

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 244161 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **436056**

(22) Data zgłoszenia: **2020.11.24**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.05.30 BUP 22/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.12.11 WUP 50/2023**

(51) MKP:

G01N 21/17 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ-INSTYTUT
LOTNICTWA, Warszawa, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**KAROL BĘBEN, Piaseczno, PL
DAWID KULPA, Warszawa, PL
WOJCIECH KONIOR, Warszawa, PL
HUBERT SKONECZNY, Żyrardów, PL
KONRAD MRUK, Wrocław, PL
MARIUSZ KACPRZAK, Grodzisk Mazowiecki, PL
KATARZYNA KUBIAK, Warszawa, PL
JAN KOTLARZ, Sierstrzeń, PL
MARCIN SPIRALSKI, Falenty, PL
KATARZYNA DOROSZ, Józefów, PL
KAROL ADOLF ROTCHIMMEL, Milanówek, PL
JAKUB SZYMAŃSKI, Warszawa, PL
JUSTYNA STYPUŁKOWSKA, Borowiec, PL
PIOTR SŁAWIŃSKI, Warszawa, PL
ANETA BAJGROWICZ, Warszawa, PL
ARTUR MIKICIŃSKI, Skierniewice, PL
JOANNA PUŁAWSKA, Skierniewice, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Marcin Barycki, Warszawa, PL

(54) Tytuł:

Układ detekcji i rozpoznania patogenów roślin w warunkach upraw szklarniowych

PL 244161 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ detekcji i rozpoznania patogenów roślin w warunkach upraw szklarniowych, mający swoje zastosowanie w środowisku szklarniowym, w stosunku do roślin spożywczych oraz ozdobnych.

Jednym z podstawowych elementów technologii produkcji roślin jest ochrona przed organizmami szkodliwymi.

Realizując postanowienia dyrektywy 2009/128/WE oraz rozporządzenia nr 1107/2009 państwa członkowskie Unii Europejskiej wprowadziły w rolnictwie zasady ochrony integrowanej, polegającej na wykorzystaniu wszystkich dostępnych metod ochrony roślin, zwłaszcza niechemicznych, w sposób minimalizujący zagrożenie dla zdrowia ludzi, zwierząt oraz dla środowiska.

Integrowana ochrona roślin wykorzystuje w pełni wiedzę o organizmach szkodliwych dla roślin w celu określenia optymalnych terminów dla podejmowania działań zwalczających te organizmy, a także wykorzystuje naturalne występowanie organizmów pożytecznych, w tym drapieżców i pasożytów organizmów szkodliwych dla roślin, a także posługuje się ich introdukcją.

W związku z tym, w rolnictwie istotną rolę pełnić powinny rozwiązania techniczne, dostarczające wszelkich niezbędnych informacji, przydatnych do kontroli uprawy roślin, pozwalające tym samym na szybką i właściwą reakcję w przypadku pojawienia się wszelkich zagrożeń, a zwłaszcza patogenów, stanowiących czynnik chorobotwórczy, naruszający równowagę w czynnościach życiowych roślin.

W stanie techniki znajdują się wynalazki, których celem jest monitorowanie roślin podczas ich wzrostu.

Z prostych metod, znany jest na przykład chiński wynalazek o nr CN 110468041 ujawniający urządzenie i metodę do monitorowania zarodników patogenów roślinnych, w którym urządzenie zawiera płytki samoprzylepne ustawiane obok roślin i wyjmowane w ustalonym czasie w celu analizy pod mikroskopem.

Podobna technika, wykorzystująca zjawisko lepkości zastosowana jest w innym chińskim wynalazku o nr CN 110387406, w którym stosuje się taflę szklaną pokrytą lepкими substancjami. Zarodniki bakterii chorobotwórczych są zbierane i analizowane w pożywce hodowlanej.

