



Departamento de Agronomia
Centro de Ciências Agrárias e Engenharias
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

**CONCURSO PÚBLICO PARA PROFESSOR EFETIVO
EDITAL Nº 03, DE 26 DE FEVEREIRO DE 2024**

ÁREA: Agronomia (código CNPq 5.01.00.00-9)

SUBÁREA: Fitotecnia (código da subárea CNPq: 5.01.03.00-8)

CÓDIGO DO CANDIDATO: 2024 403 FIT 18

Alegre, 24 de junho de 2024

Tema: Tecnologia e Produção de Sementes Sintéticas.

Sumário

Introdução	1
Definição de semente sintética	2
Embriogênese somática e outros métodos	3
Como fazer uma semente sintética	5
Benefícios em relação aos métodos convencionais	6
Pontos positivos negativos	8
Potencial uso de sementes sintéticas no Brasil	9

Introdução //

Em um censo global, o Brasil se destaca como um dos maiores produtores de alimentos do mundo. Segundo a CONAB (2024) o Brasil produziu na safra 2022/2023 mais de 320 milhões de toneladas de grãos, por exemplo. Para que essa produção gigantesca ocorra anualmente, são necessários bilhões de dólares em investimentos do governo federal, produtores rurais e companhias para dar todo o apoio em insumos e sementes.

As sementes, especificamente, é uma adaptação extraordinária das plantas que as permitem reproduzir, ~~mas~~ e principalmente sobreviver, mesmo em condições adversas utilizando de mecanismos como a dormência (neste caso, exemplo relacionado à sobrevivência) para se manter viável e poder ~~se~~ ~~vir~~ germinar ^{quando} em condições mais favoráveis. Além disso, as sementes "reservam" material genético vegetal ~~de~~ sendo importantes para manutenção da vida na terra.

Dentro da biotecnologia vegetal, existe uma ciência inovadora relacionada à produção de sementes sintéticas. Estas,

constituem do encapsulamento do embrião somático, seja proveniente da embriogênese somática ou de outros métodos, com alginato de sódio, que protege o embrião, e facilita seu transporte, armazenamento e semeadura. Em suma, comparando com sementes convencionais onde há a presença do embrião mais endosperma, no caso das sementes sintéticas também ocorre o embrião (preparado em laboratório por meio de técnicas biotecnológicas) envolto com um material protetor, que assim como o endosperma, visa a fornecer os nutrientes necessários para uma potencial germinação.

As sementes sintéticas representam, hoje, um método revolucionário que pode facilitar a manutenção de bancos germoplasmáticos, aumento da produção agrícola através do aumento de produtividade, redução do custo de produção ao produtor rural, entre outros. Este texto tem como objetivo definir o que são sementes sintéticas, indicar como são feitas, e como elas podem ser utilizadas no combate de muitos problemas hoje enfrentados pela humanidade, como as mudanças climáticas.

Definição de sementes sintéticas // Constituem de um avanço da biotecnologia vegetal que envolve o encapsulamento de um embrião somático, proveniente da embriogênese somática ou outros métodos de micropropagação. Este embrião é, então, gelificado em alginato de sódio ou outra substância compatível que solidifica quando em contato com $CaCl_2$. As sementes sintéticas podem conter ainda, dentro da cápsula, a adição de nutrientes e/ou hormônios vegetais que para facilitar seu posterior processo de

germinação e desenvolvimento inicial da plântula. Sua estrutura de formação facilita processos de transporte, armazenamento e semeadura.

As sementes sintéticas podem ser classificadas em dois principais tipos:

Semente sintética dessecada: As sementes são dessecadas com polietileno, para retirada da umidade, formando um filme protetor, utilizado principalmente em embriões de plantas que suportam o dessecamento. Este processo aumenta o tempo potencial de armazenamento da semente, mantendo-a viável por maior período.

Semente sintética hidratada: As sementes sintéticas são encapsuladas com hidrogel. Este método garante a embriões mais sensíveis a condições de seca, por exemplo, uma melhor taxa de germinação e tempo, uma vez que o hidrogel vai garantir maior umidade (disponibilidade de água) no solo durante a germinação e desenvolvimento inicial das plântulas.

