

симації знаходиться в межах 5 %. Наблюдаемые отклонения, превышающие эти значения, можно объяснить с учетом упомянутых ранее закона Вильдера и правила периодичности.

Очевидно, что описанный подход может стать научной основой организации безопасности производственной деятельности: с одной стороны — за счет определения профессиональной пригодности людей и сохранения их здоровья, а с другой — за счет сокращения расходов на восстановление здоровья и уменьшения брака и других издержек производства, связанных с высокой биологической восприимчивостью работника к вредным воздействиям производства.

1. Аль-Таххан Биляль, Гайдачук А. В., Хвастунова Е. В. О выборе критерия безопасности производственной деятельности // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов.—1998.—Вып. 12.—С. 86—91.
2. Амосов Н. М. Преодоление старости. — М.: Будь здоров!, 1996.—191 с.
3. Биология старения. Руководство по физиологии. — Л.: Наука, 1982.—616 с.
4. Гайдачук А. В. Новый подход к оценке безопасности технологических процессов на ранних стадиях подготовки производства // Авиационно-космическая техника и технология: Тр. Харьк. авиац. ин-та им. Н. Е. Жуковского за 1995 г. — Харьков: Харьк. авиац. ин-т, 1996.—С. 369—373.

5. Гайдачук А. В. О физических аналогах и математических моделях для биологических систем // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов.—1998.—Вып. 12.—С. 92—98.
6. Гайдачук А. В., Гайдукова В. В. Экономические показатели и критерии безопасности производственной жизнедеятельности при изготовлении препрегов для конструкций из полимерных композиционных материалов // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов.—1998.—Вып. 14.—С. 114—121.
7. Гаркави Л. Х., Квакина Е. Б., Уколова М. А. Магнитные поля, адаптационные реакции и резистентность организма // Реакции биологических систем на магнитные поля. — М.: Наука, 1978.—С. 131—145.
8. Егер Дж. К. Упругость, прочность и текучесть: Пер. с англ. Ю. Н. Востропятава / Под ред. О. В. Лукина. — М.: Машгиз, 1961.—172 с.
9. Коляда Т. И., Волянский Ю. Л., Васильев Н. В., Мальцев В. И. Адаптационный синдром и иммунитет. — Харьков: Основа, 1995.—282 с.
10. Меньшов А. А., Паранько Н. М., Выщипан В. Ф. и др. Комбинированное действие производственного шума и вибраций на организм. — Киев: Здоров'я, 1980.—176 с.
11. Работнов Ю. Н. Элементы наследственной механики твердых тел. — М.: Наука, 1977.—384 с.

#### MODELLING OF RESPONSES OF OPERATOR ORGANISM UPON ENVIRONMENT INFLUENCES

A. V. Gaidachuk, V. Yu. Koloskov

УДК 581.44.2+581.1.03

## УТВОРЕННЯ МІНІБУЛЬБ КАРТОПЛІ ПРИ КЛІНОСТАТУВАННІ

© І. В. Васильцов

Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України, Київ

Експлантати стерильно вирощених рослин картоплі (*Solanum tuberosum* L.) сортів «Світанок Київський» і «Луговський» культивувались на поживному середовищі на протязі 62 діб в умовах контролю і кліностатування. В обох варіантах утворювались мінібульби, кількості яких суттєво не відрізнялись. Проте за анатомо-морфологічними ознаками клітин епідермісу та запасуючої паренхіми виявлено суттєві відмінності.

В останні два десятиріччя було проведено серію космічних експериментів із використанням нижчих і вищих рослин. Ці експерименти були спрямовані на вивчення відповідей рослинної клітини на дію мікрогравітації, яка є одним із факторів космічного польоту [1, 3, 5, 6]. Встановлені прискорений ріст рослин та певні зміни на клітинному рівні. Ці зміни також стосуються пластид, які відповідають за синтез та акумуляцію вуглеводів.

Вуглеводний обмін є важливою частиною метаболізму. І тому різнобічне вивчення вуглеводного метаболізму, який залежить від гравітації, є важ-

ливою ланкою у побудові цілісної картини реакцій рослинних клітин на дію цього фактора.

