



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **120231** (13) **C2**

(51) МПК (2019.01)

A01C 1/00

G01B 11/00

G01B 11/02 (2006.01)

G01N 21/25 (2006.01)

G06T 7/00

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2018 08708</p> <p>(22) Дата подання заявки: 14.08.2018</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.10.2019</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 10.09.2019, Бюл.№ 17</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.10.2019, Бюл.№ 20</p>	<p>(72) Винахідник(и): Алієв Ельчин Бахтияр огли (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ІНСТИТУТ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ, вул. Інститутська, 1, сел. Сонячне, Запорізький р-н, Запорізька обл., 70417 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: RU 2388203 C2, 10.05.2010 Цаценко Л. В., Савиченко Д.Л. Визуальное фенотипирование в селекции растений від 25.05.2017 [Інтернет -публікація] URL: https://revolution.allbest.ru/agriculture/00792038_0.html DE 19845883 B4, 06.06.2007 EP 1332354 B1, 21.08.2013 RU 2288461 C2, 27.11.2006 US 7591374 B2, 22.09.2009 US 9423249 B2, 23.08.2016</p>
--	--

(54) СПОСІБ АВТОМАТИЧНОГО ФЕНОТИПУВАННЯ НАСІННЯ І ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

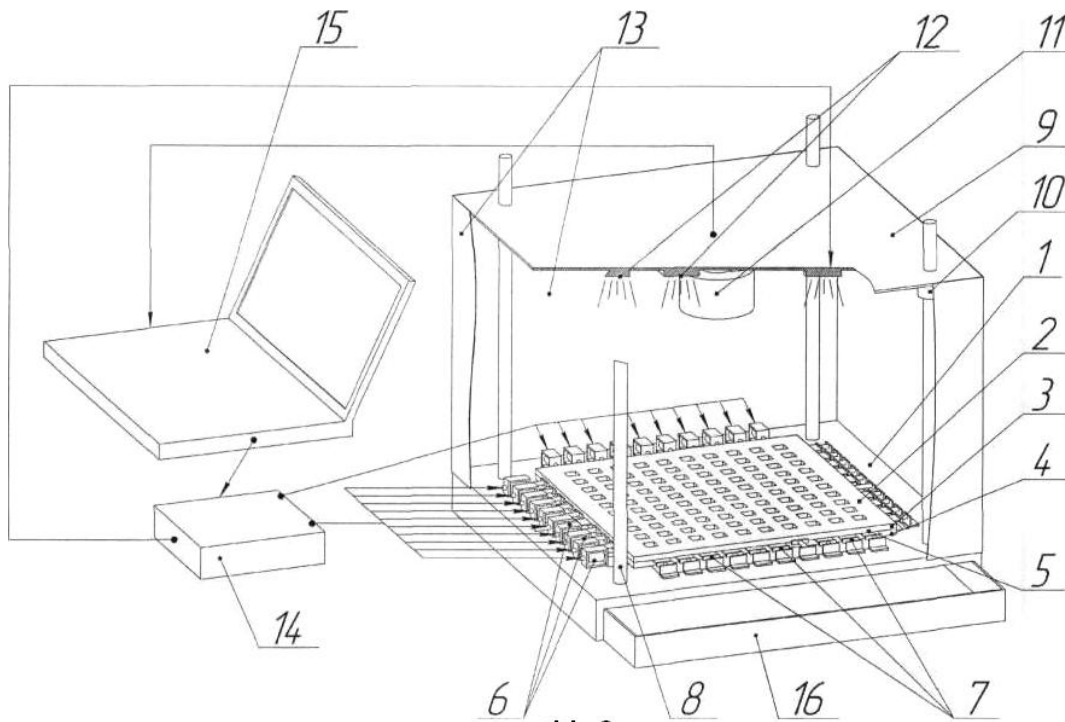
(57) Реферат:

Винахід належить до сільського господарства і може бути використаний при автоматизації технологічних процесів розділення селекційного матеріалу культурних рослин та їх селекції при індивідуальному фенотипуванні насіння за їх забарвленням, геометричними розмірами і формою партії насіння.

