

«БІОНІЧНІ ГРИБИ» - НОВИЙ СПОСІБ ОТРИМАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ БАКТЕРІЙ І НАНОТЕХНОЛОГІЙ

Манічева Наталя Віталіївна

к.т.н. доцент

Манічева Анастасія Володимирівна

магістрант

Трапезникова Ольга Сергіївна

студент

Одеський національний політехнічний університет,
м. Одеса, Україна

Анотація: В даній статті мова йдеться про нанотехнології та наноматеріали в біології та медичних системах, а точніше про біонічні гриби. Про те що треба для їх отримання, де і як само їх можна застосовувати.

Ключові слова: ціанобактерія, фотосинтетична біоелектрика, біонічний гриб симбіоз, 3D-друк, кластер, графен, гібриди.

На сей час з актуальним отримання електроенергії за допомогою бактерій і нанотехнологій. Науці давно відомий особливий вид бактерії, який називається ціанобактерія. Серед плідних бактеріальних видів наукових інтересів ціанобактерії мають унікальну здатність до перетворення фотосинтетичної енергії з неперевершеною внутрішньою квантовою ефективністю майже 100%. Еволюція фотосинтетичних організмів протягом 2,5 мільярдів років призвела до найефективніших антенних систем для поглинання падаючої світлової енергії та систематичного спрямування її до реакційних центрів з подальшим розділенням заряду. Таким чином, природа відображає найефективніший спосіб використання сонячної енергії, перетворюючи її в хімічні зв'язки в процесі фотосинтезу, який здійснюють рослини та деякі види бактерій.

Розчинний пігментно-білковий комплекс фотосинтетичних антен, а саме ціанобактеріальні фікобілісоми, виконують функцію збирання світлової енергії в ціанобактеріях. Мікроорганізми, що володіють такими фотосинтетичними можливостями, охоплюють потенційні можливості для досягнення успіхів у таких сферах, як бактеріологія, збирання енергії, гена інженерія та ін. та бактеріальна нанобіоніка. Було запропоновано використати цю здатність перетворення енергії ціанобактерій для реалізації біонічної архітектури для досліджень з генерування фотосинтетичної біоелектрики. Щоб реалізувати таку біонічну архітектуру, природа забезпечує натхнення від кількох організмів, які розвивалися протягом мільйонів років, і підтримує переконливу структуру для біоміміки.

Гриб - один з таких живих організмів, що належать до царства грибів та класів, як сапрофіти. Грибний набір може бути використаний значним чином для іммобілізації щільно упакованих колоній ціанобактерій для ефективного генерування фотосинтетичної біоелектрики. Молекули води, необхідні для фотосинтезу, можуть доставлятися до іммобілізованих ціанобактерій за допомогою капілярної дії гідрофільних смуг брови під назвою гіфи, що протікає від підземного міцелію, в бік гриба. Більше того, пориста структура гриба передає молекули води в межах пілі і, отже, забезпечує необхідні водні канали.

Нещодавно ці структурні властивості гриба були ефективно досліджені для ефективних приладів генерування сонячної пари. Було запропоновано використати ці унікальні структурні властивості гриба, щоб реалізувати функціональний біонічний гриб (рис. 1), переплітаючи ціанобактеріальні клітини на його групі.



Рис.1. Біонічний гриб

Розробка багатовимірної інтеграції між різними мікробіологічними царствами може скористатися перевагою, дослідивши існування раціонального біонічного симбіозу. Оскільки гриб не має можливості здійснювати фотосинтез через відсутність хлорофільних пігментів, ці цілком переплетені ціанобактеріальні колонії можуть надавати грибу функціональність фотосинтезу. Одночасно структура грибів забезпечує біофізіологічні умови, що обслуговують себе, такі як вологе укриття та стабільне джерело поживних речовин для ціанобактеріальних колоній, щоб вижити довше. Отже, запропонована інтеграція отримує взаємні вигоди і називається "інженерно-біонічним симбіозом". Було проведено порівняльне дослідження, щоб дослідити придатність біотичного субстрату (грибної кнопки) для тривалого виживання ціанобактерій у порівнянні з широко використовуваним біосумісним субстратом (полісилоксан) [1].