Зручним об'єктом для вивчення вуглеводного обміну рослин є запасуюча паренхіма бульб картоплі, диференціація якої також відбувається під дією мікрогравітації.

Картопля (*Solanum tuberosum* L.) є одним з восьми рослинних видів, які запропоновані програмою CELSS (Closed Ecological Life Support System) для включення в біореєнеративну систему для підтримання життя астронавтів під час тривалих польотів [11]. Картопля має кілька корисних ха-

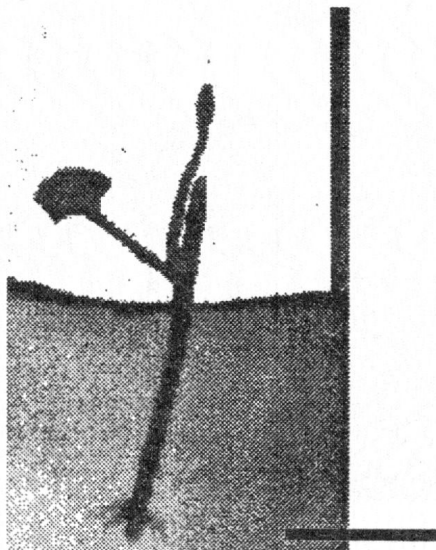


Рис. 1. Експлантат картоплі сорту «Світанок Київський» на третю добу після пересадки. Масштаб у міліметрах 10:20

рактистик для підтримання життя в космосі: здатність давати велику кількість їстівної біомаси на одиниці площі за одиницю часу, високе співвідношення (0.80) їстівної до неїстівної біомаси [12].

Ранніми роботами встановлено, що формування мінібульб картоплі з пазушної бруньки супроводжується швидкою акумуляцією крохмалю в амілопластах. Було показано, що під дією мікрогравітації акумуляція крохмалю обмежена редукцією біосинтезу цього вуглеводу [4] та збільшенням інтенсивності його гідролізу [7].

Дослідження вуглеводного обміну під дією мікрогравітації проводилось також на інших об'єктах, зокрема чітко встановлені зміни вуглеводного метаболізму у клітинах *Chlorella vulgaris*, що виражались у зменшенні розміру крохмальних зерен у пластидах в умовах космічного польоту [2].

Зменшення об'єму крохмальних зерен в умовах космічного польоту і кліноштатування у порівнянні з контролем виявлено в клітинах протонеми *Fu- naria hygrometrica* [8], статенхіми кореневого чохла *Arabidopsis thaliana*, *Pisum sativum* [3] та *Zea mays* [9]. Зокрема, у *A. Thaliana* об'єм крохмальних зерен у клітинах кореневого чохла понижувався в умовах кліноштатування на 23 % порівняно з контролем.

Не дивлячись на такий широкий спектр досліджень амілопластів різних типів клітин і тканин, лишаються відкритими питання про можливості диференціації мінібульб картоплі в автотрофному режимі вирощування та клітинний механізм змін амілопластів в умовах мікрогравітації.

Об'єктом дослідження були експлантати картоплі, що склалися із сегмента стебла, листка і

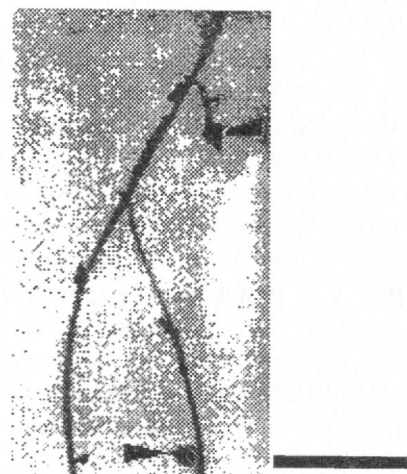
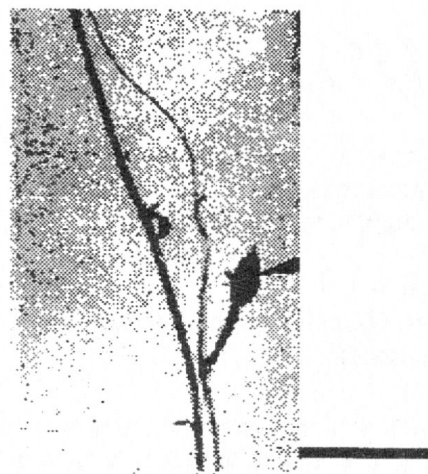


