

MÉTODO DE COSECHA SELECTIVA Y MECANIZADA DE GRANOS DE CAFÉ

La presente invención se refiere a un método para la cosecha selectiva y mecanizada de granos de café. Más particularmente, la presente invención se refiere a un nuevo concepto en el método de cosecha de granos de café a partir de una vibración resonante aplicada a las ramas principales de la planta, con el fin de permitir el derribado de los granos maduros y la permanencia en la planta de los granos verdes.

Estado de la Técnica

Como es de conocimiento de los técnicos en la materia, los equipos de cosecha convencionales se utilizan principalmente para la cosecha de café (granos) o aceitunas (frutos), promoviendo el corte del grano / fruto, a través de una intensa vibración de las ramas de las plantas. Estos equipos presentan un proceso de sujetar, enganchar o encajar las ramas de las plantas y con rápidos movimientos alternos, que balancean enérgicamente las ramas de las plantas, hacen que los granos o frutos se desprendan de las ramas y caigan al pie de la planta. Generalmente, estos dispositivos en su concepción portátil se activan mediante un pequeño motor de gasolina. Ejemplos de equipos del estado de la técnica que funcionan como se describe anteriormente son divulgados en las siguientes publicaciones/solicitudes: BR8001043 (U), BR8700205 (U), BRPI0700905 (A), WO2011026204, BR9601916 (A), BR9900410 (A), BR9901223 (A) y BR202014014388. Además, también deben mencionarse los documentos BRPI0601653 (A) y BR9804109 (A), que también indican algunas condiciones relacionadas con el método de cosecha de los granos de café.

El dispositivo de derribe, propiamente dicho, que constituye el equipo derribador, consiste en un mecanismo que transforma la rotación de la extensión del eje de un motor en un movimiento de ida y vuelta de dos grupos de varillas, dispuestas radialmente en forma de abanico, actuando en direcciones opuestas. Estos grupos de varillas se asemejan a manos humanas, ubicadas una al lado de la otra y en el mismo plano. En los ejemplos anteriores de equipos del estado de la técnica, se describen e ilustran dos grupos de varillas, cada uno de ellos con 3 a 6 varillas por grupo.

Para que el uso de estos equipos de cosecha mecanizados resulte en una cosecha productiva para los diferentes cultivos de café, es necesario un ajuste de la velocidad angular del movimiento de la derribadora, es decir, la velocidad de golpeo de las varillas, de manera que este movimiento oscilante se adapte al tipo de café y al estado físico de la planta en el proceso de cosecha, aumentando la eficiencia de esta última, así como aumentando la vida útil del equipo.

En condición de cosecha no selectiva, en un cultivo convencional, la derribadora habitual provoca la derribada de hojas, yemas y rotura de ramas de forma insatisfactoria. En condiciones de cosecha selectiva, la derribadora habitual es totalmente rechazada, puesto que ella no puede seleccionar el grano. Este rechazo a su uso se debe a que la derribadora habitual se basa en la velocidad establecida de golpeo de las varillas y la amplitud de movimiento del mismo grupo de varillas, lo que

lleva a la derribada de un alto porcentaje de granos verdes no estándar y deshoje de la planta, lo que en consecuencia interfiere en la valoración de la bolsa de café comercializada. Además, el intenso deshoje de la planta, sumada a algún porcentaje de ramas rotas (resultante de la intensa agitación periférica de la planta), también afecta negativamente a la próxima cosecha. Como es de conocimiento de los técnicos y agricultores del sector cafetero, la cosecha mecanizada de café puede conllevar una pérdida de productividad, en la próxima cosecha de hasta aproximadamente un 10%.

