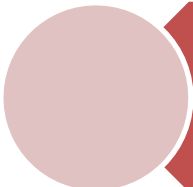


A utilização de espécies selvagens como fonte de diversidade e aplicações biotecnológicas

Filipa Monteiro | fmonteiro@isa.ulisboa.pt

Lisboa, 29 Abril 2026

Resumo da Aula



Caracterização e importância dos recursos genéticos vegetais (selvagens)



O valor das espécies selvagens (e culturas órfãs) para a biotecnologia

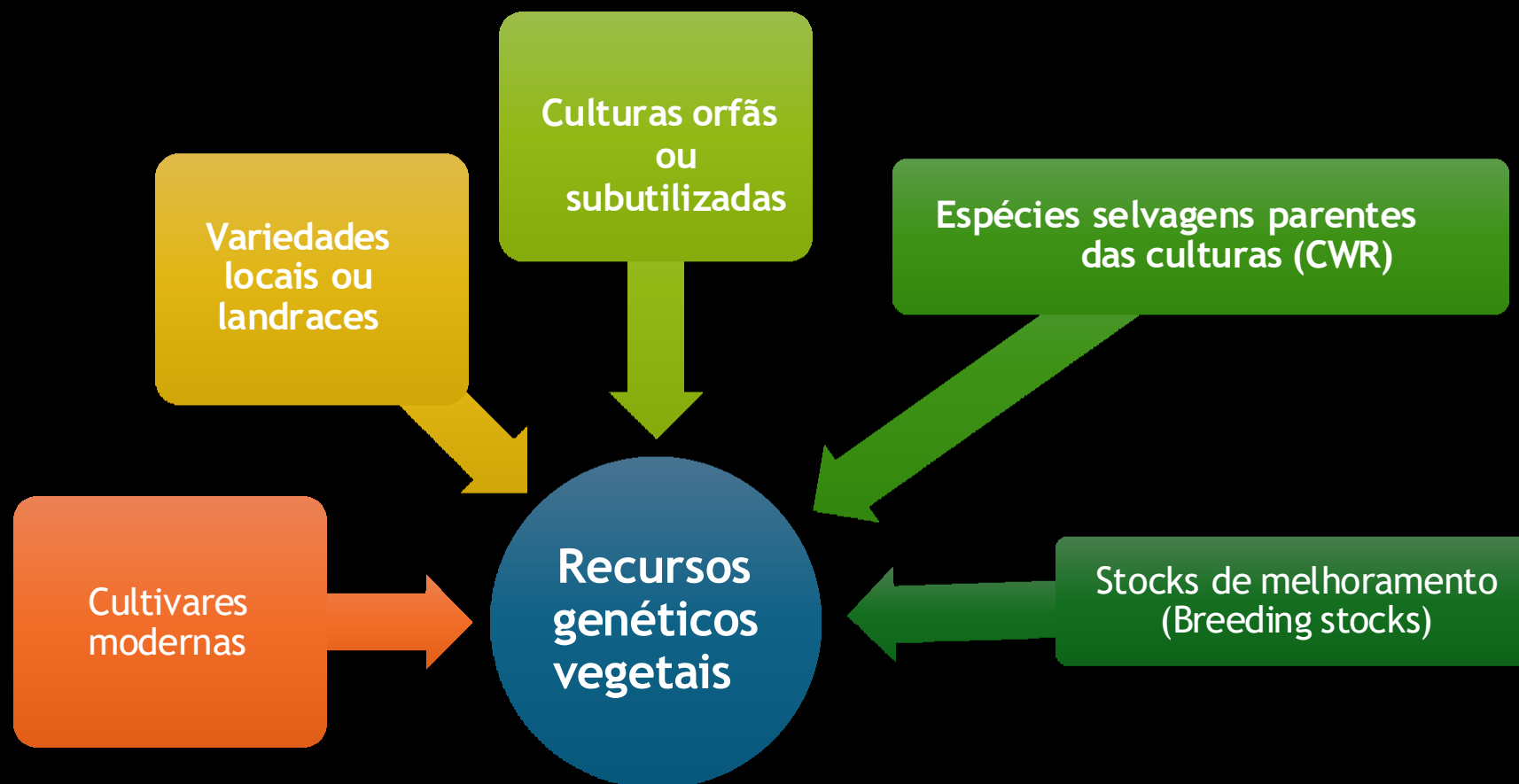


Casos de estudo



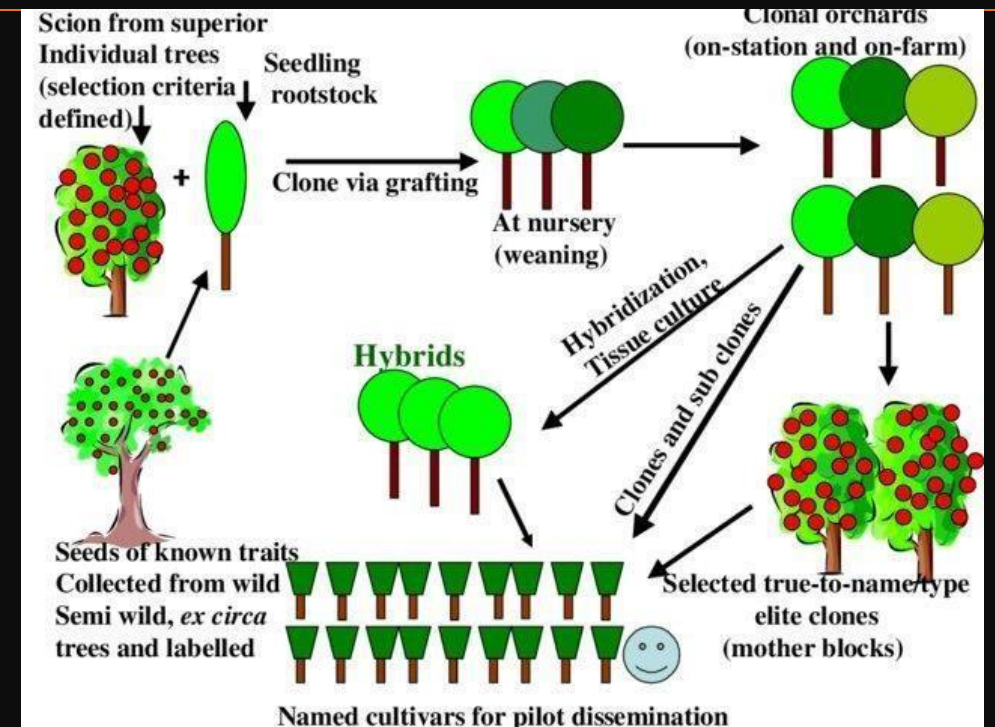
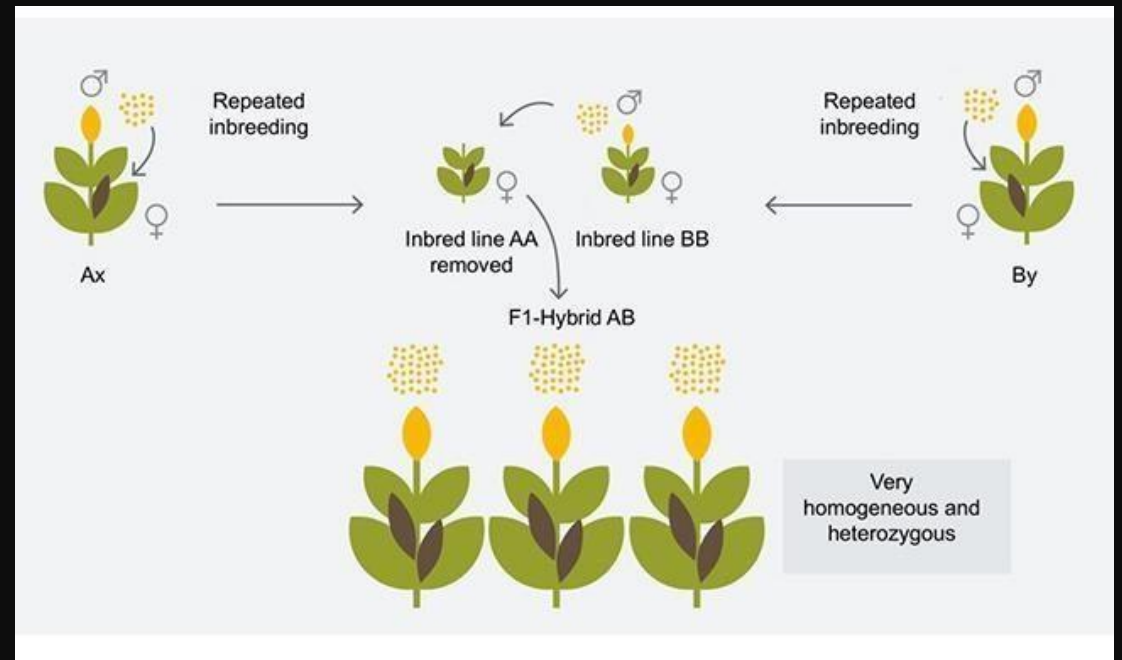
Potencialidades biotecnológicas: o valor das espécies selvagens

Tipos de recursos genéticos vegetais



Cultivares modernas

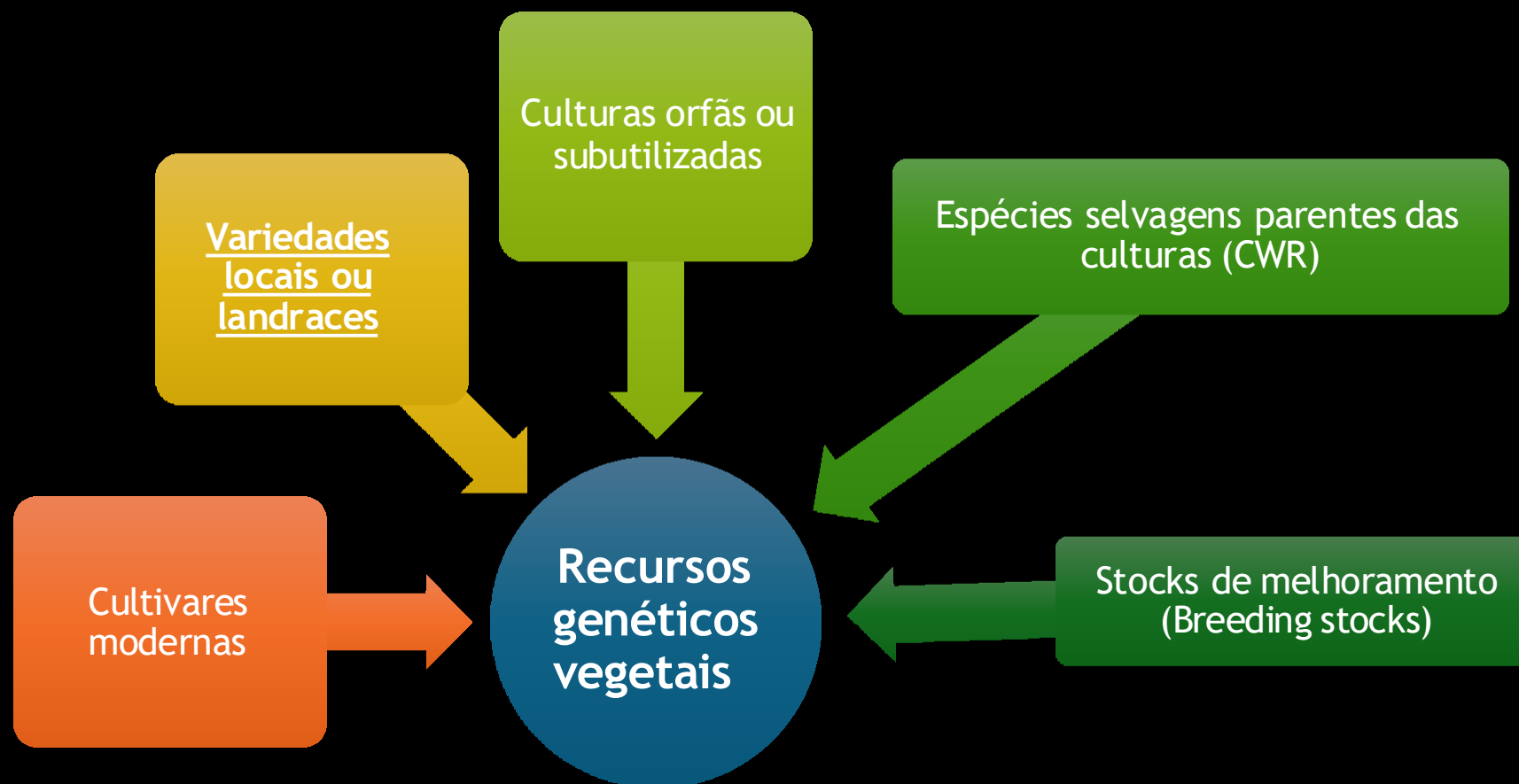
- Uma cultivar é um tipo de planta cultivada que foi selecionada pelas características desejadas e que mantém essas características quando propagada.
- Os métodos utilizados para propagar cultivares incluem divisão, estacas de raiz e caule, enxertia, cultura de tecidos ou produção controlada de sementes.
- A maioria das cultivares surge da manipulação humana deliberada.



Processo de melhoramento



Tipos de recursos genéticos vegetais



VARIEDADES LOCAIS (LANDRACES)

Definição: Variedades Locais são variedades de culturas tradicionais que se desenvolveram e evoluíram em áreas geográficas específicas durante longos períodos de tempo. Geralmente são adaptados às condições ambientais e práticas culturais locais.

Características: apresentam diversidade genética significativa dentro das populações, sendo valiosas para os programas de melhoramento, especialmente para características como resistência a doenças, tolerância à seca e sabor.

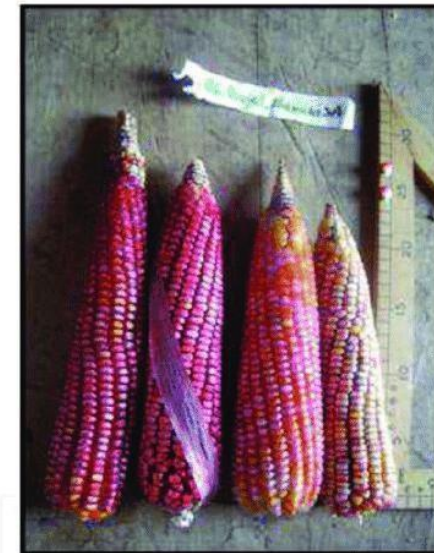
Exemplos: variedades autóctones de milho no México (a e b), variedades tradicionais de milho no Sudeste Asiático (c e d).



a. Bacsacwa



b. Chaparro



c. Tsajal pat



d. Ic'wa

Variedades locais vs comerciais

- Uma **variedade local** é uma variedade domesticada, adaptada localmente, muitas vezes tradicional de uma espécie vegetal que se desenvolveu ao longo do tempo, através da adaptação ao seu ambiente natural e cultural de agricultura, e devido ao isolamento de outras populações da espécie.
- Landraces são distintas de cultivares.

Parente selvagem da couve



Lactuca dregeana DC.

