

(12)

## SOLICITUD de PATENTE

(43) Fecha de publicación: **17/02/2014** (51) Int. Cl: **A01G 7/00** (2006.01)  
**F01D 17/14** (2006.01)  
(22) Fecha de presentación: **26/03/2013**  
(21) Número de solicitud: **2013003449** **A01H 3/00** (2006.01)

(86) Número de solicitud PCT: **ES 11/70667**  
(87) Número de publicación PCT: **WO 2012/042084 (05/04/2012)**

(30) Prioridad(es): **27/09/2010 AR P20100103498**

(71) Solicitante:  
**CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES  
CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS (CONICET).\***  
**Av. Rivadavia 1917 1033 C.A. Buenos Aires AR**

(72) Inventor(es):  
**GUSTAVO PEREYRA IRUJO**  
**Calle 24 #971, Depto C Balcarce Provincia de Buenos  
Aires 7620 AR**  
**LUIS AGUIRREZÁBAL**  
**EMMANUEL GASCO**

(74) Representante:  
**FERNANDA ORTIZ MONASTERIO GARCÍA RUIZ.\***  
**Cofre de Perote 205B-7 MIGUEL HIDALGO Distrito  
Federal 11000 MX**

(54) Título: **PLATAFORMA AUTOMÁTICA DE FENOTIPADO.**

(54) Title: **AUTOMATIC PHENOTYPING PLATFORM.**

### (57) Resumen

**Plataforma automática de fenotipado, preferentemente aplicable en plantas bajo déficit hídrico, permitiendo la misma la simplificación de la tarea de fenotipado y el manejo simultaneo de una multiplicidad de plantas, como así también la carga automática de los resultados obtenidos para su posterior análisis. La plataforma comprende al menos un par de vigas (2) entre las que se ubica al menos una planta (1a), y por debajo de las cuales se ubica un carro (A) con ruedas (10) desplazable a lo largo de dicho al menos un par de vigas (2); y en donde el carro (A) dispone de al menos medio de pesaje (4) con un mecanismo de ascenso y descenso de la misma, ubicado dicho medio de pesaje (4) por debajo de la planta (1a); al menos un medio de riego (5a, 5b) y al menos un medio sensor de imágenes de plantas (7); estando conectamos dichos medios de pesaje (4), de riego (5a,5b) y de toma de imágenes a una computadora central capaz de almacenar los datos recibidos y variar los tiempos de accionamiento de los tiempos de riego y medición mediante su conexión a dicho medio de riego (5a, 5b).**

### (57) Abstract

**The invention relates to an automatic phenotyping platform, preferably used for plants suffering from a water deficit, which simplifies the task of phenotyping and allows the simultaneous handling of a plurality of plants, as well as the automatic loading of the results obtained for later analysis. The platform includes at least one pair of beams (2) between which at least one plant (1a) is located, and under which a carriage (A) having wheels (10) is located, wherein said carriage can move along said at least one pair of beams (2); and wherein the carriage (A) has at least one weighing means (4) with a mechanism for raising and lowering same, locating said weighing means (4) under the plant (1a); at least one irrigation means (5a, 5b) and at least one means (7) for capturing images of plants; wherein said weighing means (4), irrigation means (5a,5b) and image capture means are connected to a central computer that is able to store the received data and to vary the activation times of irrigation and measurement by means of the connection to said means of irrigation (5a, 5b).**

**PLATAFORMA AUTOMÁTICA DE FENOTIPADO****CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCIÓN**

5           La presente invención se refiere a una plataforma automática de fenotipado, preferentemente aplicable en plantas bajo déficit hídrico, permitiendo la misma la simplificación de la tarea de fenotipado y el manejo simultaneo de una multiplicidad de plantas, como así también la adquisición  
10 automática de los resultados obtenidos para su posterior análisis.

**ESTADO DE LA TÉCNICA Y PROBLEMAS A SOLUCIONAR**

15           En relación al arte previo más próximo de la presente invención se conocen dispositivos que permiten la hidratación, riego de planta automática o análisis de plantas, mediante distintos tipos de mecanismo tales como los divulgados en las patentes US 6161329 (Spelt) del 19/12/00, US 3085364 (Chapin)  
20 del 16/4/63, US 4062491 (Von Skwarski) de fecha 13/12/77, US 5315787 (Scheleicher y otros) de fecha 31/5/94, NL 8202434 (Schulte) publicado el 16/1/1984, US 5421515 (Rin Kewich) de

fecha 6/6/1995 y JP2004191243 (Rikagaku Kenkyusho) de fecha 8/7/2004.