Como ejemplo, el documento PI 0601653 se refiere a un método para cosechar café en el que las varillas de derribe tienen una frecuencia de oscilación del orden de 700 pulsos/minuto. El documento PI 9804109, por su parte, enseña un equipo que opera a una frecuencia de 2.500 pulsos / minuto, es decir, del orden de 40 Hz. Además, y analizando los equipos actualmente disponibles en el mercado, resulta que la frecuencia de oscilación de las varillas de derribe está entre 30 y 50 Hz aproximadamente. Además, en este equipo de marcado, la amplitud de oscilación de las varillas de derribe es de alrededor de 10-15 grados.

Además, las varillas de derribe de los equipos del mercado tienen una longitud del orden de 25-30 cm a partir del punto de pivote, dando como resultado que una rama del cafeto sea agitada por unos centímetros por unas 40 veces por segundo, durante un tiempo. tiempo de algunos segundos. De esta forma, se entiende claramente el efecto nocivo de la cosecha sobre la planta, así como su no selectividad, puesto que la intensidad del desplazamiento al que se ve sometida la rama de la planta provoca tanto el derribe de los granos maduros como el derribe de los granos verdes, además de la pérdida sustancial de hojas y la rotura de varias ramas de la planta. En la práctica y a pesar del porcentaje de granos verdes depender principalmente de la cantidad existente de granos verdes en la planta en el momento de la cosecha, los resultados pueden alcanzar porcentajes de granos verdes del orden del 20-30%, en relación a la masa de granos cosechados.

En contraste con lo anterior, en mercados donde el proceso de derribe de granos maduros está condicionado a un alto estándar de calidad del producto final, como en los cultivos de Colombia, Nicaragua, México, Honduras y Costa Rica, entre otros, la cosecha es manual y selectiva, por lo que se obtiene un porcentaje de granos verdes del orden del 3-5% en relación a la masa de granos cosechados. Evidentemente, la sobrecarga para realizar esta cosecha manual radica en la necesidad de capacitar a los cosechadores de café y, principalmente, en el tiempo requerido para realizar la cosecha en una planta.

Objetos de la invención

El objeto principal de la presente invención es un método para la cosecha mecanizada de café, a partir del cual es posible seleccionar solo o principalmente los granos de café maduros em detrimento de los granos verdes.

Otro objeto de la presente invención es conseguir un modo de vibración que separe la frecuencia natural de vibración de los diferentes tipos de granos de café y permita realizar una frecuencia de resonancia definida, selectivamente, que sea compatible con la cosecha deseada.

Otro objeto de la presente invención es un método para cosechar café más rápidamente y con menos daño a la planta, en comparación con los métodos de cosecha mecanizados conocidos actualmente en el estado de la técnica.

Síntesis de la invención

Después de un largo período de estudios y pruebas, los inventores entendieron que no sería posible promover una cosecha selectiva de granos de café maduros, basada en los conceptos y métodos conocidos en el estado de la técnica. De esta forma, los inventores promovieron un cambio radical en el enfoque del problema, concluyendo, finalmente, que la solución estaría en la aplicación de una vibración específica, es decir, de una frecuencia de vibración que interactúe con los granos maduros, pero no con los granos verdes.

Como resultado de este nuevo enfoque, se definió que sería posible promover una cosecha altamente selectiva de granos de café maduros, sometiendo una rama primaria de la planta a una vibración de alta frecuencia y baja amplitud.

Más particularmente, la presente invención comprende un método para el derribe selectivo y mecanizado de granos de café, que comprende la aplicación de una vibración de alta frecuencia y baja amplitud en la base, o en las proximidades de la base, de una rama primaria de la planta. Además, dicha alta frecuencia está comprendida entre 200 250 Hz, mientras que dicha baja amplitud presenta un orden de magnitud de milímetros. El tiempo de aplicación de dicha vibración de alta frecuencia, por otro lado, presenta un orden de magnitud de milisegundos.

