

MÉTODO DE RECUBRIMIENTO DE FERTILIZANTE

Campo

- 5 La invención se relaciona con un método para recubrir partículas, y en particular con un método para recubrir partículas de fertilizante.

Antecedentes

- 10 Muchos fertilizantes se usan como material particulado, y son solubles en agua, tales como por ejemplo fertilizantes que contienen urea. Los fertilizantes de liberación controlada pueden usarse para proporcionar una liberación sostenida del fertilizante de las partículas. Liberación sostenida puede contribuir a un uso
- 15 más eficiente del fertilizante. Tales fertilizantes pueden por ejemplo fabricarse aplicando un recubrimiento a las partículas de fertilizante. Por ejemplo, la patente de los EE. UU. 2014/0033779 describe un método para recubrir un sustrato en donde el material de sustrato y el material de recubrimiento se mezclan y la mezcla
- 20 recubierta se cura en un reactor separado. La patente de los EE. UU. '779 también menciona que los métodos para producir fertilizantes de liberación controlada usando un único tambor o reactor (es decir, procesamiento en lotes), son funcionales y se usan comúnmente, pero están asociados con varios problemas, tales

como el riesgo de generar aglomerados o bolas de materiales recubiertos.

La patente de los EE. UU. 5538531 describe un método para fabricar un fertilizante particulado de liberación controlada que implica calentar partículas de fertilizante, agitar las partículas de tal manera que se mantenga una mezcla suave, añadir poliol, añadir poliisocianato después de esparcir uniformemente el componente de poliol, permitir que los componentes reaccionen, y añadir una cera.

10

Además, los métodos de recubrimiento existentes para fertilizantes son relativamente costosos especialmente porque la etapa de recubrimiento añade una etapa de proceso separada a la producción del fertilizante. La etapa de recubrimiento típicamente requiere un largo tiempo de procesamiento y por lo tanto implica equipos grandes, lo que da lugar a altos costos de capital y operativos. Aunque un precio más alto puede ser aceptable para los recubrimientos especiales y para la horticultura, los costos bajos son importantes para los cultivos agrícolas en grandes extensiones tales como los de elote (maíz).

20

Por lo tanto, existe un deseo de métodos para recubrir partículas, en particular partículas de fertilizante. En particular, existe un deseo de métodos para recubrir fertilizantes a un precio

competitivo, para producir fertilizantes de liberación controlada que sean adecuados para la fertilización eficiente de cultivos agrícolas de materias primas en grandes extensiones.

- 5 Un objetivo de la presente invención es proporcionar en un aspecto un método de recubrimiento que trate los problemas y los deseos mencionados anteriormente al menos en parte.

Sumario

10

La invención se relaciona en un primer aspecto con un método para recubrir partículas de fertilizante con un recubrimiento, en donde el método comprende:

- 15 a) proporcionar partículas de fertilizante en una unidad de recubrimiento,

- b) una etapa para aplicar una capa de recubrimiento (etapa b) que comprende:

20 aplicar uno o más componentes de recubrimiento a las partículas de fertilizante en la unidad de recubrimiento para proporcionar partículas de fertilizante recubiertas que comprenden una capa de recubrimiento y las partículas de fertilizante, y curar o endurecer al menos parcialmente la capa de recubrimiento, en donde dicho curado o endurecimiento implica una reacción química de dichos uno o más componentes de recubrimiento,

en donde la etapa b) se realiza una o más veces para proporcionar partículas de fertilizante recubiertas, y

c) descargar las partículas de fertilizante recubiertas desde la unidad de recubrimiento, o realizar un curado o endurecimiento

5 final de las partículas de fertilizante recubiertas en la unidad de recubrimiento y posteriormente liberar las partículas de fertilizante desde la unidad de recubrimiento, en donde las partículas de fertilizante descargadas comprenden dicho recubrimiento, en donde el recubrimiento

10 comprende preferentemente un polímero insoluble en agua, en donde la unidad de recubrimiento comprende un bastidor fijo y al menos dos elementos móviles, en donde dichos elementos móviles son móviles independientemente con respecto al bastidor, y en donde el método comprende mover dichos al menos dos elementos
15 móviles con respecto al bastidor durante al menos la etapa b).

Breve descripción de las figuras

La Figura 1 ilustra esquemáticamente una unidad de recubrimiento
20 ilustrativa que puede usarse en el método de la invención.

La Figura 2 muestra velocidades de liberación de urea obtenidas experimentalmente de partículas de fertilizante preparadas con un

método de acuerdo con la invención con composiciones de recubrimiento que tienen valores de tiempo de reactividad diferentes.

La Figura 3 muestra perfiles de tiempo de liberación de urea
5 obtenidos experimentalmente de dos fertilizantes recubiertos de acuerdo con el método de la invención y dos fertilizantes recubiertos de acuerdo con un método comparativo con un recubridor de tambor giratorio.

10 **Descripción detallada**

La presente invención proporciona ampliamente la visión acertada de combinar un tiempo de permanencia corto en una unidad de recubrimiento en donde las partículas que se recubrirán se mantienen
15 en movimiento, con una unidad de recubrimiento que comprende dos elementos móviles, y preferentemente además con una composición de recubrimiento que tiene un tiempo corto de curado o endurecimiento.

La invención proporciona un método que requiere llevar a cabo una
20 reacción química del uno o más componentes de recubrimiento en esa unidad de recubrimiento, mientras que las partículas se mantienen en movimiento, para curar o endurecer al menos parcialmente el recubrimiento. Ventajosamente esto permite una alta productividad y un rápido proceso de recubrimiento sin

aglomeración de las partículas de fertilizante y sin la formación de depósitos sólidos en la unidad de recubrimiento.

La invención se refiere a un método para recubrir partículas de fertilizante. Las partículas de fertilizante también pueden mencionarse como fertilizante granular. Las partículas que se recubrirán y/o después de recubrirse tienen por ejemplo un tamaño de partícula de 0.10 a 20 mm, tal como de 0.5 a 15 mm o de 1.5 mm a 5 mm. Las partículas, por ejemplo, tienen un tamaño de partícula promedio ponderado en este rango o por ejemplo en donde al menos 90 % en peso de las partículas tiene un tamaño de partícula en este rango, en donde el tamaño de una partícula se refiere por ejemplo al tamaño mínimo. Las partículas son por ejemplo fertilizantes granulados o perlados, o material de fertilizante en pellets, en pastillas o compactado. Opcionalmente, el método comprende una etapa de solidificar un material de fertilizante líquido en las partículas de fertilizante que se recubrirán, tal como con una torre de perlado, una unidad de granulación (p. ej. con un lecho con pico o con un lecho fluidizado) o con una peletizadora, especialmente si el fertilizante es un fertilizante de urea o un fertilizante que contiene urea. Preferentemente, en esta etapa de solidificación, se enfría una fusión (tal como fusión de urea), por ejemplo usando aire de enfriamiento. Preferentemente, las partículas se mantienen a una

temperatura por encima de 50 °C o por encima de 60 °C entre la etapa de solidificación y la etapa de recubrimiento.

Las partículas que se recubrirán comprenden (o consisten en) material de fertilizante. El material de fertilizante es por ejemplo un material de fertilizante de nitrógeno y comprende por ejemplo nitrógeno (basado en átomos de N) en una cantidad de al menos 10 % en peso, al menos 20 % en peso o al menos 30 % en peso. El material de fertilizante puede comprender por ejemplo urea y/o sales de amonio, tal como sulfato de amonio y nitrato de amonio, y comprende por ejemplo menos de 10 % en peso o menos de 5 % en peso de componentes aparte de urea y sales de amonio. Preferentemente, el material de fertilizante comprende urea, tal como al menos 50 % en peso de urea, y preferentemente es un fertilizante de urea que tiene al menos 40 % en peso de N o al menos 46 % en peso de N. El material de fertilizante también puede comprender K (potasio), Ca (calcio), P (fósforo) y/o S (azufre) (basado en la composición elemental), por ejemplo como sal de sulfato y/o fósforo, opcionalmente en combinación con N por ejemplo como urea y/o amoníaco. El material de fertilizante es típicamente soluble en agua, de tal manera que cuando las partículas de fertilizante se aplican en la tierra, los elementos de fertilizante (tales como N, P y S, K, Ca) se proporcionan al cultivo como especies disueltas, y opcionalmente se proporcionan además Zn y/u otros micronutrientes.

El método de la invención se refiere a recubrir partículas de fertilizante con un recubrimiento. En consecuencia, las partículas recubiertas (tal como se obtienen después del método de recubrimiento) comprenden las partículas de fertilizante y una
5 capa externa de material de recubrimiento que cubre las partículas de fertilizante parcial o completamente.

La capa de recubrimiento proporciona por ejemplo la liberación controlada de material de fertilizante especialmente cuando los
10 fertilizantes se aplican en la tierra (en el suelo) y están en contacto con agua. La capa de recubrimiento también puede proporcionar la liberación lenta de material de fertilizante. En tales modalidades, el material de fertilizante se libera desde la partícula p. ej. mediante hidrólisis, mediante biodegradación, o
15 mediante solubilidad limitada, o mediante una combinación de estos. El material de fertilizante que se libera se refiere a la liberación de nutrientes disponibles para una planta.