Variedade local

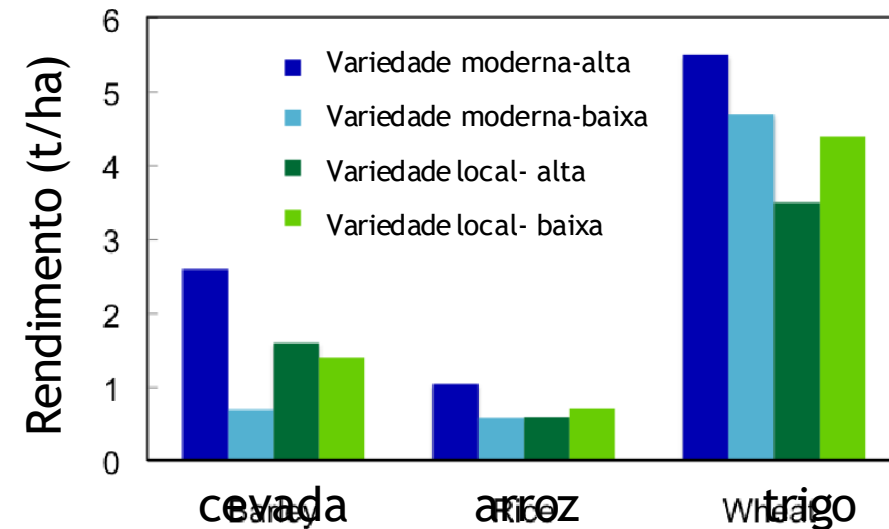


Lactuca sativa L.
(Morada de Bernués)

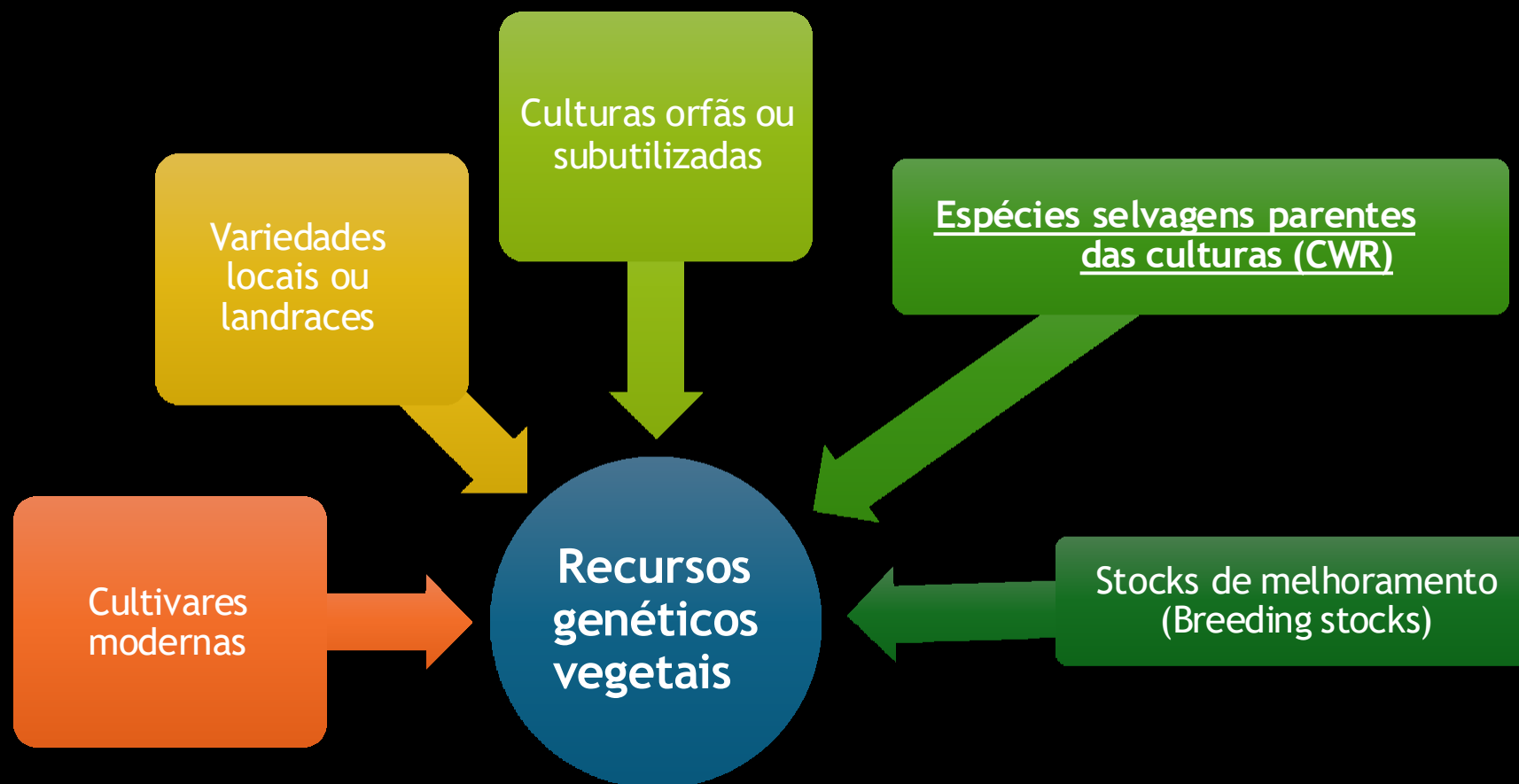
Variedade comercial



Lactuca sativa L.
(‘Romana inverna’)



Tipos de recursos genéticos vegetais



Espécies selvagens parentes das culturas (CWR)

Definição: Os parentes selvagens são espécies vegetais estreitamente relacionadas com as culturas cultivadas, mas que não foram domesticadas. Muitas vezes crescem na natureza e possuem características que não estão presentes nas variedades cultivadas.

Características: São uma fonte crucial de material genético para programas de melhoramento, especialmente para características como resistência a pragas, tolerância abiótica ao estresse (por exemplo, seca, salinidade) e diversidade genética.

Exemplos: trigo emmer selvagem (um parente do trigo moderno), tomates selvagens encontrados nos Andes.



Espécies selvagens parentes das culturas

Os CWRs podem servir como fonte de novas características, uma vez que a maioria não sofreu pressões seletivas por parte do homem e partilha um ancestral comum com as culturas, facilitando a utilização dos seus genes no melhoramento tradicional e na biotecnologia quando necessário.

<https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomysearchcwr>

USDA United States Department of Agriculture
Agricultural Research Service



Welcome!



Effective Jan. 1, 2025, the U.S. National Plant Germplasm System will modify its SMTA acceptance policy to distinguish between propagative and non-propagative germplasm. [Click here for more information.](#)

GRIN-Global

USDA National Plant Germplasm System

Log in

New User

Version: 2.3.12

[Accessions](#) [Descriptors](#) [Reports](#) [GRIN Taxonomy](#) [GRIN](#) [Help](#) [Contact Us](#) [Your Profile](#)

[USDA Introduces a Multi-Year Plan to Strengthen U.S. Genebank Management of Plant Germplasm](#)

[Query Crop Relatives in GRIN-Global](#)



Helianthus exilis A. Gray



Helianthus annuus L.



Phaseolus acutifolius A. Gray



Phaseolus vulgaris L.



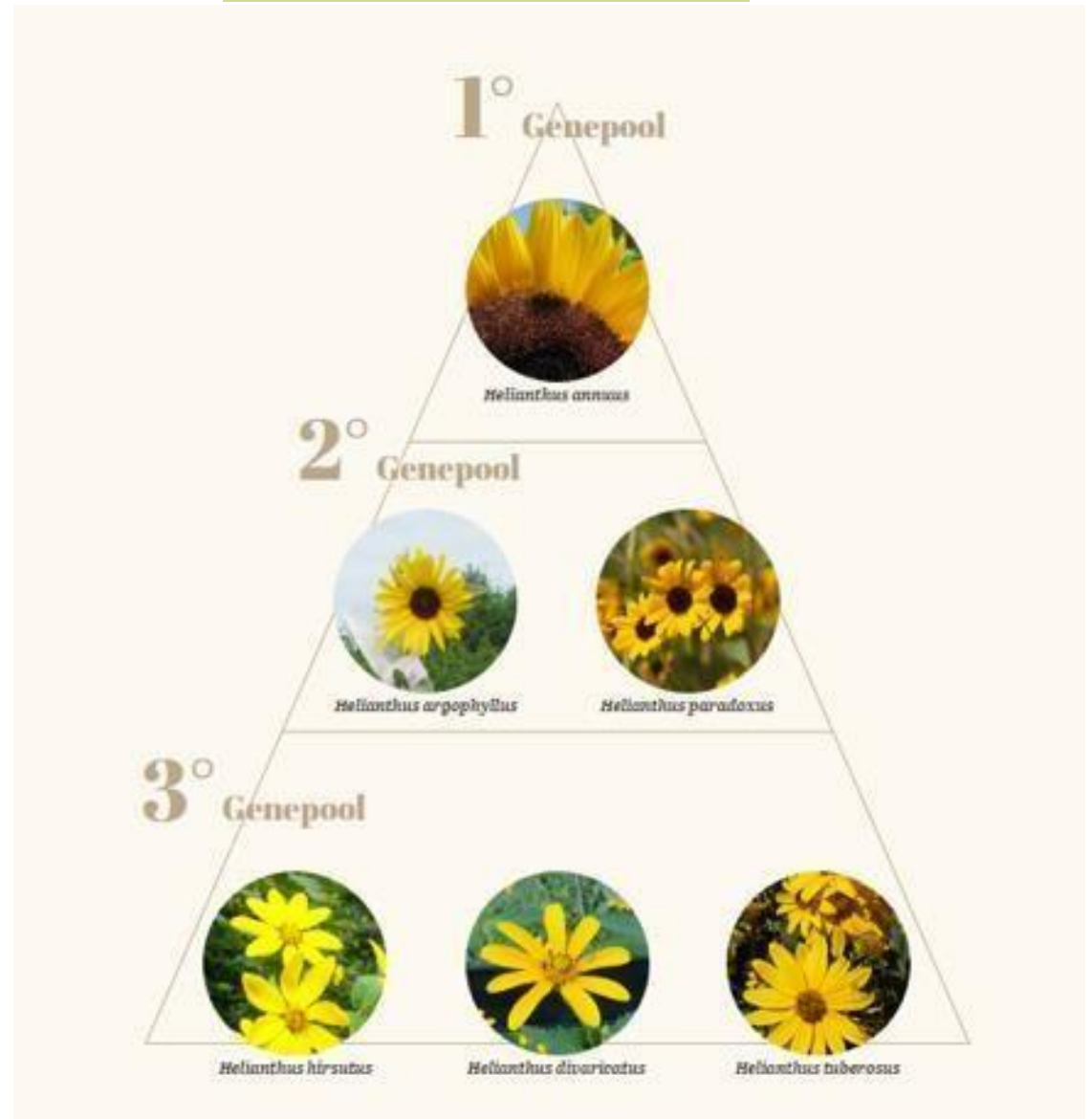
Aegilops columnaris Zhuk.



Triticum aestivum L.

Espécies selvagens parentes das culturas

- CWR representa um reservatório de diversidade que pode ser selecionado para se adaptar a um ambiente em mudança através do melhoramento.
- As espécies CWR são classificadas em três grupos com base na facilidade com que trocam genes com as espécies cultivadas às quais estão relacionadas.



1º Genepool



Helianthus annuus

Espécies que podem ser diretamente cruzadas com a cultura para produzir descendentes férteis.



Genes da espécie selvagem *Helianthus annuus* pode ser introduzido no girassol cultivado

2º Genepool



Helianthus argophyllus



Helianthus paradoxus



CWR é distinto das espécies cultivadas, mas ainda pode cruzar com culturas cultivadas para produzir descendência fértil.

por exemplo, *Aegilops tauschii* e *Egilops speltoides*, dois CWRs no pool genético secundário de *Triticum aestivum*, que são diplóides, mas *T. aestivum* é hexaplóide (seis cópias)