De manera más completa, la presente invención comprende un método para el derribe selectivo y mecanizado de granos de café, que comprende las etapas de:

- revestimiento del suelo, en la que los cosechadores ponen lonas a cada lado de las plantas;
- derribe, en el que los cosechadores realizan el derribe con máquinas, utilizando el método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 4;
- reposicionamiento de las lonas, en el cual, cuando se dejan caer los granos maduros, las lonas son arrastradas a las siguientes plantas, y este proceso se continúa realizando hasta que la carga de café en las lonas esté al límite;
- limpieza, en la que los cosechadores empiezan a retirar las hojas caídas de la lona; y
- envasado, en el que los cosechadores envasan el café utilizando baldes, bolsas y similares.

Además, este método también prevé una etapa de repase de los granos remanecientes en la planta, tal etapa que se lleva a cabo individualmente después del derribe de los granos de cada planta o colectivamente después del derribe de granos de las plantas en un área cosechada.

Forma preferida de realizar la invención

Como se mencionó anteriormente, la presente invención tiene como objeto un método para el derribe selectivo y mecanizado de granos de café, a partir de la aplicación en una rama primaria de la planta de una frecuencia de resonancia selectiva y específica que promueva el derribe de los granos maduros de café, pero no el derribe de los granos verdes.

Como resultado de los intensos y prolongados estudios llevados a cabo por los inventores, se estableció que los granos maduros podrían desprenderse o caerse de la planta aplicando una vibración de alta frecuencia y pequeña amplitud en la base, o cerca de la base, de una rama primaria de la planta.

Cabe señalar nuevamente que dichos parámetros van exactamente en sentido contrario a lo que actualmente promueven las derribadoras conocidas en el estado de la técnica, en las que el derribe de granos de café se realiza a partir de un movimiento generalmente en el medio y puntos extremos de las ramas de la planta y mediante movimientos de baja frecuencia y de gran amplitud.

Así, como se estableció en las pruebas realizadas, esta frecuencia de agitación o vibración de las ramas de la planta gira en torno a los 200-250 Hz. Según postulan los inventores, este rango de frecuencias permite alcanzar el modo de vibración que separa la frecuencia natural de vibración de los diferentes tipos de granos de café y que permite realizar una frecuencia de resonancia selectivamente definida y compatible con la cosecha deseada, puesto que los granos verdes tienen menos masa que los granos maduros y se excitan en diferentes frecuencias. Es decir, durante el proceso de maduración, los granos de café sufren cambios físicos y morfológicos y no solo de color. En particular, los granos maduros tienen una mayor masa en comparación con los granos verdes, además de cambios degenerativos en función del tiempo, intrínsecos a los respectivos pedúnculos y destinados a permitir la caída natural de los granos maduros. Otro aspecto inherente a la elección del rango de frecuencia de agitación de las ramas primarias está en la propia constitución de la planta según la especie.

Además, y como característica complementaria del método propuesto, la amplitud de la vibración de la rama primaria es bastante reducida cuando se compara con las amplitudes de agitación utilizadas en los métodos del estado de la técnica. De hecho y como característica del presente método, la amplitud es un mero resultado de la vibración que se aplica en la rama primaria de la planta y que no interfiere en el derribe de los granos maduros. El aspecto imperativo, en este caso, es someter la rama primaria de la planta a una vibración armoniosa con la frecuencia natural de vibración de los granos maduros y esto, sí, es el responsable por la caída de los granos maduros y no de los granos verdes. Sólo con fines ilustrativos, la amplitud de desplazamiento, en la dirección transversal de las ramas primarias cuando se somete a vibración, alcanza valores del orden de magnitud de milímetros.

Adicionalmente, así y como reflejo de la eficiencia del presente método, se determinó que el tiempo de aplicación de la frecuencia de agitación resulta en el orden de milisegundos. En otras palabras, un "toque" del dispositivo generador de alta frecuencia en la base, o en las proximidades de la base de una rama primaria es suficiente para que los granos de café maduros resuenen y caigan al suelo.