El recubrimiento preferentemente comprende un polímero y con mayor
20 preferencia comprende un polímero insoluble en agua. El polímero, por ejemplo, tiene una solubilidad menor que 0.10 g/L en agua desionizada a 100 kPa y 20 °C. El polímero por ejemplo no es soluble a 20 °C en agua desionizada usando el método indicado en D. Braun et al., Practical Macromolecular Organic Chemistry, CRC

Press, 1984, pág. 73 en donde 30-50 mg de muestras de polímero finamente dividido se colocan en pequeños tubos de ensayo con 1 ml de líquido y se dejaron reposar durante varias horas.

- 5 El material de recubrimiento es por ejemplo impermeable o semipermeable al agua. Preferentemente, el material de recubrimiento protege el fertilizante dentro del recubrimiento de los procesos del suelo hasta su liberación.
- 10 En algunas modalidades, el agua y los solutos pueden permearse a través del recubrimiento mediante difusión. El tiempo requerido para la difusión puede proporcionar una velocidad de liberación deseada de nutrientes de fertilizante desde las partículas recubiertas hacia el suelo. De esta manera el recubrimiento puede
- 15 proporcionar una liberación controlada.

En algunas modalidades, el material de recubrimiento es semipermeable (p. ej. permeable al agua pero impermeable al material de fertilizante tal como la urea) y después de la

20 aplicación sobre la tierra, el agua ingresa a través del recubrimiento debido a la ósmosis, causando la dilatación del núcleo del material de fertilizante. Esto puede resultar en que el agrietamiento del recubrimiento y/o en el movimiento del material de fertilizante a través de los poros en el

recubrimiento. De esta manera, puede lograrse la liberación sostenida y/o retardada del material de recubrimiento.

El material de recubrimiento es por ejemplo en total al menos 5 0.0010 % en peso, tal como 0.10 % en peso a 10 % en peso basado en el peso total de partícula, y/o es por ejemplo 0.2 - 5 % en peso, o 0.3 - 3.0 % en peso, o 0.3 - 1.5 % en peso, o 0.5 - 1.2 % en peso por capa de recubrimiento, tal como 1.0 a 3 % en peso por capa de recubrimiento. El espesor del recubrimiento está por 10 ejemplo en el rango de 1.0 μm a 50 μm , en total y/o por capa de recubrimiento, aunque otros espesores también son posibles.

El material de recubrimiento, tal como está presente en las partículas recubiertas, es por ejemplo polimérico, y la composición 15 de recubrimiento tal como se aplica a las partículas de fertilizante durante el método de recubrimiento es por ejemplo una resina.

Preferentemente, el recubrimiento de las partículas, tal como se libera desde la unidad de recubrimiento, comprende un polímero. 20 Preferentemente el polímero está entrecruzado. Preferentemente el polímero es termoestable, alternativamente termoplástico.

El método comprende proporcionar partículas de fertilizante en una unidad de recubrimiento, por ejemplo las partículas se introducen

en la unidad de recubrimiento, en particular en un recipiente giratorio. La unidad de recubrimiento se configura para recibir partículas de fertilizante que se recubrirán. La unidad de recubrimiento comprende por ejemplo un recipiente para recibir y
5 retener partículas de fertilizante. Tal recipiente preferentemente tiene una pared y un espacio interior, en donde el espacio interior es capaz de recibir partículas de fertilizante.

El método puede comprender tamizar partículas de fertilizante a un
10 rango de tamaños deseado antes de introducir las partículas de fertilizante en la unidad de recubrimiento.

El método puede comprender además el precalentamiento de las partículas de fertilizante antes de introducirlas en la unidad de
15 recubrimiento, tal como a una temperatura de al menos 30 °C, al menos 40 °C, al menos 50 °C o al menos 60 °C, y/o una temperatura al menos 5 °C, al menos 10 °C o al menos 20 °C por encima de la temperatura ambiente, y típicamente a una temperatura menor que 100 °C o menor que 80 °C.

20

El método comprende una etapa para aplicar una capa de recubrimiento. Esta etapa puede realizarse una o más veces para proporcionar partículas de fertilizante recubiertas que tienen una o más capas de recubrimiento.

Una etapa para aplicar una capa de recubrimiento requiere proporcionar partículas de fertilizante con una capa de recubrimiento. La etapa comprende aplicar uno o más componentes de recubrimiento a las partículas de fertilizante mientras las
5 partículas están en la unidad de recubrimiento. Además, otros compuestos pueden aplicarse a las partículas de fertilizante durante tal etapa de aplicar una capa de recubrimiento, tal como solventes, aunque en modalidades preferidas no se usan solventes. El método también puede incluir etapas adicionales de aplicar capas
10 de recubrimiento adicionales a las partículas, tales como etapas en donde se aplican capas de cera. En la etapa especificada de aplicar una capa de recubrimiento, los componentes de recubrimiento y compuestos adicionales opcionales pueden aplicarse por ejemplo simultánea o posteriormente. Por ejemplo, al menos dos componentes
15 de recubrimiento se aplican posteriormente, tal como por etapas, en donde los componentes de recubrimiento tienen una composición diferente. Cada componente de recubrimiento también puede ser una mezcla de compuestos. Los componentes de recubrimiento típicamente se aplican como líquido (esto puede incluir por ejemplo emulsiones,
20 soluciones, y dispersiones, así como fusiones poliméricas), p. ej. mediante inyección tal como pulverizando los líquidos. De esta manera se proporcionan partículas de fertilizante que comprenden una capa de recubrimiento y las partículas de fertilizante como núcleo. En consecuencia, el o los componentes de recubrimiento

aplicados están presentes como una capa (adicional) sobre las partículas de fertilizante.

En modalidades preferidas, al menos uno o todos los componentes de recubrimiento cuando se aplican tienen una viscosidad menor que 2000 o menor que 1000 mPa•s a 25 °C y típicamente mayor que 100 mPa•s a 25 °C. Por ejemplo, la viscosidad se mide de acuerdo con ISO 3219:1993.

- 10 Preferentemente, el o los componentes de recubrimiento se añaden a un lecho de las partículas de fertilizante, en donde el lecho es proporcionado por el movimiento de los elementos móviles de la unidad de recubrimiento, en particular mediante la acción de rodamiento o mediante el contacto de partícula con partícula.
- 15 Preferentemente, el lecho es un lecho de partículas elevadas, en donde las partículas de fertilizante se elevan mediante el movimiento de elementos móviles. La unidad de recubrimiento preferentemente se opera de tal manera que todo el material en el espacio interior se mantiene en movimiento constante.
- 20 Preferentemente, la unidad de recubrimiento se opera de tal manera que las partículas aerotransportadas se muevan continuamente en múltiples direcciones. En algunas modalidades, las etapas de recubrimiento se realizan en una atmósfera diferente del aire, p. ej. una atmósfera inerte tal como el N₂. La unidad de

recubrimiento, por ejemplo, se opera de tal manera que al menos algunas partículas sean “transportadas en el gas” (p. ej. partículas aerotransportadas) y en donde estas partículas típicamente se mueven continuamente en múltiples direcciones. Esto puede ayudar a superar los efectos de la gravedad y puede obviar las limitaciones del tamaño, la forma y la densidad de partícula para lograr una mezcla homogénea de los componentes de recubrimiento con las partículas en ciclos de mezcla cortos.

Las partículas de fertilizante por ejemplo se introducen en el recipiente en una cantidad mayor que 10 %, o mayor que 20 %, o mayor que 40 %, o mayor que 60 %, y/o menor que 95 %, o menor que 90 %, o menor que 80 %, tal como 60-90 %, preferentemente 75-90 %, todos por el volumen del espacio interior del recipiente, basado en la densidad aparente del material de las partículas de fertilizante no recubiertas. La fracción de volumen basada en la densidad aparente significa que un lecho aparente de las partículas no recubiertas (incluyendo el espacio vacío en el lecho) ocupa dicha fracción de volumen del espacio interior. Por ejemplo, para las partículas de urea o las partículas que contienen urea puede usarse una densidad aparente de 720-820 kg/m³, p. ej., 770 kg/m³. La fracción de relleno basada en la densidad real del material de fertilizante (sin recubrimiento) es por ejemplo mayor que 10 %, o mayor que 20 %, o mayor que 30 % y/o menor que 60 % o menor que 50 % del volumen de

espacio interior. Estas fracciones de relleno pueden contribuir a la formación de un lecho elevado durante la etapa b) y a una buena distribución de los componentes de recubrimiento.

5 Preferentemente, los componentes de recubrimiento son libres de solvente, p. ej. comprenden menos de 5 % en peso de agua, tal como menos de 1.0 % en peso de agua y menos de 5 % en peso o menos de 1.0 % en peso de solventes orgánicos, en donde los solventes orgánicos son por ejemplo compuestos orgánicos que tienen un punto
10 de ebullición menor que 120 °C. Preferentemente en todo el método se aplica menos de 1.0 % en peso de agua y/o menos de 1.0 % en peso de solventes orgánicos, basados en el peso de las partículas de fertilizante sin recubrimiento. Preferentemente se evita el agua porque muchos fertilizantes son solubles en agua. Los solventes
15 orgánicos preferentemente se evitan para evitar el riesgo de emisiones y cumplir con las normas de emisión y otras regulaciones.

