

СЕНСОРИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ

SENSORS AND INFORMATION SYSTEMS

УДК 004:31

БЕЗДРОТОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ПОРТАТИВНІ ПРИЛАДИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ РОСЛИН

*В. О. Романов¹, Д. М. Артеменко¹, В. М. Груша¹, В. С. Федак¹,
Є. В. Сарахан¹, А. А. Євтух², В. Г. Мельник³*

¹Інститут кібернетики ім. В. М. Глушкова НАН України, VRomanov@i.ua

²Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лошкарьова НАН України

³Інститут електродинаміки НАН України

БЕЗДРОТОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ПОРТАТИВНІ ПРИЛАДИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ СТАНУ РОСЛИН

*В. О. Романов, Д. М. Артеменко, В. М. Груша, В. С. Федак,
Є. В. Сарахан, А. А. Євтух, В. Г. Мельник*

Анотація. Висвітлені результати в області дистанційної експрес-діагностики біологічних об'єктів. Обґрунтовано і показана доцільність в розробці бездротових інтелектуальних портативних приладів і сенсорів і побудові на їх основі промислової системи збору і обробки даних

Ключові слова: бездротові сенсори, інтелектуальні прилади, індукція флуоресценції хлорофілу

WIRELESS SMART PORTABLE DEVICES FOR PLANT STATE MONITORING

*V. O. Romanov, D. M. Artemenko, V. M. Hrusha, V. S. Fedak,
Ye. V. Sarakhan, A. A. Evtukh, V. G. Melnik*

Abstract. Results of remote express-diagnostic of biology objects are considered. Expediency of designing wireless smart portable devices and sensors and creating on this base industrial data acquisition systems is proved

Keywords: wireless sensors, smart devices, fluorescence chlorophyll induction

БЕСПРОВОДНЫЕ ИНТЕЛЕКТУАЛЬНЫЕ ПОРТАТИВНЫЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ РАСТЕНИЙ

*В. А. Романов, Д. М. Артеменко, В. М. Груша, В. С. Федак,
Е. В. Сарахан, А. А. Евтух, В. Г. Мельник*

Аннотация. Представлены результаты в области дистанционной экспресс-диагностики биологических объектов. Обоснована и показана целесообразность разработки беспроводных интеллектуальных портативных приборов и сенсоров и построения на их основе промышленных систем сбора и обработки данных

Ключевые слова: беспроводные сенсоры, интеллектуальные приборы, индукция флуоресценции хлорофилла

Вступ. В рамках програми НАН України «Сенсорні системи для медико-екологічних та промислово-технологічних потреб» в Інституті кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України створено портативний комп'ютерний прилад для визначення в експрес-режимі впливу стресових чинників на стан рослин. Портативний прилад вимірює індукцію флуоресценції хлорофілу (ІФХ) без пошкодження рослини[1].

Експрес-діагностика стану рослин проводиться за функціональними ознаками і ґрунтується на використанні показників окремих специфічних ділянок кривої ІФХ, які відповідають окремим ланкам ланцюгу фотосинтезу, в якості діагностичних ознак. За формою кривої ІФХ (подібно до кардіограми) можна визначити дію того чи іншого впливового чинника на стан рослини.

Прилад «Флоратест» (рис.1) знаходить в дослідній експлуатації в установах НАН України та НААНУ і в рамках міжнародного проекту № 5219 Українського науково-технологічного центру готується до серійного випуску.

Проведені разом з Національним науковим центром «Інститут виноградарства і виноробства ім. В. Є. Таїрова» НААНУ та Науковим центром екомоніторингу та біорізноманіття мегаполісу НАН України дослідження приладу підтвердили його ефективність і практичну корисність. Також, це дозволило намітити нові напрямки розвитку та модернізації портативного приладу, які полягають у наступному:

- 1) скорочення часу отримання даних;
- 2) розробка спеціалізованого програмного забезпечення, яке дозволяло б швидко обробляти дані вимірювання і забезпечувало дистанційний доступ до цих даних з метою отримання прогнозів щодо майбутнього врожаю.



Рис. 1. Портативний прилад «Флоратест»

1. Приклади модернізації приладу

Загальний час проведення вимірів в рамках одного експерименту визначається за формулою:

$$t_e = N \times (T_{ad} + T_m + T_{pr}), \quad (1)$$

де t_e — загальний час експерименту;

N — загальна кількість вимірів;

T_{ad} — час темної адаптації (час необхідний для приведення хлорофілу в стан спокою після розміщення кліпси на листі становить від 3-х до 10-ти хв.);

T_m — час одного виміру;

T_{pr} — час підготовки до наступного виміру (включає переміщення кліпси на інший лист, а також в разі потреби час передачі даних на ноутбук).