Embriogênese somática // e outros métodos de formação de embriões

A embriogênese somática consiste na formação de embriões somáticos a partir de células somáticas em órgãos como as folhas e caules. Estas células, já diferenciadas morfológicamente, são então reprogramadas em meio de cultura, para se tornarem embriões sem a necessidade de fertilização do gameta (como ocorre naturalmente).

A pesar de existir outros métodos, este se caracteriza como um dos principais métodos de formação de embriões a serem utilizados em sementes sintéticas.

Este método é vantajoso pois não requer a retirada de células específicas ou material específico, o que muitas vezes pode ser um dificultador em outros métodos.

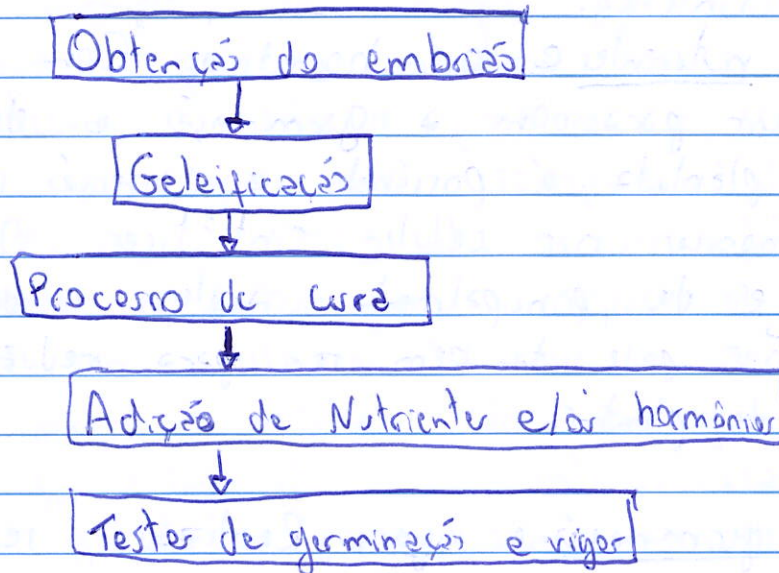
Outros métodos de formação de embriões, são:

Meristema apical: Constitui da retirada de "células tronco", ou seja, ainda não diferenciadas do ápice de meristemas apicais, seja do ápice do caule ou das raízes. Devido ao crescimento contante das plantas nos meristemas apicais, células ali presentes não são ainda diferenciadas, ou seja, não se transformaram em uma célula com características de algum órgão, seja folha, caule ou fruto. Neste ponto, é importante comentar, que todas as células de qualquer organismo vivo, apresentam a mesma composição genética, mas se expressam fenotipicamente de forma diversa devido ao meio em que cresceram. ~~No caso~~ Ao contrário dessas células, ~~no caso~~ de já diferenciadas, no exemplo de reprodução de embriões por células de meristema apical, não há presença de células diferenciadas. Após coletadas, estas células são então cultivadas em meio de cultura ou em algum outro meio biotecnológico para a formação de embriões.

Protocormos: Protocormos são estruturas encontradas durante a germinação de sementes de orquídeas. São células presentes encontradas no primário como emitido a partir das sementes de orquídeas. Estas células são então estimuladas em laboratório para formação do embrião. Esta constitui uma importante técnica de reprodução de orquídeas, especialmente de orquídeas raras.

Como fazer uma semente sintética

A formação de uma semente sintética consiste em passos como representado a seguir:



Obtenção do embrião: A obtenção do embrião para composição de uma semente sintética pode ser obtido de diversas formas, com embriogênese somática, meristema apical e outros. Este tópico está descrito com maior nível de detalhe no subtópico 3 "Embriogênese somática e outros métodos". Vale, ainda, ressaltar que a escolha do método para obtenção do embrião deve ser realizada especificamente para cada espécie vegetal a ser replicada, e considerando a estrutura para replicação do método.