Preferentemente, los componentes de recubrimiento comprenden menos de 40 % en peso, o menos de 20 % en peso, o menos de 10 % en peso
20 de componentes aparte de los reactantes para la reacción química que se realizará durante la etapa b). Preferentemente, cada componente de recubrimiento comprende más de 50 % en peso, o más de 80 % en peso del reactante para la reacción química que se realizará para el curado o endurecimiento. Preferentemente, cada

componente de recubrimiento comprende menos de 10 % en peso de compuestos que no se incluyen en las partículas de fertilizante recubiertas tal como se descargan.

- 5 En modalidades en donde uno o más de los componentes de recubrimiento comprenden o son un polímero, los componentes de recubrimiento polimérico se aplican preferentemente como un líquido, tal como una fusión polimérica, p. ej. a una temperatura
suficientemente por encima de la temperatura de transición vítrea
10 del polímero de tal manera que el polímero tenga una viscosidad suficientemente baja para que pueda ser procesado.

El método incluye además curar o endurecer al menos parcialmente el o los componentes de recubrimiento aplicados. Este curado o
15 endurecimiento al menos parcial se realiza en la unidad de recubrimiento, y, por ejemplo, asegura que el recubrimiento final comprenda el recubrimiento insoluble en agua preferido.

El curado o endurecimiento comprende una reacción química del uno
20 o más componentes de recubrimiento. Esta reacción química se realiza en la unidad de recubrimiento y más en particular mientras al menos uno de los elementos móviles está en movimiento. La reacción química por ejemplo hace posible un aumento en la viscosidad de la capa de recubrimiento. En algunas modalidades, la

reacción química implica la formación de compuestos con mayor peso molecular que los reactantes. La reacción química, por ejemplo, implica la polimerización y/o entrecruzamiento de polímeros.

- 5 En caso de curado o endurecimiento parcial en la etapa b), una cura o endurecimiento final se realiza posteriormente, antes y/o después de la descarga de partículas de fertilizante recubiertas desde la unidad de recubrimiento. Un curado final por ejemplo se realiza en una unidad de recubrimiento tal como se usa para la etapa b).

10

El endurecimiento y curado puede comprender la solidificación de uno o más componentes de recubrimiento líquidos añadidos a las partículas de fertilizante en un material de recubrimiento sólido mediante una reacción química del o los componentes de recubrimiento. En caso de

15 curado, la reacción química comprende por ejemplo una reacción de entrecruzamiento para proporcionar un polímero termoestable. En caso de endurecimiento, la reacción química típicamente no implica entrecruzamiento, y la reacción química típicamente produce un polímero termoplástico. En una modalidad en donde solo se aplica un

20 componente de recubrimiento, este componente pueden reaccionar con sí mismo, p. ej. en una reacción de polimerización.

En vista del curado o endurecimiento reactivo, el o los componentes de recubrimiento por ejemplo incluyen iniciadores y/o

catalizadores, tal como un iniciador de polimerización (p. ej. iniciador de radicales libres o iniciador catiónico) y catalizadores de polimerización.

- 5 Las partículas de fertilizante recubiertas y/o el material de recubrimiento pueden comprender componentes adicionales. Los componentes adicionales incluyen por ejemplo uno o más seleccionados del grupo que consiste en agentes humectantes, surfactantes, biocidas, herbicidas, insecticidas, fungicidas,
10 agentes antiestáticos, y micronutrientes. Los micronutrientes se seleccionan, p. ej., del grupo que consiste en Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, Ni, Cl, Mg, y B.

Tales componentes adicionales por ejemplo se aplican durante la o
15 las etapas de aplicar capas de recubrimiento, por ejemplo como parte del o los componentes de recubrimiento o como un componente adicional añadido durante la etapa b) y/o la etapa c).

El recubrimiento puede incluir cera, que por ejemplo se aplica
20 como capa entre las capas de recubrimiento que se curan o endurecen durante la etapa b) y/o como capa final. La cera es por ejemplo una cera de olefina, con mayor preferencia una cera de alfa-olefina, tal como con al menos 20 o al menos 30 átomos de carbono, o por ejemplo un hidrocarburo (tal como alcano) con por ejemplo

de 20 a 40 átomos de carbono. La cera, por ejemplo, es una cera de parafina, cera de petrolato, o cera de poliamida, y/o es por ejemplo una cera microcristalina.

5 El método comprende además descargar las partículas de fertilizante recubiertas desde la unidad de recubrimiento, opcionalmente después de una etapa de curado final o etapa de endurecimiento final. Una etapa de endurecimiento final puede por ejemplo comprender la evaporación de monómero sin reaccionar, o el enfriamiento, y/o una
10 etapa de reacción química de endurecimiento final. Una etapa de curado final opcional puede comprender permitir que los componentes de recubrimiento presentes en las capas de recubrimiento aplicadas reaccionen adicionalmente. La etapa de curado final puede incluir el entrecruzamiento del material de recubrimiento polimérico. Las
15 partículas de fertilizante descargadas comprenden el recubrimiento y el material de recubrimiento. La etapa de endurecimiento final opcional se aplica para poner las partículas en condiciones para la descarga, en particular, no pegajosas, con suficiente resistencia mecánica/al estrujamiento para ser manipuladas,
20 empaquetadas y almacenadas.

El método comprende opcionalmente una o más etapas después de la liberación de las partículas de fertilizante recubiertas, tal como una etapa de enfriamiento, una etapa de empaquetado, una etapa de

medición, y/o una etapa de almacenamiento. La etapa de enfriamiento por ejemplo usa aire de enfriamiento. Las partículas de fertilizante recubiertas por ejemplo se suspenden en aire de enfriamiento. La etapa de empaquetado por ejemplo comprende empaquetar las partículas de fertilizante en bolsas o recipientes. La etapa de medición puede incluir dividir una corriente de partículas de fertilizante recubiertas en lotes de una cantidad medida, tales lotes pueden por ejemplo transferirse a un vehículo o a un barco con o sin empaquetado.

El método de recubrimiento por ejemplo se realiza como un proceso en lotes o como un proceso continuo. El método es por ejemplo un proceso en lotes que por ejemplo resulta en múltiples capas de recubrimiento, en donde dos o más de etapas de aplicar una capa de recubrimiento se realizan en la misma unidad de recubrimiento (p. ej. en el mismo recipiente). También para un proceso en lotes, el uno o más componentes pueden añadirse de manera continua durante por ejemplo al menos 10 segundos o al menos 30 segundos. En un proceso ilustrativo, una o más unidades de recubrimiento en lotes se operan en paralelo, en donde las unidades de recubrimiento en paralelo realizan diferentes etapas entre sí en cada momento. En tal modalidad el método se realiza en el llamado modo continuo o semicontinuo en lotes. Por ejemplo, el método puede incluir llenar una primera unidad de recubrimiento con partículas de fertilizante mientras que una segunda unidad de recubrimiento realiza otra etapa del método aparte

del llenado. De esta manera con dos o más unidades de recubrimiento en paralelo, puede procesarse una alimentación continua de partículas de fertilizante en donde en cualquier momento al menos una de las unidades de recubrimiento en paralelo recibe partículas de fertilizante no recubiertas. En tal modalidad, el método implica por ejemplo aplicar la cantidad total de capas de recubrimiento que se aplicarán sobre las partículas de fertilizante (tales como 1, 2, 3 o más capas) en una sola de las unidades de recubrimiento en paralelo.

10 En una modalidad ilustrativa en donde el método se realiza como un proceso continuo, dos o más capas de recubrimiento se aplican en diferentes unidades de recubrimiento como se describe en la presente descripción dispuestas en serie; cada unidad de recubrimiento tiene, por ejemplo, un recipiente y un rotor, en donde el método comprende

15 transportar partículas de fertilizante desde una primera unidad de recubrimiento para aplicar una primera capa de recubrimiento hasta una segunda unidad de recubrimiento para aplicar una segunda capa de recubrimiento. Tal transporte puede por ejemplo realizarse con una cinta transportadora, o por ejemplo las unidades de

20 recubrimiento se colocan una encima de la otra y el transporte se realiza mediante la gravedad. El proceso continuo puede implicar el suministro continuo de partículas de fertilizante a una primera unidad de recubrimiento y la transferencia de partículas de fertilizante que tienen una capa de recubrimiento desde la primera

unidad de recubrimiento a una segunda unidad de recubrimiento corriente abajo y la retirada de partículas de fertilizante que tienen una capa de recubrimiento adicional de la segunda unidad de recubrimiento. En algunas modalidades adicionales, dos o más unidades de recubrimiento tal como se describen se usan en serie, en donde diferentes capas de recubrimiento se aplican en etapas en diferentes de dichas unidades de recubrimiento, y en donde el transporte implica transportar lotes de partículas de fertilizante recubiertas al menos desde una primera unidad de recubrimiento a una segunda unidad de recubrimiento corriente abajo.

La unidad de recubrimiento comprende un bastidor fijo y al menos dos elementos móviles, que incluyen un primer y un segundo elementos móviles. La unidad de recubrimiento es capaz de recibir partículas de fertilizante que se recubrirán (adicionalmente). Los elementos móviles se configuran para mover las partículas de fertilizante durante el proceso de recubrimiento. El primer y el segundo elementos móviles pueden cada uno moverse con respecto al bastidor, y típicamente pueden moverse con respecto al bastidor de manera independiente. El método comprende mover los al menos dos elementos móviles con respecto al bastidor durante al menos la etapa b), preferentemente mientras están en contacto con las partículas de fertilizante. Preferentemente, el primer y el segundo elementos móviles también se mueven uno con respecto al

otro. El primer y el segundo elementos móviles por ejemplo se mueven independientemente uno del otro e independientemente con movimiento giratorio y/o alternativo.

