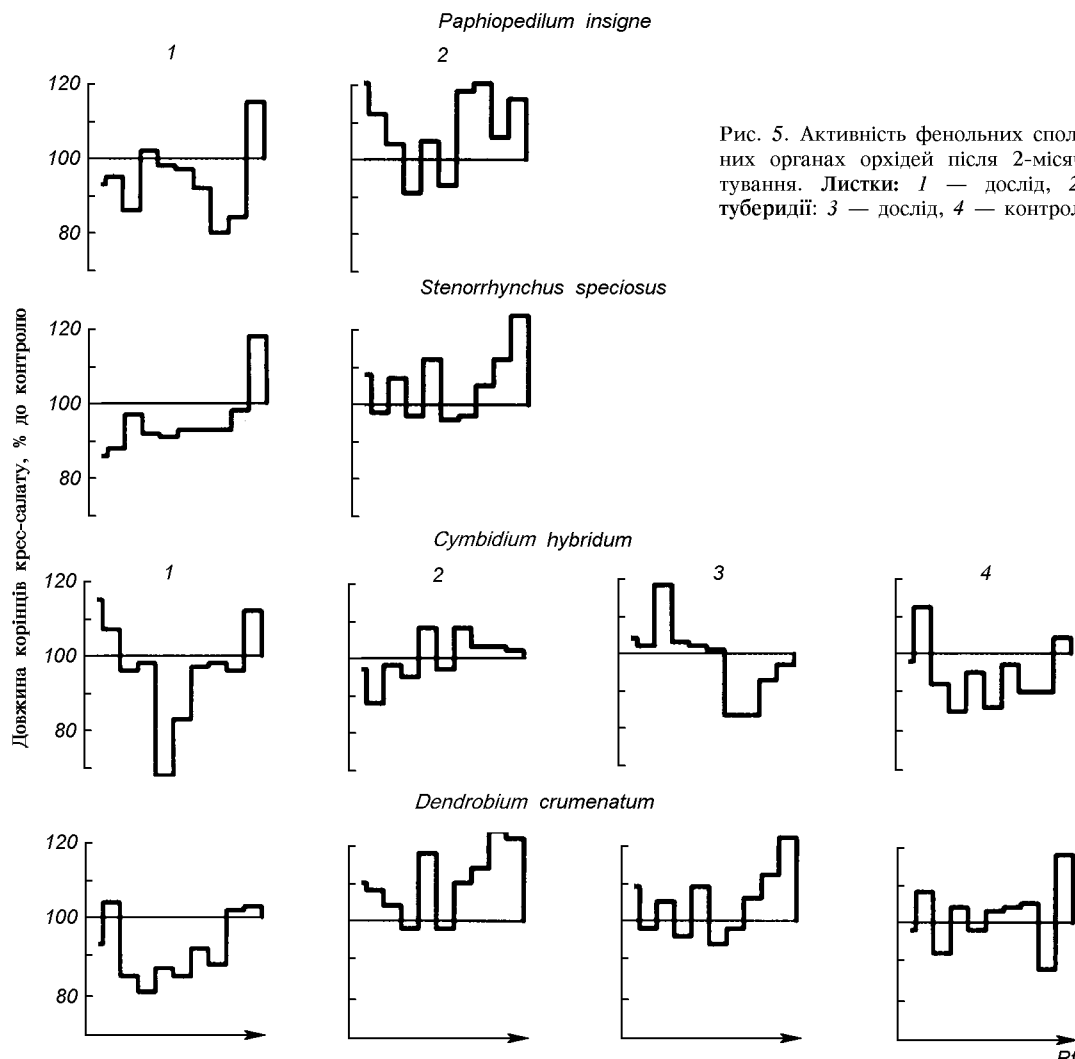


Рис. 5. Активність фенольних сполук в вегетативних органах орхідей після 2-місячного кліностакування. Листки: 1 — дослід, 2 — контроль; туберидії: 3 — дослід, 4 — контроль

тальній станції «Салют» у 1980 р., загинули, тоді як симподіальні види вижили.

Що ж до рослин з різною морфологічною будовою пагона, то ми зупинили свій вибір на видах з вкороченим стеблом (пафіопеділюм, стенорінхус) і таких, що мають потовщене стебло — туберидій, який є запасуючим органом (цимбідіум, дендробіум). Відомо, що запасуючі органи у певні фази розвитку рослин стають атрагуючими центрами, до яких надходять асиміляти. Ряд дослідників вважають, що носіями такого запиту є фітогормони [1, 6]. Зважаючи на це, можна припустити, що рослини, які мають у резерві ростові і живильні сполуки, будуть більш стійкими в екстремальних умовах ніж ті, що не мають такого резерву. Встановлено, що кліностакування негативно вплинуло на вміст гіберелінів в листках і туберидіях дослідних видів.