Es importante resaltar la importancia del tiempo de contacto del dispositivo generador de alta frecuencia (genéricamente "máquina") con la rama para asegurar la selectividad. En las mismas condiciones descritas anteriormente, manteniendo la máquina en contacto con la rama y transmitiendo la frecuencia de vibración por un período más prolongado, se puede producir una cosecha total de los granos, especialmente de aquellos frutos cuya madurez es cercana a la ideal para la cosecha, es decir, cuya masa está muy próxima a la masa del grano maduro, a pesar del carácter degenerativo del pedúnculo no encontrarse avanzado. Lo que se observa en este caso es el fenómeno de la fatiga. Los granos verdes necesitan más ciclos para que se rompan sus pedúnculos y esta exposición prolongada a las vibraciones puede provocar este fenómeno. Por lo tanto, el tiempo de contacto del dispositivo generador de alta frecuencia con las ramas primarias de la planta debe satisfacer las condiciones anteriores, de manera que se obtenga la selectividad deseada como una consecuencia no directa, resultando en un menor tiempo de trabajo del operador en una dada planta, reduciendo al todo significativamente el tiempo total de cosecha.

Pruebas de campo

Así, y con base en las características del mencionado método, los inventores realizaron una serie de pruebas con el fin de basar y mejorar los conceptos inventivos, pruebas estas realizadas en el campo, en Colombia, por profesionales del área de cosecha de granos de café, acompañados por los técnicos del solicitante. Antes de las pruebas efectivas, los cosechadores de café fueron sometidos a un entrenamiento preliminar sobre cómo asimilar las técnicas específicas de cosecha resultantes del método de la invención.

En las pruebas realizadas, se utilizó como dispositivo generador de vibraciones de alta frecuencia una derribadora portátil, convenientemente modificada para generar, en las varillas de derribe, una frecuencia del orden de 200-250 Hz, tal como se propone. Además, dichas varillas de derribe han sido adecuadamente modificadas con el fin de transmitir una vibración de alta frecuencia y baja amplitud a la rama primaria de la planta, de manera que se elimina sustancialmente cualquier tipo de movimiento de gran amplitud de las ramas de la planta.

La metodología de cosecha adoptada en estas pruebas comprendió las etapas y procedimientos que se describen a continuación. La operación fue realizada por un equipo de al menos dos personas, al menos una destinada a utilizar la derribadora y la otra como soporte y para realizar la operación de repase, cuando se la utilizó.

Estas son las etapas:

- Revestimiento del suelo: los cosechadores estiran dos lonas, normalmente de 12 metros de largo, una a cada lado de las plantas:
- Derribe: los cosechadores comienzan el derribe con las máquinas (es importante destacar que no se trata de "peinar", sino de tocar rama por rama en la zona cercana a la unión con el tronco de la planta);
- Reposicionamiento del revestimiento: después de derribar todos los granos, las lonas se arrastran a las siguientes plantas. Este proceso se continúa realizando hasta que la

carga de café en las lonas esté al límite (alrededor de 03 derribes, dependiendo del café que la planta carga);

- Limpieza: los cosechadores comienzan a retirar las hojas caídas de la lona; y
- Envasado: después de retirar las hojas, los cosechadores envasan el café utilizando baldes y bolsas. Después de envasar el café, se recolocan las lonas y se reinicia el proceso.

Cabe señalar que, en la etapa de derribe con el dispositivo, la varilla de derribe toca la base de la rama primaria, o un punto cercano a la base de la rama, durante un tiempo de alrededor de milisegundos.

Además, se prevé una etapa de repase, que tanto puede realizarse, planta por planta, después de utilizar las máquinas en una planta, como puede realizarse después de la cosecha de los granos en la zona cosechada. Es decir, esta etapa comprende el repase de los granos remanentes en la planta, realizándose dicha etapa individualmente, después de la remoción de granos de cada planta, o colectivamente después de la remoción de granos de las plantas en un área cosechada. Si, por un lado, el traslado que se realiza en cada planta, después de la cosecha por máquina, evita la necesidad de dislocamiento de las lonas de cobertura del suelo y de los operadores, por otro lado, el repase continuo en una zona cosechada permite que los operadores se concentren en esta única operación. De todos modos, como cada alternativa anterior presenta ventajas e inconvenientes, corresponde al responsable elegir entre una u otra forma de repase de las plantas.