Як повідомляє редакція видання Science Daily, за розробку відповідає група вчених з Технологічного інституту Стівенса. Стівенський технологічний інститут – головний приватний науково-дослідний університет, розташований у місті Хобокен, штат Нью-Джерсі. З моменту заснування в 1870 році технологічні інновації завжди були відмінною ознакою та спадщиною Стівенса в освіті та дослідженні. У межах трьох шкіл та одного коледжу 6900 студентів та аспірантів тісно співпрацюють із викладачами в міждисциплінарному, студентському, підприємницькому середовищі. Академічні та дослідницькі програми, що охоплюють бізнес, обчислювальну техніку, техніку, мистецтво та інші сфери, активно просувають межі науки та використання технологій, щоб вирішити наші найактуальніші світові виклики. Університет постійно входить до складу еліти країни за віддачею інвестицій у навчання, кар'єрними послугами та середньою кар'єрною зарплатою випускників [2].

Метою дослідників під керівництвом Ману Манора Стівена та Судепа Джоші було створити "штучний симбіоз" між грибами та бактеріями, що продукують фотосинтез, звані ціанобактеріями. Одним з останніх досягнень в цій сфері є те, що із звичайного шампінйону зробили біонічний. Це вдалося зробити завдяки тому, що гриб доповнили його 3D-друкованими кластерами ціанобактерій, які генерують електрику та вири графенових ноноріжок, які можуть збирати струм.

Однак друк на цих грибах виявився справжньою проблемою. 3-D принтери розроблені для друку на плоских поверхнях. Грибні капелюшки вигнуті. Дослідники витрачали місяці на написання комп'ютерного коду, щоб вирішити проблему. Врешті-решт, вони придумали

програму для тривимірного друку чорнила на вигнутих верхівках грибів. Дослідники надрукували два «чорнила» на своїх грибах. Один був зеленим чорнилом, виготовленим із ціанобактерій. Вони використовували це для виготовлення спірального візерунка на кришці. Також використовували чорну фарбу з графену [3]. Графен – це тонкий аркуш вуглецевих атомів, який відмінно допомагає проводити електрику. Далі, використовуючи біо-чорнило, що містить ціанобактерії, вони надрукували 3D-зображення спіральним малюнком поверх першого малюнка.

Блискуче світло гриба змусило бактерії фотосинтезувати, виробляючи електрони, які проходили через їх зовнішні мембрани. У точках на кришці, де закономірність біо-чорнила перетиналась із схемою електронного чорнила, ці електрони були перенесені до електропровідної мережі, утвореної графеновими наноріжками.[4] Дослідники надрукували ціанобактерії на двох поверхнях: мертві гриби та силікон. У кожному випадку мікроби вимирали протягом приблизно доби. Були проведені додаткове експериментальне дослідження з «мертвим грибом» як підходящого біологічно релевантного контролю для посилення дискусії щодо інженерно-біонічного симбіозу. Було проведено порівняльне дослідження з метою вивчення тривалості життя іммобілізованих ціанобактеріальних клітин на групі живих та мертвих грибів. У цьому дослідженні свіжозбитий живий гриб та мертвий гриб використовуються як субстрати для іммобілізованих 3D-друкованих ціанобактерій. Ми використовували розчин оцту (20% (v/v)). Природного фунгіциду завдяки високому вмісту оцтової кислоти для вбивства гриба. Купа живого гриба була слизова, м'яка, жирна і волога, тоді як у мертвого гриба була суха і шорстка. Ціанобактеріальні клітини були 3D-надруковані на групі живий і мертвий гриб для дослідження впливу субстрату на тривалість життєдіяльності ціанобактеріальних клітин.

Гриб живої кнопки та гриб мертвої кнопки (вбитий оцтом) для порівняльних досліджень. 3D-друкована ціанобактеріальна біо-чорнило на живих та мертвих грибах, відповідно. Цікаво, що зразки ціанобактерій, зібрані з живого гриба, демонструють порівняно більше поглинання в порівнянні зі зразками, зібраними з мертвого гриба за аналогічний час збору. Це спостереження вказує на те, що живі грибні плечі підтримують життєздатність клітин ціанобактерій на більш тривалий час, порівняно з мертвим грибом.

Живий гриб багатий вмістом вологи і має волокнисті смужки, які ефективно поглинають багате на поживні речовини середовище з 3D-друкованого біо-чорнила, а значить, діє як резервуар необхідних поживних речовин для росту ціанобактеріальних клітин на більш тривалий час. Мертвий гриб зменшився в розмірах через втрату вологи і значно відрізняється за фактурою палички і стебла порівняно з живим грибом, внаслідок цього він не забезпечує підтримку біофізіологічних умов для життєдіяльності клітин ціанобактерій. Одночасно результати стандартного методу підрахунку планшетів дотримувалися точно подібної тенденції, коли ціанобактеріальні клітини, зібрані в перші години, призводили до більшої кількості ізогенних колоній. Кількість колоній значно зменшилась для проб ціанобактерій, зібраних із мертвого гриба після першого дня.