- 5 El movimiento de los elementos móviles puede proporcionar el movimiento de las partículas de fertilizante durante la etapa b). Esto puede contribuir a una buena mezcla del o los componentes de recubrimiento añadidos entre sí y con las partículas de fertilizante. Mover los elementos móviles también puede evitar o
- 10 prevenir la formación de aglomerados durante el proceso de recubrimiento, tal como aglomerados de material de recubrimiento y partículas de fertilizante.

El bastidor fijo se usa para montar los elementos móviles y por

15 ejemplo accionadores tales como motores. El bastidor fijo puede incluir un estuche estático.

Preferentemente, el primer elemento móvil comprende un recipiente o es un recipiente. El recipiente tiene una pared y un espacio

20 interior. La pared tiene por ejemplo una parte inferior y una o más partes laterales. La pared puede proporcionarse con una abertura de salida que puede cerrarse por ejemplo en la parte inferior para la descarga de partículas de fertilizante recubiertas. El recipiente está cerrado, por ejemplo, en la parte superior con una placa de

cubierta que es parte de la unidad de recubrimiento. La placa de cubierta puede incluir una abertura de entrada para las partículas de fertilizante y por ejemplo está proporcionada con una o más boquillas de pulverización para uno o más componentes de recubrimiento. La abertura de entrada también puede proporcionarse mediante un tubo abierto. El tubo abierto se usa por ejemplo para gotear los componentes de recubrimiento en el lecho de partículas. El espacio interior se usa en el método para acomodar las partículas, por ejemplo recibiendo y reteniendo partículas de fertilizante en el espacio libre del espacio interior. Durante el método, el recipiente por ejemplo se gira y/o se proporciona con un movimiento alternativo, con la rotación o movimiento alternativo p. ej. en una dirección horizontal o vertical. El método implica por ejemplo girar el recipiente alrededor de un eje de rotación mientras el recipiente contiene las partículas de fertilizante, en particular dentro del espacio interior. Preferentemente al menos la etapa b) se realiza durante dicho giro. El giro del recipiente proporciona por ejemplo el rodamiento de las partículas de fertilizante durante la etapa b). Preferentemente, las partículas se mantienen continuamente en movimiento en el recipiente hasta la descarga, tal como girando el recipiente.

El recipiente es por ejemplo cilíndrico y es por ejemplo una batea. El recipiente tiene, por ejemplo, una sección transversal circular

en un plano perpendicular al eje de rotación. El recipiente por ejemplo está conectado a un primer accionador, tal como un motor. El primer accionador p. ej. se proporciona en el bastidor y se configura para el movimiento del recipiente en relación con el bastidor.

5

La unidad de recubrimiento puede comprender además un raspador que por ejemplo es fijo con respecto al bastidor, o p. ej. puede mantenerse fijo con respecto al bastidor mientras el recipiente gira. El raspador puede usarse para raspar materiales sólidos de la pared
10 del recipiente giratorio. El raspador también puede contribuir a la agitación de las partículas durante la operación. El raspador se dispone en proximidad de la pared del recipiente y/o la parte inferior del recipiente (p. ej. una separación de 1-10 mm, tal como 1-5 mm), y preferentemente se dispone sobre el lado superior de la
15 inclinación preferida del recipiente. El raspador es móvil en relación con la pared del recipiente. En una modalidad preferida, el recipiente tiene una parte inferior y una pared lateral, en donde la unidad de recubrimiento comprende además un raspador, el raspador está fijo con respecto al bastidor durante al menos la etapa b), en
20 donde el raspador se dispone para raspar el material de la pared lateral y/o de la parte inferior del recipiente.

En una modalidad preferida, el segundo elemento móvil es o comprende un miembro de agitación. El miembro de agitación se dispone en el

espacio interior del recipiente y por ejemplo se configura para el movimiento giratorio y/o alternativo en el espacio interior. El método comprende preferentemente mover el miembro de agitación durante al menos la etapa b) y simultáneamente con el giro del recipiente y con mayor preferencia continuamente durante la etapa b). De esta manera, el miembro de agitación está en contacto con las partículas de fertilizante durante la etapa b) cuando las partículas se proporcionan con el o los componentes de recubrimiento. El miembro de agitación es por ejemplo una herramienta de mezcla. El movimiento del miembro de agitación puede contribuir a la mezcla de las partículas y/o ayuda a evitar la formación de aglomerados. En algunas modalidades, el miembro de agitación por ejemplo se dispone para mantener una gran parte (p. ej. más del 30 % en cantidad) o una mayoría de las partículas suspendidas en el aire (sin contacto con el recipiente) en cualquier momento dado durante la etapa b). Las partículas individuales rebotan por ejemplo hacia y desde la pared del recipiente y el miembro de agitación durante la etapa b).

El miembro de agitación por ejemplo se conecta a un accionador, tal como un segundo accionador proporcionado en el bastidor para el movimiento del miembro de agitación en relación con el bastidor, en donde el movimiento puede ser rotación. La velocidad y el movimiento del miembro de agitación puede controlarse preferentemente independientemente de la velocidad y el movimiento del recipiente.

Con mayor preferencia, el miembro de agitación es un rotor. El rotor comprende por ejemplo un vástago y una o más cuchillas. Las cuchillas pueden proporcionarse como paletas. Las cuchillas o paletas preferentemente están separadas de manera uniforme en
5 ángulo alrededor del vástago. El método comprende por ejemplo rotar el rotor alrededor de un eje de rotación del rotor simultáneamente con el giro del recipiente durante al menos la etapa b). Un recipiente puede proporcionarse con uno o más rotores. El rotor preferentemente se gira alrededor del vástago. El eje de rotación
10 del rotor es por ejemplo sustancialmente paralelo (incluyendo paralelo) con el eje de rotación del recipiente. El eje de rotación del rotor tiene por ejemplo un ángulo incluido menor que 30° , o menor que 20° , o menor que 5° , p. ej. 0° , al eje de rotación del recipiente. El vástago puede extenderse a través de un agujero en
15 una placa de cubierta del recipiente. Por ejemplo, el rotor se monta encima del recipiente en el bastidor y cuelga del recipiente.

El recipiente y el rotor pueden girarse con la misma dirección o la dirección opuesta de rotación (en cualquier momento dado),
20 especialmente si el vástago y el eje de rotación son sustancialmente paralelas. Se prefiere la dirección opuesta de rotación. Por ejemplo, visto desde arriba con respecto a la gravedad, el recipiente puede girar en dirección dextrógira y el rotor en dirección levógira, o viceversa.

El recipiente gira a una velocidad de por ejemplo al menos 1 rpm (rotación por minuto), típicamente menor que 500 rpm, preferentemente de 5 a 100 rpm, tal como 10 a 60 rpm. El rotor gira a por ejemplo al menos 1 rpm (rotación por minuto),
5 típicamente menor que 500 rpm, preferentemente de 5 - 100 rpm, tal como 10 - 60 rpm. La velocidad periférica es por ejemplo 0.10 - 1 m/s para el recipiente, preferentemente 0.2 - 2.0 m/s o 0.5 - 2.0 m/s. La velocidad periférica es por ejemplo 0.2 - 10 m/s para el rotor, preferentemente 0.5 - 5.0 m/s o 1.0 - 2.5 m/s. La
10 velocidad periférica del rotor es preferentemente mayor que la velocidad periférica del recipiente. Estas velocidades preferidas se aplican en particular para la etapa b).

El eje de rotación del rotor preferentemente está separado del eje
15 de rotación del recipiente (al menos en un plano perpendicular al eje de rotación del recipiente), de tal manera que el rotor está montado excéntricamente en el espacio interior del recipiente, especialmente en modalidades en donde el eje de rotación del rotor es por ejemplo sustancialmente paralelo (incluyendo paralelo) con
20 el eje de rotación del recipiente. La separación es por ejemplo de una distancia de al menos 2 % o al menos 5 % del diámetro del espacio interior en el plano perpendicular al eje de rotación del recipiente. En algunas modalidades un solo recipiente puede proporcionarse opcionalmente con una pluralidad de rotores. El eje

de rotación de los rotores de la pluralidad de rotores están por ejemplo a la misma distancia o a una distancia diferente (en la dirección radial) desde el eje de rotación del recipiente.

5 En una modalidad preferida, el rotor comprende un vástago y una o más cuchillas. El vástago tiene una longitud en la dirección de la longitud entre un primer extremo y un segundo extremo, en donde dicho primer extremo está dispuesto en dicho espacio interior de dicho recipiente. Las cuchillas también están dispuestas en ese
10 espacio interior. El segundo extremo está conectado a un accionador, p. ej. un segundo accionador, por ejemplo en un segundo motor. Las cuchillas están conectadas al vástago y se extienden desde el vástago en dicho espacio interior del recipiente en una dirección perpendicular a la longitud del vástago. Las cuchillas tienen por
15 ejemplo una longitud en la dirección perpendicular hacia el vástago de al menos 2 % o al menos 5 % del radio del recipiente en la sección transversal perpendicular al eje de rotación del recipiente.