Рис. 2, 3. Те ж на 62 добу після пересадки. Стрілками вказані мінібульби картоплі, утворені при кліноштатуванні. Масштаб в міліметрах 10:17

пазушної бруньки (рис. 1). Експлантати вирощували в пробірках діаметром 2 см та довжиною 20 см, в стерильних умовах на модифікованому середовищі [10].

Склад середовища (мг/л):

Макросолі

|   |       |
|---|-------|
| $\text{KH}_2\text{PO}_4$                  | 19400 |
| $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 15400 |
| $\text{KNO}_3$                            | 22000 |
| $\text{NH}_4\text{NO}_3$                  | 25000 |
| $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$                | 11000 |

Мікросолі

|   |       |
|---|-------|
| $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | 250   |
| $\text{H}_3\text{BO}_3$                             | 6200  |
| $\text{MnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$           | 22300 |
| $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$           | 8600  |
| KI  | 830   |
| $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$           | 25    |
| $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$           | 25    |

|                                       |      |
|---------------------------------------|------|
| Хелат заліза                          |      |
| Na <sub>2</sub> EDTA                  | 378  |
| FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O | 278  |
| Вітаміни                              |      |
| Тіамін                                | 50   |
| Піридоксин                            | 25   |
| Аскорбінова кислота                   | 100  |
| Регулятори росту                      |      |
| Аденін                                | 25   |
| ІОК (Індолил-оцтова кислота)          | 25   |
| Сахароза                              | 5000 |
| Агар                                  | 7000 |

Експлантати картоплі одержували шляхом черенкування вирощених в стерильних умовах рослин картоплі сортів «Лугівський» та «Світанок Київський», які були отримані з Інституту картоплярства УААН. Експлантати вирощували в пробірках на поживному середовищі в стерильних умовах. Інструменти стерилізували при 160 °С протягом двох годин. У ламінар-боксі розрізають рослину на експлантати 2-3 см довжиною. Експлантат складається з сегмента стебла з листком і пазушною брунькою. Експлантат брали пінцетом за частину стебла над листком і занурювали в пробірку з поживним середовищем таким чином, щоб стебло над листком було в середовищі, а пазушна брунька була на поверхні (рис. 1). Кожну рослину черенкували в окремій чашці Петрі скальпелем. Температура вирощування експлантатів для отримання мінібульб складала  $+18 \pm 2$  °С. Для освітлення використовували лампи денного світла. Інтенсивність освітлення 3—4 тис. люкс.

Режим освітлення для експерименту тривалістю 62 доби:

З 1-ї по 7-му включно — 16 год світло, 8 год темрява.

З 8-ї доби розпочинається 11-денний цикл, що періодично повторюється до кінця експерименту, а саме:

8-ма доба — 24 год темряви;

З 9-ї по 11-ту добу — 4 год світло, 20 год темрява;

З 12-ї по 13-ту добу — 10 год світло, 14 год темрява;

З 14-ї по 18-ту добу — 16 год світло, 8 год темрява;

Такий 11-добовий цикл повторювали п'ять разів, починаючи з 19, 30, 41 та 52-ї доби.

Пробірки з експлантатами ставили на кліностат (2 об./хв) одразу після посадки на поживне середовище. Мінібульби утворились через 2 місяці культивування як в експерименті, так і в контролі (рис. 2, 3).