En comparación con el procedimiento anterior, los mismos 2 cosechadores, en el mismo campo de café arábico, realizaron una cosecha manual de los granos en plantas con características similares de carga y de maduración de los granos de café.

En un segundo grupo de pruebas, se buscó evaluar la calidad de los granos cosechados en la forma de un porcentaje entre los granos maduros y los granos verdes cosechados.

Como primer parámetro de comparación, muestras se analizaron en bolsas de café, cosechadas a mano y según técnicas convencionales de cosecha manual. Las hojas caídas se separaron antes de embolsar los granos. Entre las muestras colectadas se encontró un índice de granos verdes alrededor del 3% al 5%.

Se observa que, en una cosecha tradicional, las muestras tienen una baja proporción de granos verdes, algo alrededor del 1%, luego después del ensacado. Esto se debe a la técnica tradicional de eliminar las hojas caídas y los granos verdes de las lonas. Por lo tanto, y con el fin de evaluar el porcentaje real de granos verdes caídos, utilizando la técnica de cosecha manual, se indicó a los operadores que no desecharan los granos verdes. Como se mencionó, el resultado obtenido por la técnica manual tradicional fue un porcentaje del 3-5% de granos verdes dentro de la masa de granos cosechados. Cabe señalar también que, como resultado de esta técnica tradicional de cosecha manual, los granos verdes caen en las copas de las plantas, lo que resulta en varios brotes debajo de las plantas adultas que pueden causar problemas en el cultivo de café.

Además, y como se informó, el índice de granos verdes en la masa de granos cosechados con la ayuda de derribadoras de última generación alcanza, en promedio, índices entre el 20% y el 30%. Sin embargo, y teniendo en cuenta que estas técnicas mecanizadas suelen derribar todos los granos de café de la planta, dichos porcentajes de granos verdes son más una función del porcentaje de granos verdes existentes en la propia planta que el resultado específico de esta técnica de cosecha. Por esta misma razón, tal técnica se define como "no selectiva".

Finalmente, se llevaron a cabo varias pruebas del método de la invención. Una primera prueba se llevó a cabo con una sola máquina y fue realizada por dos operadores, uno de ellos usando la máquina y el otro operador haciendo el repase inmediato. Esto se lleva a una situación de poca exposición de la invención en el proceso de cosecha. Se observó una eficiencia de solo 1,74 veces en comparación con la cosecha manual con coco, es decir, utilizándose el recipiente auxiliar atado a la cintura para depositar los granos de café antes de acumularlos en las bolsas. El rendimiento fue de 17,63 kg / hombre / hora y la cantidad de verde observada en la muestra recogida fue del 10,3%.

En un segundo grupo de pruebas, se utilizaron dos equipos y dos cosechadores. Inmediatamente después de la cosecha mecanizada de la invención se realizó un repase, que resultó en un rendimiento promedio de alrededor de 20,9 kg / hombre / hora cosechados y con un índice de granos verdes entre el 6% y el 7%, demostrando, así, que la metodología de la invención puede ser definida efectivamente como selectiva. El mayor uso de la máquina trajo mejores resultados de rendimiento en comparación con la prueba anterior, donde solo se utilizó apenas una máquina.