3º Genepool



Helianthus hirsutus



Helianthus divaricatus



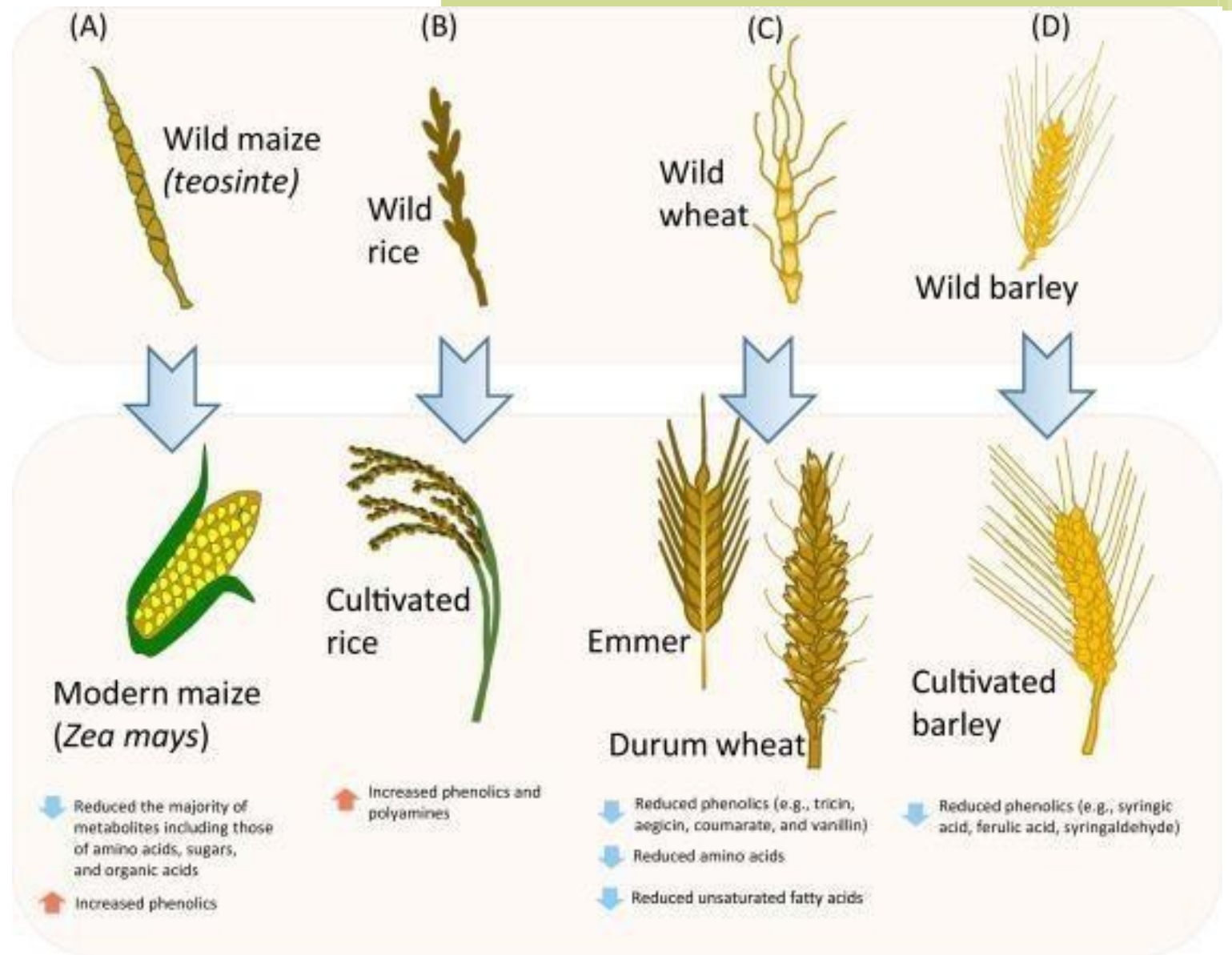
Helianthus tuberosus



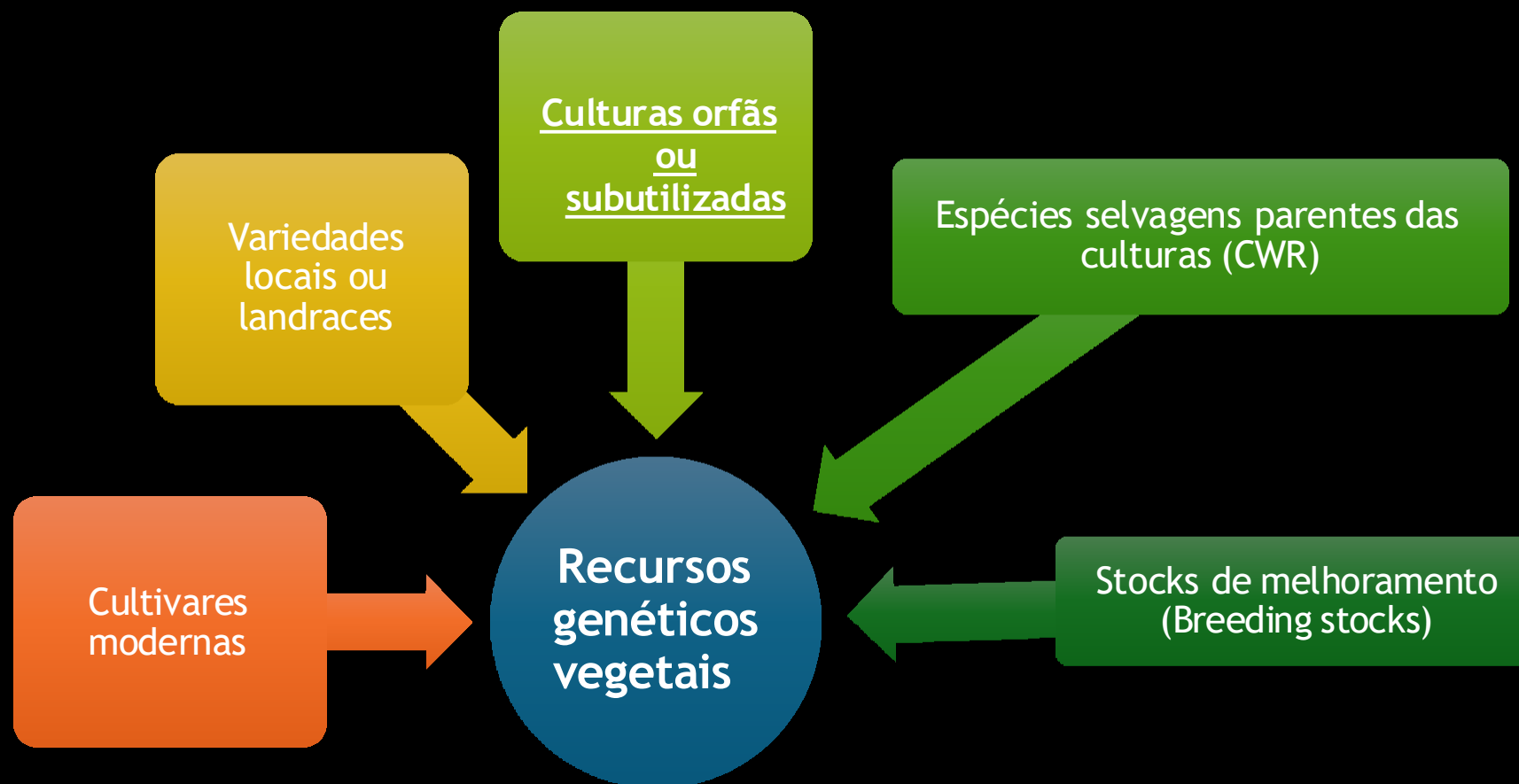
CWR distantemente relacionado com a cultura

Melhoramento tradicional impossível, mas possível com **BIOTECNOLOGIA** para transferir genes de interesse.

Exemplo de CWR e cultivares



Tipos de recursos genéticos vegetais





“ These crops are often overlooked by policymakers, researchers and extension agents. In fact, governments rarely allocate resources for their promotion and development. That results in farmers planting them less often, reduced access to high quality seeds, and loss of traditional knowledge.

Adding new species to our diets can also result in better supply of particular nutrients, i.e. essential amino acids, fiber, proteins.

"In addition to diversifying nutritional intake, neglected and underutilized crops provide economic and environmental benefits. Farmers can grow them on their own, as part of crop rotation systems or inter-plant them with other crops, protecting and enhancing agro-biodiversity at the field level. Having a bigger number of species to choose in a crop rotation system allows farmers to have a more sustainable production system. By changing species in a crop rotation system the cycle of some pests and diseases is disrupted and probabilities of infestations are reduced."

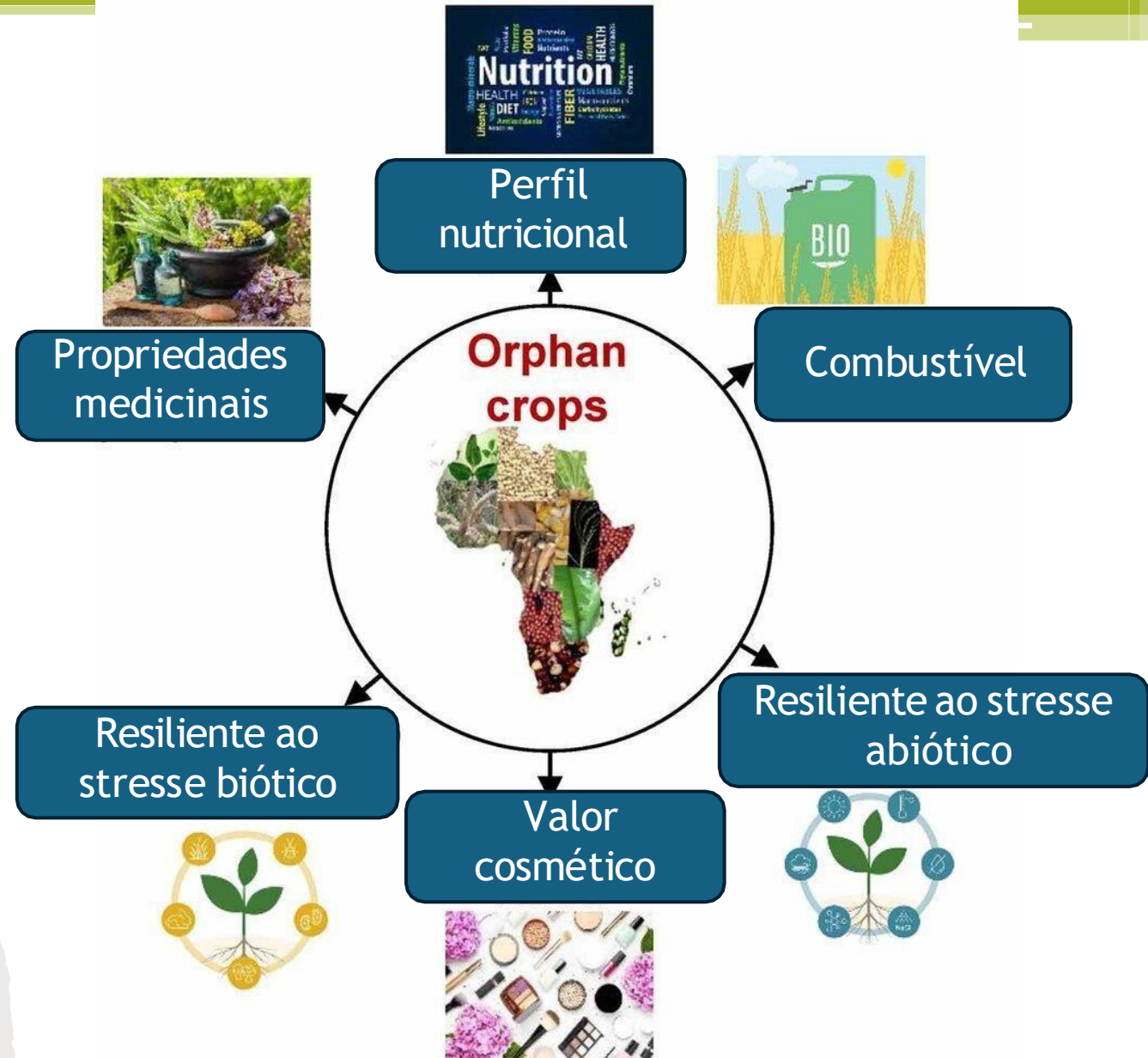
- Promoting neglected and underutilized crop species" by FAO

CULTURAS ÓRFÃS ESQUECIDAS NEGLIGENCIADAS

Culturas que normalmente não são comercializadas internacionalmente, mas que podem desempenhar um papel importante na segurança alimentar regional.

Por diversas razões, muitas destas culturas têm recebido pouca atenção dos criadores de culturas ou de outras instituições de investigação que desejam melhorar a sua produtividade.

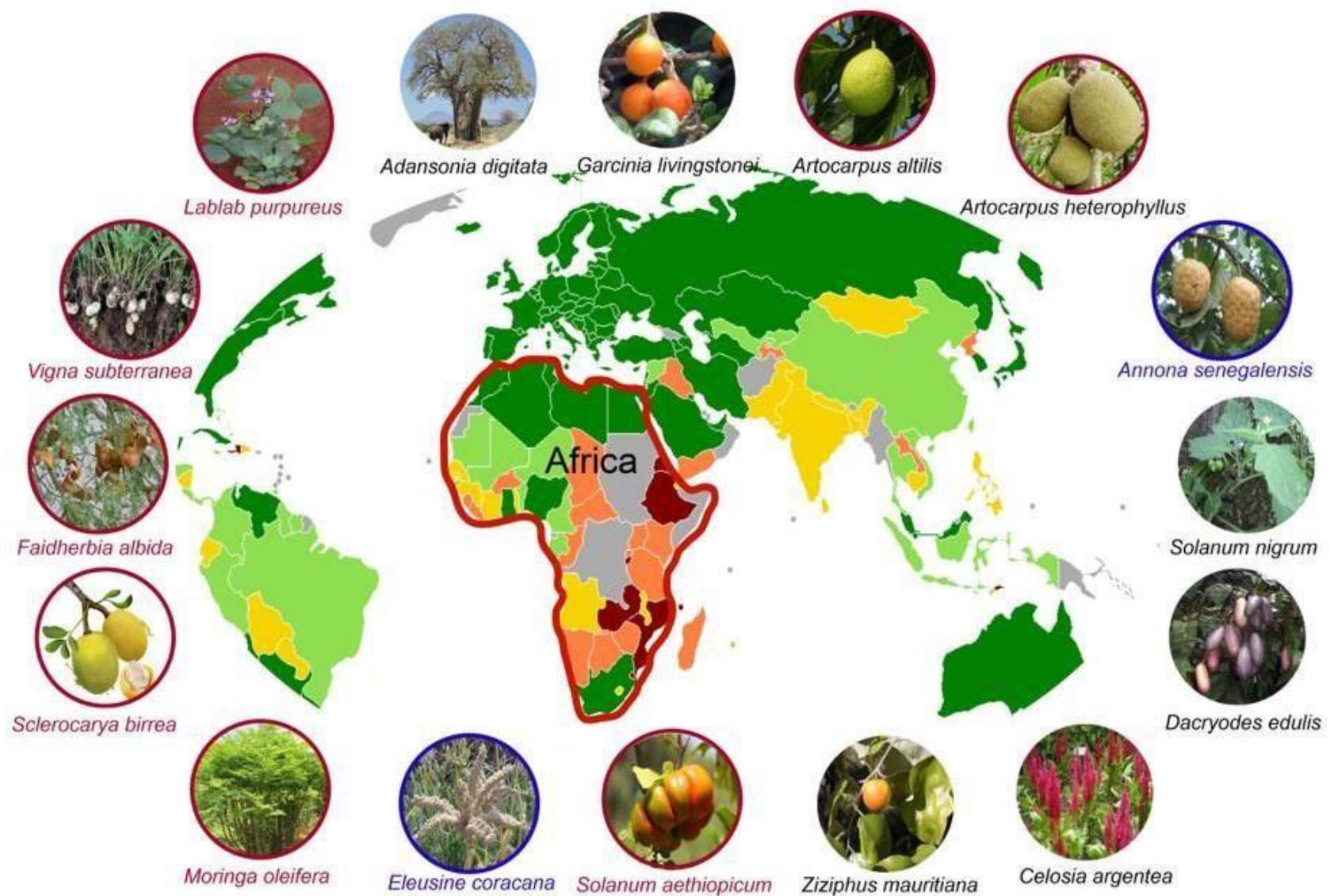
O valor das culturas órfãs

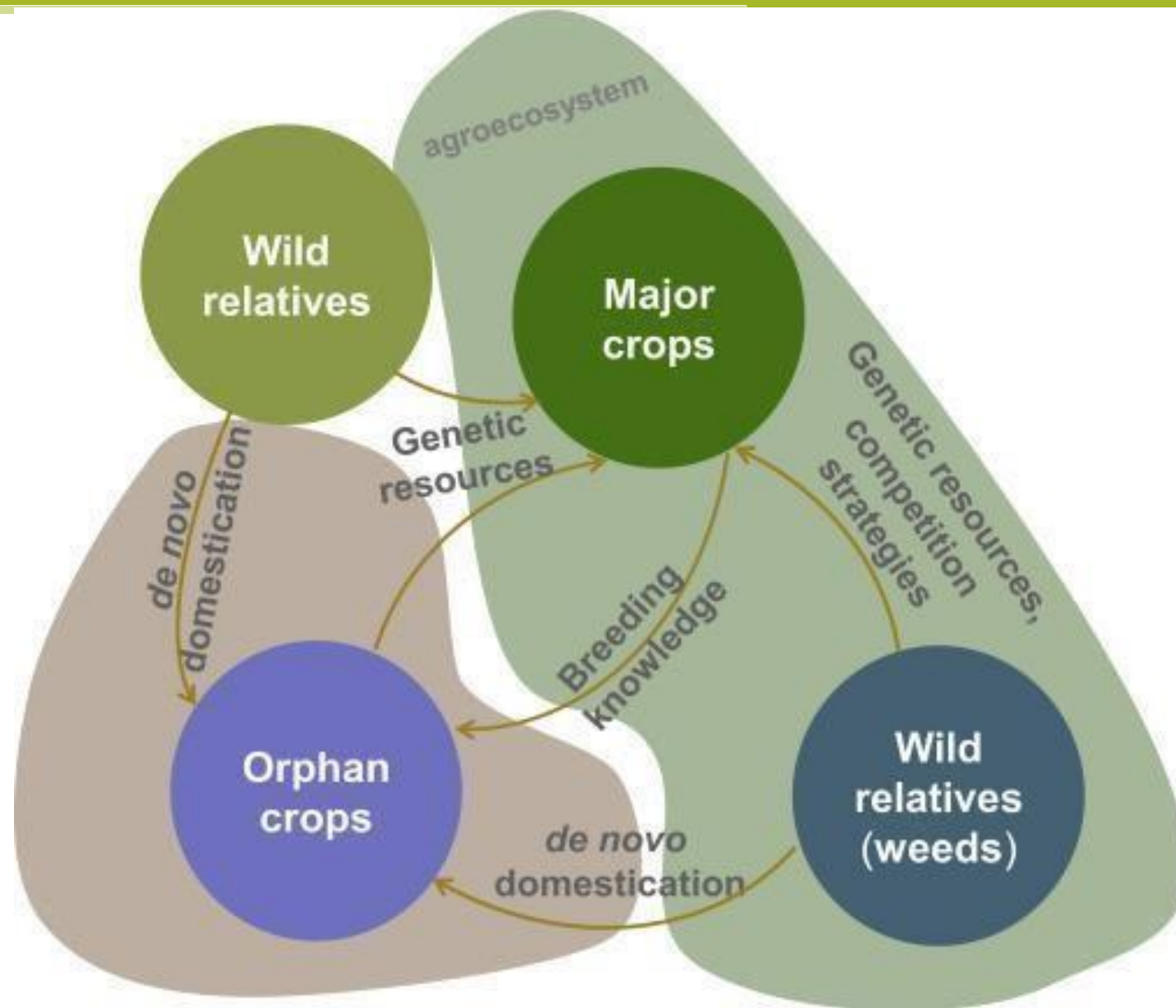


- Características



African Orphan Crops Consortium (AOCC), visa melhorar a nutrição, produtividade e adaptabilidade climática de algumas das culturas órfãs de África.





Why is Agricultural Biodiversity Important?

Biodiversity and agriculture are strongly interdependent



Biodiversity is essential to:

- ensure the production of food, fibre, fuel, fodder;
- maintain other ecosystem services;
- allow adaptation to changing conditions
- sustain rural peoples' livelihoods .

Origin of all species of crops and the variety within them. It is also the foundation of ecosystem services essential to sustain agriculture.

Biodiversity and agriculture are strongly interrelated because while biodiversity is critical for agriculture, agriculture can also contribute to conservation and sustainable use of biodiversity.