Дослідження диференціації паренхімних клітин мінібульб, що накопичують крохмаль, проводили методами світлової мікроскопії. Результати мікро-

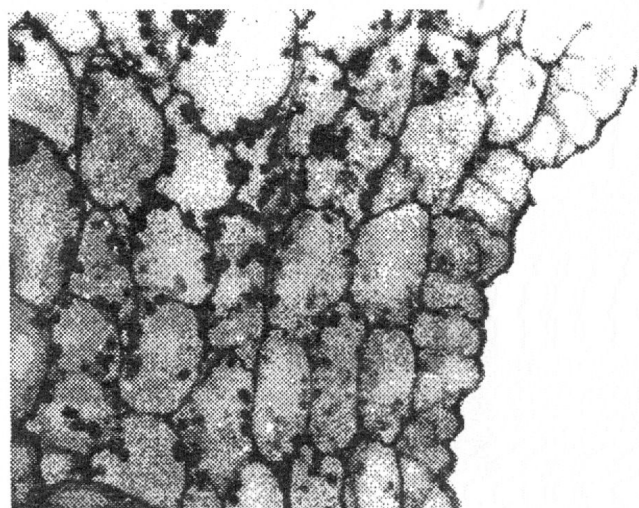


Рис. 4. Поперечний зріз мінібульб картоплі, які утворились в умовах вертикального контролю. Клітини епідермісу та паренхіми інтактні і щільно прилягають одна до одної. Об'єктив 40, окуляр 5

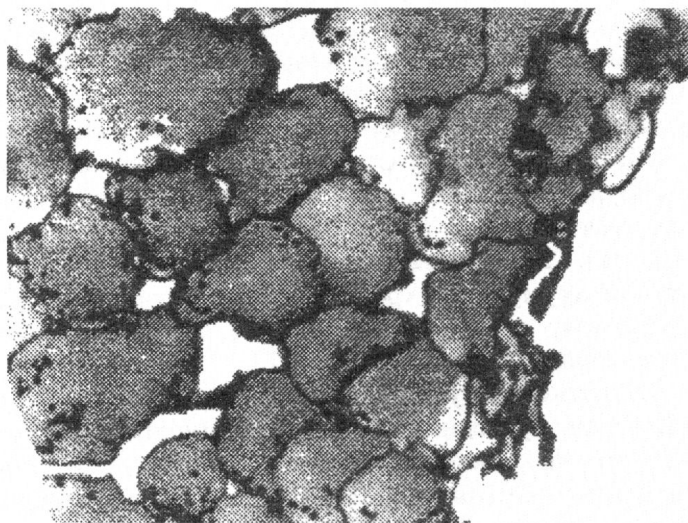


Рис. 5. Поперечний зріз мінібульб картоплі, які утворились в умовах кліностакування. Між клітинами епідермісу та паренхіми видно великі міжклітинники, клітини епідермісу частково зруйновані. Об'єктив 40, окуляр 5

скопичного дослідження показали, що в анатомо-морфологічних ознаках клітин епідермісу та запасуючої паренхіми спостерігалися суттєві відмінності, а саме:

1) в кліностатному варіанті клітини епідермісу були зруйновані;

2) кількість шарів клітин запасуючої паренхіми зменшувалась;

3) клітини паренхіми збільшувалися в розмірі, а вміст крохмалю в них значно зменшувався (рис. 4, 5).

Формування мінібульб в умовах клінонотатування і контролю

|                     | Кількість експлантів з мінібульбами | Кількість експлантів без мінібульб | Кількість експлантів з мінібульбами | Кількість експлантів без мінібульб |
|---------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
|                     | сорт «Світанок Київський»           |                                    | сорт «Луговський»                   |                                    |
| Контроль (n = 12)   | 2                                   | 10                                 | 2                                   | 10                                 |
| Клінонотат (n = 12) | 4                                   | 8                                  | 3                                   | 9                                  |

Виявлені феномени свідчать про різкі зміни вуглеводного обміну при комбінованій дії стресорного чинника (клінонотатування) і модифікованих умов вирощування.