Суть винаходу полягає в тому, що використовуючи пристрій для автоматичного фенотипування насіння, останнє розміщують у відповідних комірках матриці під фотокамерою й почергово опромінюють електромагнітними випромінюваннями, довжина хвилі яких складає 465-470 нм (червоний спектр - R), 515-520 нм (зелений спектр - G), 620-625 нм (голубий спектр - B). Фотокамерою та програмним забезпеченням, яке основане на бібліотеці алгоритмів комп'ютерного зору OpenCV, з використанням модуля HighGui отримують цифрові зображення розміщеної партії насіння в кожному з трьох опромінь, з використанням модулів cvColor і inRange бібліотеки OpenCV, отримані зображення обробляють в колірному просторі HSV (Hue - основний тон, Saturation - насиченість кольору, Value - кількість світла) і перетворюють в черно-біле зображення, з використанням модулів getStructuringElement і erode бібліотеки OpenCV проводять морфологічні перетворення отриманих зображень, з яких для кожної насінини з партії визначається відповідна матриця даних їх забарвлення при трьох видах опромінення. Отримані зображення, що перетворені у черно-білий кольоровий простір з використанням детектора границь Кенні (модуль cvCanny бібліотеки OpenCV) і перетворення Хафа для

UA 120231 C2

кожного насіння визначають координати його контур і апроксимують до математичного рівняння в Декартовій системі координат. Із отриманих контурів кожного насіння визначають їх геометричні розміри, задаючи необхідні діапазони математичних значень визначених морфологічних показників насіння здійснюється їх розділення за встановленими вимогами. Запропонований спосіб і пристрій для його здійснення зберігає точність індивідуального вимірювання геометричних розмірів насіння будь-якої культури, визначення їх форми і забарвлення, забезпечує низьку трудомісткість і високу технологічність реалізації процедури фенотипування насіння, як селекційного матеріалу, за його морфологічними і маркерними ознаками. Крім того, запропонований спосіб і пристрій для його здійснення дозволяє визначати морфологічні і маркерні ознаками всієї вибірки.



Фіг.2

Винахід належить до сільського господарства і може бути використаний при автоматизації технологічних процесів розділення селекційного матеріалу культурних рослин та їх селекції при індивідуальному фенотипуванні насіння за їх забарвленням, геометричними розмірами і формою партії насіння.

5 Феноцінування насіння процес типування, визначення, ідентифікації і розділення насіння, як селекційного матеріалу, за його морфологічними і маркерними ознаками (наприклад, забарвлення, форма і геометричні розміри).

Насіння рослин можуть приймати різноманітну геометричну форму і відповідно до цього мати різні геометричні розміри. Процес визначення форми і розмірів індивідуальних насінин різних сортів однієї культури потребує величезних часових витрат, що призводить до погіршення ефективності селекційного процесу.

10 Окрім цього, насіння рослин мають цілий спектр забарвлення, що визначає цей показник важливою маркерною ознакою. Враховуючи різноманіття забарвлень насіння різних сортів однієї культури, виникає надзвичайна потреба в їх ідентифікації та систематизації. В зв'язку з тим, що сприйняття кольору для кожної людини є індивідуальним, то виключення людського фактора і застосування інструментальних можливостей розпізнавання забарвлення насіння є дуже актуальним.

Відомий спосіб визначення розмірів насіння [1], який включає формування вибірки насіння, її сканування і обробку зображення з визначенням дійсних розмірів компонентів вибірки. При цьому обробка зображення виконується за допомогою комп'ютерної програми, яка автоматично розпізнає об'єкт та розбиває його на задану сітку, визначаючи максимальні, мінімальні та середні розміри в міліметрах у двох двовимірних взаємно перпендикулярних площинах.

Відомий спосіб визначення розмірних характеристик насіння [2] який включає формування вибірки насіння і поштучне вимірювання спеціальними засобами розмірних характеристик кожної насінини шляхом сканування, перенесення зображення у файл програми "AutoCAD", проставлення в цій програмі умовних їх розмірів, визначення коефіцієнта перерахунку і обчислення дійсних розмірів компонентів вибірки.

Недоліками вищезазначених способів є їх висока трудомісткість, зумовлена необхідністю постійного ручного формування вибірки насіння, а також неможливість автоматичного його розділення за геометричними розмірами і формою. Також недоліком є те, що дані способи дозволяють ідентифікувати насіння лише за двома морфологічними показниками - розмір і форма.