Наприклад, для одержання статистичної сукупності з 30 вимірів, при $t_{ad}=3$ хв., $t_m=3$ хв., $t_{pr}=1$ хв. необхідно 210 хв. Як правило, потрібно кілька статистичних сукупностей з різних ділянок поля. А при необхідності порівняння даних з 33-х ділянок тривалість експерименту складає щонайменше 10,5 год. Це, у свою чергу, може внести похибки у результати експерименту, оскільки протягом доби можуть відбуватися зміни параметрів навколишнього середовища, (освітлення, температури, вологості), що впливає на певні параметри кривої ІФХ. Тож постає необхідність використання кількох приладів, і, враховуючи, що інтервали t_{ad} , t_m , t_{pr} можуть змінюватися, з (1) одержуємо:

$$t_e = \frac{\sum_i^N (T_{ad} + T_m + T_{pr})}{N_d}, \quad (2)$$

де N_d — кількість пристроїв.

Як бачимо з (2), чим більше пристроїв, тим менший час експерименту. Оскільки використання кількох пристроїв потребує збільшення кількості фахівців, то найкращим виходом є використання бездротових технологій. Прикладом можуть бути інтелектуальні сенсори з можливістю передачі даних до вузла обробки (мікропроцесорного блоку, ноутбуку або КПК) радіоканалом [2].

Крім зменшення часу на проведення безпосередніх вимірів, ця технологія робить можливим отримання функціонально нових ознак, наприклад, розподілу азоту в рослині, виміру термоіндукції, параметрів дихання рослини тощо. Так, наприклад, в [5] відмічено, що вміст азоту в листках рослин озимої пшениці різних ярусів є неоднаковим і зменшується зверху до низу, однак у рослин високобілкового сорту ремобілізація азоту стебла та листків нижніх ярусів відіграє більшу роль у формуванні якості зерна. Особливості перерозподілу азоту від листків до зерна, чи зернову продуктивність пов'язують з тривалістю життя листків після цвітіння (проходження реакцій фотосинтезу), надходженням до зерна великої кількості вуглеводів, синтезом крохмалю, з гарною виповненістю зернівки, реалізацією потенційного генотипу. Проте небажаним є затримання ве-

ликої кількості сполук азоту в листках, що може ускладнювати їх ремобілізацію до зернівок наприкінці наливу. Таким чином, цю інформацію про перебіг продукційного процесу, розподіл та накопичення азоту між різними ярусами можливо отримати впровадивши відповідні розробки з модернізації бездротових сенсорних приладів. Подібні переваги відносяться також до дистанційних вимірів динаміки накопичення хлорофілів у рослинах озимої пшениці [6]. При використанні методу спектрометрії посівів у напрямку, перпендикулярному до площини розташування рослин, неможливо отримати інформацію щодо вмісту пігменту зі всіх ярусів листя, практично неможливо виміряти суму хлорофілів які накопичені рослинами. Спектрометрія та методи лабораторної діагностики, як правило, не відповідають умовам планування та проведення польових дослідів.

Як інструментальне забезпечення наземного підтвердження результатів супутникових спостережень за розвитком культурних рослин, актуальним є розробка та впровадження дистанційної бездротової технології на базі сенсорних приладів з радіоканалом.

Під час проведення польових дослідів на великих площах послідовність вимірів у часі може привести до спотворення загальних результатів вимірів; неоднорідність самої земельної ділянки, призводить до внутрішньопольової неоднорідності показників розвитку саме рослин та подальшого врожаю; складний та багатоступеневий агротехнічний процес не завжди корелюється зі змінами проходження рослинами фенологічних фаз, що особливо відчутно в умовах непередбачуваності кліматичних змін. Для оцінки стану фотосинтетичного апарату рослин під час встановлення, наприклад, його зв'язку з показниками продуктивності, як контроль, використовують класичний ацетоновий метод у різних модифікаціях, що зумовлене обмеженим забором рослинних зразків і наступними довготривалими вимірами згідно стандартної методики. Таким чином, одномоментність вимірів на полі з урахуванням ярусності листя та необмеженої кількості рослин, що можуть бути досліджені, створюється можливість системно та вчасно впроваджувати необхідні технологічні заходи, залучати необхідний рівень агротехніки, прогнозувати та впливати на подальший врожай.

