

• Capítulo 3 •

Melhoramento Genético e Biotecnologia

*Marcus Vinicius Kvitschal
Frederico Denardi
Luís Fernando Revers
Paulo Ricardo Dias de Oliveira*

- 34) O que é melhoramento genético vegetal?
- 35) Qual é a estratégia a ser adotada pelo melhorista num programa de cruzamentos (hibridações)?
- 36) O melhorista pode planejar a melhoria de qualquer característica de valor comercial que se observa nas macieiras?
- 37) Quais as características mais importantes melhoradas na macieira nos últimos tempos no Brasil?
- 38) Quais características são passíveis de melhoramento quando o objetivo é aumentar o desempenho produtivo das plantas?
- 39) Quais características são passíveis de melhoria quando é buscado reduzir os custos de produção de maçãs no Brasil?
- 40) Uma nova cultivar de macieira melhorada, que tenha resistência a uma doença ou praga, pode perder essa característica com o passar do tempo?
- 41) Qual a diferença entre resistência vertical e horizontal?
- 42) Qual é o tempo estimado para se desenvolver uma nova cultivar de macieira por meio do melhoramento genético clássico?
- 43) Quais são as etapas de um processo de desenvolvimento de uma nova cultivar de macieira?
- 44) Por que é tão difícil obter uma nova cultivar de macieira que atenda a todas as expectativas dos produtores e dos consumidores?
- 45) Quais as principais contribuições que as técnicas biotecnológicas

oferecem aos melhoristas no desenvolvimento de novas cultivares de macieira?

46) O desenvolvimento de cultivares de macieira com características melhoradas só pode ser feito por meio do melhoramento genético clássico, ou seja, por meio de hibridações?

47) O que são Organismos Geneticamente Modificados (OGMs)?

48) Que tipo de característica pode ser modificada geneticamente na macieira?

49) Qual a diferença entre o melhoramento clássico e a transgenia em macieira?

50) O que são mutações somáticas?

51) Como as mutações somáticas ocorrem?

52) Quais são os exemplos de uso das mutações somáticas na cultura da macieira?

53) Como é possível detectar uma mutação somática em um pomar de macieira?

54) Que procedimentos devem ser adotados para certificar-se de que uma determinada alteração observada trata-se realmente de mutação somática?

55) A característica mutante está sujeita a alterações com o tempo?

56) Quais as características comerciais da macieira que podem sofrer mutações?

•••

34) O que é melhoramento genético vegetal?

É “a arte e a ciência que visam à modificação genética das plantas para torná-las mais úteis ao homem”.

No caso da macieira, as melhorias podem ser das mais variadas formas, desde características relacionadas às plantas, facilitação do manejo ou aumento da capacidade produtiva, até os mais

refinados aspectos de qualidade das frutas.

Com base no uso de metodologias científicas específicas, busca-se desenvolver indivíduos ou populações portadores de características desejáveis. Essa busca fundamenta-se na exploração da variabilidade genética e nos estudos relacionados ao controle genético das características de interesse e nas aplicações deles decorrentes.

•••

35) Qual é a estratégia a ser adotada pelo melhorista num programa de cruzamentos (hibridações)?

Em primeiro lugar, o melhorista deve conhecer as demandas atuais e tendências da cadeia produtiva e do mercado consumidor, para saber quais características devem ser eleitas como prioridade de melhoria no programa.

Em segundo lugar, escolher corretamente os parentais, para que, nas populações descendentes, geradas pelas hibridações controladas, haja alta probabilidade de seleção de plantas com as características que se almeja introduzir nas futuras novas cultivares.

Outro aspecto essencial diz respeito ao tamanho das populações descendentes. Na macieira, em virtude da alta segregação genética – ou seja, cada semente gerada no cruzamento dá origem a uma planta com características diferentes em relação aos pais e irmãs –, é importante trabalhar com populações de 500 a 1.000 plântulas por cruzamento. Com isso, a chance de obter algum indivíduo com as características desejadas é maior.