За найближчий аналог вибрано пристрій і відповідний спосіб визначення однорідності партії насіння за їх характеристиками кольору, розміру й форми [3], який включає поетапне виконання наступних операцій: кожне насіння поміщають в задану зону, що має колір з довжиною хвилі, відмінної від довжини хвилі, що характеризує колір насіння; приводять кожну задану зону в положення, що забезпечує можливість її зйомки з отриманням її цифрового зображення в кольорі; висвітлюють задану зону з отриманням її цифрового зображення; знімають камерою задану зону з отриманням її цифрового зображення; отримані зображення обробляють з отриманням значень колірної тона, а при необхідності - і насиченості, колірної моделі HSI (колірний відтінок, насиченість та інтенсивність, скор. Від англ. "Hue, Saturation, Intensity") для розпізнавання об'єктів, розташованих в межах заданої зони, переважно дискретних об'єктів, що виконується в кожній заданій зоні шляхом сегментації; для кожного об'єкта визначають розмір, форму і колір на основі колірної тона, а при необхідності - і насиченості, колірної моделі HSI шляхом виділення ознак; щодо кожного об'єкта визначають, чи відповідає він заданому для насіння діапазону розмірів або діапазону кольору або діапазону форм; для кожного об'єкта, що відповідає критеріям, визначають фактичний розмір, форму, колірний розподіл і колір на основі колірної тона, а при необхідності - і насиченості, і виводять звіт щодо кольору, колірної розподілу, фактичного розміру і форми насіння в партії із забезпеченням показника однорідності партії.

До недоліків відомого способу слід віднести трудомісткість підбору довжини хвилі електромагнітного випромінювання, не висока точність визначення розміру, форми і кольору партії насіння через вибір колірної моделі HSI, відсутність можливості автоматичного виділення і розділення індивідуальних насінин з загальної партії за вищезазначеними морфологічними показниками.

55 Задача, що стоїть перед винаходом, полягає у підвищенні ефективності виконання селекційного процесу всіх культурних рослин шляхом автоматичного фенотипування їх насіння одночасно за забарвленням, формою і геометричними розмірами.

60 Поставлена задача вирішується тим, що спосіб автоматичного фенотипування насіння включає поетапне визначення однорідності характеристик забарвлення, геометричних розмірів і

форми партії насіння, згідно з винаходом, насіння певної вибірки розміщують у відповідних комірках матриці під фотокамерою й по чергово опромінують електромагнітними випромінюваннями довжина хвилі яких складає 465-470 нм (червоний спектр - R), 515-520 нм (зелений спектр - G), 620-625 нм (голубий спектр - B) і за допомогою фотокамери та програмного забезпечення, яке основане на бібліотеці алгоритмів комп'ютерного зору OpenCV [4], з використанням модуля HighGui отримують цифрові зображення розміщеної партії насіння в кожному з трьох опромінь, з використанням модулів cvtColor і inRange бібліотеки OpenCV отримані зображення обробляють в колірному просторі HSV (Hue - основний тон, Saturation - насиченість кольору, Value - кількість світла) і перетворюють в чорно-біле зображення, з використанням модулів getStructuringElement і erode бібліотеки OpenCV проводять морфологічні перетворення отриманих зображень, з яких для кожної насінини з партії визначається відповідна матриця даних їх забарвлення при трьох видах опромінення, з отриманих зображень, перетворених у чорно-білий кольоровий простір з використанням детектора границь Кенні (модуль cvCanny бібліотеки OpenCV) і перетворення Хафа для кожного насіння визначають координати його контуру і апроксимують до математичного рівняння в Декартовій системі координат, з отриманих контурів кожного насіння визначають їх геометричні розміри (довжину, як найбільшу відстань між двома протилежними точками контуру з урахування симетрії, і ширину, як найбільшу відстань між точками контуру, що перпендикулярна довжині), задаючи необхідні діапазони математичних значень визначених морфологічних показників насіння здійснюється їх розділення за встановленими вимогами.

Пристрій для автоматичного фенотипування насіння, що містить раму, основу, матрицю, фотокамеру та персональний комп'ютер, згідно з винаходом, на в верхній частині рами, на основі, навколо фотокамери, по центру матриці, розміщені різнокольорові лампи трьох спектрів електромагнітного випромінювання: червоний (R), зелений (G) і голубий (B), які вмикаються за допомогою блока керування через персональний комп'ютер, матриця має квадратні отвори, які утворюються рухомими горизонтальними і вертикальними пластинами, на кінцях яких з одного боку встановлені пружини, а з іншого тягучі електромагніти (соленоїди), що приводяться в дію блоком керування через персональний комп'ютер.