Bardziej skomplikowane urządzenie ujawnia inny chiński wynalazek, o nr CN 10457843. Dotyczy on metody i urządzenia do automatycznego, dwupozycyjnego, obrazowania w celu kontroli wigoru wzrostu pomidorów w instalacji typu szyna prowadząca. Urządzenie składa się z ramy z szyną prowadzącą ruchomej platformy, powierzchni czołowej ruchomej platformy umieszczonej na ramie szyny prowadzącej ruchomej platformy, a po obu stronach ramy z szyną prowadzącą ruchomej platformy zamontowane są odpowiednio silniki krokowe. Rama w kształcie litery T jest przymocowana do górnej powierzchni końcowej powierzchni czołowej ruchomej platformy i jest wyposażona w pierwszy elektrycznie sterowany uchwyt, pierwszy instrument do obrazowania o wysokim spektrum, drugi elektrycznie sterowany uchwyt i drugi instrument do obrazowania o wysokim spektrum. Za pomocą ruchomej platformy automatycznego wykrywania kontrolnego na szynie prowadzącej, obrazowanie skanujące odbywa się z pozycji górnej i pozycji głównej dla poszczególnych pomidorów w kolejności, według zadanego czasu, za pomocą dwupozycyjnego urządzenia do obrazowania synchronicznego o wysokim spektrum. W wyniku zastosowania wynalazku zyskuje się automatyczne monitorowanie kontrolne. Dane o wysokim spektrum z pozycji górnej i pozycji głównej dotyczące pomidorów mogą być uzyskiwane synchronicznie. W wyniku zastosowania wynalazku uzyskiwana jest obszerna ilość informacji. Korzystnym skutkiem zastosowania rozwiązania jest to, że informacje o wigorze wzrostu pomidorów są bardziej wszechstronne i dokładniej uchwycone. Dzięki wynalazkowi można prowadzić zarządzanie wodą oraz nawozem, a także regulacją i kontrolą środowiska.

W stanie techniki ujawniono także koreański wynalazek o nr KR 20190084149, który prezentuje aparaturę i metodę monitorowania wzrostu roślin. Zgodnie z niniejszym wynalazkiem, aparatura do monitorowania wzrostu roślin obejmuje: jednostkę fotograficzną do fotografowania roślin, która przekazuje obraz w technice stereoskopowej oraz obraz hiperspektralny; wspornik do wspierania oraz przemieszczania i obracania jednostki fotograficznej; a także jednostkę, która wykorzystuje informacje pochodzące z obrazów do monitorowania wzrostu roślin oraz wykorzystywania wyników monitorowania do zmiany pozycji wspornika.

Inny chiński wynalazek o nr CN 102506938 dotyczy natomiast metody wykrywania informacji o wzroście upraw szklarniowych i informacji o środowisku. Rozwiązanie oparte jest na informacji z szeregu czujników, w tym między innymi: spektrometru, urządzenia do obrazowania wielospektralnego,

kamery termowizyjnej, czujnika temperatury, czujnika wilgotności, czujnika nasłonecznienia, czujnika stężenia CO₂, czujnika temperatury, czujnika wilgotności, czujnika oświetlenia. Wynalazek pozwala na uzyskanie kompleksowych informacji o wroście i środowisku upraw szklarniowych.

Informacje uzyskane za pomocą metody mogą być wykorzystane do kontroli regulacji środowiskowej, zgodnie z rzeczywistym zapotrzebowaniem wzrostu upraw szklarniowych.

Znany jest również koreański wynalazek o KR 20200111648, obejmujący metodę, aparaturę i system do monitorowania uprawy roślin, w którym wykorzystywana bliska podczerwień do mierzenia wzrostu rośliny, a do analizowania wzrostu roślin stosowana jest analiza modelu RGB.

Natomiast rumuński wynalazek o nr RO 132939, dotyczy stanowiska do automatycznego monitorowania wzrostu roślin w laboratorium. Obejmuje on stojak składany z ramą, na której zamontowany jest wyposażony w kamerę system precyzyjnego pozycjonowania i system akwizycji obrazu wzrostu roślin.

Z kolei chiński wzór użytkowy o nr CN 202770762 dotyczy urządzenia do monitorowania zmian liści roślin, posiadającego między innymi kamerę, karty akwizycji obrazu, komputer PC, przekaźnik i reflektor. Urządzenie może monitorować zmianę w czasie rzeczywistym i automatycznie analizować zmianę za pomocą komputera.

Z publikacji pod tytułem „Zastosowanie teledetekcji do monitorowania i oceny produktywności plantacji rzepaku”, autorstwa A. Wojtowicza, M. Wojtowicza, J. Piekarczyka, znajdującego się w tomie XXVI „Rośliny oleiste”, Poznań 2005, znane jest także między innymi zastosowanie teledetekcji do oceny porażenia plantacji rzepaku przez choroby.