Asimismo resulta de conocimiento una plataforma desarrollada por la empresa "Optimalog", la cual ha desarrollado para el proyecto "Phenopsis", un equipo de fenotipado en el cual una particular estructura robótica se desplaza dentro de un marco rectangular y en forma individual, moviéndose según los ejes x-y-z, por cada una de las macetas de tamaño pequeño y fijo que portan plantas, llevando a cabo la provisión de agua, toma de peso mediante balanza y de imagen digital o termográfica correspondiente, para un análisis posterior, para mayor información del proyecto es posible acceder a:

<http://bioweb.supagro.inra.fr/phenopsis;>

<http://bioweb.supagro.inra.fr/phenodyn/> y

[http://bioweb.supagro.inra.fr/phenopsis/InfoBDD.php.](http://bioweb.supagro.inra.fr/phenopsis/InfoBDD.php)

En ninguno de los dispositivos del arte previo más cercano se permite el riego, pesaje, fotografía estereoscópica, etc., de múltiples plantas de un amplio rango de tamaños y con mecanismos simples, fácilmente reemplazables o reparables como en la presente invención, sin requerirse tecnología electrónica de avanzada ni complejos sistemas de control que permiten desplazarse según los ejes x-y-z. Esta invención es fácilmente adaptable a diferentes tipos de macetas/plantas y fácilmente

ampliable para fenotipar mayor número de plantas y sólo requiere de un movimiento según los ejes x-z.

Es por lo tanto un objetivo de la presente invención el proveer de una plataforma que permite la automatización del fenotipado de plantas, especialmente bajo déficit hídrico, estando la misma conectada a una computadora central capaz de permitir el análisis de cada una de las plantas que se encuentran en la mencionada plataforma.

10

#### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS DE LA INVENCION**

A fin de que la presente invención sea claramente comprendida y llevada a la práctica con facilidad ha sido presentada en una de sus formas preferentes de realización en las figuras de carácter ilustrativo y no limitativo que acompaña a esta memoria, en donde:

La figura 1 es una vista en perspectiva de la plataforma de fenotipado de la presente invención;

La figura 2 es una vista frontal de la plataforma graficada en la figura 1:

La Figura 3 ilustra una vista lateral de la plataforma de la figura 1, mostrando los movimientos que se llevan a cabo en la misma;

La figura 4 permite ver los sistemas de medición de peso tomando dicho dato de cada línea lateral de maceta.

Las figuras 5a y 5b muestran vistas laterales de la plataforma y sus correspondientes movimientos de desplazamiento de carro y de elevación del sistema de pesaje;

La figura 6 ilustra una vista en planta de la plataforma de fenotipado de la presente invención;

La figura 7 es una vista en perspectiva del carro de transporte con los sistemas de mediciones correspondientes;

La figura 8 permite ver una vista frontal de la mitad izquierda de la plataforma de fenotipado de la presente invención;

La figura 9 muestra una vista en perspectiva de la mitad izquierda de la plataforma de fenotipado propuesta;

En todas las figuras iguales números y letras de referencias se corresponden con idénticos elementos de la presente invención.

#### **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION**

20

Se observa en la figura 1, la plataforma para fenotipado en una forma preferida de realización está compuesta por ocho vigas reticuladas 2, las cuales se ubican paralelamente

entre sí, formando entre dos contiguas correspondiente cuatro  
filas 3. Entre dichas filas y a lo largo de todas las vigas 2,  
se ubicarán las plantas 1a con sus macetas 1 correspondientes  
formando una pluralidad de filas. En esta figura 1, y a efectos  
5 de claridad, solo se observa la primera fila de plantas y  
macetas. Se muestra allí que las macetas 1, que contienen las  
plantas 1a, se ubican por sobre bandejas 1b, que apoyan sobre  
las vigas 2, y dentro de cuerpos cilíndricos 1c. La mencionada  
bandeja 1b es la que entra en contacto con la balanza 4 a fin de  
10 tomar la medida de peso correspondiente. A fin de entrar en  
contacto dicha balanza 4 con la bandeja 1b, resulta necesario  
lograr un movimiento ascendente y descendente de la balanza  
mediante un mecanismo del tipo preferentemente leva 12c o del  
tipo biela y manivela, que mediante el giro de un eje 13  
15 originado por un motor eléctrico 9, con su caja de reducción  
correspondiente, produce el giro de dicha leva, y la elevación  
de la balanza 4 para que pueda tomar las mediciones de peso  
correspondiente.

Dicha maceta 1 que porta la planta 1a recibirá agua de  
20 riego a través de una manguera 5a, agua que llegará mediante el  
bombeo de una bomba peristáltica 5b; estando montada la manguera  
5a sobre una columna vertical 6a. Perpendicularmente a dicha  
columna vertical 6a se haya montado una barra sostén 6b, sobre

la cual se fijan correspondientes cámaras de fotografía.