- Фіг. 1 - Етапи способу автоматичного фенотипування насіння;
- Фіг. 2 - Загальний вигляд пристрою для автоматичного фенотипування насіння;
- Фіг. 3 - Загальний вигляд матриці;
- Фіг. 4 - Загальний вигляд пластин.

Першим об'єктом даного винаходу є спосіб автоматичного фенотипування насіння (фіг.1), що включає наступні етапи:

1. Партію насіння розміщують в область під фотокамерою, яка ізольована від зовнішнього освітлення.
2. По чергово на дану область електромагнітними випромінюваннями, довжина хвилі яких складає 465-470 нм (червоний спектр - R), 515-520 нм (зелений спектр - G), 620-625 нм (голубий спектр - B).
3. За допомогою фотокамери та програмного забезпечення, яке основане на бібліотеці алгоритмів комп'ютерного зору OpenCV [6], з використанням модуля HighGui отримують цифрові зображення розміщеної партії насіння в кожному з трьох опромінь.
4. З використанням модулів cvtColor і inRange бібліотеки OpenCV отримані зображення обробляють в колірному просторі HSV (Hue - основний тон, Saturation - насиченість кольору, Value - кількість світла) і перетворюють в чорно-біле зображення.
5. З використанням модулів getStructuringElement і erode бібліотеки OpenCV проводять морфологічні перетворення отриманих зображень, метою яких є позбавлення зображень випадкових краплень, шумів і об'єднання областей, розділених тінню.

З отриманих зображень для кожної насінини з партії визначається відповідна матриця даних їх забарвлення при трьох видах опромінення:

$$\begin{pmatrix} H_R & H_G & H_B \\ S_R & S_G & S_B \\ V_R & V_G & V_B \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де H - основний тон; S - насиченість кольору; V - кількість світла; індекси R, G, B відповідають довжині хвилі електромагнітного випромінювання (освітлення), що діє на область під фотокамерою.

7. З отриманих зображень, перетворених у чорно-білий кольоровий простір з використанням детектора границь Кенні (модуль cvCanny бібліотеки OpenCV) і перетворення Хафа для

кожного насіння визначають координати його контуру і апроксимують до математичного рівняння в Декартовій системі координат.

8. З отриманих контурів кожного насіння визначають їх геометричні розміри: довжину, як найбільшу відстань між двома протилежними точками контуру з урахування симетрії, і ширину, як найбільшу відстань між точками контуру, що перпендикулярна довжині.

9. Задаючи необхідні діапазони математичних значень визначених морфологічних показників насіння (забарвлення, геометричні розміри і форма) здійснюється їх розділення.

10. Для кожної групи розділеної партії насіння визначаються середні значення визначених морфологічних показників насіння (забарвлення, геометричні розміри і форма), їх середньоквадратичне відхилення і коефіцієнт варіації.

11. Всі отримані дані зберігають у базі даних.

Другим об'єктом даного винаходу є пристрій для автоматичного фенотипування насіння (фіг. 2), який містить раму 1 і розміщену на ній матрицю 2. Матриця 2 (фіг. 3) складається з двох однакових пластин 3 і 4, які розміщені дзеркально і повернуті одна від одної на кут 90°. Пластини 3 і 4 містять квадратні отвори, які розміщені на них по горизонталі і вертикалі (фіг. 4). На кожній пластині 3 і 4 у відповідності горизонтального розміщення отворів виконані повздовжні поглиблення. Між пластинами 3 і 4 розміщено однакові смуги 5 по горизонталі і вертикалі. Кожна смуга 5 має квадратні отвори, що співпадають за розмірами і розміщенням із отворами на пластинах 3 і 4. Пластини 3 та 4 і смуги 5 утворюють на матриці 2 комірки. До кожної смуги 5 з одного краю закріплено шток тягучого електромагніта (соленоїда) 6, а з іншого - пружину розтягування 7. Кожні тягучий електромагніт (соленоїд) 6 і пружина розтягування 7 жорстко закріплено на рамі 1. На рамі 1 встановлено чотири напрямні 8, на яких вільно переміщується основа 9, що фіксується за допомогою фіксаторів 10. На основі 9 розміщено фотокамеру 11 і однакова кількість різнокольорових ламп 12 трьох спектрів електромагнітного випромінювання: червоний (R), зелений (G) і голубий (B). Навколо основи 9 і рами 1 розміщуються стінки 13 із світлонепроникного матеріалу. Кожний тягучий електромагніт (соленоїд) 6 і різнокольорові лампи 12 приєднані по засобах електричних проводів до блока керування 14. Фотокамеру 11 приєднано по засобах електричних проводів до персонального комп'ютера 15, який в свою чергу з'єднується з блоком керування 14. Внизу рами 1 встановлено піддон 16 для збору насіння.