Należy zaznaczyć, że najbardziej rozpowszechniona w rolnictwie jest technika spektroskopii w podczerwieni i UV-VIS, wykorzystująca zakres podczerwieni widzialny i nadfioletowy widma słonecznego. Badanie upraw z pułapu satelitarnego i lotniczego nie wykryje nam jednak szczegółów związanych ze zmianami powstającymi na samych liściach, owocach lub nasionach. Kiedy zmiany są wykrywane za pomocą teledetekcji powietrznej może być już za późno.

Znana jest także technika spektroskopii w zakresie podczerwonym od 700 nm do 2500 nm i widzialnym w zakresie od 400–700 nm. Na bazie otrzymanego widma w odpowiednim zakresie po zmierzeniu produktu uprawnego np. owocu stwierdzić można zmiany obejmujące miąższ i skórkę.

W stanie techniki brak jest jednak rozwiązań kompleksowych, rozpoznających patogeny roślin w warunkach upraw szklarniowych, które dostarczałyby rzetelne, dokładne i celowane informacje w czasie rzeczywistym i które pozwalałyby na szybką i odpowiednią reakcję wobec zagrożeń.

Rozwiązanie według wynalazku posiada wszystkie powyższe cechy.

Istotą wynalazku jest układ detekcji i rozpoznania patogenów roślin w warunkach upraw szklarniowych, wyposażony w zamontowany w szklarni detektor sygnału oraz posiadający dedykowane oprogramowanie wraz z interfejsem, charakteryzujący się tym, że detektor sygnału stanowi sensor hiperspektralny, rejestrujący co najmniej 250 zakresów spektralnych badanych roślin, stanowiących dane teledetekcyjne, występujących w postaci wielowarstwowych zobrazowań spektralnych i zawierających informacje o natężeniu odbicia fal elektromagnetycznych w postaci wartości pojedynczych pikseli, przy czym sensor hiperspektralny posiada matrycę rejestrującą pasmo widzialne (VIS), bliską podczerwień (NIR), a także fragment podczerwieni krótkofalowej (SWIR), jednocześnie pasmo widzialne (VIS) obejmuje zakresy: niebieski (VIS) wynoszący od 400 nm do 500 nm, zielony (VIS) wynoszący od 500 nm – 600 nm, czerwony (VIS) wynoszący od 600 nm do 700 nm, zaś bliska podczerwień (NIR) obejmuje zakresy od 700 nm do 1000 nm, natomiast podczerwień krótkofalowa (SWIR) obejmuje zakresy od 1000 nm do 2000 nm, zaś dedykowane oprogramowanie wyposażone jest w specjalistyczną bazę danych o patogenach obejmującą dane referencyjne w postaci sygnatur spektralnych obejmujących fazy rozwojowe roślin zdrowych oraz sygnatur spektralnych roślin porażonych patogenem, przy czym baza danych o patogenach odnosi się do: co najmniej trzech różnych roślin, co najmniej jednego patogenu dla każdej z trzech roślin i co najmniej jednego wskaźnika teledetekcyjnego dla każdego patogenu, pozyskanych w co najmniej pięciu różnych fazach wzrostu roślin zdrowych, a także w co najmniej pięciu różnych fazach rozwoju choroby u roślin porażonych, jednocześnie wszystkie sygnatury spektralne obejmują zakres promieniowania wynoszący od 400 nm do 2500 nm, o rozdzielczości wynoszącej co najmniej 3 nm, natomiast przesyłająca dane teledetekcyjne od sensora hiperspektralnego do komputera sieć stanowi bezprzewodową sieć lokalną WLAN.

Korzystnie, sieć stanowi przewodową sieć lokalną Ethernet.

Korzystnie, sensor hiperspektralny umiejscowiony jest w szklarni na poziomej szynie.

Korzystnie, dane teledetekcyjne posiadają rozdzielczość bitową wynoszącą 12 bitów.

Korzystnie, szklarnia wyposażona jest w zapewniające jednorodne warunki oświetleniowe oświetlenie.

Korzystnie, pozyskiwanie danych teledetekcyjnych od badanych roślin przez sensor hiperspektralny odbywa się w rozdzielczości czasowej wynoszącej co najmniej raz na 12 godzin.