•••

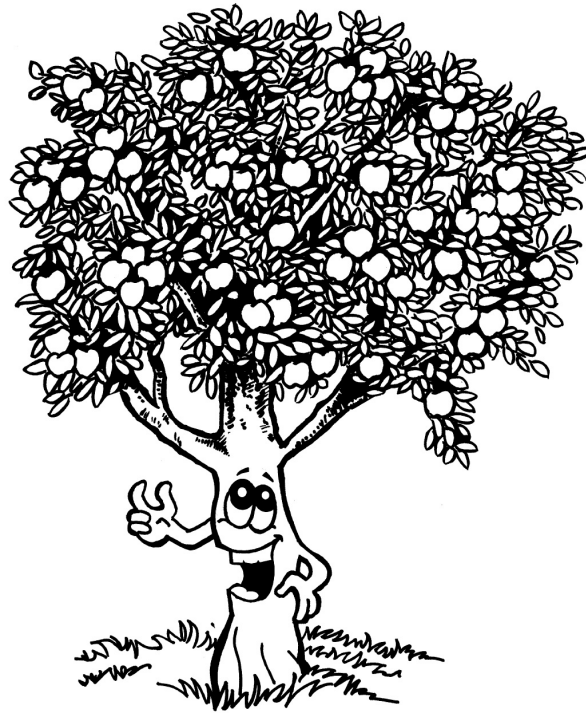
36) O melhorista pode planejar a melhoria de qualquer característica de valor comercial que se observa nas macieiras?

Sim, desde que exista variabilidade genética para a característica-alvo dentro do germoplasma disponível para cruzamentos, e que seja estabelecida uma estratégia de avaliação e seleção adequada para essa característica.

Se a característica que se deseja melhorar não existe no germoplasma das espécies do gênero *Malus*, pode-se recorrer a algumas técnicas biotecnológicas disponíveis atualmente.

•••

37) Quais as características mais importantes melhoradas na macieira nos últimos tempos no Brasil?



Os principais alvos dos melhoristas da macieira no Brasil, por ordem de importância, são:

- Adaptação ao clima local, ou seja, cultivares que necessitem menos frio durante o inverno para produzirem satisfatoriamente frutos de boa qualidade.
- Resistência às principais doenças, entre elas a sarna e a mancha-foliar-de-glomerella.
- Frutos de coloração vermelha, sabor doce e com alta capacidade de armazenamento a frio.
- Plantas com alto potencial produtivo, ou seja, plantas com alta capacidade de produção de flores, alta frutificação efetiva e ausência de alternância de produção.

•••

38) Quais características são passíveis de melhoramento quando o objetivo é aumentar o desempenho produtivo das plantas?

Plantas que apresentam capacidade produtiva teórica mais elevada são aquelas que têm alta precocidade de iniciar a produção, alta capacidade de diferenciação de gemas florais – especialmente em ramos curtos (brindilas) –, alta frutificação efetiva e ausência de alternância na produção.

Essas características possibilitam a formação de pomares com maior potencial produtivo, proporcionando altas produtividades por um período de tempo mais longo, o que se reverte em retorno econômico ao produtor.

Plantas com hábito de crescimento de ramos laterais mais curtos e bom equilíbrio entre a capacidade de renovação das estruturas vegetativas e reprodutivas também são desejáveis, porque respondem positivamente a sistemas de cultivo mais adensados.

Nas condições climáticas da região Sul do Brasil, caracterizada por invernos pouco frios e períodos de crescimento quentes e úmidos, é essencial também plantas bem-adaptadas ao clima e resistentes às principais doenças da macieira.

•••

39) Quais características são passíveis de melhoria quando é buscado reduzir os custos de produção de maçãs no Brasil?

Podem ser citadas como características passíveis de melhoria:

- Adaptação climática (cultivares com menor requerimento de

frio hibernal).

- Resistência a pragas e doenças (cultivares com resistência genética ou algum grau de tolerância às principais doenças da macieira).
- Otimização da colheita (uso de cultivares com maturação diferenciada) e arquitetura da planta (cultivares com hábito de crescimento de ramos aberto – horizontal).

•••

40) Uma nova cultivar de macieira melhorada, que tenha resistência a uma doença ou praga, pode perder essa característica com o passar do tempo?