Plant genetic resources for food and agriculture

- Plant genetic resources, including crops, wild plants harvested and managed for food, trees on farms, pasture and rangeland species

The International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture- 2001

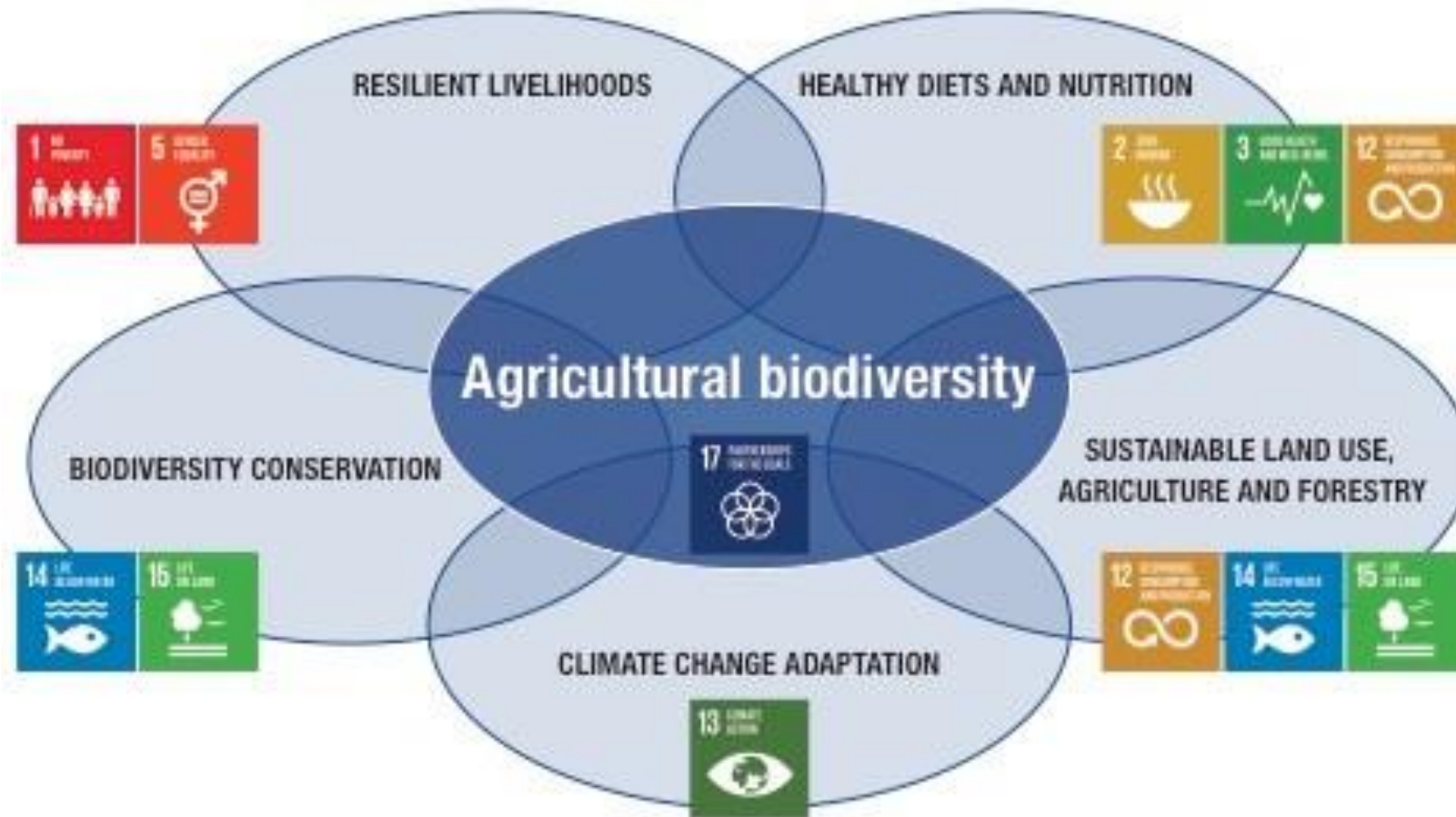
The Treaty aims at:

1. recognizing the enormous contribution of farmers to the diversity of crops that feed the world;
2. establishing a global system to provide farmers, plant breeders and scientists with access to plant genetic materials;
3. ensuring that recipients share benefits they derive from the use of these genetic materials with the countries where they have been originated.



The Treaty facilitates access to the genetic materials of the 64 crops in the Multilateral System for research, breeding and training for food and agriculture.

Agricultural biodiversity contributes to multiple sustainability dimensions and development goals



Measure progress towards relevant targets in the Sustainable Development Goals and the Convention on Biological Diversity

There are over 12,000 CROP SPECIES classified as suitable for human consumption, and yet according to the FAO, the majority of the world is fed on only 30 crops.



RICE



MAIZE



WHEAT

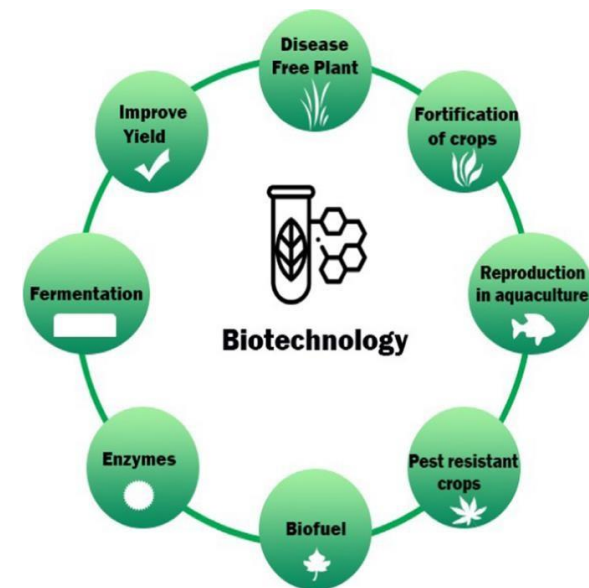


SOYBEAN

Among this select group are rice, maize, wheat and soybean, which provide almost 60% of the population's dietary energy, creating a precarious reliance on only a handful of crops.

PRINCIPAIS ALVOS DA BIOTECNOLOGIA

- SUSTENTABILIDADE
 - praticar a agricultura cuidando do meio ambiente e manter um equilíbrio ecológico adequado
- SEGURANÇA ALIMENTAR
 - **Caraterísticas quantitativas**=
Rendimento + resistência/tolerância ambiental
 - **Caraterísticas qualitativas** =
necessidades calóricas, proteínas, lipídeos, vitaminas e todos os outros fatores nutricionais.



Os **36 hotspots de biodiversidade** albergam números especialmente elevados de espécies únicas, mas a sua área combinada cobre agora apenas 2,3% da superfície terrestre da Terra.

Muitos abrangem áreas prioritárias em vários países. Cada um deles enfrenta ameaças extremas e perdeu pelo menos 70% do seu habitat original. **INCLUI plantas endémicas, com potencial para a agricultura - por exemplo, CWR.**

HOTSPOTS DE BIODIVERSIDADE

ÁFRICA

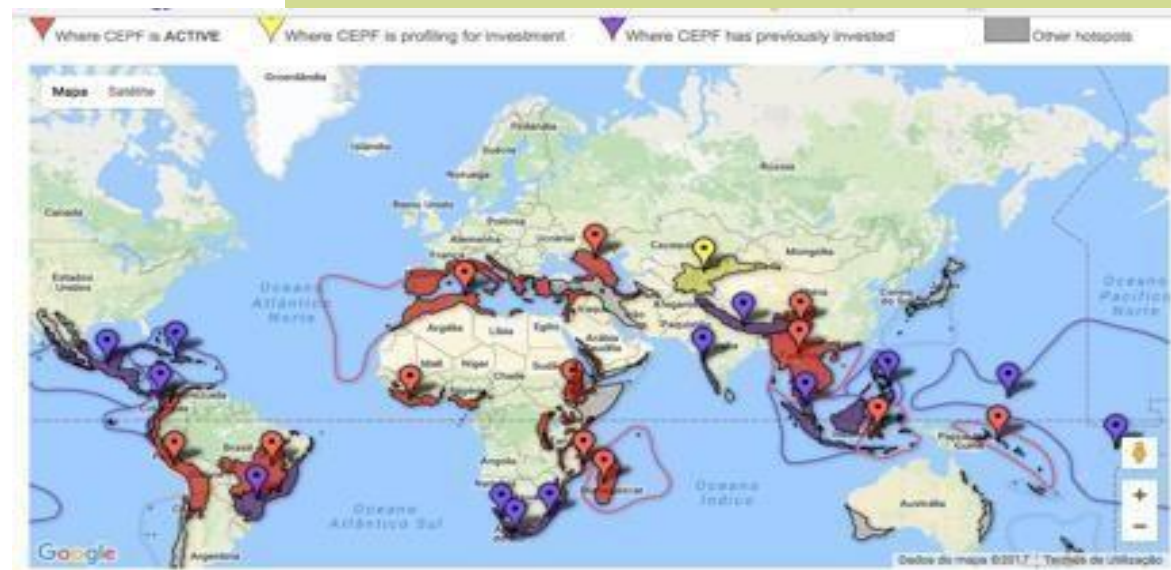
Oito hotspots abrigam uma diversidade de vida vegetal e animal, muitas das quais não são encontradas em nenhum outro lugar da Terra.

ÁSIA-PACÍFICO

Compostos por grandes áreas de terra, bem como por ilhas que pontilham os mares do Pacífico, estes 14 hotspots representam uma importante biodiversidade.

EUROPA E ÁSIA CENTRAL

Da Bacia do Mediterrâneo às Montanhas da Ásia Central, estes quatro Hotspots são únicos na sua diversidade.



Fundo de Parceria para Ecossistemas Críticos

AMÉRICA DO NORTE E CENTRAL

As Américas do Norte e Central abrigam milhares de hectares de habitat importante.

AMÉRICA DO SUL

Cerrado brasileiro aos Andes tropicais, a América do Sul tem algumas das formas de vida mais ricas e diversificadas da Terra.

Hotspots de Biodiversidade: interesse para a agricultura

Unlocking traits in species for agriculture used

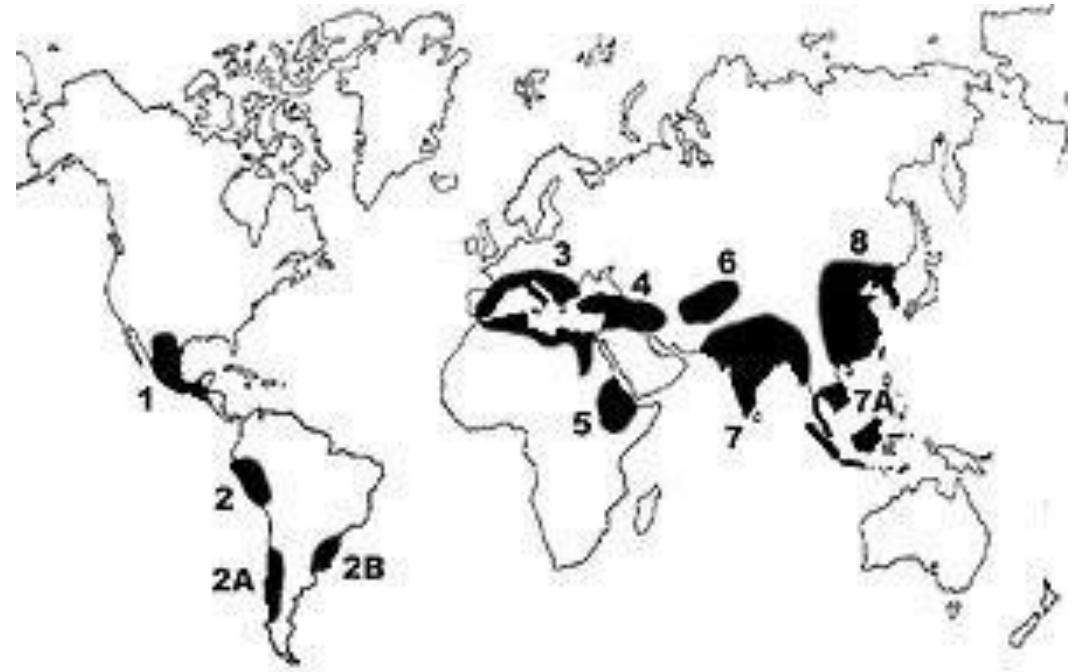
Introducing the concept of Center of Origin or Diversity

A center of origin is a geographical area where a group of organisms, either domesticated or wild, first developed its distinctive properties.

Major crops and most livestock species have their origins in the tropics and subtropics.

At least **12 major geographic 'centres of diversity'** – regions, or hotspots, that harbour a high percentage of plant, livestock, and cultural diversity.- are recognized.

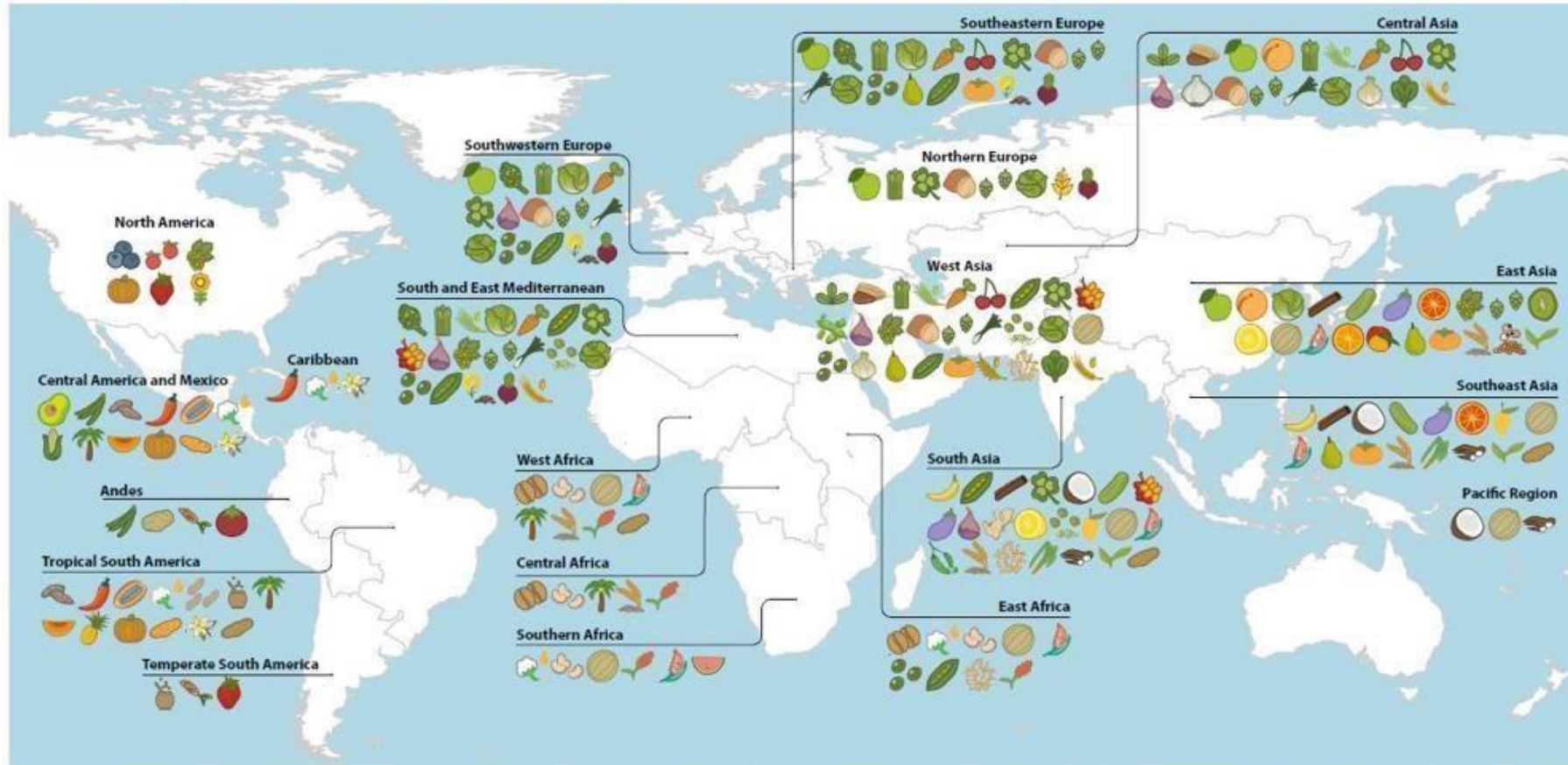
'Centres of diversity' refer both to regions where crops and livestock were originally domesticated from their wild ancestors, and regions of subsequent spread where ongoing adaptation to their environment and selection by farmers and herders takes place.