Пристрій для автоматичного фенотипування насіння працює таким чином.

Фіксатори 10 послаблюються і основа 9 піднімається вгору по напрямних 8. При цьому з'являється вільний доступ до рами 1 із матрицею 2. Насіння, що необхідно дослідити, розміщують в комірках на матриці 2. Далі основу 9 із стінками 13 опускають вниз по направляючих 8 і фіксуються за допомогою фіксаторів 10.

Оператор запускає на персональному комп'ютері 15 відповідне програмне забезпечення на основі бібліотеки алгоритмів комп'ютерного зору OpenCV, яке виконує процес сканування насіння. При цьому персональний комп'ютер передає цифровий сигнал до блока керування 14, який по чергово вмикає різнокольорові лампи 12 у наступних спектрах електромагнітного випромінювання: червоний (R), зелений (G) і голубий (B). Після кожного вмикання різнокольорових ламп 12 фотокамера 11 фотографує матрицю 2 із розміщеним на ній насінням і передає цифрове зображення до персонального комп'ютера 15.

Персональний комп'ютер 15 визначає колір кожного насіння при кожному вмиканні різнокольорових ламп 12 у червоному (R), зеленому (G) і голубому (B) спектрах у колірному просторі HSV (Hue - основний тон, Saturation - насиченість кольору, Value - кількість світла). Окрім цього, персональний комп'ютер за отриманими зображеннями визначає форму і геометричні розміри кожного насіння, що досліджується. Вся визначена інформація зберігається у базу даних, відображається на дисплеї персонального комп'ютера 15 і представляється на огляд оператору.

Оператор виходячи з представлених даних встановлює потрібні йому діапазони кольору та геометричних розмірів і форми насіння і вносить їх у персональний комп'ютер 15. Далі персональний комп'ютер 15 передає цифровий сигнал до блока керування 14. Блок керування 14 починає по чергово вмикати тягучі електромагніти (соленоїди) 6, що відповідають коміркам матриці 2, в яких лежать насіння із кольором, геометричними розмірами і формою, заданими оператором. Після вмикання тягучого електромагніта (соленоїда) 6 смуга 5 зміщується відносно матриці 2 і відкриває відповідні комірки. При зміщенні горизонтальної і вертикальної смуги 5 однозначно відкривається одна комірка і насіння випадає в піддон 16. Далі блок керування 14 вимикає тягучі електромагніти (соленоїди) 6 і смуги 5 під дією пружин розтягування 7 повертаються у початкове положення. Таким чином, в піддон 16 потрапляє

насіння, яке відповідає заданим оператором вимогам щодо кольору, геометричних розмірів і форми.

Таким чином, запропонований спосіб і пристрій для його здійснення, зберігає точність індивідуального вимірювання геометричних розмірів насіння будь-якої культури, визначення їх форми і забарвлення, що відповідає сучасним вимірювальним засобам, та забезпечує низьку трудомісткість і високу технологічність реалізації процедури фенотипування (визначення, ідентифікації і сепарації) насіння, як селекційного матеріалу, за його морфологічними і маркерними ознаками. Крім того, запропонований спосіб і пристрій для його здійснення дозволяє визначати морфологічні і маркерні ознаками (геометричний розмір, форма і забарвлення) всієї вибірки, що неможливо виконати за допомогою безпосереднього вимірювання, чим підвищує загальну продуктивність дослідження. При цьому також значною мірою виключається вплив людського фактора на точність вимірювання морфологічних і маркерних ознак (геометричний розмір, форма і забарвлення) насіння.