Sim, em virtude de os fitopatógenos e insetos-pragas apresentarem variação genética ao longo de suas gerações, o que possibilitaria suplantarem uma resistência genética preexistente em uma cultivar de macieira melhorada.

•••

41) Qual a diferença entre resistência vertical e horizontal?

A resistência vertical é conferida por apenas um ou poucos genes específicos. Normalmente, sua durabilidade é mais curta, pois os patógenos e pragas podem desenvolver um mecanismo de superação e a cultivar pode passar a ser suscetível de um dia para o outro.

A resistência horizontal é determinada por vários genes de efeito menor. A sua durabilidade é mais longa, pois, à medida que o efeito da resistência de um ou outro gene é superada, a planta ainda dispõe de vários outros genes que conseguirão suprimir a incidência da doença.

...

42) Qual é o tempo estimado para se desenvolver uma nova cultivar de macieira por meio do melhoramento genético clássico?

O desenvolvimento de uma nova cultivar pode levar de 12 a 18 anos, pois a macieira é uma espécie perene, de propagação vegetativa, que exige mais tempo para se alcançar resultados quando comparada com espécies anuais como o milho, por exemplo.

...

43) Quais são as etapas de um processo de desenvolvimento de uma nova cultivar de macieira?



Inicialmente, na primavera, são feitos os cruzamentos; as plantas polinizadas irão produzir os frutos, dos quais serão retiradas as sementes no início do inverno e colocadas para germinar na temperatura de 4 °C e alta umidade relativa.

As sementes pré-germinadas são levadas para estufas, onde irão crescer e desenvolver as plântulas (*seedlings*) ao longo de mais um ano. As plântulas são então transplantadas para viveiros, onde permanecem por 1 ou 2 anos e são avaliadas com relação à resistência às doenças e ao hábito de crescimento.

No inverno, são coletadas estacas nas partes mais altas de cada plântula, as quais são enxertadas para formar o pomar de avaliação de frutas. Geralmente, as plantas levam de 2 a 3 anos após o plantio para iniciar a produção de frutas. A partir dessa fase, são feitas avaliações por pelo menos 5 anos consecutivos, para identificar as plantas que têm qualidade de fruta competitiva com as cultivares atuais.

Após essa primeira fase, as plantas escolhidas são novamente multiplicadas por enxertia e avaliadas em um único local por mais alguns anos para confirmar se as características avaliadas se mantêm ao longo dos anos. No final dessa fase, são mantidas apenas as melhores seleções, as quais serão mais uma vez multiplicadas para compor os experimentos de avaliação avançada em rede, implantados em vários locais nas principais regiões produtoras de maçã. Essa fase de avaliação dura de cinco a seis safras.

Concluídos os estudos em rede, as seleções que se destacarem são novamente multiplicadas para formação de pomares-piloto em maior escala. Nessa fase são realizados estudos para a confirmação do desempenho agrônômico dos materiais, estudos de mercado sobre a aceitação pelo consumidor e testes de conservação em câmaras frias.

•••

44) Por que é tão difícil obter uma nova cultivar de macieira que atenda a todas as expectativas dos produtores e dos consumidores?

Porque a grande maioria das características é controlada por muitos genes e, quando se faz o cruzamento, todos esses genes serão recombinados; ou seja, ocorre o “embaralhamento” dos genes provenientes da planta-mãe (receptora de pólen) e da planta-pai (doadora de pólen).

A combinação desses genes resultará em plantas descendentes completamente diferentes de ambos os genitores e entre si. Isso se chama segregação e é um fenômeno muito intenso na macieira. Por causa dessa segregação elevada, o melhorista precisa trabalhar com populações descendentes (cruzamentos) muito grandes para conseguir uma combinação desejada. Quanto maior o número de genes envolvidos no controle de uma característica, maior é a dificuldade para transferir essa característica aos filhos.

•••

45) Quais as principais contribuições que as técnicas biotecnológicas oferecem aos melhoristas no desenvolvimento de novas cultivares de macieira?

A principal contribuição das ferramentas biotecnológicas ao melhorista é a possibilidade de acelerar o processo e aumentar a eficiência das etapas de geração de populações segregantes e de seleção de plantas com atributos agrônômicos superiores.