En un tercer grupo de pruebas, con los mismos dos equipos y dos cosechadoras, pero con repase después de la cosecha mecanizada, se obtuvo un rendimiento promedio de

Prueba	Operarios	Máquinas	Repase Inmediato	Repase Posterior	Jornales Adicionales	Masa [kg]	Tiempo [h]	Rendimiento [kg/h/operario]	Relación máquina/coco	Contenido de verdes
1	2	1	si	no	0	282	16	17,63	1,74	10,3%
2	2	2	si	no	0	450	16	28,13	2,78	7,1%
3	2	2	si	no	0	324	16	20,25	2,00	6,1%
4	2	2	si	no	0	199	9	22,11	2,19	6,5%
5	2	2	si	no	0	131	10	13,10	1,30	7,0%
6	2	2	no	si	4	213	8	26,63	2,64	6,0%
7	2	2	no	si	4	198	8	24,75	2,45	7,5%
8	2	2	no	si	4	213	8	26,63	2,64	6,8%

26 kg / hombre / hora cosechados y con un índice de granos verdes igualmente entre el 6% y el 7%, reiterando así que la metodología de la invención es efectivamente selectiva.

Tabella 1 - Pruebas de Productividad en el tiempo

Cabe mencionar que el repase es una acción típica de los cultivos mecanizados que tiene como objetivo retirar los granos que aún quedan en la planta, en el caso de granos maduros que no han sido cosechados con la aplicación del equipo. Los granos permanecen en la planta por acción voluntaria de los cosechadores, ya que el derribe con el uso de equipos portátiles depende exclusivamente de la acción de los cosechadores.

Como se puede inferir de lo anterior, el método de la presente invención es satisfactoriamente selectivo, ya que alcanza índices de granos verdes en la masa de granos cosechados similares a los obtenidos con la cosecha manual por cosechadores entrenados y experimentados. Por otro lado, la productividad resultante de la aplicación del presente método supera en mucho la productividad obtenida incluso por cosechadores con gran experiencia en este trabajo.

Además, se debe tener en cuenta que el tiempo de aplicación de la vibración en alta frecuencia es de solo unos pocos milisegundos, no requiriendo más tiempo para que los granos maduros resuenen con la vibración aplicada y caigan rápidamente al suelo.

REIVINDICACIONES MODIFICADAS

1. Método para la cosecha selectiva y mecanizada de granos de café, caracterizado por el hecho de comprender la aplicación de una vibración de alta frecuencia y baja amplitud en la base, o en las proximidades de la base, de una rama primaria de la planta, y siendo que dicha alta frecuencia está comprendida entre 200 y 250 Hz;
2. Método, según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que dicha baja amplitud tiene un orden de magnitud de milímetros.
3. Método, según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que el tiempo de aplicación de dicha vibración de alta frecuencia presenta un orden de magnitud de milisegundo.
4. Método para la cosecha selectiva y mecanizada de granos de café, caracterizado por el hecho de que comprende cíclicamente las etapas de:
 - revestimiento del suelo, en lo que los cosechadores extienden lonas a cada lado de las plantas;
 - derribe, en lo que los cosechadores realizan el derribe con las máquinas, utilizando el método descrito en cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 3;
 - reposicionamiento del revestimiento, en el cual, derribados los granos maduros, las lonas son arrastradas a las siguientes plantas, y este proceso se continúa realizando hasta que la carga de café sobre las lonas esté en el límite;
 - limpieza en la que los cosechadores comienzan a retirar las hojas caídas sobre las lonas; y
 - envasado, en el que los cosechadores envasan el café utilizando baldes, bolsas y similares.

5. Método, de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por el hecho de que también prevé una etapa de repase de los granos restantes en la planta, tal etapa que se lleva a cabo individualmente, después del derribe de granos de la planta, o colectivamente después del derribe de granos de las plantas en un área cosechada.

RESUMÉN

Se describe un método de cosecha selectiva y mecanizada de granos de café, que se basa en la aplicación de una vibración de alta frecuencia y baja amplitud en la base, o en las proximidades de la base, de una rama primaria de la planta. La alta frecuencia selectiva de agitación de la rama primaria de la planta permite alcanzar el modo de vibración que separa la frecuencia natural de vibración de las diferentes etapas de maduración de los granos de café, derribando así los granos maduros y manteniendo los granos verdes en la planta, ya que los granos verdes y maduros se excitan a diferentes frecuencias.