Rozwiązanie zostało bliżej zaprezentowane w widokach schematycznych na rysunku, na którym: fig. 1 uwidacznia układ detekcji i rozpoznania patogenów roślin w warunkach upraw szklarniowych, zaś fig. 2 sposób wykorzystania układu według wynalazku.

Jak ujęto na fig. 1 detektor sygnału w postaci sensora hiperspektralnego 1, który umiejscowiony jest w szklarni 8 na poziomej szynie 9, a jego zadaniem jest rejestrowanie w czasie zakresów spektralnych badanych roślin 2. Szklarnia 8 wyposażona jest w zapewniające jednorodne warunki oświetleniowe oświetlenie 10. Zarejestrowane przez sensor hiperspektralny 1 zakresy stanowią, posiadające rozdzielczość bitową wynoszącą 12 bitów dane teledetekcyjne 3. Pozyskiwanie danych teledetekcyjnych 3 od badanych roślin 2 odbywa się w rozdzielczości czasowej wynoszącej raz na 6 godzin. Dane teledetekcyjne 3 przesyłane są za pośrednictwem sieci 7, którą stanowi bezprzewodowa sieć lokalna WLAN do komputera 6. W komputerze 6 zainstalowane jest dedykowane oprogramowanie 4, wyposażone w specjalistyczną bazę danych o patogenach 5, obejmującą dane referencyjne w postaci sygnatur spektralnych obejmujących fazy rozwojowe roślin zdrowych 5a oraz sygnatur spektralnych roślin porażonych patogenem 5b.

Na fig. 2 kolejność czynności realizowanych w układzie detekcji i rozpoznania patogenów roślin w warunkach upraw szklarniowych została przedstawiona za pomocą strzałek. Po przesłaniu z sensora hiperspektralnego 1 danych teledetekcyjnych 3 za pomocą sieci 7 lokalnej Ethernet do komputera 6 i zaimplementowaniu ich w dedykowanym oprogramowaniu 4 użytkownik 11, który na figurze został ujęty symbolicznie w postaci prostokąta z zaokrąglonymi rogami rozpoczyna pracę analityczną. W pierwszym etapie pracy analitycznej, oznaczonej dokonuje analizy hiperspektralnej A, porównując znajdujące się w bazie danych o patogenach 5 dane referencyjne 12 z uzyskanymi danymi teledetekcyjnymi 3. W drugim etapie, użytkownik 11 dokonuje analizy wskaźnikowej dla konkretnych patogenów. Analiza wskaźnikowa opiera się na porównaniu znajdujących się w bazie danych o patogenach 5 bazowe wskaźniki wegetacyjne 13 z obliczonymi dla danych teledetekcyjnych 3 uzyskanymi wskaźnikami wegetacyjnymi 14. Wyniki analizy hiperspektralnej 15 oraz wyniki analizy wskaźnikowej 16 wyświetlane są na ekranie monitora w komputerze 6 i obejmują uzyskanie informacji o aktualnej kondycji zdrowotnej roślin, występowaniu roślin porażonych 17, ich umiejscowieniu w układzie współrzędnych szklarni, a także wskazanie patogenu 18 jaki zaatakował rośliny porażone 17.

Jak zaprezentowano powyżej, układ detekcji i rozpoznania patogenów roślin w warunkach upraw szklarniowych według wynalazku obejmuje procesy: teledetekcji wykonywanej za pomocą sensora hiperspektralnego, przesyłanie danych teledetekcyjnych za pośrednictwem sieci do oprogramowania oraz wykonywania analiz.

Użyty sensor hiperspektralny rejestruje minimum 250 wąskich kanałów spektralnych o matrycy rejestrującej, co najmniej zakres widzialny (VIS) oraz bliską podczerwień (NIR), a także fragment podczerwieni krótkofalowej (SWIR) obejmując zakresy: niebieski (VIS): 400–500 nm, zielony (VIS): 500–600 nm, czerwony (VIS): 600–700 nm, bliskiej podczerwieni (NIR): 700–1000 nm, podczerwieni krótkofalowej (SWIR): 1000–1600 nm, a także podczerwieni krótkofalowej (SWIR): 1600–2000 nm. Użyty sensor hiperspektralny może być zamontowany na szynie, co umożliwi jego przemieszczanie w płaszczyźnie poziomej. Wielowarstwowe zobrazowania hiperspektralne, uzyskane w wyniku zastosowania sensora powinno się wykonywać przynajmniej dwa razy na dobę, przy czym rozdzielczość czasowa pozyskiwania danych może być dowolna i jest sterowana przez użytkownika. W czasie pomiaru zastosowane jest niezależne źródło światła zapewniające jednorodność warunków oświetleniowych oraz miarodajność danych. Korzystne jest, aby było to podwójne źródło światła. Ważne jest to, że wielowarstwowe zobrazowania hiperspektralne przesyłane są komputera w czasie rzeczywistym.