1. Кордюм Е. Л., Сытник К. М., Белявская Н. А. и др. Современные проблемы космической клеточной фитобиологии. — М.: Наука, 1994.
2. Сытник К. М., Кордюм Е. Л., Машинский А. Л. и др. Ультраструктура клеток *Chlorella pyrenoidosa* (штамм g-11-1), растущих длительное время в условиях космического полета. // Докл. АН УССР. Сер. Б.—1979.—№ 4.—С. 311—315.
3. Сытник К. М., Кордюм Е. Л., Недуха Е. М. и др. Растительная клетка при изменении геофизических факторов. — Киев: Наук. думка, 1984.—136 с.
4. Brown C. S., Piastuch W. C. Starch metabolism in germinating soybean cotyledons is sensitive to clinorotation // Plant Cell Environ.—1994.—17.—P. 341—344.
5. Claassen D. E., Spooner B. S. Impact of altered gravity on aspects of cell biology // Intern. Rev. Cyt.—1994.—156.—P. 301—373.

6. Halstead T. W., Dutcher F. R. Experiments of plants grown in space: status and prospects // Ann. Bot.—1984.—54.—P. 3—18.
7. Kordyum E. L., Baranenko V. V., Nedukha E. M., Samoilov V. M. Development of potato minitubers in microgravity // Plant. Cell. Physiol.—1997.—38(10).—P. 1111—1117.
8. Kordyum E. L., Nedukha E. M., Sytnik K. M., Mashinsky A. L. Optical and electron-microscopic studies of the *Funaria hygrometrica* protonema after cultivation for 96 days in space // Adv. Space. Res.—1981.—1.—P. 159—162.
9. Moore R., Fondren W., McClelen C. E., Wang C. L. Influence of microgravity on cellular differentiation in root caps of *Zea mays* // Amer. J. Bot.—1987.—74.—P. 1006—1012.
10. Murashige T., Scoog F. A revised medium for rapid grows and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiol. Plant.—1962.—15, N 13.—P. 473—497.
11. Tibbits T. W., Alford D. K. Controlled ecological life support system: Use of higher plants. — MoffettField, CA: Ames Research Center, 1982.—NASA conf. Pub. 2231.
12. Tibbits T. W., Cao W., Wheeler R. M. Growth of potatoes for CELSS. — Ames Research Center, 1994.—CONTRACT NCC2-301.

FORMATION OF POTATO MINITUBERS UNDER INFLUENCE OF CLINOROTATION

I. V. Vasylytsov

Explants of the sterile propagated plants of potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. «Svitanok Kyivskyi» and «Lugovskyi» were cultivated on agar medium during 62 days in condition of the control and clinorotation. Minitubers were formed in both variants. Quantity of minitubers did not differ essentially. Nevertheless in anatomical and morphological attributes of epidermal cells and cells of storage parenchyma the essential differences are revealed.

УДК 612.82

ЗАВИСИМОСТЬ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МЫШЦ  
ОТ КРОВΟΣНАБЖЕНИЯ

© Е. А. Ильченко, О. А. Шугуров, С. Г. Ефанова

Дніпропетровський державний університет

Досліджується рухова реакція пальців верхньої кінцівки людини за умови змін кровопостачання працюючих м'язів через пневматичний вплив на плечову артерію (за допомогою манжети). Збільшення тиску в манжеті, яке зменшує кровопостачання пальців, приводить до зменшення амплітуд динамограм і зсуву максимуму відгуку до нижчого діапазону частот. Таким чином, можна вважати, що має місце прямий зв'язок між працездатністю пальців кінцівок та рівнем їхнього кровопостачання.

Известно, что энергия, необходимая для мышечной деятельности, освобождается главным образом в результате окисления органических веществ в мышцах. Поэтому потребность в кислороде при работе мышц будет неизменно возрастать. Поскольку кислород доставляется кровью, то и кровоснабжение активных органов, в особенности скелетных

мышц, должно быть при работе увеличенным. В проведенных ранее исследованиях [1—4] уже обсуждалась проблема работоспособности мышц руки человека в разных условиях их стимуляции.

В описанных ниже опытах рассматривались эффективность сокращения, вызванного ритмической стимуляцией мышц отдельных пальцев руки при