Preferentemente, el eje de rotación del recipiente está inclinado
20 con respecto a una dirección vertical, en donde la dirección vertical se define con respecto a la gravedad. Preferentemente, el eje de rotación tiene un ángulo de al menos 5° o al menos 10° con respecto a la dirección vertical, y típicamente menor que 30°. El eje de rotación también puede ser vertical con respecto a la

gravedad. La orientación vertical o ligeramente inclinada puede proporcionar una distribución homogénea (sustancialmente angularmente simétrica alrededor del eje de rotación) de las partículas en el recipiente en comparación con una modalidad en
5 donde el eje de rotación es horizontal o casi horizontal. En el caso de un eje de rotación inclinado, el bastidor comprende una carcasa en donde el recipiente se dispone sobre un elemento de soporte de tal manera que el recipiente giratorio se inclina con respecto a un plano horizontal, siendo el plano horizontal
10 paralelo a la parte inferior del elemento de soporte. Preferentemente, el recipiente tiene una pared inferior proporcionada por una placa plana, por ejemplo una placa cilíndrica. Preferentemente la pared inferior se monta en el bastidor con un ángulo de al menos 5° o al menos 10° con el plano
15 horizontal. Por ejemplo una pared inferior cilíndrica puede tener un punto más bajo cuando está en reposo (no girando). Un conducto de salida para la descarga de partículas de fertilizante recubiertas por ejemplo se proporciona en ese punto más bajo o por ejemplo en el centro de la pared inferior. La rotación
20 inclinada también puede contribuir a una mezcla mejor del fertilizante y el o los componentes de recubrimiento añadidos.

En algunas modalidades, la unidad de recubrimiento comprende una pluralidad de dispositivos de recubrimiento, dispuestos en serie o

en paralelo, en donde cada dispositivo de recubrimiento comprende un recipiente y al menos un rotor. Por ejemplo, la unidad de recubrimiento comprende una pluralidad de dispositivos de recubrimiento, dispuestos en serie y conectados entre sí con líneas de transporte para partículas de fertilizante recubiertas (tales como cintas transportadoras o conductos), en donde cada dispositivo de recubrimiento tiene un recipiente. Cada recipiente tiene por ejemplo una entrada y una salida para partículas de fertilizante (recubiertas). Tal unidad de recubrimiento puede por ejemplo usarse en métodos en donde la etapa b) se realiza dos o más veces. Cada capa de recubrimiento por ejemplo se aplica en un dispositivo de recubrimiento diferente (y en un recipiente diferente), en donde en cada recipiente por ejemplo no se aplica más de una capa de recubrimiento. Las partículas de fertilizante se proporcionan a los dispositivos de recubrimiento más corriente arriba y se descargan desde el dispositivo de recubrimiento más corriente abajo. El último dispositivo de recubrimiento por ejemplo se usa para realizar un curado final en lugar de aplicar una capa de recubrimiento. En otra modalidad, un sistema de recubrimiento se usa con una pluralidad de unidades de recubrimiento en paralelo, y con una etapa de enfriamiento común corriente abajo de las unidades de recubrimiento.

De acuerdo con la presente invención, la unidad de recubrimiento es por ejemplo un mezclador Eirich, por ejemplo un mezclador

Eirich intensivo tipo R, o por ejemplo una pluralidad de tales mezcladores dispuestos en paralelo o en serie. De acuerdo con la presente invención, la unidad de recubrimiento es por ejemplo un dispositivo de mezcla como se describe en la patente de los EE.

5 UU. 4854715 o como se describe en la patente de los EE. UU. 9295109.

La unidad de recubrimiento por ejemplo también puede ser un sistema de mezcla horizontal tal como está disponible de Lödige,
10 o por ejemplo un mezclador de pala Eirich. La unidad de recubrimiento es por ejemplo un dispositivo de mezcla con un tanque cilíndrico horizontal y un vástago horizontal sólido, con palas tipo cuña o paletas en ángulo montadas sobre el vástago, por ejemplo un mezclador de pala Eirich.

15

En una modalidad preferida, en la etapa b) una capa de recubrimiento se aplica en una cantidad de 0.10 % en peso - 6.0 % en peso, con mayor preferencia 0.50 - 4.0 % en peso, aun con mayor preferencia 0.5 - 1.5 % en peso basada en el peso de la partícula de fertilizante
20 que se recubrirá sin recubrimiento. Si la etapa b) se realiza dos o más veces, por ejemplo para proporcionar capas de recubrimiento con diferentes composiciones, estas cantidades y tiempos se refieren a un caso de la etapa b). Por ejemplo el recubrimiento total es de 1.0 a 25 % en peso, o de 1.0 a 15 % en peso, o por ejemplo de 1.5 a 10 %

en peso, preferentemente 1.5-7.5 % en peso, basado en el peso de las partículas de fertilizante que se recubrirán sin recubrimiento.

Preferentemente la etapa b) se realiza (y se completa) en de 10 a 5 600 segundos, preferentemente en de 30 a 240 segundos o 10 - 120 s, o 30 - 120 s, o 10 - 60 s, o 10 - 30 s, o 30 - 90 s, en particular para tales cantidades de material de recubrimiento. En algunas modalidades, un componente de recubrimiento se añade al recipiente en de 0.5 a 30 s, o de 1 a 10 s, o de 1 a 5 s, y 10 preferentemente toda la cantidad de tal componente de recubrimiento, preferentemente cada componente de recubrimiento, se añade en tal período. En algunas modalidades, el componente se distribuye entre partículas de fertilizante (es decir, se mezcla con las partículas) en de 10 s a 45 s, o de 10 a 30 s. Tales 15 tiempos de mezcla rápidos por ejemplo se logran mediante el movimiento de un recipiente y un rotor, cuando se usan.

Si la etapa b) se realiza dos o más veces, por ejemplo para proporcionar capas de recubrimiento con diferentes composiciones, 20 estos tiempos se refieren a un caso de la etapa b). Preferentemente, el curado final de la etapa c), si se realiza, se realiza (y se completa) en de 60 segundos a 15 minutos, con mayor preferencia de 2 a 10 minutos. Preferentemente la etapa b) implica aplicar dos o más componentes de recubrimiento posteriormente y por etapas a las

partículas de fertilizante mientras tanto el recipiente como el rotor están girando. Preferentemente el componente de recubrimiento añadido en primer lugar a las partículas tiene un peso molecular mayor (tal como peso molecular promedio en número) y/o una mayor

5 viscosidad que el segundo componente de recubrimiento. Preferentemente el primer componente de recubrimiento se añade a las partículas y se mezcla por 2 - 120 segundos, tal como 10 - 60 segundos, y después se añade el segundo componente de recubrimiento. La mezcla del primer componente de recubrimiento

10 preferentemente proporciona una distribución homogénea del componente de recubrimiento sobre las partículas al final del periodo de mezcla y antes de añadir el segundo componente de recubrimiento. Preferentemente ambos componentes de recubrimiento se inyectan como líquidos (que pueden incluir goteo y

15 pulverización) y preferentemente a un lecho de partículas elevadas. En una modalidad preferida, el lecho de partículas elevadas contiene una zona en donde las partículas se mueven más rápido (p. ej. cerca el rotor) y el componente de recubrimiento se añade a esa parte. Esto puede permitir que se logre una distribución

20 uniforme del componente de recubrimiento sobre las partículas rápidamente. En algunas modalidades, los primeros dos componentes de recubrimiento que se añaden son reactivos uno con el otro. Después de aplicar el uno o más componentes de recubrimiento reactivos, el método puede incluir permitir que los componentes de

recubrimiento reaccionen entre sí por ejemplo durante un período de 10 a 300 segundos, tal como de 10 a 120 segundos, mientras las partículas se mantienen en movimiento. Una ventaja de la presente invención es que esta reacción realizada en la unidad de recubrimiento puede permitir el curado o endurecimiento de las partículas sin aglomeración de las partículas recubiertas.

Se encontró que la realización de la reacción en la unidad de recubrimiento, preferentemente en el recipiente giratorio con el rotor, proporciona una distribución rápida y completa de los componentes de recubrimiento. La distribución también proporciona una encapsulación completa de las partículas de fertilizante con la capa de recubrimiento. La distribución rápida también permite el uso de componentes de recubrimiento con una velocidad de reacción más rápida, al mismo tiempo que la velocidad de reacción más rápida es importante para lograr una alta calidad del recubrimiento en tal unidad de recubrimiento. En particular, tanto una velocidad de reacción que es demasiado alta y una velocidad de reacción que es demasiado baja pueden causar una velocidad de liberación de nutrientes demasiado alta desde las partículas de fertilizante recubiertas. Además se encontró que la formación de aglomerados en la unidad de recubrimiento se evita mediante el movimiento de los elementos móviles (p. ej. el recipiente y el rotor).

Después de tal tiempo de reacción, uno o más componentes de recubrimiento adicionales pueden añadirse tal como una cera, preferentemente una cera líquida que se inyecta en el lecho de fertilizante. Preferentemente una cera se aplica entre capas de recubrimiento. Estas etapas opcionalmente se repiten una o más veces en el mismo recipiente o en recipientes adicionales en serie, para obtener múltiples capas de recubrimiento y opcionalmente son seguidas por una etapa de curado final. Una etapa de curado final se realiza (y se completa) en p. ej. de 60 segundos a 15 minutos, tal como de 2 a 10 minutos, preferentemente de 2 a 5 minutos, para asegurar el endurecimiento o curado completo de la capa de recubrimiento. Opcionalmente se aplica una capa de recubrimiento adicional final tal como una capa de cera. La cura final puede realizarse en el mismo recipiente rotativo o en una parte diferente de la unidad de recubrimiento. El curado final típicamente se detiene mediante la descarga de las partículas de fertilizante recubiertas.