Слід зазначити, що в листках контрольних рослин на час проведення досліду (січень, лютий)

активність цих сполук була також низькою, хоча у туберидіях контрольних рослин вміст вільних гіберелінів був досить високий (рис. 3). Таку ж закономірність ми спостерігали і при визначенні активності ауксинів у дослідних видів. Після двомісячного кліностакування в листках всіх чотирьох видів вона знизилась настільки, що застосованим нами методом ми не спостерігали стимуляторів росту індольної природи, натомість з'явилися інгібітори росту. В той же час активність ауксинів в туберидіях знизилась значно менше і залишалась досить високою, особливо в туберидіях дендробіума (рис. 4).

В листках дослідних рослин, за винятком цимбідіуму, знайдено досить сильні стимулятори росту фенольної природи. Під впливом мікрогравітації їхній вміст значно знизився, натомість з'явилися інгібітори (рис. 5). В туберидіях не виявлено чіткої залежності впливу мікрогравітації на вміст феноль-

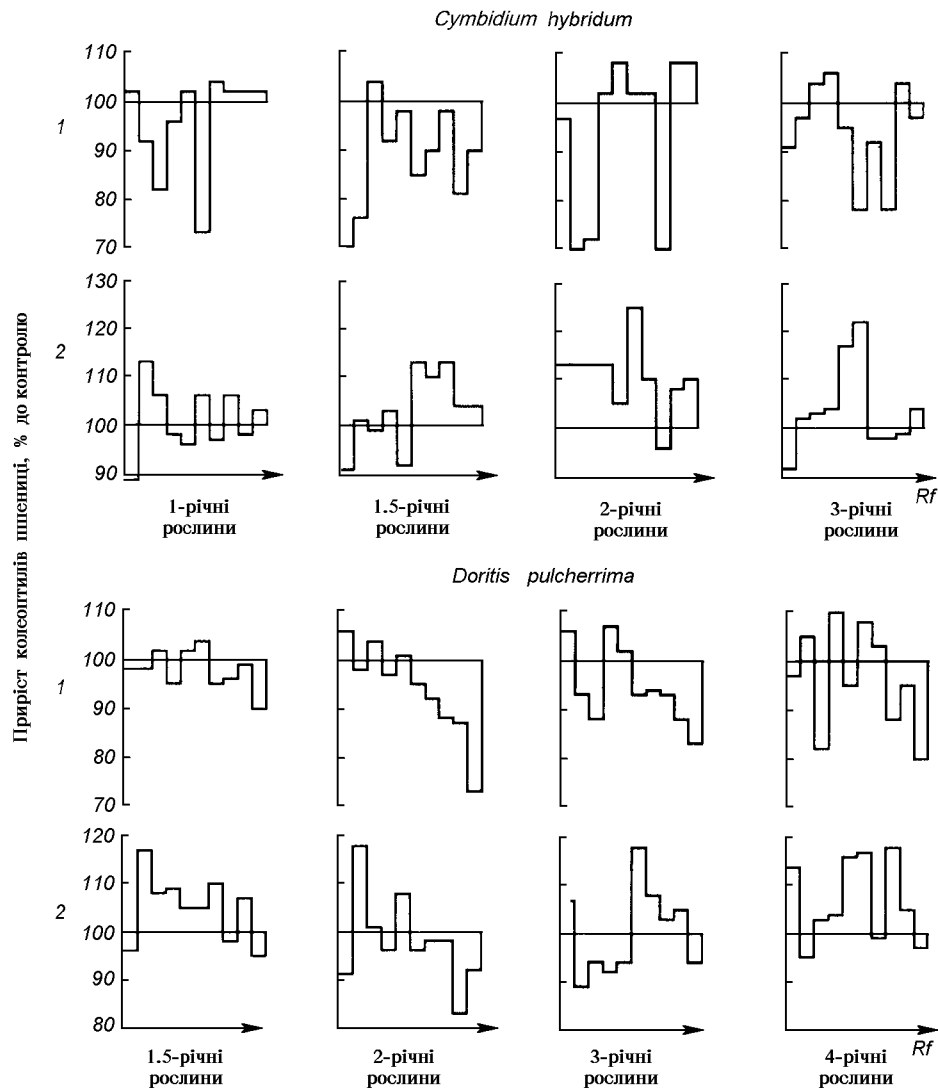


Рис. 6. Активність ауксинів в листках різних за віком рослин *Cymbidium hybridum* і *Doritis pulcherrima*: 1 — дослід, 2 — контроль

них сполук, взагалі активність стимуляторів і інгібіторів росту фенольної природи в цих органах як дослідних, так і контрольних рослин була невисокою.

Для вивчення впливу штучно створених умов мікрогравітації на активність рiстрегулюючих сполук в листках орхідей різних за віком були відібрані меристемні рослини цимбідіума у віці 1, 1.5, 2 і 3 років та дорітіса у віці 1.5, 2, 3 і 4 років. В ході експерименту встановлено, що на різних етапах розвитку обох видів орхідних активність ауксинів була досить низька, під дією мікрогравітації вона ще більше знизилась. Чим старшими за віком були

контрольні рослини, тим більше в їхніх листках накопичувалось ауксинів і найвища їхня активність спостерігалась в листках 3- і 4-річних рослин. Разом з тим після 2-місячної дії мікрогравітації сполуки з ауксиноюю активністю зникали (а може руйнувались), вони не були виявлені у обох видів дослідних рослин, а активність інгібіторів росту, особливо в 2-річних рослинах значно підвищилась (рис. 6).