Los mencionados sistemas de riego y pesaje se encuentran montados sobre una estructura paralelepípeda A, que denominaremos carro, teniendo movilidad a lo largo de las vigas 2, mediante el uso de un motor eléctrico 8, con correspondiente caja reductora, y cuyo giro producirá el movimiento del eje 14 y consecuentemente de las ruedas 10 del carro A. Dichas ruedas 10 se desplazan a lo largo de respectivos rieles 11.

En la figura 2 se observa claramente el eje 13, y su motor de giro 9, sobre el que se montan los mecanismos de elevación y descenso que en el momento de que las balanzas 4 se posicionen por debajo de las bandejas 1b, producirán la elevación de las mismas con las macetas 1 que portan su planta correspondiente, pudiendo entonces tomar el peso de dicha planta 1a. Asimismo, las cámaras fotográficas 7 posicionadas adecuadamente por sobre las plantas 1a, tomarán las fotos correspondientes para cada una de las mismas. Aquí mismo se llevará a cabo el riego de cada una de las plantas en la medida o cantidad que se considere adecuada para cada planta acorde a su estado y al peso de la maceta 1a lo que permitirá estimar la humedad del suelo contenido dentro de la misma. Toda la información adquirida, que será particular para cada una de las plantas 1a de la plataforma de fenotipado será suministrada a

una computadora central que permitirá luego visualizar convenientemente los resultados.

En la forma preferida de realización de la plataforma existirán cuatro hileras de plantas, conformadas entre las vigas 2, debiendo por lo tanto el carro A disponer de cuatro balanzas 4, las cuales una vez que hayan tomado el peso correspondiente, se moverán con el carro A hacia una próxima fila de plantas, todo esto hasta recorrer todas las filas de plantas y llegar al extremo final de las vigas 2.

Las figuras 3 y 4 muestra el movimiento ascendente (flecha B) de la balanza 4 a través del brazo 12a que forma parte del mecanismo de ascenso y descenso 12, y el movimiento del carro A (flecha C) que se desplaza por el giro de sus ruedas 10 a lo largo de los rieles 11. Vemos que la manguera 5a lleva el agua de riego hacia la maceta 1, posicionada sobre la base 1b que apoya en las vigas 2.

En las figuras 5a y 5b se muestra claramente el posicionamiento del carro A en una de las filas medias de la plataforma, indicándose sus movimientos hacia delante (flecha E1) y hacia atrás (flecha E2) y el movimiento ascendente (flecha B) para llevar a cabo la medición y riego de cada planta 1a.

Vemos en la figura 6 al carro A posicionado en un extremo de la plataforma de fenotipado de la presente



invención, con sus cuatro balanzas 4 y macetas 1 correspondientes. Dicho carro A se moverá a lo largo de los rieles 11.

La figura 7 muestra el carro en perspectiva con sus 5 ejes giratorios 13 y 14 que logran los movimientos de la plataforma, el primero de ellos, el 13, gira sobre algunos rodamientos 12d fijos al carro A, y con sus levas 12c logra elevar y hacer descender el brazo 12a que contiene en su extremo a la balanza 4. El segundo eje 14 gira por medio del motor 8, y 10 produce previa caja de reducción, el giro de las ruedas 10 que traslada el carro A a lo largo de la plataforma. La figura 8 permite ver la aplicación de las ruedas 10 del carro A sobre los rieles 11.

En la figura 9 podemos observar la porción izquierda 15 del extremo de la plataforma de fenotipado propuesta permitiendo identificar con mayor claridad los ejes 13 y 14, los rulemanes 12d, y levas 12c.

#### **FORMA PREFERIDA DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION**

20

La plataforma de fenotipado en su forma preferente de realización comprende una estructura fija compuesta por ocho vigas reticuladas de acero, que permiten conformar cuatro

hileras, es decir dos vigas por hilera, de una longitud preferente de 10 metros y entre las que se apoyan las macetas. Cada hilera soporta treinta macetas de hasta 12 kilos de peso cada una. Por entre las hileras pasan los sistemas de riego y medición del carro. El espacio entre dos pares de hileras tiene aproximadamente 70 centímetros de forma de permitir ser transitable por una persona.

Los soportes móviles de las macetas son 120 para la cantidad de vigas y longitud mencionada. Siendo una estructura plana (base), la cual se apoya entre las vigas, siendo esta base elevada por una balanza, como así también elevándose una estructura de soporte para la maceta, que mantiene la estabilidad de la maceta y a su vez, contiene la percolación de agua por el extremo inferior; contando preferentemente con una identificación numérica visible al usuario.

Cada una de las 120 macetas es cilíndrica, de material PVC, y de 33 cm de altura por 10 cm de diámetro. Su extremo inferior está cubierto por una malla plástica tipo mosquitero; contando con un sistema de embudo para recibir el agua proveniente del sistema de riego del carro, y distribuyendo de manera lenta y pareja en la superficie de la maceta.