Preferentemente, la etapa a) y la etapa b) se realizan a una temperatura de al menos 10 °C, 30 °C, al menos 40 °C, al menos 50 °C, al menos 55 °C o al menos 60 °C, típicamente menor que 120 °C, o menor que 80 °C, tal como en el rango de 40 a 120 °C o de 50 a 100 °C, con mayor preferencia 55 – 80 °C. Preferentemente, las partículas de fertilizante se mantienen a tal temperatura durante todo el tiempo de permanencia en la unidad de recubrimiento.

Preferentemente, las partículas están a al menos 50 °C o a al menos 60 °C cuando se descargan desde la unidad de recubrimiento. El método puede incluir enfriar las partículas descargadas desde una temperatura de al menos 50 °C o al menos 60 °C a una temperatura menor, p. ej. menor que 30 °C. En algunas modalidades, el método comprende una etapa de precalentamiento de partículas de fertilizante sólidas. En algunas otras modalidades, el método incluye obtener partículas de fertilizante tal como se forman mediante solidificación a tales temperaturas (p. ej. Tal como se forman durante la granulación o perlado) y transportar las partículas de urea a tales temperaturas (p. ej. por encima de 50 °C) desde la unidad de solidificación a la unidad de recubrimiento. Mantener las partículas en la unidad de recubrimiento por encima de 50 °C o por encima de 60 °C, en particular durante todo el tiempo de permanencia, puede contribuir a una alta velocidad del curado reactivo o endurecimiento reactivo de los componentes de recubrimiento, por ejemplo si se usa un recubrimiento de poliuretano. Otros componentes de recubrimiento ya pueden reaccionar suficientemente rápido a temperaturas inferiores tales como de 10 a 50 °C. Además, mantener las partículas por debajo de 80 °C o aun por debajo de 60 °C o por debajo de 50 °C puede ser beneficioso si el recubrimiento incluye componentes adicionales que son propensos a la degradación o reacciones secundarias indeseables a altas temperaturas. La unidad de recubrimiento preferentemente

opera a de 0.010 a 10 bares absolutos, tal como de 0.5 a 2.0 o de 0.5 a menos de 1.0 bares absolutos (vacío ligero).

En una modalidad preferida, el recubrimiento es un recubrimiento
5 de poliuretano. Preferentemente, los componentes de recubrimiento incluyen un poliisocianato y un poliol. Preferentemente el poliisocianato tiene 2 o más grupos isocianato por molécula. El poliisocianato es por ejemplo alifático o aromático, preferentemente aromático. El poliisocianato es por ejemplo un
10 diisocianato que tiene exactamente dos grupos isocianato. Un poliisocianato particularmente útil es diisocianato de metileno difenilo (MDI, por sus siglas en inglés), tal como 4,4'-MDI, otro ejemplo es diisocianato de tolueno (TDI, por sus siglas en inglés). Un poliisocianato aromático por ejemplo se usa como una
15 mezcla de isómeros poliméricos y diisómeros del isocianato.

El poliol tiene al menos 2 grupos hidroxilo por molécula, preferentemente 2 - 5 grupos hidroxilo, aun con mayor preferencia 3 o 4 grupos hidroxilo. El poliol por ejemplo está basado en un
20 poliéter, poliéster, o aceite natural, y preferentemente está basado en un poliéter. El poliol tiene por ejemplo un número de hidroxilo de 150 - 700 y tiene por ejemplo una funcionalidad promedio de 3 (número de sitios reactivos de isocianato por molécula).

Por ejemplo un poliol de polipropileno o poliol de polietileno con número de hidroxilo 150 - 700 y funcionalidad 3 o 4 se usa, ya que estos permiten longitudes de cadena relativamente cortas (p. ej. peso molecular 300 - 700 Da). La longitud de cadena corta
5 puede contribuir a reducir la viscosidad del poliol.

En modalidades preferidas, el poliol tienen una viscosidad menor que 2000 o menor que 1000 mPa•s a 25 °C y típicamente mayor que 100 mPa•s a 25 °C. El número de grupos hidroxilo por ejemplo se
10 mide de acuerdo con ASTM D 4274-99 o ISO 14900:2017. Por ejemplo, la viscosidad se mide de acuerdo con ASTM D4878-15 (preferentemente el Método A) o ISO 3219:1993.

El poliol por ejemplo es un poliol de poliéter alifático, tal como
15 se forma a partir de un iniciador y una pluralidad de unidades de óxido de alquileno. El poliol por ejemplo se inicia a partir de un compuesto con 3 grupos hidroxilo tales como glicerol, o por ejemplo se inicia con amina, o una combinación de estos. El poliol es por ejemplo un óxido de polietileno o un poliol de óxido de
20 polipropileno, u otro poliol de poliéter. También pueden usarse polioles de poliéster. La proporción de número de NCO con respecto a grupos de OH está por ejemplo en el rango de 0.8:10 a 1.2:10. Sin embargo, pueden usarse muchos recubrimientos de poliuretano.

Los componentes de recubrimiento incluyen un catalizador de polimerización, por ejemplo un catalizador organometálico, aminas terciarias, bases orgánicas o inorgánicas.

- 5 Preferentemente, el poliol y el poliisocianato se curan en menos de 2 minutos, a 25 °C, a 70 °C y/o a la temperatura que se aplica el recubrimiento, permitiendo de esta manera la aplicación posterior en intervalos de menos de 2 minutos. La cantidad y el tipo de catalizador pueden ajustarse en consecuencia para tal tiempo de curado.

10

Los componentes de recubrimiento preferentemente tienen una reactividad a temperatura ambiente de entre 25 y 125 segundos (tiempo necesario para al menos 50 % de cura) y preferentemente de entre 10 y 45 segundos a la temperatura de operación de la unidad
15 de recubrimiento y/o a 55 °C. Preferentemente, la reactividad a temperatura ambiente se mide como se describe de aquí en adelante en Procedimiento A ("Procedimiento para determinar los parámetros de reactividad (a 25 °C) - reactividad en copa"). Preferentemente la reactividad a la temperatura de operación se mide como se
20 describe de aquí en adelante en Procedimiento B ("Procedimiento para determinar los parámetros de reactividad a la temperatura de curado deseada - reactividad en placa caliente").

En algunas modalidades, el recubrimiento es un recubrimiento de poliéster, con mayor preferencia un recubrimiento de poliéster termoestable. Los componentes de recubrimiento pueden incluir un poliéster insaturado (que incluye un doble enlace de carbono-carbono) y un monómero de vinilo. La reacción del curado de la etapa b) puede implicar la copolimerización del monómero de vinilo y el poliéster insaturado. El polímero insaturado es por ejemplo el producto de reacción de un ácido dicarboxílico saturado (o anhídrido), un ácido dicarboxílico insaturado (o anhídrido) con un poliol, tal como un diol (glicol). El glicol es por ejemplo etilenglicol, propilenglicol, 1,3-butilenglicol, o por ejemplo bisfenol A hidrogenado. El glicol es por ejemplo cíclico o acíclico y es por ejemplo alifático o aromático. El glicol tiene por ejemplo 2 - 30 átomos de C. El monómero de vinilo es por ejemplo estireno. La reacción durante la etapa b) puede implicar la copolimerización del poliéster insaturado y el monómero de vinilo, en presencia de por ejemplo un catalizador y un iniciador de radical libre. El poliéster insaturado por ejemplo se inyecta como una mezcla líquida con el monómero de vinilo, en donde el monómero de vinilo también actúa como solvente para el poliéster.

20

En una modalidad adicional, el recubrimiento es un recubrimiento de poliurea y los componentes de recubrimiento incluyen un poliisocianato que tiene 2 o más grupos isocianato por molécula y una poliamina que tiene 2 o más grupos amina por molécula,

preferentemente 2-5 grupos amina, con mayor preferencia 3 o 4 grupos amina.

En una modalidad adicional, la composición de recubrimiento es un recubrimiento de resina fenólica y los componentes de recubrimiento incluyen un fenol y formaldehído. El componente de fenol y el componente de formaldehído pueden reaccionar en la unidad de recubrimiento para formar un polímero termoestable.

10 En una modalidad adicional, la composición de recubrimiento es un recubrimiento de epoxi y los componentes de recubrimiento incluyen un componente de epoxi (que tiene grupos epóxido) y opcionalmente un correactante que tiene grupos reactivos tales como una amina, ácidos y anhídridos de ácido, fenoles, alcoholes y tioles. El
15 correactante típicamente tiene dos o más de dichos grupos reactivos por molécula, para hacer posible la formación de un polímero termoestable. El componente de epoxi puede entrecruzarse a través de la homopolimerización en la etapa b) o mediante la reacción con los correactantes opcionales.