Geleificação: A geleificação consiste no envolvimento do embrião em alginato de sódio (1-3%) que em contato com $CaCl_2$ (50-100 mM) geleifica formando uma proteção ao embrião.

Processo de cura: O processo de cura consiste ~~na~~ ~~em~~ em uma fase para reduzir potenciais contaminações com microrganismos, que é realizada em $CaCl_2$. Nesta fase pode haver também o dessecação da semente sintética.

Adição de nutrientes e ou hormônios: Com a intenção de contribuir para com a germinação e desenvolvimento inicial da plântula, é possível a inserção de nutrientes e ou hormônios nas células sintéticas. O objetivo desta fase é de, principalmente, acelerar o desenvolvimento inicial do ^{embrião} mas pode também ser para reduzir a incidência de doenças de plantas.

Teste de germinação e vigor: Realizado seja em laboratório ou em condições ex-vitro, o objetivo desta fase é de mensurar a capacidade do embrião de ~~se~~ crescer, germinar e replantar uma planta adulta.

Benefícios em relação aos métodos convencionais

As sementes sintéticas apresentam diversos benefícios em relação às sementes convencionais. Entre elas, pode-se citar:

- Capacidade de reprodução de plantas raras, transgênicas e/ou altamente produtivas: Em caso de reprodução por meio de clonagem dessas plantas, a utilização de sementes sintéticas é uma grande aliada, uma vez que permite a expressão de uma nova planta através de um embrião clonado.

• Redução de tempo de formação de uma semente: Sementes sintéticas podem ser ~~realizadas~~ formadas com menor tempo em relação às sementes convencionais. Além disso, não necessitam, como é o caso de muitas plantas, como o café, por exemplo, de etapas para formação de mudas (que requerem estruturas como viveiros, etc) que encarecem o custo de produção. A semente sintética poderia ser uma opção para semeadura direta ~~em~~ campo.

• Redução de pragas e doenças: A utilização das sementes sintéticas pode contribuir para redução de incidência, principalmente em estágios iniciais de crescimento da planta, de pragas e doenças. Uma vez que, essas sementes trazem a garantia de não-contaminação e em sua cápsula gelatinosa podem ser inseridas substâncias que inibem o crescimento de microrganismos patogênicos.

• Preservação de banco de germoplasmas: Sementes provenientes de materiais ^{vegetais} ~~reais~~, produtivos ou não, e que contém ~~a variabilidade~~ um banco de variabilidade genética essenciais para a vida humana na terra podem ser reproduzidas e armazenadas por meio de sementes sintéticas. Atualmente, na Noruega, encontra-se o maior e mais importante banco de sementes do mundo. A localização estratégica deste no Norte da Noruega faz com que ~~o~~ gigante banco de sementes possa ser armazenado com maior facilidade devido ~~as~~ as baixas temperaturas e a alta quantidade de neve. Porém, com as mudanças climáticas, e a consequente aumento de temperatura média do ar, está ~~em~~ ocorrendo um decaimento do gelo (do inglês "permafrost") que muitas vezes ~~em~~ invade o

banco de sementes, amassando e armazenamento de muito melhor. Assim, as sementes sintéticas podem ser uma opção adicional de preservação de todo este material.

• Reprodução facilitada de algumas plantas: A título de exemplo, para o plantio de 1 hectare de cana-de-açúcar existe a necessidade de plantio de 20 toneladas de tolete de cana. Esta etapa de plantio constitui uma das maiores dificuldades para o cultivo de cana hoje no Brasil. Assim, a empresa CTC, está investindo alto em sementes sintéticas para substituir o plantio convencional de cana.

• Possibilidade de edição genética ou transgenia facilitada: Com o embrião formado é possível inserir nele genes relacionados à resistência de pragas ou doenças, ou de expressão de alguma característica fenotípica desejável. Este processo é facilitado em caso de sementes sintéticas.