Wykonywane przez specjalistę analizy oparte są o dedykowaną bazę danych o patogenach, która zawiera informacje o ilości światła odbitego i absorbowanego przez fragmenty roślin zdrowych oraz porażonych patogenem, w postaci sygnatur spektralnych. Baza zawiera zestaw danych niezbędnych do prowadzenia analizy porównawczej: sygnatury spektralne odnoszące się przynajmniej do trzech różnych roślin, sygnatury spektralne roślin zdrowych pozyskane w przynajmniej pięciu różnych fazach wzrostu, sygnatury spektralne przynajmniej jednego patogenu dla każdej z trzech roślin, sygnatury spektralne roślin porażonych pozyskane w przynajmniej pięciu różnych fazach rozwoju choroby, przynajmniej po jednym wskaźniku teledetekcyjnym dla każdego patogenu. Co istotne, wszystkie sygnatury

spektralne obejmują zakres promieniowania od 400 nm do 1000 nm i mają rozdzielczość przynajmniej 3 nm.

Analiza hiperspektralna dokonywana jest poprzez porównanie danych referencyjnych, czyli sygnałów spektralnych roślin zdrowych w różnych fazach rozwojowych oraz sygnałów spektralnych roślin porażonych patogenem z danymi pozyskanymi w trakcie pomiaru.

Analiza hiperspektralna wsparta jest analizą wskaźnikową, w której dla konkretnych patogenów dokonuje się porównania wskaźników wegetacyjnych zawartych w bazie danych o patogenach oraz tych samych wskaźników obliczonych dla nowo pozyskanych danych. Wskaźniki wegetacyjne są zestawieniem charakterystycznych dla danej choroby zakresów spektralnych, które pozwalają na rozróżnienie części roślin zdrowych i porażonych.

W efekcie uzyskanych informacji dochodzi do wczesnego wykrywania obecności patogenów atakujących uprawy szklarniowe oraz precyzyjnego określania stopnia porażenia rośliny, etapu rozwoju patogenu, a więc fazy rozwoju choroby, zasięgu występowania choroby, a także wyznaczenia patogenu, który spowodował konkretną chorobę u konkretnej rośliny.

Konsekwencją powyższych działań jest podjęcie odpowiednich kroków zaradczych wobec roślin porażonych patogenem, zarówno w przypadku roślin spożywczych, jak i ozdobnych.

Istotnie korzystnymi skutkami zastosowania wynalazku jest ograniczenie rozprzestrzeniania się patogenów, a także zmniejszenie niekorzystnego dla środowiska zużycia środków ochrony roślin, bowiem uzyskane dzięki rozwiązaniu dane są konkretne i celowane.

Wynalazek ułatwi i uprości pracę kontroli fitosanitarnych, poprzez zmniejszenie ilości wyjazdów kontrolerów na obszary objęte kontrolą oraz przyspieszy postępowania z zakresu wydawania decyzji administracyjnych, w tym w zakresie eksportu towarów roślinnych zagranicę.