Джерела інформації:

1. Патент на корисну модель UA 101069 U, МПК (2015.01) G01B 11/00, G01B 11/02 (2006.01) Спосіб визначення розмірів насіння / Тіщенко Л.М., Харченко С.О., Харченко Ф.М., Бакум М.В., Абдуєв М.М., Борщ Ю.П., Коршунов К.С. - № u201501890; заявл. 03.03.2015; опубл. 25.08.2015, Бюл. № 16, 2015 р.

2. Деклараційний патент на корисну модель UA 13868 U, МПК (2006) B07B 01/00 Спосіб визначення розмірних характеристик насіння / Бакум М.В., Манчинський Ю.О., Горбатовський О.М., Леонов В.П., Путівцев А.А., Приз К.Л.- № u200510506; заявл. 07.11.2005; опубл. 17.04.2006, Бюл. № 4, 2006 р.

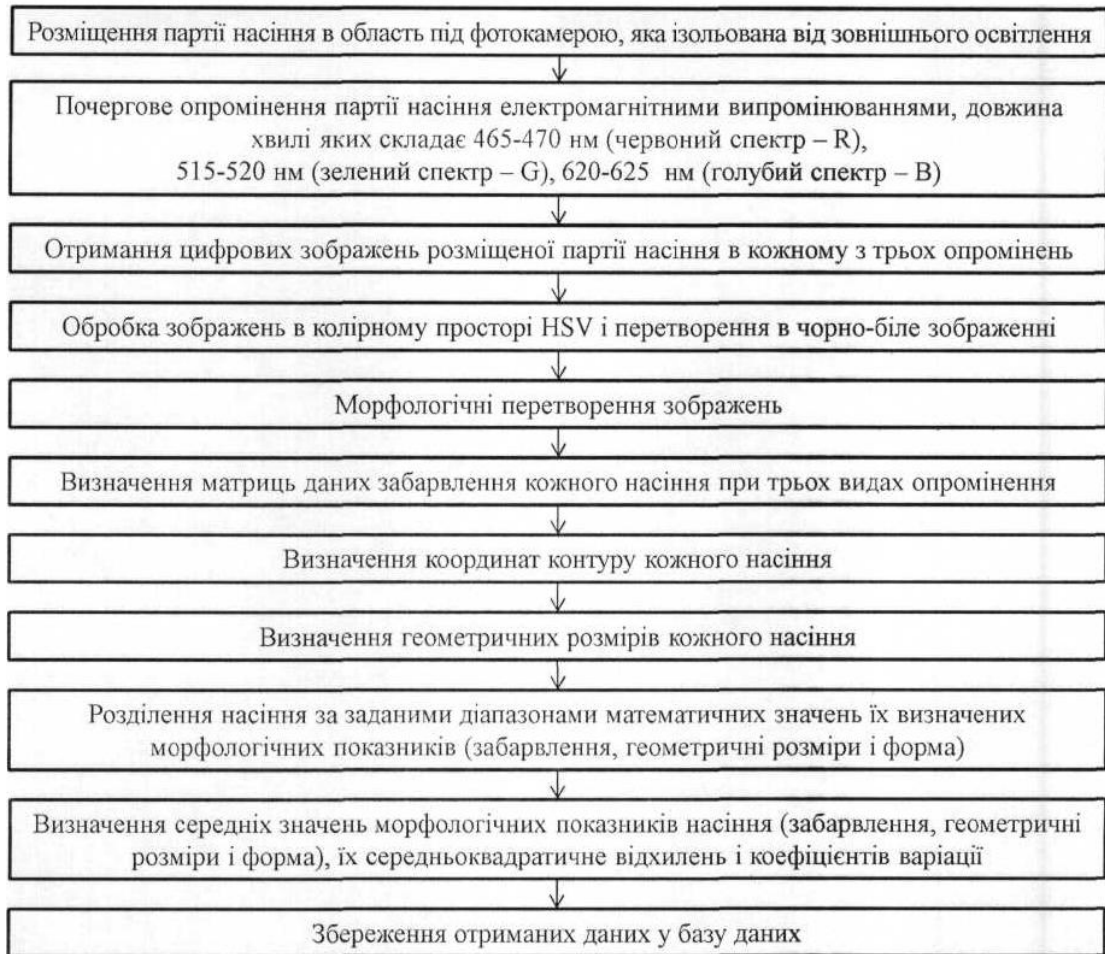
3. Патент RU 2388203, МПК A01C 1/00. Устройство для определения однородности партии семян / Рингенбах А., Лойенбергер Я.А. - № 2007130533/13; заявл 09.01.2006; опубл. 10.05.2010.