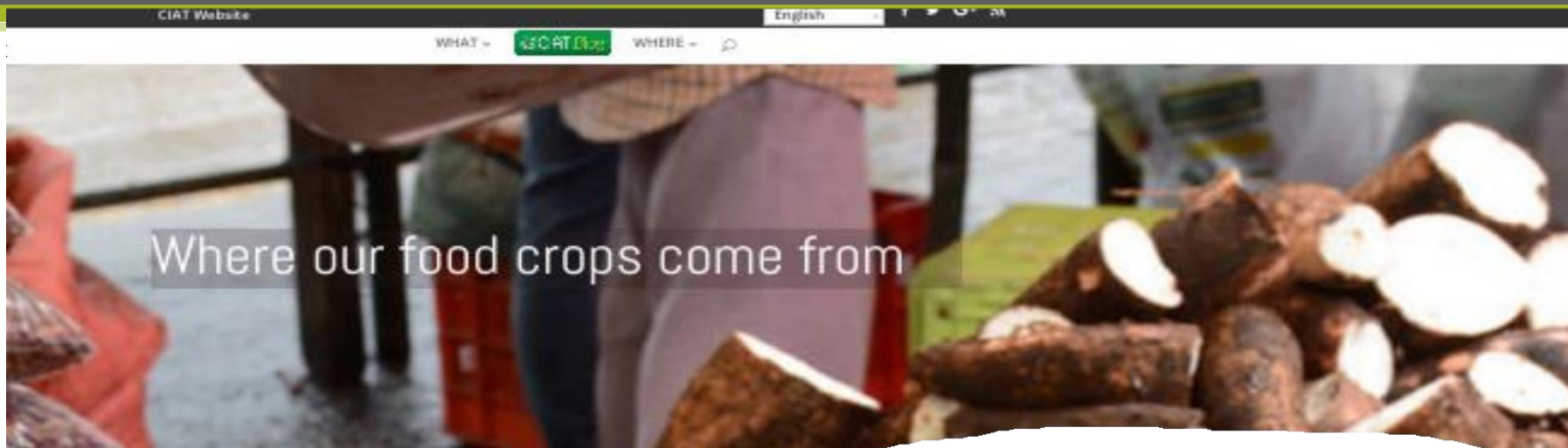
proposed by the Russian scientist Nikolai Vavilov (1887-1943)

ORIGINS AND PRIMARY REGIONS OF DIVERSITY OF AGRICULTURAL CROPS

Khoury CK, Achicanoy HA, Björkman AD, Navarro-Racines C, Guarino L, Flores-Palacios X, Engels JMM, Wiersema JH, Dempewolf H, Sotelo S, Ramírez-Villegas J, Castañeda-Álvarez NP, Fowler C, Jarvis A, Rieseberg LH, and Struik PC (2016). Origins of food crops connect countries worldwide. *Proc. R. Soc. B* 283: 20160792. DOI: 10.1098/rspb.2016.0792.



- | | | | | | | | | |
|---------------------|--------------------|----------------|------------|----------------|----------------------|---------------------|--------------|----------------|
| Alfalfa | Beans | Clover | Eggplants | Hops | Melons | Pears | Rice | Sunflower |
| Almonds | Blueberries | Cocoa beans | Faba beans | Kiwi | Millet | Peas | Rye | Sweet potatoes |
| Apples | Cabbages | Coconuts | Figs | Leeks | Oats | Pigeonpeas | Sesame | Taro |
| Apricots | Carrots | Coffee | Garlic | Lemons & limes | Olives | Pineapples | Sorghum | Tea |
| Artichokes | Cassava | Cottonseed oil | Ginger | Lentils | Onions | Plums | Soybean | Tomatoes |
| Asparagus | Cherries | Cowpeas | Grapefruit | Lettuce | Oranges | Potatoes | Spinach | Vanilla |
| Avocados | Chickpeas | Cranberries | Grapes | Maize | Palm oil | Pumpkins | Strawberries | Watermelons |
| Bananas & plantains | Chillies & peppers | Cucumbers | Groundnut | Mangoes | Papayas | Quinoa | Sugar beet | Wheat |
| Barley | Cinnamon | Dates | Hazelnuts | Mate | Peaches & nectarines | Rape & mustard seed | Sugarcane | Yams |



Explore the geographic origins of our food crops – where they were evolved over time – and discover how important these “primary regions” are to current diets and agricultural production.

[Read more about the story](#)



Interactive map

The interactive crop map displays the native origins and primary regions of diversity for selected major agricultural crops.



Explore the links between where crops come from – their native and traditional regions – and where they are grown worldwide.

- Localizar a origem das plantas cultivadas é fundamental para o melhoramento de plantas. Isto permite localizar parentes selvagens, espécies relacionadas e novos genes (especialmente genes dominantes, que podem fornecer resistência a doenças).

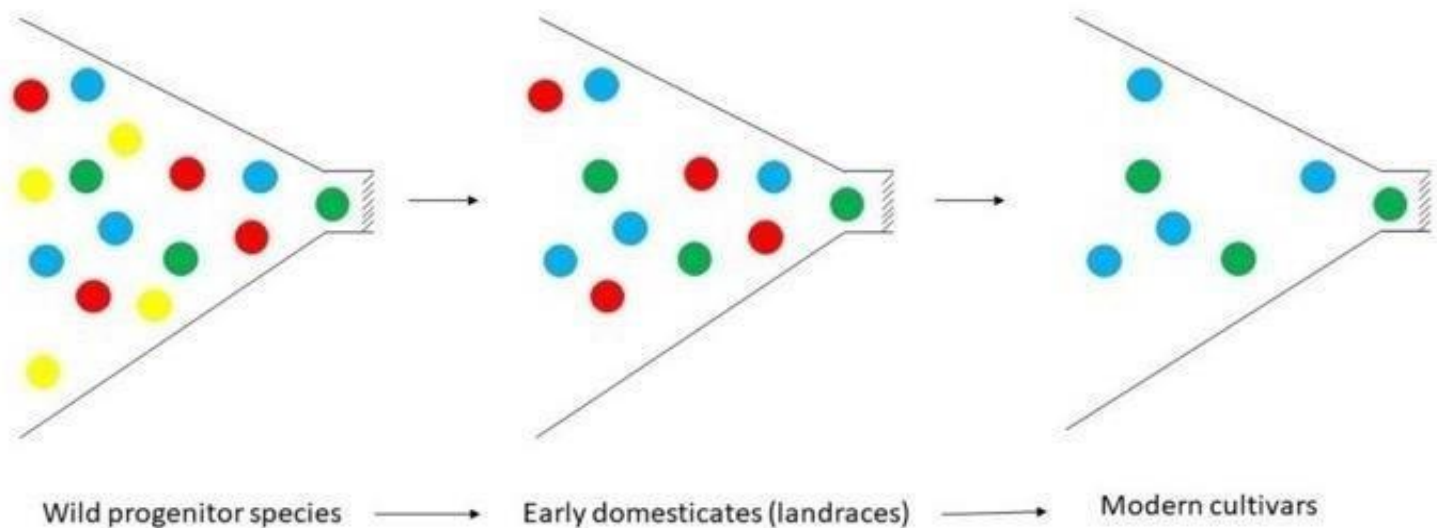
- O conhecimento das origens das plantas cultivadas é importante para evitar a erosão genética, a perda de germoplasma devido à perda de ecótipos e variedades locais, a perda de habitat (como florestas tropicais) e o aumento da urbanização.

DAS ESPÉCIES SELVAGENS ÀS LANDRACES E CULTIVARES

Desde cedo, agricultores migraram para novos territórios, transportando sementes, tubérculos e porta-enxertos.

'Landraces' ou variedades locais selecionadas pelos agricultores adaptadas às condições locais e preferências alimentares. Essas variedades tipicamente apresentam baixo potencial de rendimento, mas são geneticamente diversos e resistentes aos estresses abióticos e bióticos - e, portanto, uma importante fonte de diversidade genética para o melhoramento de culturas agrícolas.

As variedades locais são geralmente menos diversas que os seus parentes selvagens, mas mais diversas que cultivares produzidas durante a era moderna de melhoramento genético.



PORQUE É QUE ESPÉCIES SELVAGENS PARENTES DAS CULTURAS E AS CULTURAS ÓRFÃS SÃO IMPORTANTES?



Características inovadoras

Diversidade genética | Pool Genético

Adaptação natural aos desafios ambientais

Valor nutricional

CROP WILD RELATIVES



A CWR pode servir como fonte de características inovadoras, já que a maioria deles não sofreu pressões seletivas e partilha uma ancestralidade comum com culturas, facilitando o uso dos seus genes no melhoramento tradicional e biotecnologia quando necessário.

Dale, 1992 (Pl. Physiol 100, 13-15)

O evento da grande fome da batata na Irlanda – falta de diversidade genética

fome da batata na Irlanda de 1846-1850 ilustra a importância da agrobiodiversidade e de uma ampla base genética na produção agrícola. Durante esse período, a população da Irlanda diminuiu dois milhões, ou 25%. Um milhão morreu de fome ou de doenças associadas à fome e um milhão emigrou para a América do Norte ou partes da Inglaterra.

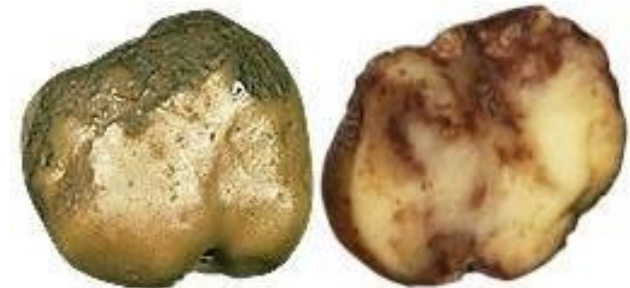
O que aconteceu?

As pessoas viviam principalmente da agricultura de subsistência e a batata era o alimento básico mais importante do país. Mas apenas duas variedades estavam em cultivo. Surgiu uma doença da batata, a **queima da batata**, causada pelo fungo *Phytophthora infestans*.

Dado que ambas as variedades de batata eram susceptíveis a esta doença, esta conseguiu espalhar-se sem impedimentos, destruindo grande parte da colheita.



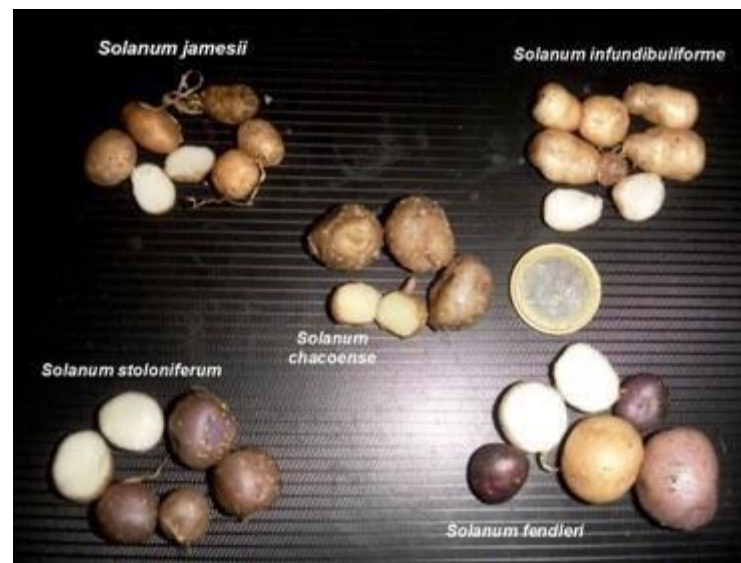
Batata saudável



Batata com queima

CASOS DE ESTUDO

LATE BLIGHT | *Phytophthora infestans*



Wild potato species

As espécies de batata selvagem contêm genes de resistência à DOENÇA, a qual destruiu grande parte da colheita da batata irlandesa na década de 1840 e ajudou a desencadear a FOME DA BATATA IRLANDESA.

PHYLLOXERA | *Daktulosphaira vitifoliae*



Top (left to right): Concord, Catawba, Elvira. Bottom (left to right): Dracut Amber, Norton, Muscadine.

A DEVASTAÇÃO das VINHAS por toda a EUROPA causada pela filoxera de inseto semelhante a pulgões foi finalmente travada pelo uso de porta-enxertos de espécies selvagens de uvas americanas.

BLACK SIGATOKA | *Mycosphaerella fijiensis*

leaf-spot disease



As bananas selvagens podem também ser a chave para criar uma variedade de banana resistente à Sigatoka Preta, um FUNGO DE RÁPIDA PROPAGAÇÃO que está a REDUZIR A PRODUÇÃO DE BANANAS em todo o MUNDO.

Corn Domestication as a case study

Maize (*Zea mays* L.) is the New World's preeminent grain crop, widely grown at the time of the European contact in both hemispheres, and was a staple food of many prehistoric societies.

Most historians believe maize was domesticated in the Tehuacan Valley of Mexico, yet recent research indicated the adjacent Balsas River Valley of south-central Mexico as the center of maize domestication.

Beginning about 2500 BC, the crop spread through much of the Americas. After European contact with the Americas in the late 15th and early 16th centuries, explorers and traders carried maize back to Europe as part of The **Columbian Exchange** event.



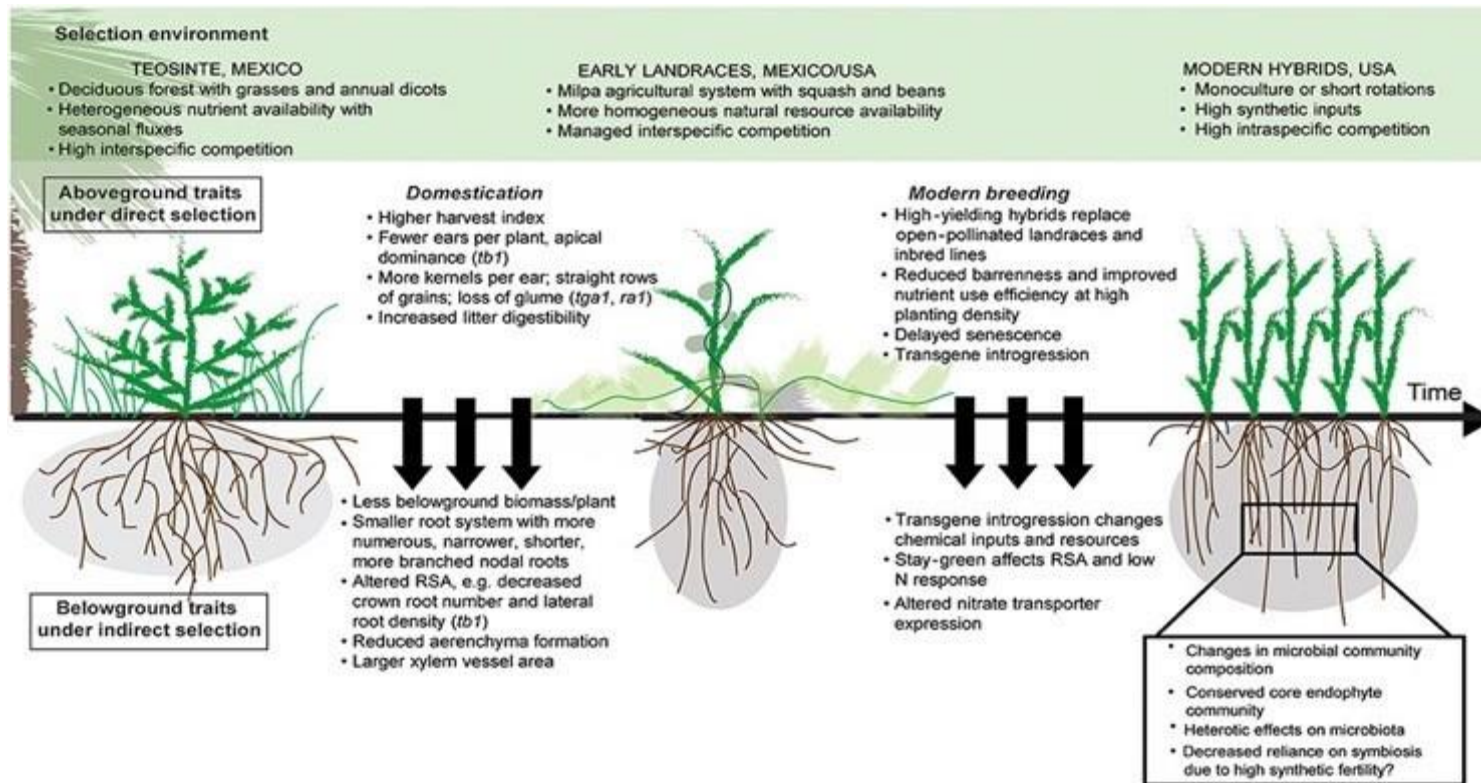
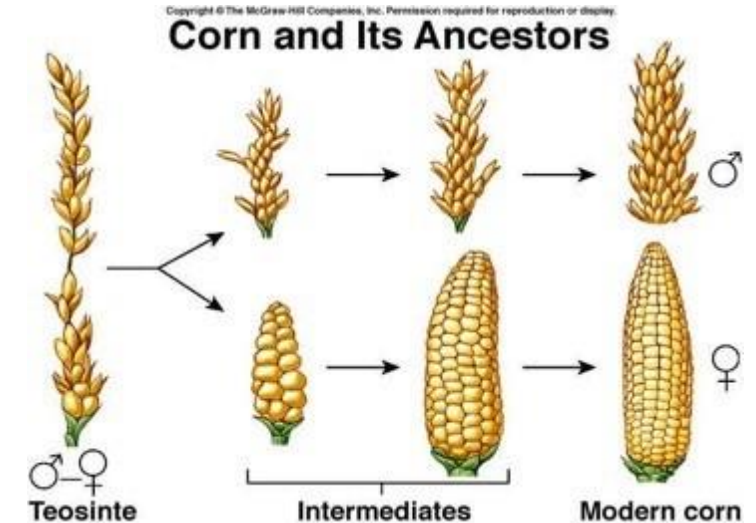
Reconstruction of maize cultivation by a sedentary fisher communities of the Valley of Tehuacan, ca 3400 BC, Mexico. Mexico City, Biblioteca Nacional De Antropología E Historia