No caso da macieira, genericamente, podemos elencar como as principais técnicas biotecnológicas: a cultura de tecidos, a caracterização genotípica, a seleção assistida por marcadores moleculares e a transformação genética.

•••

46) O desenvolvimento de cultivares de macieira com características melhoradas só pode ser feito por meio do melhoramento genético clássico, ou seja, por meio de hibridações?

Sim. O desenvolvimento de novas cultivares de macieira só pode ser feito via melhoramento genético clássico, ou seja, pelo método tradicional onde são feitas polinizações entre plantas, das quais cada semente dá origem a plantas geneticamente distintas entre si. Dessas populações descendentes podem ser selecionadas plantas potencialmente superiores às cultivares já existentes, as quais podem dar origem a novas cultivares.

•••

47) O que são Organismos Geneticamente Modificados (OGMs)?

São organismos cujo material genético foi modificado por técnicas de engenharia genética. Geralmente, as modificações são pontuais e visam a melhorar a expressão de determinada característica de alto valor agrônômico e/ou comercial na cultivar de origem. Exemplos disso são a cultivar Gala, na qual foi

introduzido um gene que confere resistência ao fungo causador da sarna (*Venturia inaequalis*), e o porta-enxerto M-26, no qual foi introduzido um gene para resistência ao fogo bacteriano (*Erwinia amylovora*).

•••

48) Que tipo de característica pode ser modificada geneticamente na macieira?

Em tese, qualquer característica influenciada pelo material genético da macieira poderá ser alterada utilizando-se a engenharia genética.

A revisão da literatura científica mostra que a macieira tem sido alvo de extensa investigação, explorando-se a engenharia genética com o propósito de modificar atributos agronômicos importantes.

Destacam-se nesse contexto as tentativas de incorporação de resistência a doenças em cultivares-elite (resistência à sarna e ao fogo bacteriano, por exemplo), redução da juvenilidade e floração precoce, polinização autocompatível e alteração de características de maturação do fruto, como sabor, redução de alergenicidade e aumento da firmeza e do tempo de prateleira.

•••

49) Qual a diferença entre o melhoramento clássico e a transgenia em macieira?

O melhoramento clássico caracteriza-se pela manipulação do genoma das plantas como um todo, de forma que os genes da

planta masculina e feminina são “embaralhados” para dar origem a novos indivíduos.

Já na transgenia, a engenharia genética aplicada para a obtenção de Organismos Geneticamente Modificados (OGMs) tem como objetivo a manipulação de características simples, geralmente determinadas por um único gene. Em outras palavras, ela visa a incorporar características pontuais para corrigir pequenas falhas existentes em cultivares consagradas ou germoplasma elite desenvolvido pelo melhoramento clássico.

Ambas as técnicas devem ser utilizadas conjunta e complementarmente, tornando o processo de melhoramento mais efetivo e ágil.

•••

50) O que são mutações somáticas?

São variações pontuais e espontâneas que ocorrem em uma planta por causa de falhas nos mecanismos genéticos de controle da replicação celular e do crescimento dos tecidos, as quais podem resultar em alterações nas suas características morfológicas. Esse tipo de variação é denominada somática por ocorrer diretamente nas células que não estão envolvidas com a reprodução sexual. Geralmente as alterações morfológicas não afetam o restante do genoma da planta.

•••

51) Como as mutações somáticas ocorrem?

As mutações somáticas podem ocorrer em duas regiões do ápice meristemático.

O ápice meristemático é constituído de duas camadas de células pluripotentes, denominadas de L1 e L2. A camada L1 dá origem aos tecidos epidérmicos e a camada L2, aos tecidos dos órgãos sexuais, do mesocarpo da fruta (polpa da fruta) e dos outros tecidos.

Se a mutação se mantiver apenas na camada L1 (epiderme), ela afetará somente a planta portadora e não será transmitida via reprodução sexual (que envolve polinização); entretanto, se a propagação for vegetativa, a mutação pode ser transferida aos clones.

•••

52) Quais são os exemplos de uso das mutações somáticas na cultura da macieira?