Con relación al mecanismo de riego y medición, el mismo posee un sistema de desplazamiento y posicionamiento

compuesto de un motor trifásico 6 de 1 HP acoplado a una caja reductora que produce la tracción del carro A, este motor se alimenta y acciona a través de un variador de velocidad programable, que protege por baja y sobretensión y por consumo  
5 en exceso de corriente del motor, también por su programación permite hacer cambios en el sentido de giro del motor de su velocidad. El carro A se desplaza sobre rieles ubicados por debajo de los soportes de plantas, deteniéndose en donde estén ubicadas las macetas. Está controlado por un microcontrolador  
10 programable en lenguaje Basic, comunicado a la computadora central, que lee en que posiciones hay macetas mediante un sistema óptico ubicado en un extremo del carro, esto lee la obstrucción de un haz de luz, que indica que el carro está en una posición de pesaje.

15 El sistema de elevación de las balanzas esta acoplado dentro del sistema de desplazamiento y se compone de un motor de 1 HP trifásico acoplado a una caja reductora que mueve el eje y un sistema de palancas, produciendo un movimiento lineal de las balanzas (hacia arriba) y soporta el peso de las macetas al  
20 levantarlas. Eleva la balanza y junto con esta el soporte móvil, de forma tal de realizar el pesaje de la maceta que porta la planta. El motor de este sistema se alimenta y acciona a través de un variador de velocidad programable, que protege por baja y

sobre tensión y por consumos en exceso de corriente al motor, también por su programación permite hacer cambios en el sentido de giro del motor además de su velocidad. Está gobernado por el microcontrolador del carro, que recibe las órdenes de la  
5 computadora central.

En Sistema de riego 5 está compuesto por cuatro mangueras de riego 5a y cuatro bombas 5b del tipo peristálticas accionadas independientemente y soportadas en una columna de soporte vertical 6a. Las mencionadas bombas 5b se comunican a  
10 través de una interfaz RS232 con la computadora central que le indicará la cantidad de vueltas a dar y por lo tanto de la cantidad de agua a entregar a cada planta.

Se utilizan cuatro balanzas Ohaus Trooper® de 6 kg de capacidad y 1g de sensibilidad. Estas balanzas se comunican con  
15 la computadora central, enviando la información del peso tomado, por una interfaz de comunicación Rs232.

Se colocaron dos cámaras digitales, (con conexión USB), con la posibilidad de anexarle una cámara termográfica u otro tipo de sensores. Dichas cámaras de 3 megapíxeles están  
20 ubicadas en el centro de cada hilera de plantas, y poseen también comunicación con la computadora central. La altura, la inclinación y la distancia entre cámaras es posible ser regulada manualmente, de forma de ajustarla al tamaño de planta

cultivada. Una de las cámaras tomará una imagen cenital de la planta, la otra se encontrará desplazada entre 5 y 15 centímetros hacia un lado, con una inclinación que pueda ser regulada de acuerdo a la distancia de la planta. El software del controlador central deberá tomar las imágenes de ambas cámaras con la menor diferencia de tiempo posible entre ellas, y almacenarlas para ser analizadas preferentemente mediante el método de Biskup et al ("A stereo imaging system for measuring structural parameters of plant canopies", publicado en "Plant, Cell and Environment" volumen 30, páginas 1299-1308, año 2007) de análisis de imágenes estereoscópicas (esto será realizado por otro programa o modulo). En el final del recorrido del carro deberá ubicarse una placa cuadrículada para la calibración automática del sistema de visión estereoscópica.

En la prueba llevada a cabo con la plataforma preferentemente descrita, el recorrido del carro desde inicio a fin de carrera (sin pesar) tomó unos 5 minutos 30 segundos. Llevando a cabo el pesaje 30 veces y esperando 30 segundos a que se riegue la planta, el tiempo tomado fue de 20 minutos 30 segundos.

**REIVINDICACIONES**

1. Plataforma automática de fenotipado, caracterizada por comprender al menos un par de vigas (2) entre las que se ubica  
5 al menos una planta (1a), y por debajo de las cuales se ubica un carro (A) con ruedas (10) desplazable a lo largo de dicho al menos un par de vigas (2); y en donde el carro (A) dispone de al menos medio de pesaje (4) con un mecanismo de ascenso y descenso de la misma, ubicado dicho medio de pesaje (4) por debajo de la  
10 planta (1a); al menos un medio de riego (5a, 5b) y al menos un medio sensor de imagen (7); estando conectamos dichos medios de pesaje (4), de riego (5a, 5b) y medios sensores de imagen a una computadora central capaz de almacenar los datos recepcionados y variar los tiempos de accionamiento de los tiempos de riego y de  
15 medición mediante su conexión a dicho medio de riego (5a, 5b).