У цьому полягає сильна відповідність між результатами, виявленими ультрафіолетовою спектроскопією та стандартним методом підрахунку пластин, що відкрило шлях до існування інженерного біонічного симбіозу, що призвело до збільшення тривалості життя ціанобактеріальних клітин на живому грибі. Експерименти повторювались по 11 разів протягом обох методів, що призводило до кращої статистичної заявки на встановлення існування інженерно-біонічного симбіозу. Вони жили більше ніж удвічі довше на живих грибах. Джоші вважає, що довге життя мікробів на живому грибі є доказом симбіозу. Це коли два організми співіснують таким чином, що допомагає принаймні одному з них.

Марін Сава, інженер-хімік в Імперському коледжі Лондона в Англії, зазначила, що дослідники переконували мікроби та гриби на короткий час. Хоча вона працює з ціанобактеріями, вона не була частиною нового дослідження. Парування двох форм життя

разом – захоплююча область досліджень зеленої електроніки, каже вона. Зеленою вона посилається на екологічно чисту технологію, яка обмежує відходи. Сава не впевнена, чи можна називати її симбіозом, вона каже, що гриби та бактерії повинні були б жити разом набагато довше - принаймні тиждень [5].

Джоші вважає, що варто підлаштовуватися. Він вважає, що цю систему можна значно вдосконалити. Він збирає ідеї від інших дослідників. Деякі запропонували працювати з різними грибами. Інші радили підлаштувати гени ціанобактерій, щоб вони зробили більше електронів.

"Природа дає багато натхнення", – говорить Джоші. Загальні частини можуть працювати разом, щоб отримати дивовижні результати. Гриби та ціанобактерії ростуть у багатьох місцях, і навіть графен - це просто вуглець, зазначає він. "Ви спостерігаєте за цим, ви приходите в лабораторію і починаєте експерименти. А потім, – каже він, якщо вам посправжньому пощастило, – лампочка згасне».

Такі гібриди є частиною зусиль, щоб покращити наше розуміння біологічних механізмів клітин та як використовувати ці заплутані молекулярні механізми та важелі для створення нових технологій. Ману Манур, доцент кафедри машинобудування в Стівенсі, сказав: "У цьому випадку наша система – цей біонічний гриб – виробляє електроенергію".

Дослідження має широкий обсяг, щоб допомогти дослідникам краще вдосконалювати своє розуміння біологічних механізмів клітин, зазначив Манур. Завдяки цій роботі ми можемо уявити величезні можливості для біогібридних додатків наступного покоління, – сказав професор Манур. Наприклад, деякі бактерії можуть світитися, а інші відчують токсини або виробляють паливо. Безпроблемно інтегруючи ці мікроби з наноматеріалами, ми могли б реалізувати багато інших дивовижних дизайнерських біогібридів для навколишнього середовища, оборони, охорони здоров'я та багатьох інших галузей".

ДЖЕРЕЛА

1. Sudeep Joshi, Ellexis Cook, Manu S. Mannoor / Bacterial Nanobionics via 3D Printing // Nano Letters – Hoboken, New Jersey , United States
2. Hoboken, N.J. / “Bionic Mushrooms” Fuse Nanotech, Bacteria and Fungi // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.stevens.edu/news/bionic-mushrooms-fuse-nanotech-bacteria-and-fungi> – Hoboken, USA – Nov. 07, 2018.
3. Josh Gabbatiss / ‘Bionic mushrooms’ that generate electricity created by scientists // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.independent.co.uk/news/science/bionic-mushroom-electricity-light-bacteria-graphene-science-research-technology-a8622006.html> – UK – Nov. 07, 2018.
4. Ben Coxworth / Bionic mushroom uses bacteria and graphene to generate electricity // [Електронний ресурс]: <https://newatlas.com/bionic-mushroom/57134/> - Nov. 07, 2018
5. Dan Garisto / This bionic mushroom makes electricity // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.sciencenewsforstudents.org/article/innovation-2019-bionic-mushroom-makes-electricity> – Feb. 6, 2019.