Що стосується вмісту фенольних сполук, то умови мікрогравітації призвели до надмірного їхнього накопичення, особливо в листках цимбідіума, хоча в контрольних рослинах активність фенольних

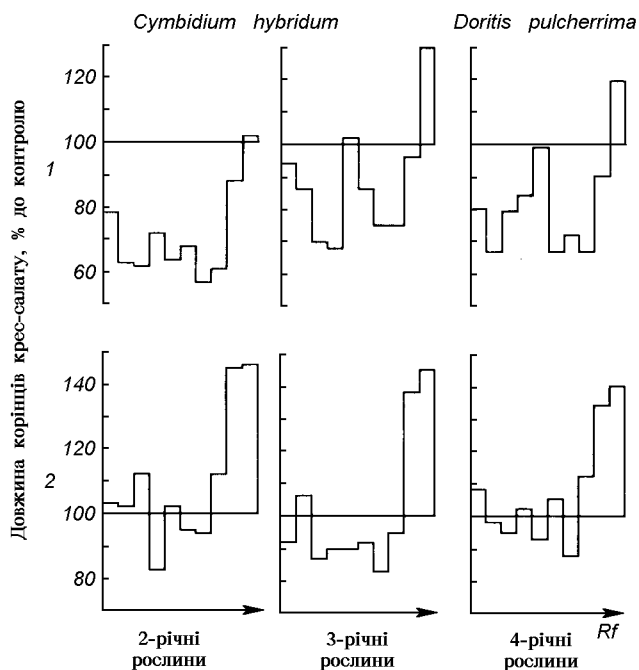


Рис. 7. Активність фенольних сполук в листках різних за віком рослин *Cymbidium hybridum* і *Doritis pulcherrima*: 1 — дослід, 2 — контроль

інгібіторів була не дуже високою (рис. 7).

Спираючись на результати дослідів, можна стверджувати, що умови мікрогравітації спричиняють гальмування ростових процесів орхідних різної морфоструктури через зменшення активності нативних рістстимулюючих сполук і підвищення активності інгібіторів росту. При цьому чим молодші за віком рослини, тим вищий гальмівний ефект.

Узагальнюючи одержані дані, можна стверджувати, що статус нативних регуляторів росту тісно пов'язаний з морфоструктурою пагонової системи. В свою чергу, стійкість різних видів родини орхідних до умов мікрогравітації залежить від притаманного кожному виду вмісту рістрегулюючих сполук і зміни їхнього балансу під дією цього фактору.

Чим вище вміст нативних стимуляторів росту в вегетативних органах і чим менші зміни активності цих сполук під впливом мікрогравітації, тим вірогіднішою буде швидка пристосованість рослин до цих умов.

Виходячи з цього, можна вважати, що генеративно зрілі епіфітні орхідеї з симподіальним типом галузнення пагонової системи і наявністю туберидіїв найбільш придатні для подальших досліджень у тривалих космічних польотах.

1. Борзенкова Р. А., Мокронос Т. А. Эндогенные факторы, определяющие транспорт ассимилятов в клубни картофеля // Тр. Биол.-почв. ин-та.—1973.—Вып. 20.—С. 148—152.
2. Власов В. П. Биотесты на фитогормоны и ингибиторы // Методы определения фитогормонов, ингибиторов роста, дефолиантов и гербицидов. — М.: Наука, 1973.—С. 7—12.
3. Кефели В. И. Природные ингибиторы роста и фитогормоны. — М.: Наука, 1976.—253 с.
4. Муромцев М. С., Агнстикова В. Н. Гиббереллины. — М.: Наука, 1984.—208 с.
5. Червченко Т. М., Майко Т. К., Богатырь В. Б., Косаковская И. В. Перспективы использования тропических орхидей для космических исследований // Космическая биология и биотехнология. — Киев: Наук. думка, 1986.—С. 41—45.
6. Moorby J. The influence of carbohydrate and mineral nutrient supply on the growth of potato tubers // Ann. Bot.—1968.—32.—P. 57.

TROPICAL EPIPHYTIC ORCHIDS AS AN OBJECT OF SPACE BOTANY INVESTIGATIONS AND A DESIGN ELEMENT FOR SPACECRAFT FLIGHT DECKS AND ORBITAL STATIONS

T. M. Cherevchenko and N. V. Zaimenko

Epiphytic orchids are shown to be more stable in a long stay on board an orbital station than terrestrial species. Simulations revealed that the activity of native growth stimulators (free auxins and gibberellines) under the prolonged clinostating conditions varied in epiphytic orchids to a lesser extent than in terrestrial orchids. This factor, together with a weaker geotropic reaction, seems to be a cause of their stability in microgravity conditions. We found also that orchids with the monopodial type of shoot system branching are less stable at microgravity than the sympodial species.