Corn Domestication as a case study

Antes de serem domesticadas, as plantas de milho só cresciam pequenas espigas de milho, com 25 milímetros de comprimento, e apenas uma por planta.

Muitos séculos de seleção artificial pelos povos indígenas das Américas resultaram no desenvolvimento de plantas de milho capazes de produzir vários espigas por planta, geralmente com vários cms de comprimento cada.



Culturas redescobertas com potencial biotecnológico

Rhus- The name sumac comes from the Aramaic word *summaq* which means "dark red."



As far back as 2,000 years ago, sumac was noted for its healthful properties, namely as a diuretic and anti-flatulent, by Roman Emperor Nero's physician, Pedanius Dioscorides. Before lemons made their way into Europe, the Romans used sumac to add a tanginess to dishes.

Cannabis- The Latin name comes from Greek *kannabis*, which is derived from the Sanskrit root *canna*, meaning cane.



The medicinal use of Cannabis was first documented in 'Shen Nong Ben Cao Jing', which is said to have originated from the emperor Chen Nung (2737 BCE).

Sumac

Sumac is any of about 35 species of flowering plants in the genus *Rhus* and related genera in the cashew family (Anacardiaceae). Sumacs grow in subtropical and temperate regions throughout every continent except Antarctica and South America. Sumac is used as a spice, as a dye, and in medicine.



Sumac

applications

- *Rhus coriaria* — is the variety people most frequently cultivate for culinary use and herbal medicine
- The Romans used sumac berries as a souring agent and flavoring before citrus fruits reached the region.
- Sumac is a plant with red berries that can be ground into a powder for herbal remedies and cooking. It may help in controlling blood sugar and relieving muscle pain, but more research is still necessary.
- Sumac is a popular ingredient in Mediterranean and Middle Eastern cuisines.

Sumac plants (*Rhus coriaria* L.)



Sumac fruits



Processing

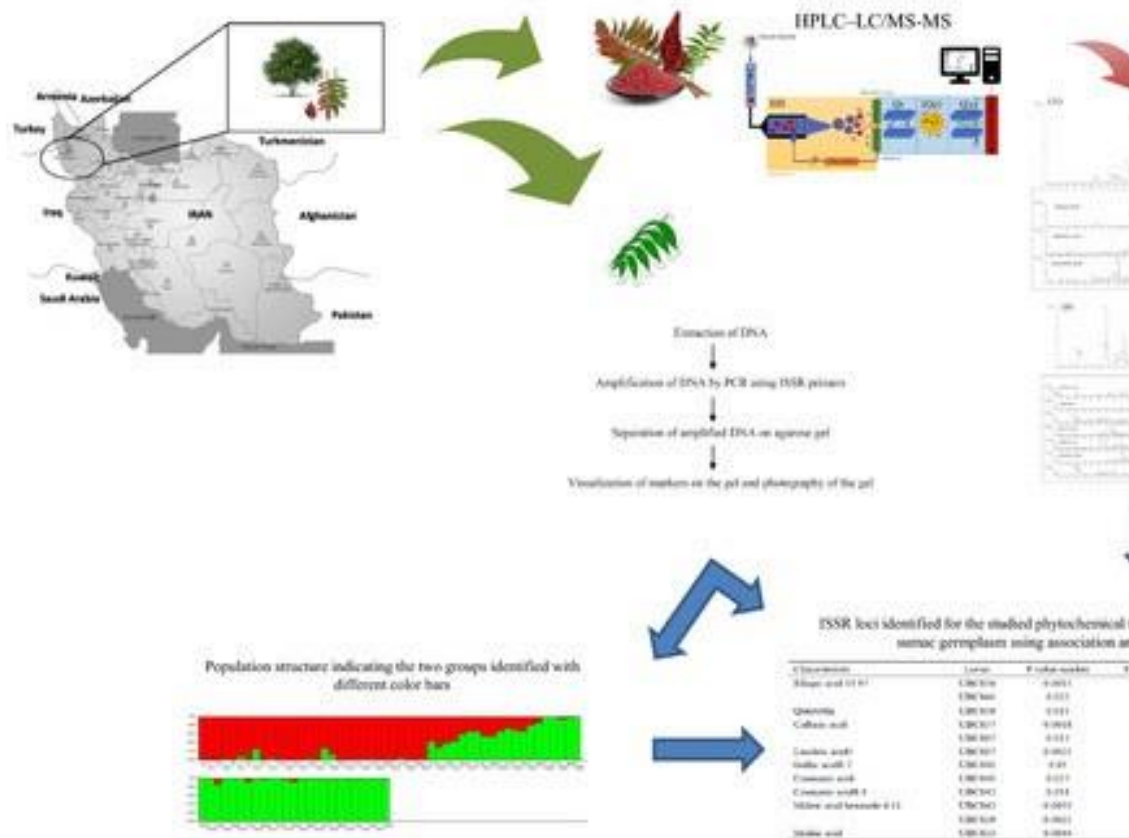


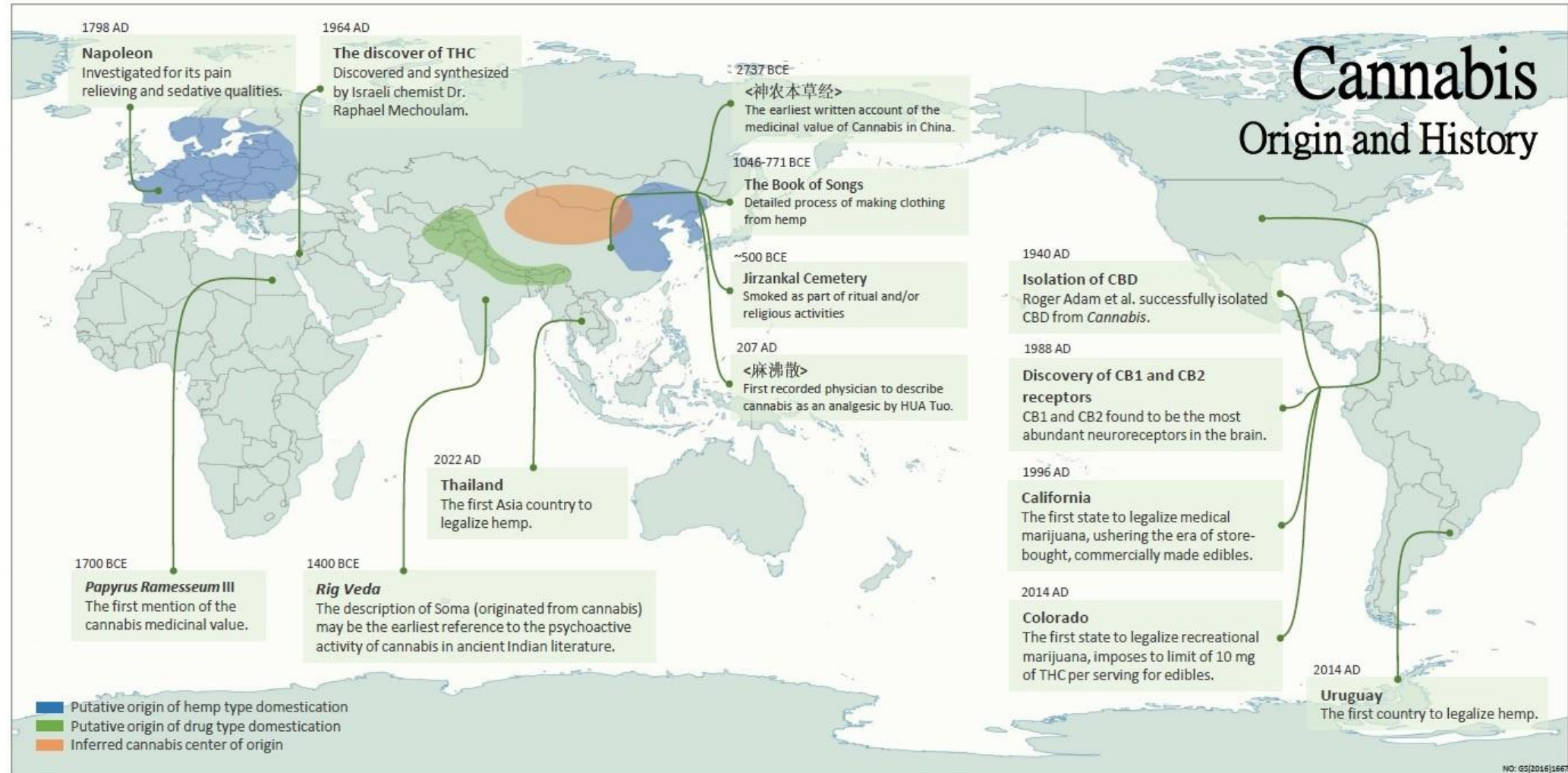
Sumac spice (dried fruit blend)



Sumac extracts have been found to have antimicrobial, antioxidant and hypoglycemic activities

Towards the identification of molecular markers associated with phytochemical traits in the Iranian sumac (*Rhus coriaria* L.) populat





Important events in the history of *Cannabis sativa* L. and its putative origin. Major events in the history of *Cannabis* usage and their respective locations have been marked on the map. Orange indicates the inferred center of origin of *Cannabis*. Blue indicates the putative origin of domestication of hemp-type *Cannabis*. Green indicates the putative origin of domestication of drug-type *Cannabis*.

Cannabis was domesticated in East Asia during the early Neogene. Over millennia, both artificial domestication and wild cultivation led to the development of diverse *Cannabis* species, which are cultivated for their fiber and as drugs.

WHAT'S WEED?

Various strains of cannabis exist, but there is no consensus on taxonomy. *Sativa*, *indica* and *ruderalis* might be three separate species or subspecies of *Cannabis sativa*.

◀ SATIVA ~5m

From the latin for cultivated, these plants are tall and branched. They are the most common strain for all uses.

Cannabinoids are produced in trichomes—small, mushroom-like growths, thought to protect the plant from ultraviolet light, predators and dehydration.



◀ NDCA 1-2m

These short, broad-leaved plants are often used to make hashish.

◀ RUDERALIS <1m

The scrawny 'roadside' plants have lower levels of cannabinoids and are used for cross-breeding.



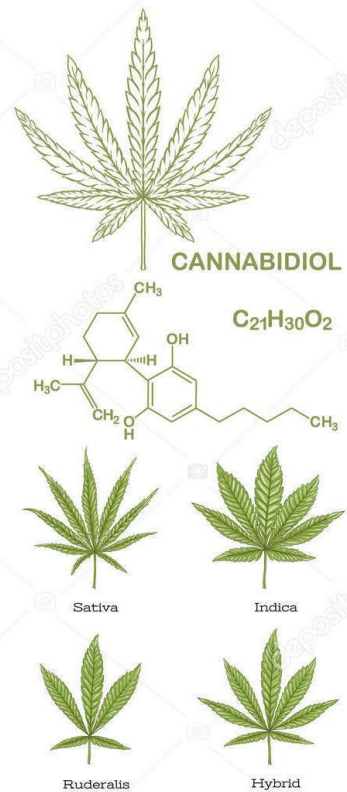
C.indica

C. sativa

C.ruderalis

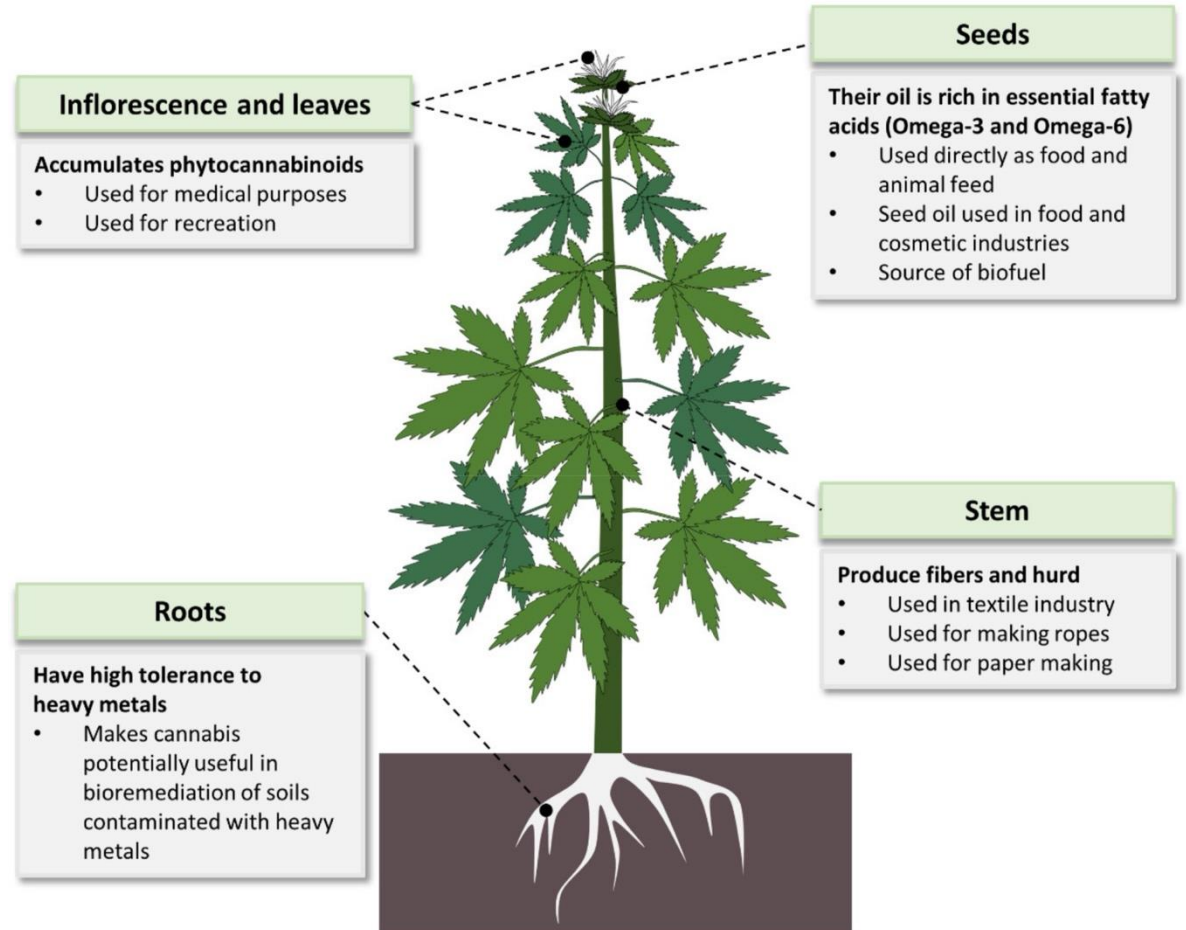
Cannabis indica and *Cannabis sativa* are the major sources of cannabinoids, and are predominantly cultivated, while the third species, *C. ruderalis* is a wild and hardy species and is rarely grown by cultivators as there is no significant content of cannabinoids