2. Використання бездротових технологій

Слід відзначити, що використання бездротової технології збору даних з біологічних об'єктів дозволяє сумісно з оптичними використовувати сенсори інших типів. Авторами розроблені новітні мікро- і нанoeлектронні газові датчики на основі газочутливих структур метал-напівпровідник і метал-діелектрик-напівпровідник структур з шарами пористого кремнію, які є дуже чутливими до кисню, водню та інших газів, що дозволяє разом з моніторингом процесу фотосинтезу слідкувати за диханням рослини шляхом вимірювання мікроконцентрацій кисню та вуглецю на поверхні листка та ґрунту [7]. Відомо, що альтернативним до фотосинтезу процесом крім індукції флуоресценції хлорофілу є термоіндукція. Авторами розроблені термобіосенсори, значне підвищення чутливості яких досягається за рахунок реєстрації теплового потоку в зони виникнення термоіндукції, тобто на поверхні листка рослини. Роздільна здатність при вимірюванні температури становить близько $0,0001^{\circ}\text{C}$ [8]. Можливо при розробці технології та систем моніторингу стану агрофітоценозів використовувати такі сенсори у бездротовому режимі.

Наявність безпроводних стандартів, таких як Wi-Fi, Bluetooth, GPRS, ZigBee та інших, надала зручні засоби для побудови безпроводних сенсорних мереж. При розробці систем на базі даних технологій розробник повинен враховувати вимоги щодо зв'язку конкретної створеної системи, зокрема: розмір мережі, безпеку та швидкість передачі даних, ціну обладнання та затрати на його встановлення і обслуговування, енергоспоживання, формати даних тощо [3,4]. З точки зору споживання електроенергії привабливими є застосування Bluetooth або ZigBee (рис. 2.).

При використанні бездротових сенсорів набагато ефективніше передавати дані безпосередньо на ПК, підключивши до нього модем, який може бути невеликих розмірів. Попередня обробка даних може бути здійснена безпосередньо на місці за допомогою ноутбука, або навіть КПК. Доцільно мати сервер, на якому були б додаткові програми і бази даних з аналогічних досліджень.

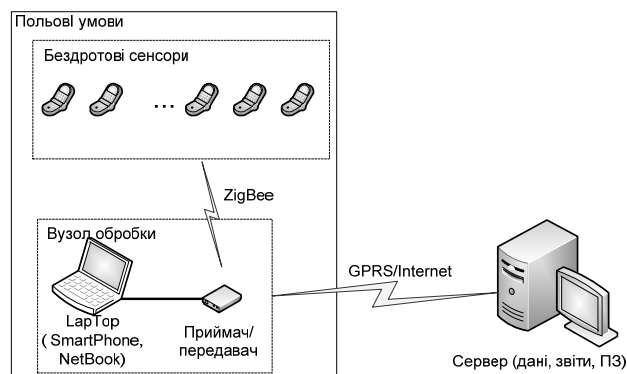


Рис. 2. Проведення вимірювань в польових умовах з використанням бездротових сенсорів

Висновки

1. Інтелектуальні портативні прилади для експрес-діагностики стану рослин при великих площах насаджень не дають змогу одночасно отримувати інформацію з багатьох ділянок поля, що зменшує вірогідність результатів діагностики і ефективність прогнозу.

2. Бездротові інтелектуальні сенсорні прилади дозволяють одночасно виконувати сотні вимірів за різними параметрами, що характеризують стан рослин. Застосування розподілених систем моніторингу стану рослин на базі таких приладів значно підвищує ефективність управлінських рішень щодо захисту рослин від стресових навантажень і підвищує якість прогнозу стосовно майбутніх врожаїв.

Список літератури

1. Romanov V., Galelyuka I., Hrusha V., Sarakhan Ye. Biosensor for Express-Diagnostics of Plant States. // Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції «Radostim-2009- Гумінові речовини та фітогормони в сільському господарстві», м. Дніпропетровськ, 16–18 лютого 2010. — С.153–154.
2. <http://www.fluorimetrie.com/>
3. Козлов А. Промышленные стандарты беспроводной передачи данных. Chip News Украина. 2008. — № 7 — С. 18–21.
4. <http://standards.ieee.org/getieee802/portfolio.html> — IEEE стандарти 802-ї серії.
5. Починок В. М., Кірізій Д. А. Продуктивність і якість зерна пшениці у зв'язку з особливостями розподілу азоту в рослині // Физиология и биохимия культурных растений. — 2010. — 42, № 5. — С. 393–402.

6. Казанцев Т. А., Туменюк Л. В., Кочубей С. М. Дистанционные измерения динамики содержания хлорофилла в посевах озимой пшеницы // Физиология и биохимия культурных растений. — 2010. — 42, № 6. — С. 544–549.
7. Litovchenko V. G., Gorbanyuk T. I., Solntsev V. S., Evtukh A. A. Mechanism of hydrogen, oxygen and humidity sensing by Cu/Pd-porous silicon-silicon structures. // Appl. Surf. Sci. — V.234. — P. 262–267.
8. Василенко О. Д., Мельник В. Г., Стародуб М. Ф., Медведенко М. П. Високочутливі термометричні системи для біомедичних та технологічних вимірювань — Технічна електродинаміка, Тематичний випуск: «Проблеми сучасної електротехніки», — 2006. — Ч. 3, Київ, — С. 125–128