20

La operación de la unidad de recubrimiento tal como se describe de manera ventajosa evita que las partículas se estrujen durante el recubrimiento, mientras que al mismo tiempo se aumente considerablemente el grado de mezcla, tal como en comparación con

recubridores de tambor giratorio. La unidad de recubrimiento permite tiempos de reacción más rápidos (tal como entre poliol y poliisocianato) que permiten tiempos de ciclo en lotes que son sustancialmente menores que en la técnica anterior. Por ejemplo, todo el tiempo del lote de un proceso de tres capas puede ser de 5 - 6 minutos, mientras que con un tambor giratorio pueden ser necesarios 6 - 8 minutos por capa. La mezcla de alta intensidad y los tiempos de reacción más rápidos en el método de la invención permiten producir partículas de fertilizante recubiertas sin aglomeración de las partículas. Además, la velocidad de reacción puede usarse para optimizar la velocidad de liberación de fertilizante ajustando el tipo y la cantidad de catalizador usado. El método de recubrimiento es en particular adecuado para fabricar fertilizantes recubiertos para cultivos de grandes extensiones tales como los de elote (maíz).

El o los componentes de recubrimiento preferentemente tienen un tiempo de reacción a 25 °C preferentemente de 30 a 250 s, en donde el tiempo de reacción es el tiempo necesario para el endurecimiento (opcionalmente medido como en el Procedimiento A - "reactividad en copa" como se describe en la presente descripción).

El o los componentes de recubrimiento preferentemente tienen un tiempo de reacción a la temperatura de recubrimiento (tal como a

70 °C) preferentemente de 10 a 120 segundos, con mayor preferencia de 10 a 60 segundos, en donde el tiempo de reacción es el tiempo necesario para el endurecimiento (opcionalmente medido como en "reactividad en placa caliente" como se describe en la presente descripción).

El tiempo de reacción puede lograrse o ajustarse variando las cantidades y tipos de catalizadores usados para el curado o endurecimiento.

10

En una modalidad preferida, que no limita la invención, la unidad de recubrimiento incluye un recipiente y un rotor, el recubrimiento es un recubrimiento de poliuretano, y la etapa b) comprende posteriormente (uno después del otro, pero opcionalmente con etapas adicionales antes, entre, y/o después):

B1) inyectar un poliol en un lecho de dichas partículas de fertilizante en dicho recipiente, preferentemente en donde las partículas en dicho lecho se elevan mediante el movimiento del recipiente y el rotor, preferentemente en donde la inyección es con un tubo abierto o con una boquilla de pulverización,

20

B2) mezclar dicho poliol con dichas partículas de fertilizante durante 5 a 120 segundos, preferentemente 10 - 60 segundos,

B3) inyectar un componente de poliisocianato en dicho lecho de partículas de fertilizante en dicho recipiente, preferentemente en donde la inyección es con un tubo abierto o una boquilla de pulverización,

5 B4) rodar las partículas de fertilizante en dicho recipiente durante al menos 10 a 300 segundos, preferentemente 20 - 180 segundos, permitiendo de esta manera que el componente de poliol y de poliisocianato reaccionen uno con el otro y que al menos se cure parcialmente la capa
10 de recubrimiento, mientras que el rotor también gira,

B5) opcionalmente inyectar una cera líquida en el lecho de fertilizante,

y opcionalmente repetir dichas etapas B1 a B5,

B6) opcionalmente rodar el fertilizante en el recipiente
15 durante al menos 10 segundos permitiendo de esta manera que el recubrimiento se cure adicionalmente.

En una variante, la etapa B3 se realiza antes que la etapa B1 y B2 de tal manera que el poliisocianato se inyecta primero. Sin
20 embargo, el poliol preferentemente se inyecta primero especialmente si el poliol es un compuesto polimérico. En algunas modalidades, la etapa B5 de inyectar la cera se omite, por ejemplo en al menos algunas de las repeticiones opcionales de las etapas B1-B5. En algunas modalidades, las etapas B1-B6 se realizan con otros

componentes de recubrimiento aparte del poliisocianato y el poliol para proporcionar diferentes tipos de capas de recubrimiento. En las etapas B1-B6, el rodado del fertilizante puede realizarse mediante el giro del recipiente y el rotor. Se encontró que esta
5 modalidad preferida dio resultados de recubrimiento particularmente buenos con velocidades de liberación deseables del fertilizante después de la inmersión en agua.

La invención también se refiere a una planta de acabado de urea que
10 comprende: una unidad de acabado de urea, tal como una unidad de granulación o una torre de perlado, en donde la unidad de acabado de urea tiene una entrada para la fusión de urea y una salida para partículas de urea calientes, una unidad de recubrimiento que tiene una entrada conectada a dicha salida para partículas de urea,
15 preferentemente para partículas de urea calientes, en donde la unidad de recubrimiento es como se describió y comprende un bastidor y al menos dos elementos móviles, en donde dichos elementos móviles son independientemente móviles con respecto al bastidor. En la presente descripción "partículas de urea calientes" se refiere a partículas
20 que tienen una temperatura por encima de la temperatura ambiente en la entrada de la unidad de recubrimiento, por ejemplo de 30 a 95 °C, preferentemente de 50 - 85 °C, con mayor preferencia, 55-75 °C. La conexión entre la entrada de la unidad de recubrimiento y la salida de la unidad de acabado preferentemente no incluye una unidad de

enfriamiento entre la unidad de acabado de urea y la entrada de la unidad de recubrimiento, especialmente no una unidad de enfriamiento que usa aire de enfriamiento, tal como una unidad de enfriamiento que incluye fuelles o ventiladores para enfriar el aire.

5

Los elementos móviles son preferentemente un recipiente y un miembro de agitación tal como se describió, con mayor preferencia un recipiente que tiene una pared y un espacio interior para alojar partículas de fertilizante que se recubrirán, y preferentemente un
10 miembro de agitación, dispuesto en el espacio interior del recipiente. El miembro de agitación es preferentemente un rotor como se describió. La unidad de recubrimiento comprende además una salida para partículas de urea recubiertas. La planta también comprende una unidad de enfriamiento. La unidad de enfriamiento tiene una entrada
15 conectada a dicha salida para partículas de urea recubiertas, y una salida para partículas de urea recubiertas enfriadas, y preferentemente tiene además una entrada para aire de enfriamiento y una salida para aire residual. La planta puede usarse para realizar el método de la invención. El método de la invención también puede
20 realizarse mediante la obtención de partículas de fertilizante desde el almacenamiento y p. ej. precalentamiento si fuera necesario.

La invención también se refiere a las partículas de fertilizante que pueden obtenerse con el método de la invención. Estas partículas

de fertilizante exhiben una velocidad de liberación ventajosa. Se proporciona un ejemplo de la velocidad de liberación ventajosa en el Ejemplo 3. Las partículas de fertilizante que pueden obtenerse con el método descrito comprenden por ejemplo urea, tal como al menos 50 % en peso de urea basado en el peso total de las partículas de fertilizante recubiertas. El recubrimiento de las partículas es por ejemplo un recubrimiento de poliuretano. Preferentemente, las partículas de fertilizante que pueden obtenerse con el método descrito tienen una velocidad de liberación menor que 40 % después de 20 días de inmersión en agua, tal como se mide de acuerdo con el procedimiento C como se describe en la presente descripción. Preferentemente la velocidad de liberación es además menor que 20 % en peso a los 7 días de inmersión. El uso preferido de polímeros insolubles en agua puede contribuir ventajosamente a lograr tales velocidades de liberación. La cantidad de recubrimiento total es por ejemplo 5 - 25 % en peso o 10 - 20 % en peso basado en el peso de las partículas de fertilizante que se recubrirán sin recubrimiento. La cantidad de capas de recubrimiento es p. ej. 1 - 12 capas, tal como 4 - 8 capas, en donde las capas de cera se cuentan como capas separadas. Las partículas comprenden por ejemplo 3 capas de poliuretano y 3 capas de cera, que dan un total de 6 capas. El recubrimiento por ejemplo incluye de 2 a 6 capas de poliuretano, que por ejemplo están separadas unas de las otras por capas de cera.

La invención también se refiere a partículas de fertilizante recubiertas, preferentemente que comprende urea, con mayor preferencia que comprenden al menos 50 % en peso de urea basado en el peso de las partículas de fertilizante recubiertas, que tienen
5 una velocidad de liberación menor que 40 % después de 20 días de inmersión en agua, tal como se mide de acuerdo con el Procedimiento C ("Procedimiento para determinar la velocidad de liberación de nutrientes desde un fertilizante de liberación controlada") como se describe en la presente descripción. Preferentemente la velocidad de
10 liberación es además menor que 20 % en peso a los 7 días de inmersión. El recubrimiento de las partículas de fertilizante recubiertas es por ejemplo un recubrimiento de poliuretano. Las partículas por ejemplo tienen el recubrimiento en una cantidad y número de capas como se describió anteriormente en la presente descripción.

15

Sin limitarse por la teoría, el método de recubrimiento de la invención puede proporcionar una capa de recubrimiento homogénea con una cobertura alta o completa de las partículas de fertilizante.