4. OpenCV (Open Source Computer Vision Library) [Electronic resource]: [Web-site]. - Electronical Data. - OpenCV team, 2018. - Access mode: <https://opencv.org> (dale of treatment 22.07.2018) - Title from the screen.

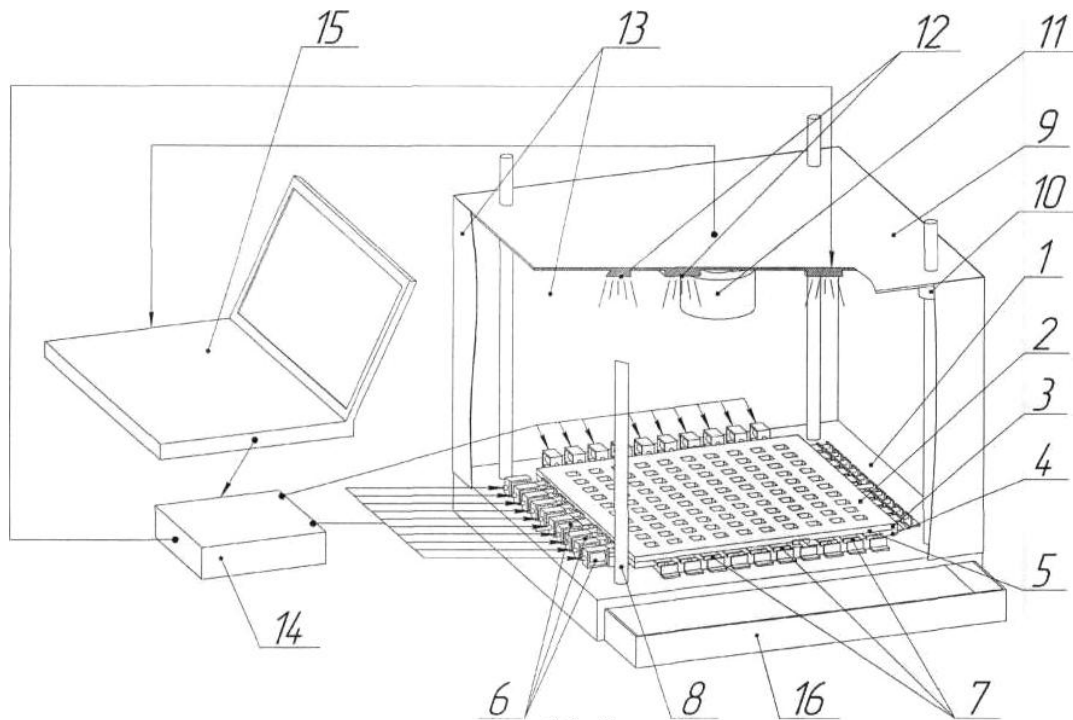
ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб автоматичного фенотипування насіння, що включає поетапне визначення однорідності характеристик забарвлення, геометричних розмірів і форми партії насіння, який **відрізняється** тим, що насіння певної вибірки розміщують у відповідних комірках матриці під фотокамерою й по чергово опромінують електромагнітними випромінюваннями, довжина хвилі яких складає 465-470 нм (червоний спектр - R), 515-520 нм (зелений спектр - G), 620-625 нм (голубий спектр - B) й за допомогою фотокамери та програмного забезпечення, яке основане на бібліотеці алгоритмів комп'ютерного зору OpenCV, з використанням модуля HighGui отримують цифрові зображення розміщеної партії насіння в кожному з трьох опромінь, з використанням модулів cvtColor і inRange бібліотеки OpenCV, отримані зображення обробляють в колірному просторі HSV (Hue - основний тон, Saturation - насиченість кольору, Value - кількість світла) і перетворюють в чорно-біле зображення, з використанням модулів getStructuringElement і erode бібліотеки OpenCV проводять морфологічні перетворення отриманих зображень, з яких для кожної насінини з партії визначається відповідна матриця даних їх забарвлення при трьох видах опромінення, з отриманих зображень, перетворених у чорно-білий кольоровий простір з використанням детектора границь Кенні (модуль cvCanny бібліотеки OpenCV) і перетворення Хафа для кожного насіння визначають координати його контуру і апроксимують до математичного рівняння в Декартовій системі координат, з отриманих контурів кожного насіння визначають їх геометричні розміри (довжину, як найбільшу відстань між двома протилежними точками контуру з урахування симетрії, і ширину, як найбільшу відстань між гонками контуру, що перпендикулярна довжині), задаючи необхідні діапазони математичних значень визначених морфологічних показників насіння здійснюється їх розділення за встановленими вимогами.