2. Plataforma automática de fenotipado, de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado porque la planta (1a) se posiciona arriba de una placa o base (1b), y por dentro de un  
20 cuerpo hueco (1c).

3. Plataforma automática de fenotipado, de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado porque dicho carro (A) se

posiciona mediante ruedas (10) sobre rieles (11).

4. Plataforma automática de fenotipado, de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado porque dicho medio de pesaje es  
5 una balanza (4).

5. Plataforma automática de fenotipado, de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado porque dicho mecanismo de ascenso y descenso comprende una leva (12c) acoplada a un eje  
10 (13), el cual recibe movimiento desde un motor (9) con su correspondiente caja reductora.

6. Plataforma automática de fenotipado, de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado porque dichas ruedas (10)  
15 reciben movimiento por acoplamiento a un eje (14) ; el cual recibe movimiento desde un motor (8) con su correspondientes caja reductora.

7. Plataforma automática de fenotipado, de acuerdo a la  
20 reivindicación 1, caracterizado porque dicho medio sensor de imagen (7) comprende dos cámaras fotográficas (7) capaces de tomar imágenes esteresocópicas, y una cámara termográfica.

8. Plataforma automática de fenotipado, de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado porque los medios de riego comprenden una manguera (5a) acoplada a una bomba peristáltica (5b).

5

9. Plataforma automática de fenotipado, de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado porque dichos medios de riego se posicionan entre dichas al menos dos vigas (2).



**RESUMEN**

Plataforma automática de fenotipado, preferentemente aplicable en plantas bajo déficit hídrico, permitiendo la misma la simplificación de la tarea de fenotipado y el manejo simultaneo de una multiplicidad de plantas, como así también la carga automática de los resultados obtenidos para su posterior análisis. La plataforma comprende al menos un par de vigas (2) entre las que se ubica al menos una planta (1a), y por debajo de las cuales se ubica un carro (A) con ruedas (10) desplazable a lo largo de dicho al menos un par de vigas (2); y en donde el carro (A) dispone de al menos medio de pesaje (4) con un mecanismo de ascenso y descenso de la misma, ubicado dicho medio de pesaje (4) por debajo de la planta (1a); al menos un medio de riego (5a, 5b) y al menos un medio sensor de imágenes de plantas (7); estando conectamos dichos medios de pesaje (4), de riego (5a,5b) y de toma de imágenes a una computadora central capaz de almacenar los datos recibidos y variar los tiempos de accionamiento de los tiempos de riego y medición mediante su conexión a dicho medio de riego (5a, 5b).