Pontos negativos da semente sintética

Dentre os principais pontos negativos estão a necessidade de uma estrutura física com equipamentos e mão de obra especializada (muito altamente especializada) para produção de sementes sintéticas. Esta é uma importante barreira de impedimento ao investimento neste tipo de negócio. Além do mais, muito pouco se tem legislação vigente sobre o tema, o que torna em muitos casos um alto trabalho burocrático juntamente com a sociedade local sobre o tema. Isto dificulta o investimento estrangeiro ou no estrangeiro neste

área da ciência. Ainda existe um número muito limitado de estudos revisados por pares publicados em revistas de alto impacto sobre ~~o tema~~ como este tecnologia impacta positivamente ou negativamente o ecossistema econômico, social e ambiental seja em níveis nacionais, regionais ou até global.

• Potencial uso de sementes sintéticas no Brasil: Como forma de combater ^{impedidos de} eventos climáticos extremos em ~~estágio~~ no sistema de produção em sucessão soja-milho.

O sistema de cultivo em sucessão de soja e milho, é ~~um~~ o principal sistema de produção de grãos no Brasil e um dos principais do mundo. Como o cultivo é em sucessão, o sistema sofre a competição entre culturas, neste caso milho e soja, por área a ser cultivada. Isto ocorre por a soja é cultivada entre os meses de setembro e janeiro e o milho, logo após a soja, entre janeiro e junho. A complexidade deste sistema está em "encaixar" duas culturas, soja (com 110 dias de ciclo) e milho (com 140 dias de ciclo) em uma estação chuvosa cada vez mais curta no Brasil. A estação chuvosa em estados como Mato Grosso, vai de outubro até abril com cerca de 200 dias de duração. Soja e milho juntos ~~esta~~ permanecem a campo por 250 dias. O fato é que para encaixar ambas culturas, os produtores muitas vezes "aceitam" perder um pouco de produtividade com a soja, antecipando seu plantio para meados de setembro ou início de outubro.

~~esperando muita chuva~~ ~~pendendo~~ esperando pela primeira
chuva. Contudo, em anos mais secos, que têm
se tornado cada vez mais frequentes e intensos no
Brasil (e assim projetado pelos modelos climáticos (CMIP6)),
há necessidade de replantio da soja, em muitos
casos, pois a umidade do solo não ~~per~~ permitiu
a germinação das sementes. Isto, além de encarecer
o custo de produção, vai atrasar a colheita de soja
e consequentemente o plantio do milho, que muitas
vezes ocorre ~~em~~ em março, já no final da
estação chuvosa. Assim, o milho pode ser
grandemente impactado pela seca, como ocorreu
nas safras recentes de 2021. A utilização de
sementes sintéticas em soja, com capsula com substâncias
que possam vir a aumentar a ~~res~~ resistência
do embrião a potenciais secas, poderia viabilizar o
plantio antecipado de soja, evitando atrasar
no plantio do milho e potencializar a colheita neste
sistema agrícola, como projetado por estudos
da UFV ~~Elaborado por~~ e da ESALQ.

Este exemplo é um no meio de tentar mostrar
que este tipo de biotecnologia em sementes pode
ser utilizado para redução do impacto das mudanças climáticas
nos sistemas agrícolas e ecossistemas brasileiros.
Com isso, conclui-se que as sementes sintéticas
apresentam uma grande oportunidade de redução de
custos, aumento de resiliência e resistência a eventos
extremos, além de ser uma potencial ferramenta para
redução de pragas e doenças em estágio inicial e ~~em~~

avanzado, contribuindo ^{também} para aumento de produtividade. Também é uma importante tecnologia na manutenção de bancos de biodiversidade vegetal. Contudo, considera-se que mais estudos e pesquisas, seja sobre seus potenciais impactos ou sobre como reduzir seus altos custos de implantação inicial, são necessários. ~~Para~~ Para que isso ocorra, há a necessidade de cooperação ~~mais~~ ~~esta~~ forte entre governos federais, estaduais e até municipais com institutos de pesquisa e ensino, de extensão e empresas privadas envolvidas com o setor agrícola.