Należy także zwrócić uwagę, że wdrożenie układu detekcji i rozpoznania patogenów roślin w warunkach upraw szklarniowych będzie miało bezpośredni wpływ na zwiększenie konkurencyjności polskich eksportowych towarów roślinnych na rynkach międzynarodowych.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ detekcji i rozpoznania patogenów roślin w warunkach upraw szklarniowych, wyposażony w zamontowany w szklarni detektor sygnału oraz posiadający dedykowane oprogramowanie wraz z interfejsem, **znamienny tym**, że detektor sygnału stanowi sensor hiperspektralny (1), rejestrujący co najmniej 250 zakresów spektralnych badanych roślin (2), stanowiących dane teledetekcyjne (3), występujących w postaci wielowarstwowych obrazów spektralnych i zawierających informacje o natężeniu odbicia fal elektromagnetycznych w postaci wartości pojedynczych pikseli, przy czym sensor hiperspektralny (1) posiada matrycę rejestrującą pasmo widzialne (VIS), bliską podczerwień (NIR), a także fragment podczerwieni krótkofalowej (SWIR), jednocześnie pasmo widzialne (VIS) obejmuje zakresy: niebieski (VIS) wynoszący od 400 nm do 500 nm, zielony (VIS) wynoszący od 500 nm – 600 nm, czerwony (VIS) wynoszący od 600 nm do 700 nm, zaś bliska podczerwień (NIR) obejmuje zakresy od 700 nm do 1000 nm, natomiast podczerwień krótkofalowa (SWIR) obejmuje zakresy od 1000 nm do 2000 nm, zaś dedykowane oprogramowanie (4) wyposażone jest w specjalistyczną bazę danych o patogenach (5) obejmującą dane referencyjne w postaci sygnałów spektralnych obejmujących fazy rozwojowe roślin zdrowych (5a) oraz sygnałów spektralnych roślin porażonych patogenem (5b), przy czym baza danych o patogenach (5) odnosi się do: co najmniej trzech różnych roślin, co najmniej jednego patogenu dla każdej z trzech roślin i co najmniej jednego wskaźnika teledetekcyjnego dla każdego patogenu, pozyskanych w co najmniej pięciu różnych fazach wzrostu roślin zdrowych, a także w co najmniej pięciu różnych fazach rozwoju choroby u roślin porażonych, jednocześnie wszystkie sygnały spektralne obejmują zakres promieniowania wynoszący od 400 nm do 2500 nm, o rozdzielczości wynoszącej co najmniej 3 nm, natomiast przesyłająca dane teledetekcyjne (3) od sensora hiperspektralnego (1) do komputera (6) sieć (7) stanowi bezprzewodową sieć lokalną WLAN.
2. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sieć (7) stanowi przewodową sieć lokalną Ethernet.
3. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że sensor hiperspektralny (1) umiejscowiony jest w szklarni (8) na poziomej szynie (9).

4. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że dane teledetekcyjne (3) posiadają rozdzielczość bitową wynoszącą 12 bitów.
5. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że szklarnia (8) wyposażona jest w zapewniające jednorodne warunki oświetleniowe oświetlenie (10).
6. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że pozyskiwanie danych teledetekcyjnych (3) od badanych roślin (2) przez sensor hiperspektralny (1) odbywa się w rozdzielczości czasowej wynoszącej co najmniej raz na 12 godzin.