Os exemplos típicos de uso desse tipo de mutação são os diversos clones coloridos identificados a partir de variedades de alto valor comercial.

Na macieira, por exemplo, a partir das cultivares Gala e Fuji foram identificadas várias dezenas de clones com características variáveis quanto à intensidade e distribuição de cor na epiderme do fruto, tais como 'Royal Gala', 'Imperial Gala', 'Galaxy', 'Baigent' ('Brookfield'), 'Maxi Gala', 'Fuji Suprema' e 'Fuji Aztec', entre várias outras já identificadas em diversos países.

•••

53) Como é possível detectar uma mutação somática em um pomar de macieira?

Por meio da observação cuidadosa das características morfológicas das plantas em coleções ou pomares comerciais durante a fase de crescimento e produção de frutos.

Porém, é necessária uma avaliação criteriosa, pois a expressão da maioria das características morfológicas é influenciada por fatores ambientais, biologia e histórico de vida da planta, porta-enxerto, manejo das plantas e ainda pelo fato de plantas jovens ainda não exibirem as características morfológicas típicas de plantas adultas.

•••

54) Que procedimentos devem ser adotados para certificar-se de que uma determinada alteração observada trata-se realmente de mutação somática?

Inicialmente, deve-se coletar material de propagação da parte variante da planta e multiplicá-lo por meio de técnicas de propagação clonal (enxertia, por exemplo).

Depois, deve-se comparar as plantas dos clones supostamente mutantes com plantas da variedade original, na qual foi identificada a variação. Os clones variantes devem ser caracterizados de acordo com os descritores morfológicos oficialmente reconhecidos e aceitos para registro e proteção de cultivares. Nessa caracterização, recomenda-se que as plantas sejam avaliadas por pelo menos 2 anos consecutivos, a fim de comprovar a distinguibilidade, homogeneidade e estabilidade da possível nova

variedade essencialmente derivada.

Além desses testes, é preciso avançar no mínimo três gerações de propagação clonal sucessivas, sempre utilizando o mesmo tipo de material propagativo e avaliando a característica variante em cada ponto de crescimento (gema). O fator mutante será considerado estável quando todos os pontos de crescimento expressarem apenas a característica mutante e não mais a característica original expressa pela variedade original.

•••

55) A característica mutante está sujeita a alterações com o tempo?

Sim, pois pode retornar à situação original (reversão) ou mesmo surgir uma nova mutação.

Na macieira, tem-se como exemplo o grupo de mutantes para cor da epiderme da cultivar Gala. A cultivar Royal Gala é um mutante da cultivar Gala; já a cultivar Galaxy é mutante da cultivar Royal Gala e a cultivar Galaval, por sua vez, é mutante da cultivar Galaxy. Todas são mutações para a mesma característica, ou seja, coloração mais pronunciada da epiderme dos frutos.

No entanto, existem situações em que a cultivar mutante para uma determinada característica, como cor da epiderme do fruto, manifesta um novo fator mutante, como, por exemplo, resistência a uma determinada doença. É o caso da 'Star Gala', cultivar derivada da 'Royal Gala' portadora de resistência à mancha-foliar-de-glo-merella.

•••

56) Quais as características comerciais da macieira que podem sofrer mutações?

Potencialmente todas; porém, nem todas são passíveis de serem identificadas.

Mutações ocorrem espontânea e aleatoriamente na natureza, em todas as células de todos os organismos vivos, sejam eles animais, vegetais ou microrganismos. Essas mutações ocorrem em baixíssimas proporções, pois todos os organismos possuem mecanismos genéticos que monitoram e corrigem eventuais erros que venham a ocorrer nos processos de multiplicação celular – mecanismos de reparo do DNA.

Além disso, a grande maioria delas ocorre em regiões genômicas que não causam qualquer alteração no funcionamento normal das células e, por isso, passam despercebidas.

No entanto, em macieira, as mutações aproveitadas comercialmente são aquelas ocorridas na região genômica que determinam a coloração da epiderme das frutas, citando-se como exemplos os clones derivados da cultivar Gala, que foram identificados por apresentarem uma coloração mais atraente.

•••