Uses of hemp



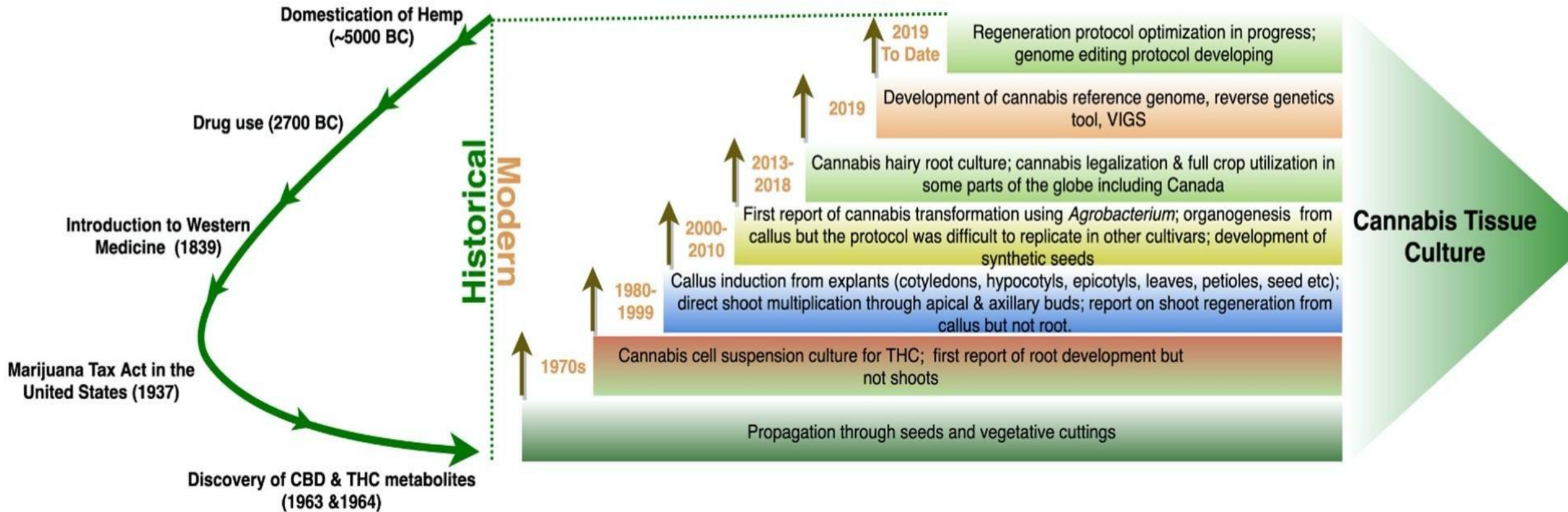
CANNABIS Uses and benefits

Food 	Oil 	Medicines 
Cosmetics 	Essencial oil 	Nutritional supplement 
Paper product 	Fuel 	Constructions 
Textiles 	Plastic 	Bags 
Toys 	Livestock feed 	Livestock bedding 



The defining difference between hemp and marijuana is their psychoactive component: tetrahydrocannabinol, or THC.

Biotechnology development of hemp research



Culturas redescobertas com potencial biotecnológico

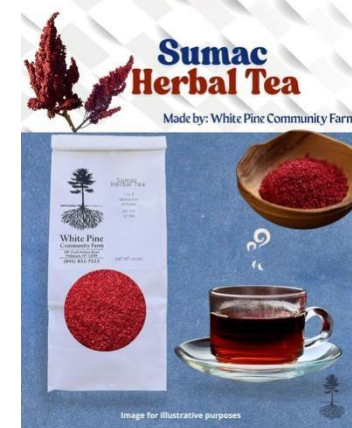
Rhus- The name sumac comes from the Aramaic word *summaq* which means "dark red."



Há cerca de 2.000 anos, o sumagre era conhecido pelas suas propriedades saudáveis, nomeadamente como diurético e antiflatulento, pelo médico do imperador romano Nero, Pedanius Dioscórides. Antes de os limões chegarem à Europa, os romanos usavam sumagre para dar um toque ácido aos pratos.

Sumagre (Sumac)

O sumagre é qualquer uma das cerca de 35 espécies de plantas com flores do género *Rhus* e géneros relacionados da família dos cajú (Anacardiaceae). Os sumagres crescem em regiões subtropicais e temperadas em todos os continentes, exceto na Antártida e na América do Sul. **O sumagre é usado como especiaria, como corante e na medicina.**



CARACTERÍSTICAS DE QUALITATIVAS + QUANTITATIVAS

- Nutrição
- Rendimento
- Taxa de crescimento
- Autopolinização
- Sabor
- Toxinas reduzidas
- Requisito de dormência reduzido/negligenciável
- Resistência e tolerância a stresses bióticos e abióticos



**TODOS
CODIFICADOS
POR
GENES**



<https://www.youtube.com/watch?v=Q18B3Cg5cGY>

<https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7308492149753372675/>



$$\begin{array}{ccccc} \text{Alterações} & & \text{Caraterísticas} & & \text{Novo} \\ \text{Ambientais} & \times & \text{Gene} & = & \text{Fenótipo} \end{array}$$

A **previsão de fenótipos baseada na composição genotípica é desafiante**, pois o desempenho das culturas pode ser profundamente influenciado pelas condições ambientais, composição do solo, agentes patogénicos e pragas, e pela gestão de ensaios (por exemplo, entrada de fertilizantes, controlo de ervas daninhas, abastecimento de água).

A **interação do genótipo com o ambiente** pode ser avaliada através de desenho experimental adequado, técnicas Ómicas, avaliação de múltiplos locais e medição cuidadosa de variáveis ambientais.

The diagram features a green arrow pointing left with the text "Traditional breeding". Below this is the equation "Environment x Gene = Phenotype", where "x" is a green symbol and "=" is a green double line. Underneath the equation is a blue arrow pointing right with the text "Genomics-assisted breeding". At the bottom is a red-outlined triangle with the text "Biotechnology" inside it.

Traditional breeding

Environment $\times$ Gene $=$ Phenotype

Genomics-assisted breeding

Biotechnology

Targets | SUSTAINABILITY AND FOOD SECURITY in a changing climate

Abiotic and Biotic stresses

Genetic resources (Landraces /CWR)