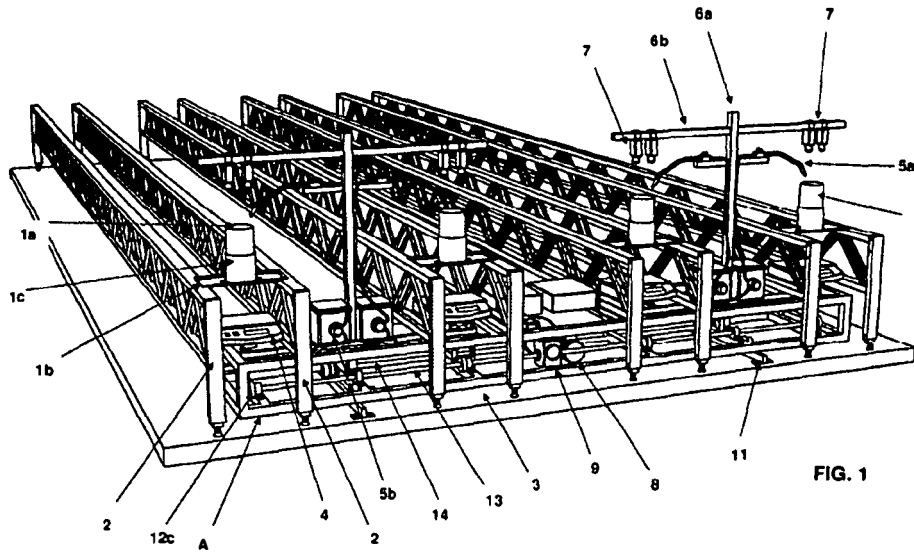


FIG. 1

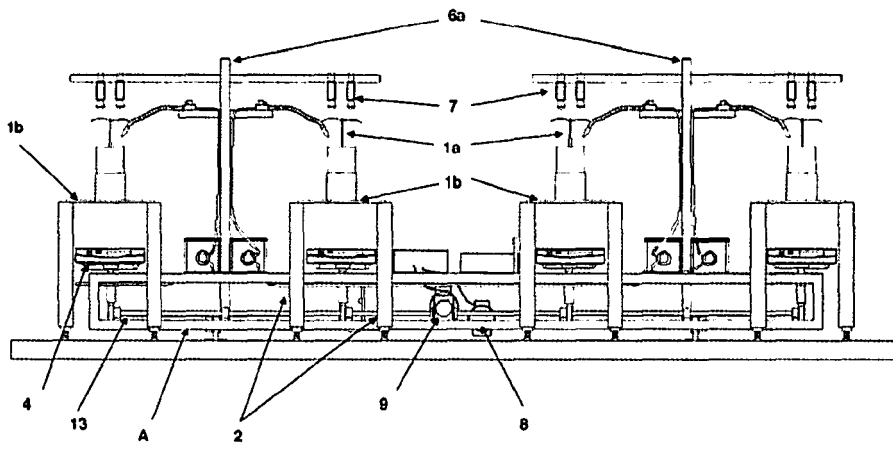


FIG. 2

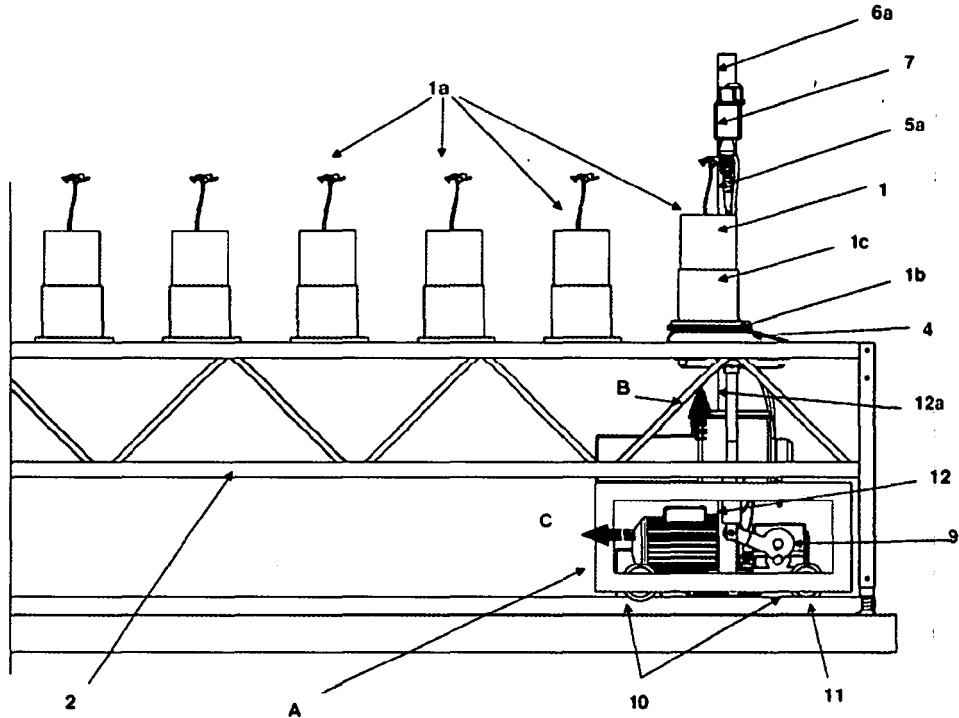


FIG. 3