20 La **Figura 1** ilustra esquemáticamente una unidad de recubrimiento ilustrativa que puede usarse en el método de la invención. La unidad de recubrimiento 1 contiene un bastidor 2 que es una carcasa, y un recipiente 3 y un rotor 4. El rotor 4 está conectado a un motor 5 para accionar el rotor 4. El rotor 4 comprende un vástago 6

proporcionado con cuchillas 7. El recipiente 3 se proporciona con un motor adicional 8 y tiene un eje de rotación 9. El eje de rotación 9 es paralelo a y está separado (de la línea media) del vástago 6. El recipiente 3 también tiene un raspador 10 en la proximidad de la pared del recipiente pero que puede permanecer estático mientras que el recipiente 3 gira alrededor del eje 9. El recipiente 3 incluye una placa de cubierta 14 y el vástago 6 se extiende a través de la placa de cubierta. El recipiente también tiene una entrada 11 para partículas de fertilizante y una o más entradas 12 para componentes de recubrimiento. La entrada 12 por ejemplo se implementa como un tubo abierto, o como una o más boquillas de pulverización, en donde cada boquilla de pulverización tiene por ejemplo una conexión a la línea de alimentación para un componente de recubrimiento específico. El recipiente 3 también tiene una salida 13 para partículas de fertilizante recubiertas, p. ej. implementada como una abertura que puede cerrarse en la parte inferior del recipiente 13.

La invención se ilustrará a continuación mediante los siguientes ejemplos que no limitan la invención ni la materia reivindicada.

20

Ejemplo 1

Un mezclador como se describió (con un recipiente giratorio y un rotor giratorio) se precalentó a aproximadamente 75 °C y se

añadieron 4.08 kg de partículas de fertilizante de urea y se inició la agitación. Una vez que se confirmó que la urea estuviera a aproximadamente 75 °C se añadió la primera de tres cargas de poliol de 14.0 g y se mezcló durante 30 segundos antes de añadir
5 la primera de tres cargas de isocianato de 21.3 g. Después de mezclar durante 60 segundos se añadió la primera de dos cargas de cera de 10.2 g. Se dejó mezclar el material por otros 30 segundos. Se repitieron las etapas de adición de poliol, isocianato y cera y los tiempos de mezcla. Finalmente se añadieron la tercera carga
10 de poliol e isocianato con los tiempos de mezcla adecuados.

A diferencia de las dos capas de recubrimiento anteriores, después de la tercera carga de componentes de uretano (carga de poliol y carga de isocianato) se omitió la adición de una capa de cera.
15 Opcionalmente una capa de cera podría haberse aplicado sobre la tercera capa de recubrimiento de poliuretano. La urea, que fluía libremente y estaba libre de aglomerados o aglomeraciones, se dispensó desde el mezclador para enfriarse. El tiempo total de lote de este proceso de tres capas fue de 5.5 minutos; una
20 reducción considerable con respecto a los tiempos de lote informados del estado de la técnica que generalmente requieren 6-8 minutos por capa. El recubrimiento fue de 3 % en peso, el peso final fue de 4.21 kg de los cuales 126 g fueron de recubrimiento. Se aplicó cera a 0.5 % con 2 capas solamente y se usaron 3 etapas

de recubrimiento. Las partículas de fertilizante se cubrieron completamente con el recubrimiento basado en la inspección visual.

Ejemplo 2

5

Se prepararon formulaciones de poliol A-G añadiendo un catalizador organometálico o un catalizador de amina terciaria a un poliol de poliéter en cantidades crecientes de catalizador como se muestra en la Tabla 1.

10

La Tabla 1 muestra la temperatura ambiente respectiva y la reactividad a temperatura elevada de las mezclas de poliol cuando se componen con un isocianato aromático multifuncional basado en MDI. Estas muestras se formularon para tener una reactividad que varía de un tiempo de reactividad rápido de 8 segundos a una tiempo de reacción muy lento de más de 5 minutos. A la temperatura de procesamiento de aproximadamente 75 °C los tiempos de reacción fueron sustancialmente más rápidos. Si se registra una entrada de N/A eso significa que la muestra reaccionó durante el tiempo de mezcla de 20 segundos o esencialmente tan pronto como se añadió a la placa caliente.

20

Los polioles se añadieron a partículas de urea precalentadas que se agitaban en un mezclador como se describió, de acuerdo con el Ejemplo 1. Los parámetros de reacción fueron una temperatura de

proceso de 71 °C (160 F), un peso de recubrimiento de uretano total de 3 % (añadido mediante tres capas separadas de 1 % cada una con el poliol añadido primero y después el isocianato), y 0.5 % de cera total añadida mediante dos capas separadas después de la primera y la segunda capas de recubrimiento de uretano.

Tabla 1

Mezcla de poliol	Tiempo de reactividad en copa (seg)	71 °C Tiempo de reacción (seg)
A	>300	1140
B	217	65.53
C	90	38.03
D	43	16.47
E	25	<5 seg
F	21	N/A
G	8	N/A

La **Figura 2** muestra el % de urea liberada (0 a 100 %, eje Y; medido de acuerdo con el Procedimiento C) a las 2 horas, y a 1, 3 y 7 días de inmersión, para las diferentes mezclas de poliol de la Tabla 1 (mezclas de poliol en el eje X de acuerdo con el tiempo de reactividad a temperatura ambiente en segundos). Una liberación más lenta deseable se logra con las mezclas de poliol D, C y B, mejor con las mezclas C y D. La velocidad de liberación depende de la reactividad de las mezclas de poliol que se modificó usando diferentes cantidades y tipos de catalizadores.

Ejemplo 3

Adicionalmente, las mezclas de poliol C y D también se aplicaron a partículas de fertilizante usando un mezclador de tambor giratorio comparativo siguiendo la misma secuencia de adición y tiempos de mezcla pero las cargas de material se redujeron para reflejar la menor carga de partículas de fertilizante. La velocidad de liberación se determinó de acuerdo con el Procedimiento C.

La **Figura 3** muestra el % de liberación de urea (eje y) a las 2 horas, y a 1, 3, 7, 14 y 21 días (eje x, tiempo en días) de inmersión de las mezclas C y D aplicadas con la unidad de recubrimiento como se describió (C1, D1) y con el tambor giratorio comparativo (C2, D2). Las velocidades de liberación del mezclador de la invención son sustancialmente mejores (más lentas) que las del mezclador de tambor giratorio. Para C2 y D2, más de 60 % de urea se liberó en menos de 3 días de inmersión. Para C1 y D1, menos de 40 % de urea se liberó en a los 21 días de inmersión. Esto indica que la reactividad más rápida no es beneficiosa para el fertilizante recubierto comparativo producido con el método del mezclador de tambor giratorio comparativo mientras que es muy ventajoso para el método de la invención y las partículas de urea de la invención.

Procedimientos experimentales

En el Ejemplo 2 se usaron los siguientes procedimientos.

Procedimiento A: Procedimiento para determinar los parámetros de reactividad (a 25 °C) - reactividad en copa

5

Añadir los pesos requeridos del componente completamente formulado para lograr 150 en una copa pequeña. Inmediata y simultáneamente iniciar un temporizador e empezar a mezclar los compuestos. Continuar mezclando durante 20 segundos o hasta que el material
10 se solidifique si es menos que 20 segundos.

Para comprobar el tiempo de reacción, tocar ligera y periódicamente la superficie del material con una espátula de acero inoxidable (o alternativamente un depresor de lengüeta de madera). Cuando la
15 espátula golpea un punto duro, o curado, en la superficie del material ese se considera el tiempo de reacción. En el Ejemplo 2, se añadieron el componente de isocianato completamente formulado (componente A) y el componente de poliol completamente formulado (componente B), que incluye cualquier aditivo opcional, necesarios
20 para lograr 150 g en una copa pequeña. Los componentes químicos y los aparatos están todos inicialmente a 25 °C. El componente B primero se pesa en el recipiente de mezcla, seguido del componente A, en la relación en peso adecuada de los componentes.

Procedimiento B: Procedimiento para determinar los parámetros de reactividad a la temperatura de curado deseada - reactividad en placa caliente

- 5 Colocar un molde pequeño capaz de contener 2 ml de material mezclado en una cavidad de 1/8 pulgadas de profundidad sobre una placa caliente y precalentar el molde a la temperatura deseada. Una vez que se ha confirmado la temperatura deseada, seguir el procedimiento de mezcla mencionado como Procedimiento A - Reactividad en copa pero
- 10 ahora tan pronto como la muestra se ha mezclado totalmente verter 2 ml de la mezcla de reacción en la cavidad del molde precalentado. Iniciar el temporizador inmediatamente después de añadir la resina al molde. Usando la espátula tocar periódicamente la superficie del material; el tiempo de reacción es el tiempo en el que la resina se
- 15 solidifica en un material duro.

Procedimiento C: Procedimiento para determinar la velocidad de liberación de nutrientes desde un fertilizante de liberación controlada

20

Se preparan soluciones de nutrientes, preparadas disolviendo una variedad de concentraciones conocidas de nutriente en agua destilada. El índice de refracción de las concentraciones conocidas se mide con un refractómetro de tal manera que pueda construirse

una curva de calibración del índice de refracción vs. concentración. Después, se pesan con precisión 10 g de partículas de fertilizante recubiertas en un frasco pequeño y se añaden 90 g de agua. La muestra se agita suavemente y se deja reposar hasta el tiempo de medición
5 requerido. Antes de cada nueva medición la muestra se agita suavemente para asegurar la uniformidad. Se coloca una pequeña muestra de la solución en el refractómetro y se registra la medición. La comparación con la curva de calibración da la concentración de nutrientes en la solución. Se calcula el porcentaje
10 de nutriente liberado desde las partículas de fertilizante. El experimento se realizó a temperatura ambiente, p. ej. 20 °C.