Rysunki

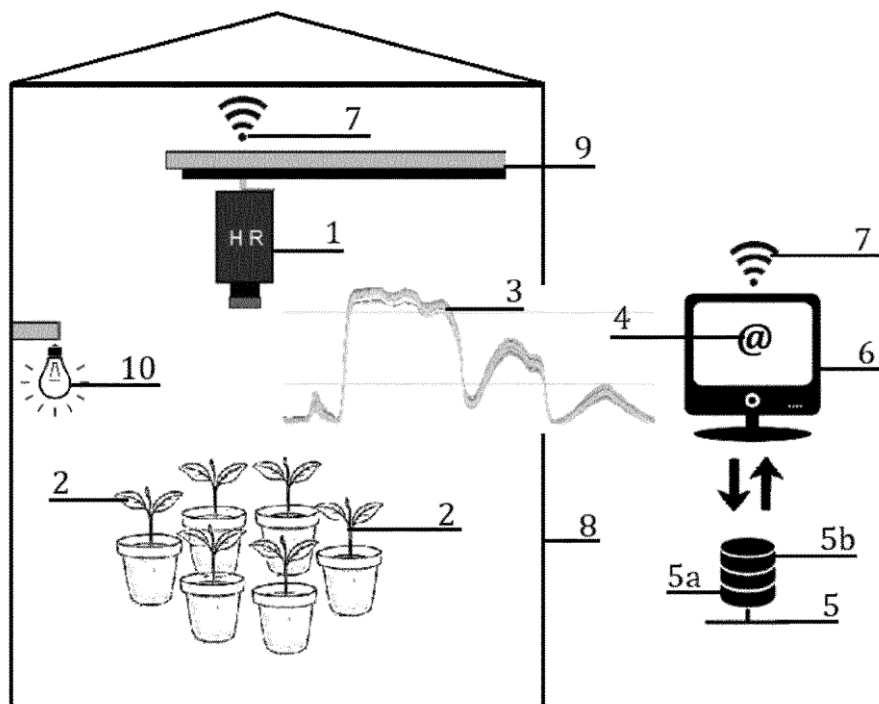


fig. 1

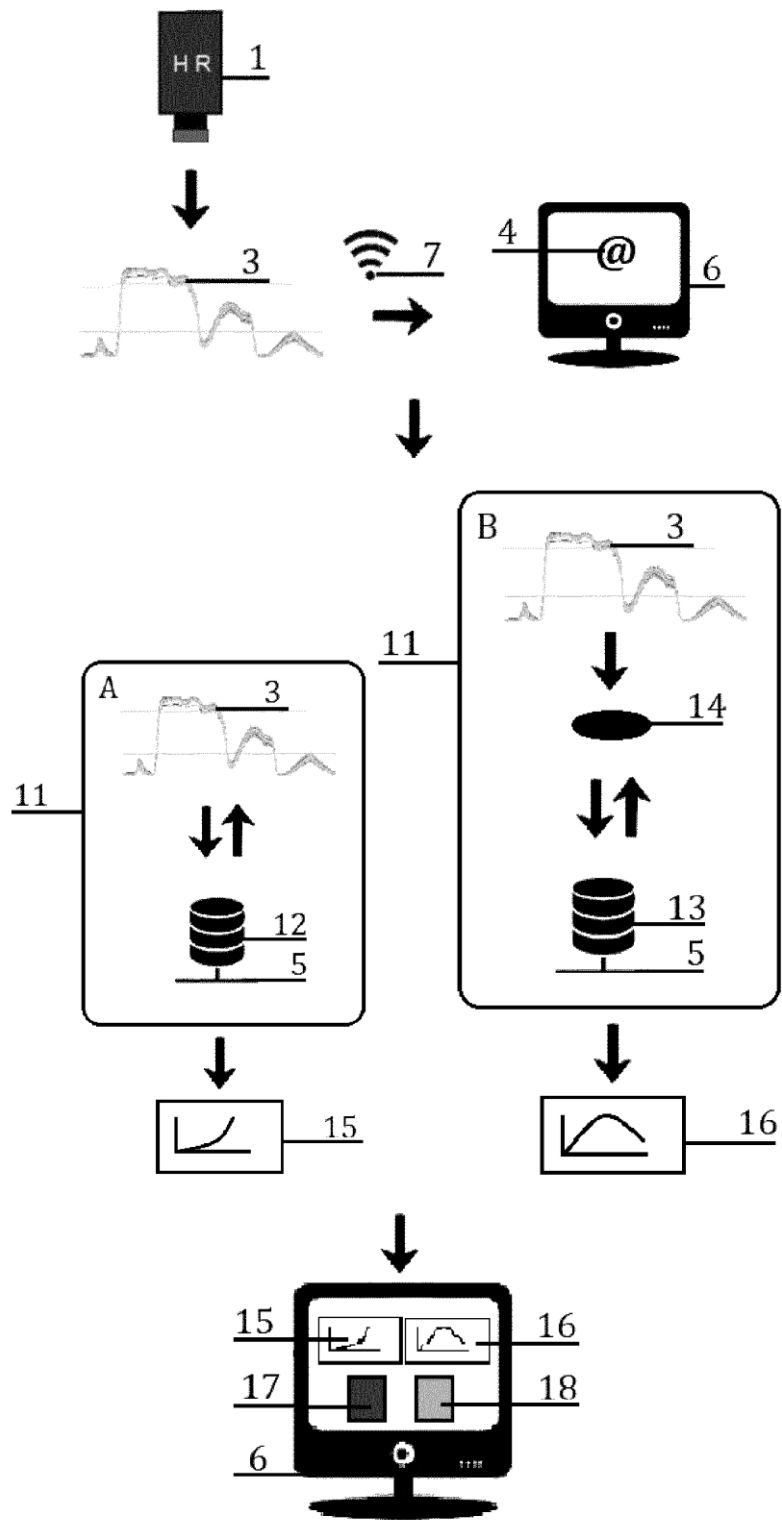


fig. 2