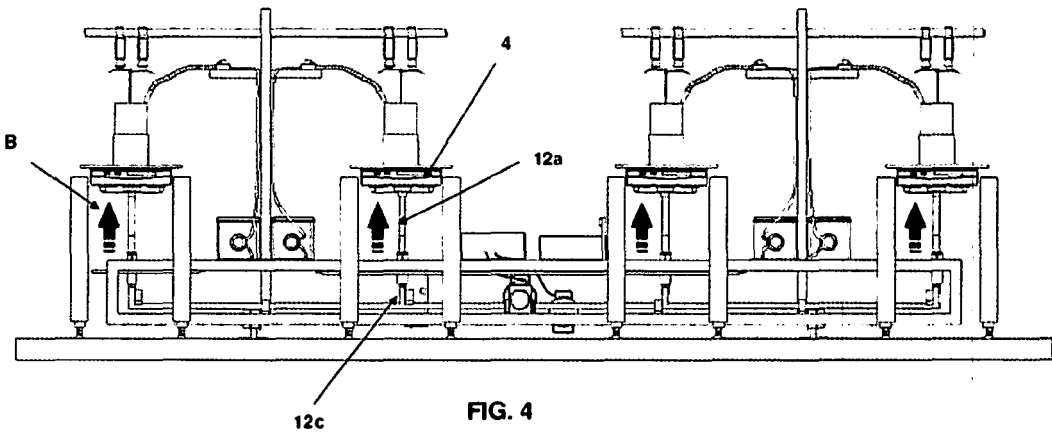


FIG. 4

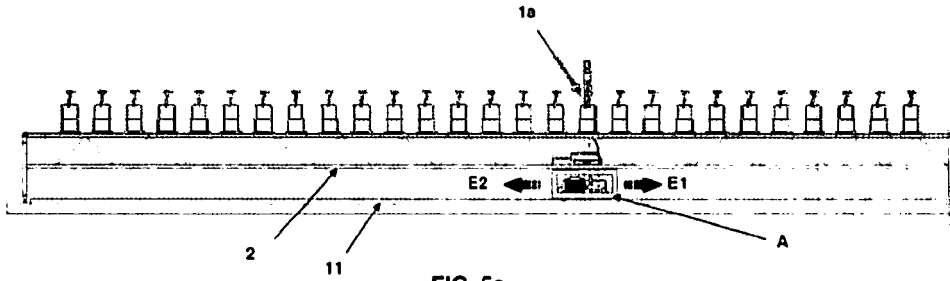


FIG. 5a

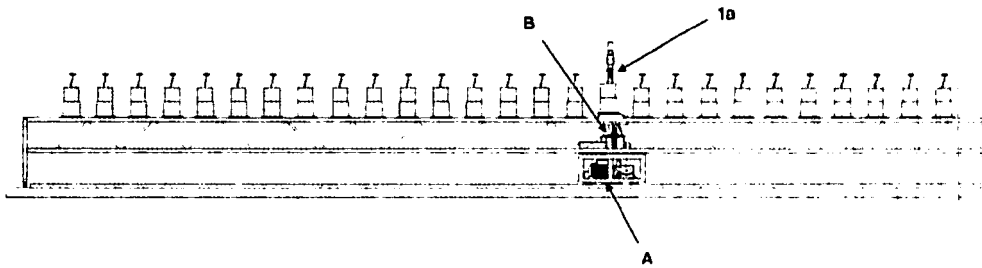


FIG. 5b

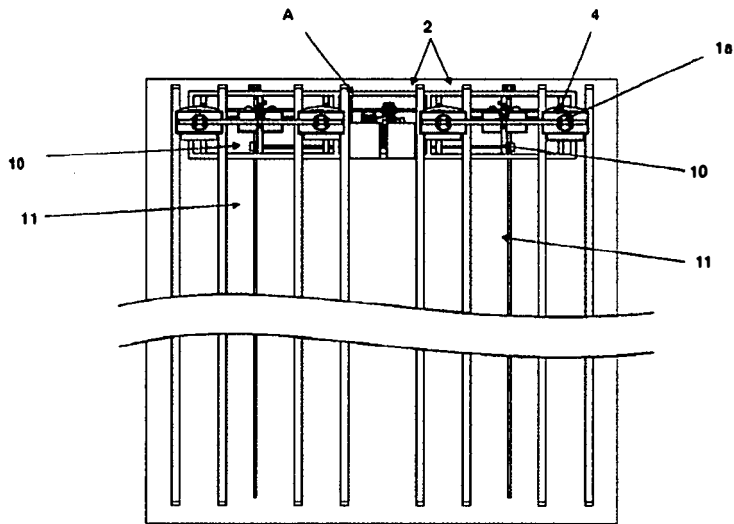