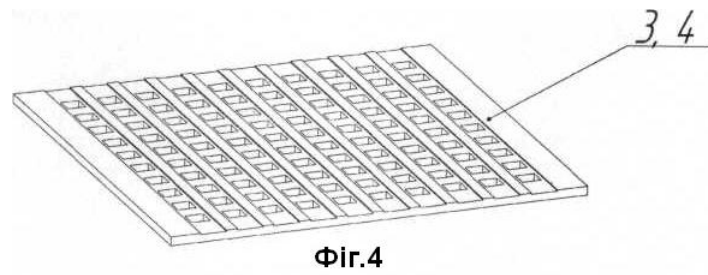
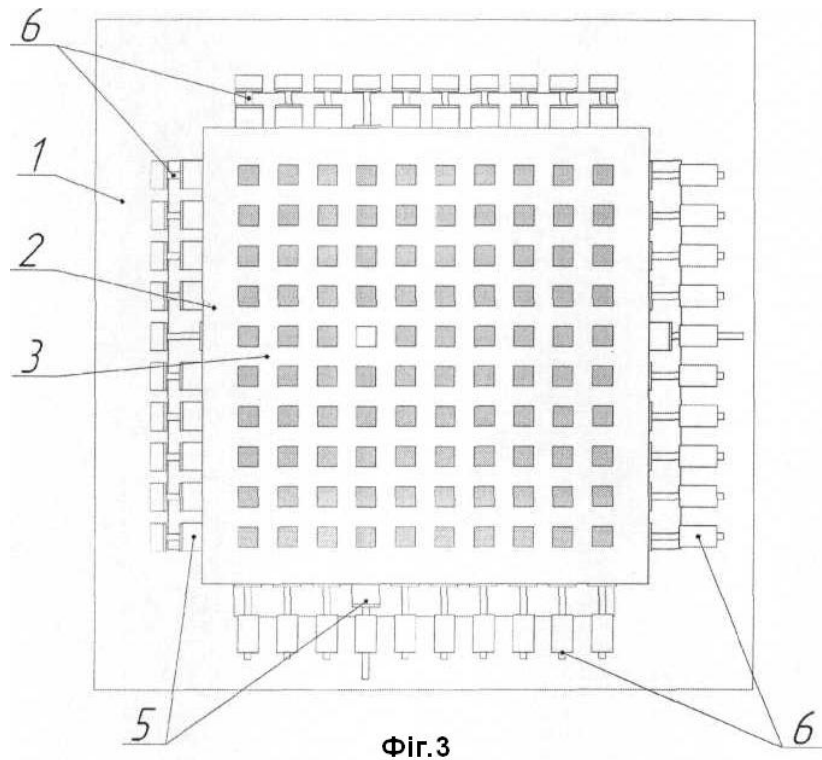
2. Пристрій для автоматичного фенотипування насіння, що містить раму, основу, матрицю, фотокамеру та персональний комп'ютер, який **відрізняється** тим, що на верхній частині рами, на основі, навколо фотокамери, по центру матриці, розміщені різнокольорові лампи трьох спектрів електромагнітного випромінювання: червоний (R), зелений (G) і голубий (B), які вмикаються за допомогою блока керування через персональний комп'ютер, матриця має квадратні отвори, які утворюються рухомими горизонтальними і вертикальними пластинами, на кінцях яких з одного боку встановлені пружини, а з іншого - тягучі електромагніти (соленоїди), що приводяться в дію блоком керування через персональний комп'ютер.



Фіг.1



Фіг.2



Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601