FIG. 6

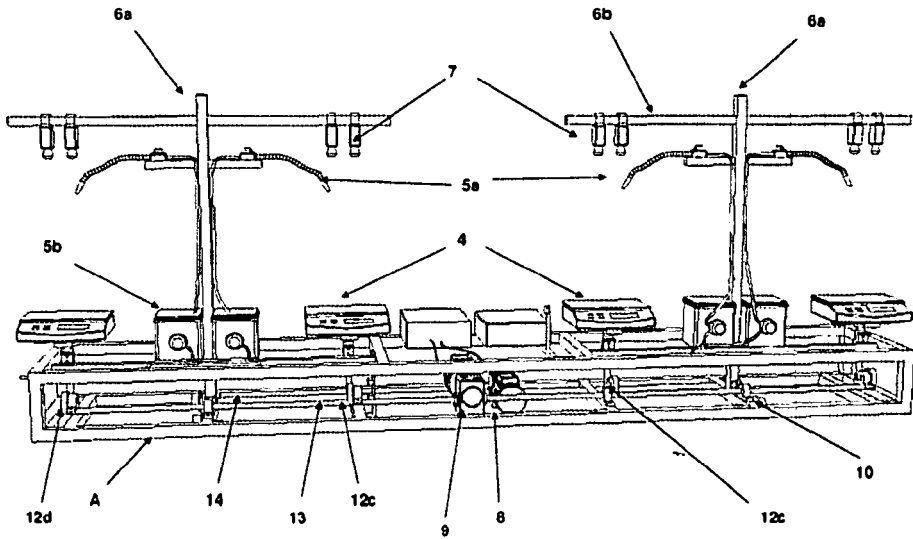


FIG. 7

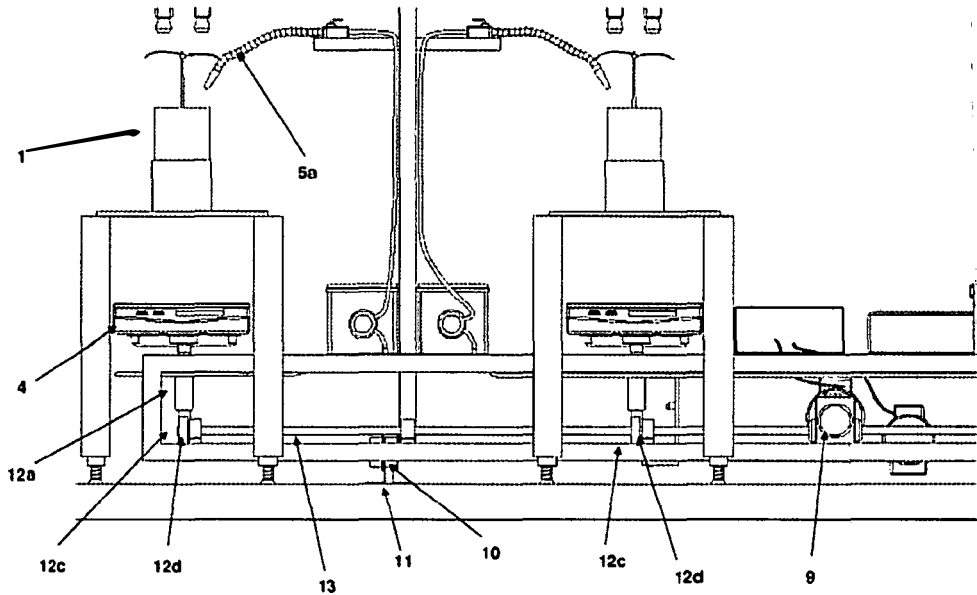


FIG. 8

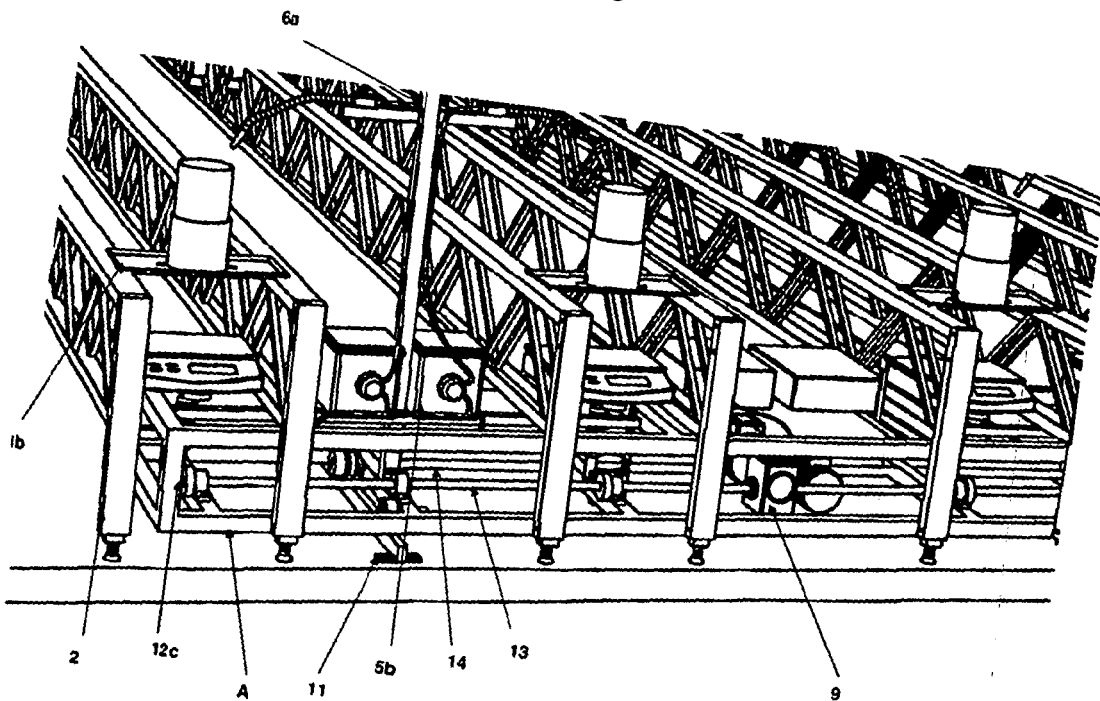


FIG. 9