QTL/markers

Genes/alleles

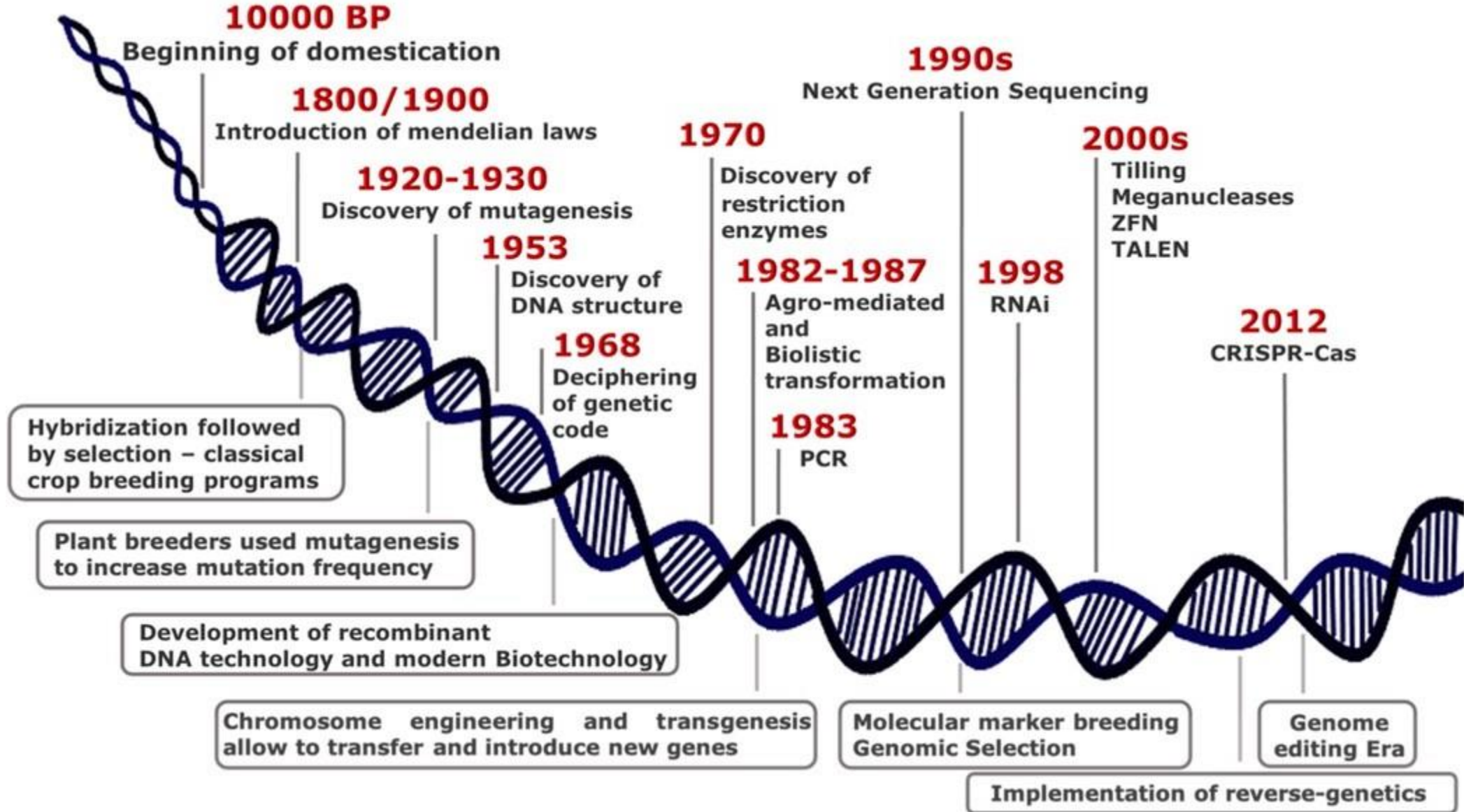
Molecular Breeding

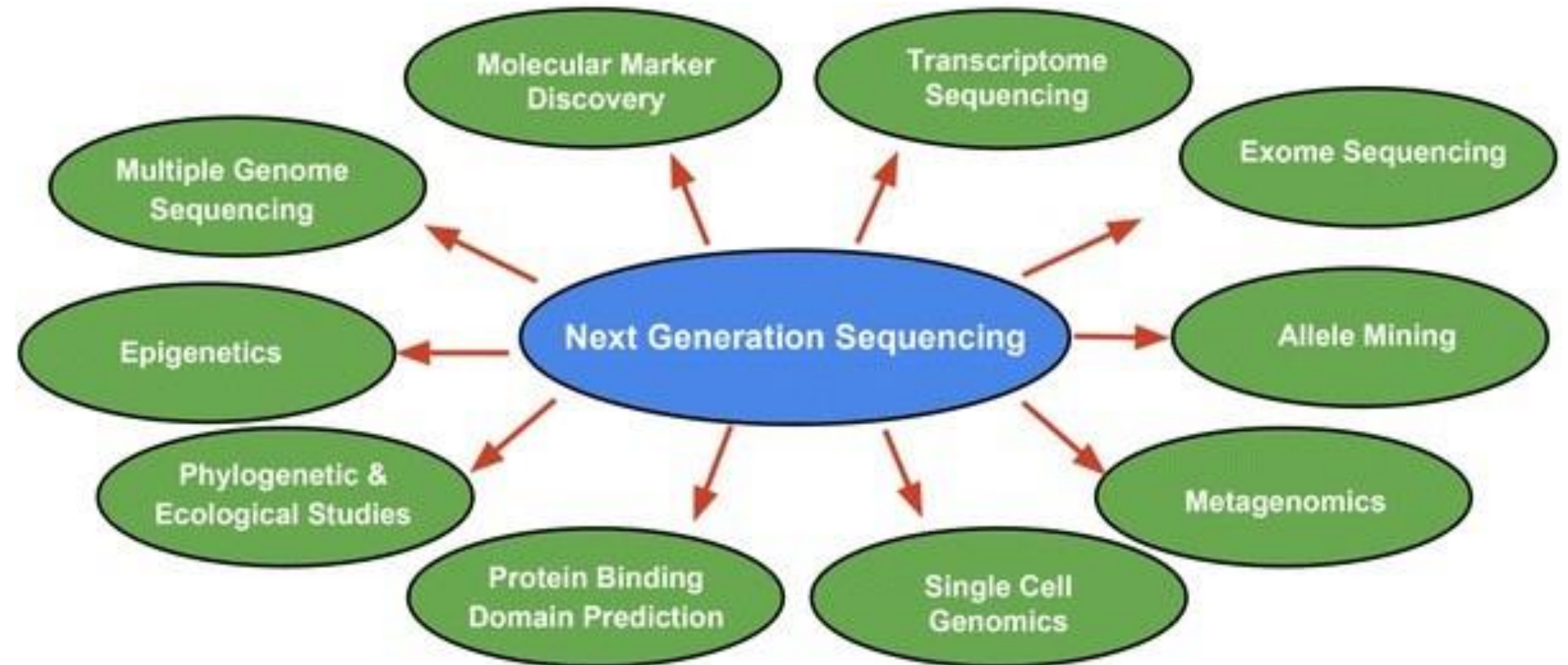
Genetic engineering

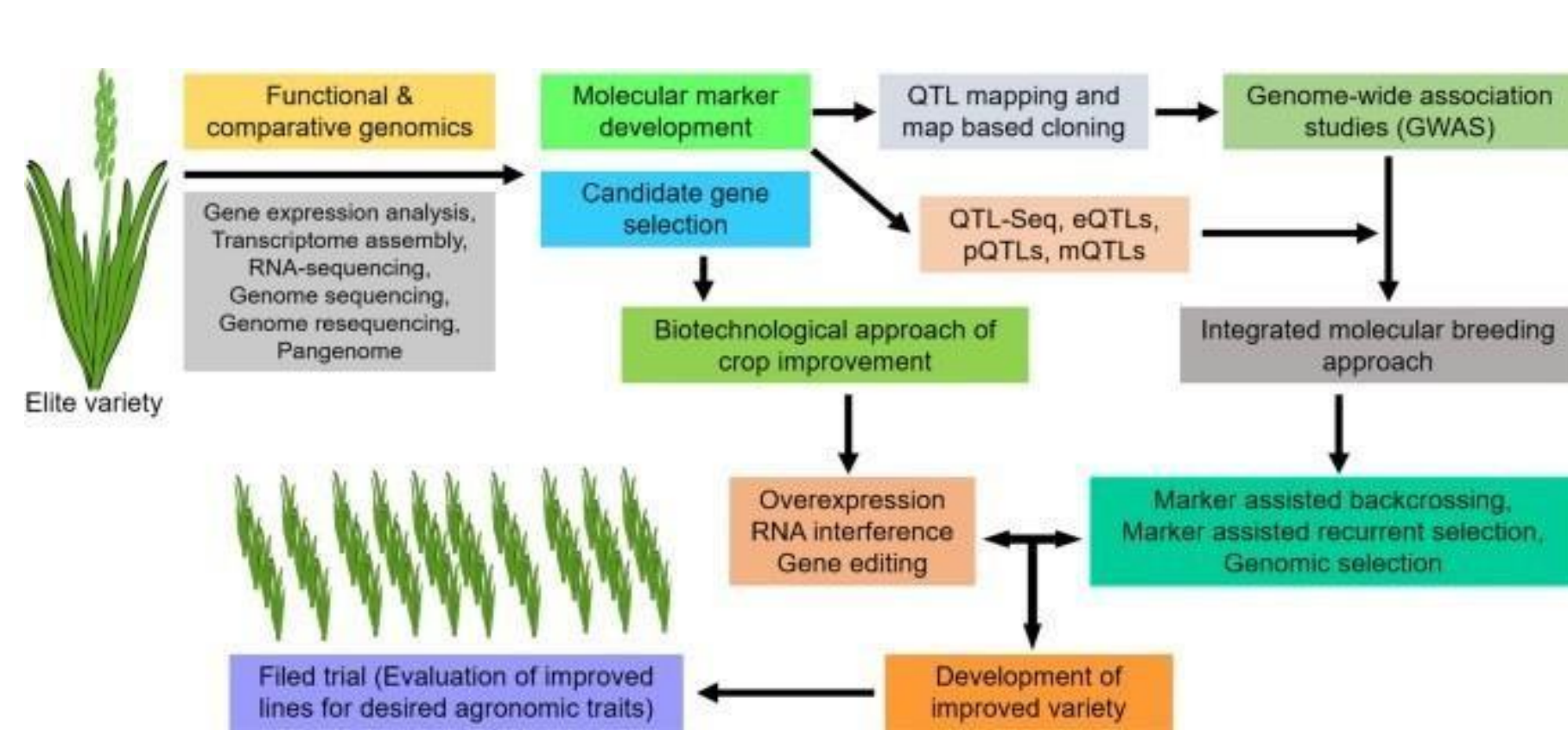
Integrated breeding

Environment $\times$ Gene $=$ Phenotype

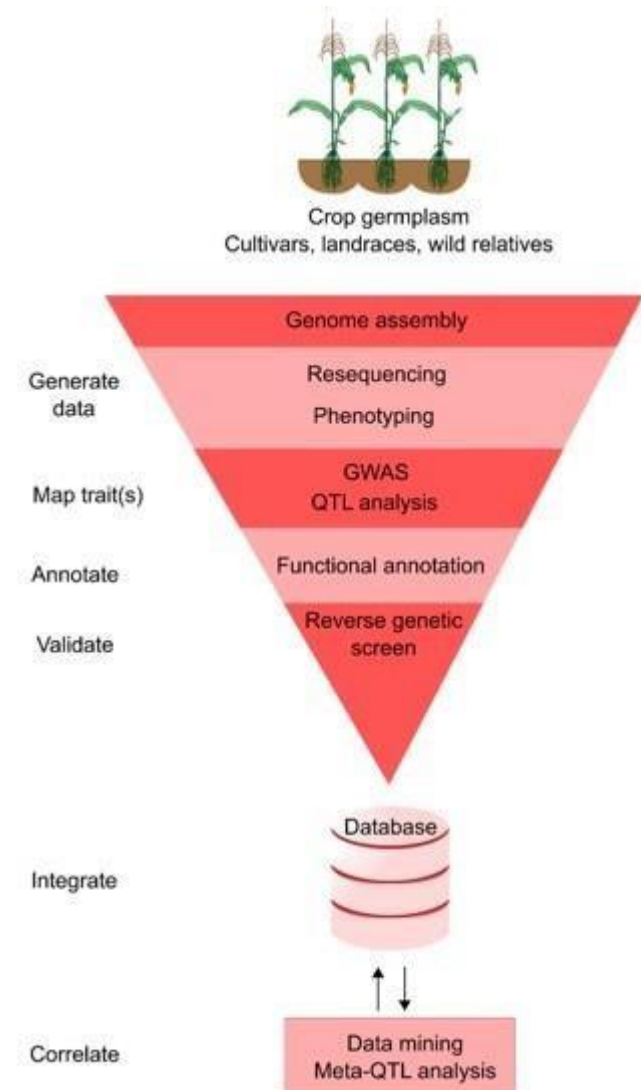
Yield and stress tolerant/resistant cultivars



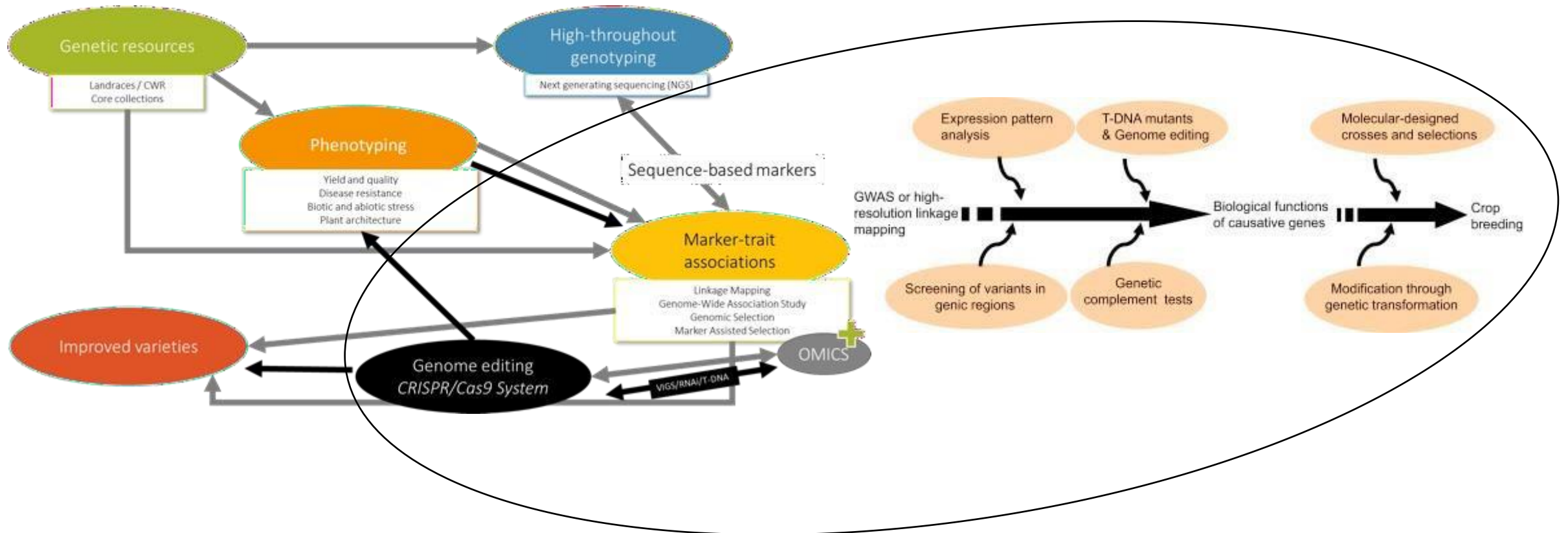


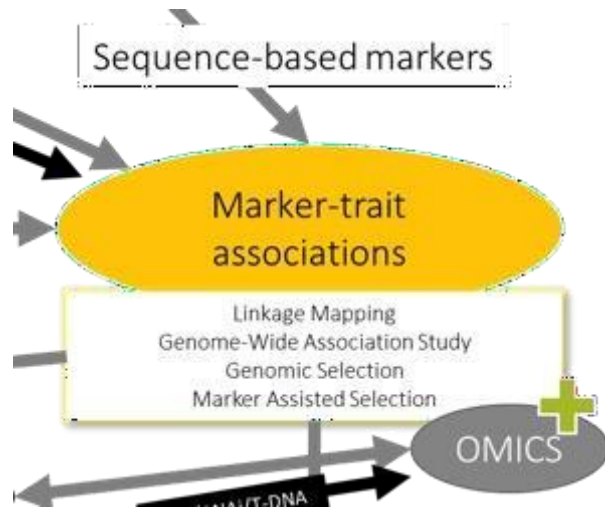


Singh *et al.* Breeding and biotechnological interventions for trait improvement: status and prospects. *Planta* **252**, 54 (2020).



Genomics-assisted breeding





Marker-assisted selection (MAS) is the identification of DNA sequences located near genes that can be tracked to breed for traits (Phenotype) that are difficult to observed. MAS can be relatively straightforward for genes conditioning large phenotypic effects, such as strong effects on disease resistance, and its use for germplasm improvement is beginning to prove successful for some types of field applications for major crops.

Example: Rice resistance to bacterial blight.

It is important to distinguish between two types of traits:

- **Qualitative traits:** traits conditioned by single genes with large effects showing simple inheritance.
- **Quantitative traits:** traits that show complex inheritance.

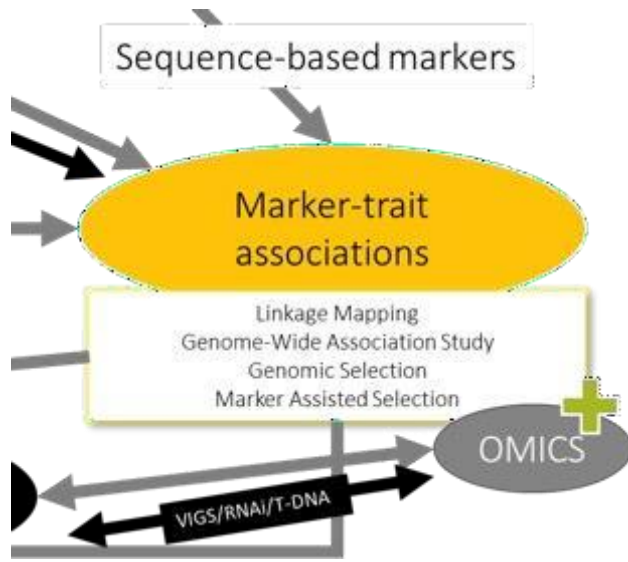
Important plant traits that frequently show simple inheritance include some resistances to diseases and pests.

However, most important traits are governed by multiple genes, each having relatively small effects. These “quantitative traits” have been difficult to understand and to manipulate in conventional crop breeding programs.

The term **QTL (quantitative trait loci/locus)**, refers to the chromosomal regions of genes that control quantitative traits. QTL is a genetic locus where functionally different alleles segregate and cause significant effect on a qualitative trait.

While QTL-markers are used for MAS in crop improvement, the utility of such markers can be limited by a high degree of imprecision in mapping desirable loci of small effects.

The identification of “**candidate genes**” makes it possible to localize desirable variants much more precisely.



Candidate genes are genes known or suspected to be involved in conditioning the phenotype of interest.

The inference that genes contribute to a given trait may be strengthened if it maps to a chromosomal region that has been associated with the trait in the QTL mapping experiments.

The challenge is to enhance the genetic resolution (**QTL mapping on chromosome linkage maps**) so that the QTL is confined to a chromosome segment including only one gene.

However, even after fine-mapping one can find a large number of genes within the QTL. In this case the general approach is testing via function prediction.

The functional testing of a candidate gene/s can be performed by over-expressing or down-regulating the target gene through **CRISPR-Cas9, RNAi, VIGS**.

The resulted silenced/transformed plant is analysed by a combination of **OMICS** (metabolomics, transcriptomics, proteomics, genomics).

CRISPR-Cas9 genome editing

(...)

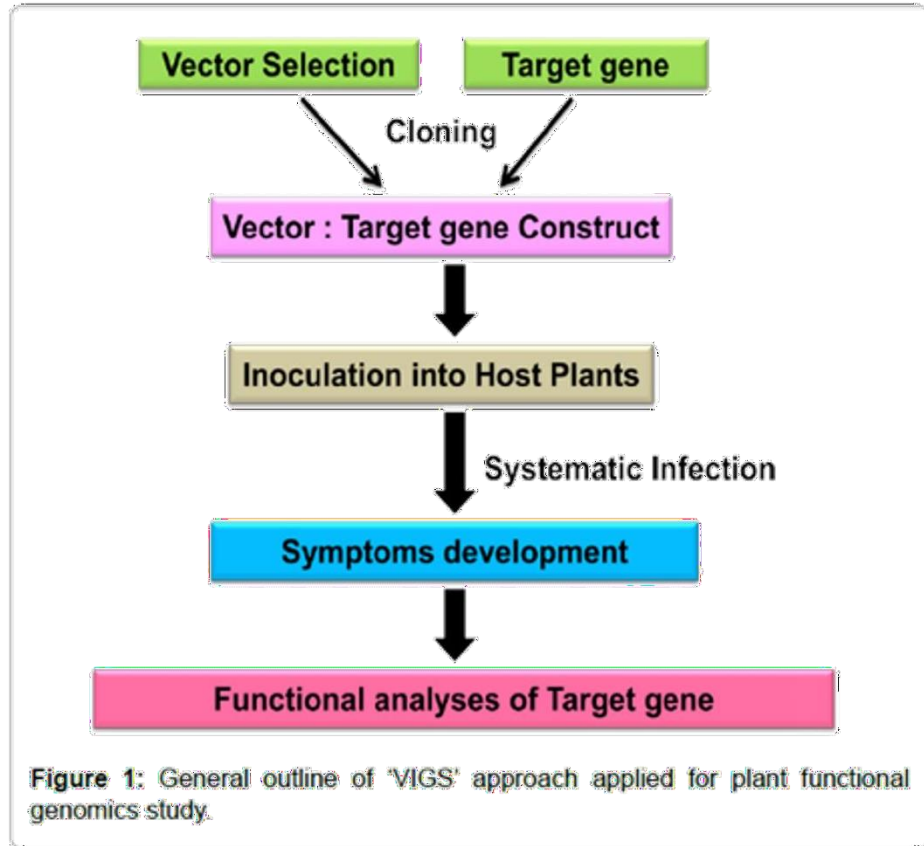
Table 1 Agricultural applications of the use of CRISPR systems in the 52 articles studied (2014–2017)

Part 1 of 6

Plant species	Application perspectives	Targeted sequence(s)	Molecular functions	Delivery method/main strategy	Transgene-free plants studied (yes/no)	Reference
BIOTIC STRESS TOLERANCE						
Virus stress tolerance						
Model plants						
<i>Arabidopsis thaliana</i>	Potyvirus resistance (TuMV)	eIF(iso)4E, member of the eukaryotic translation initiation factor	Recessive resistance alleles against various potyviruses	<i>Agrobacterium</i> -mediated transformation with a Cas9/gRNA recombinant plasmid binary vector (floral dipping) // gene knockout with Cas9/gRNA	Yes	[9]
<i>Arabidopsis thaliana</i> and <i>Nicotiana benthamiana</i>	Beet severe curly top virus (BSCTV) tolerance	43 candidate sites in coding or non-coding sequences of the BSCTV genome for transient expression assays and selection of two sites for transgenic lines induction	Virus replication mechanism	<i>Agrobacterium</i> -mediated transformation of leaves with Cas9/gRNA expression plasmid vectors // gene knockout with Cas9/gRNA	No	[7]
<i>Nicotiana benthamiana</i>	Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) resistance	Coding and non-coding sequences of TYLCV	Virus replication mechanism	<i>Agrobacterium</i> -mediated transformation of leaves with a TRV RNA replicon for the delivery of gRNAs into Cas9 overexpressing plants // gene knockout with Cas9/gRNA	No	[14]
	Virus tolerance	AGO2 gene	Contribution to antiviral immunity (virus-specific antiviral role of AGO2 gene)	<i>Agrobacterium</i> -mediated transformation of leaves with Cas9/gRNA expression plasmid vectors // gene knockout with Cas9/gRNA	No	[20]
Crops						
<i>Cucumis sativus</i>	Ipomovirus immunity, tolerance to the Zucchini yellow mosaic virus and Papaya ring spot mosaic virus-W	eIF4E (eukaryotic translation initiation factors 4E)	Host factors for RNA viruses, recessive resistance alleles against viruses	<i>Agrobacterium</i> -mediated transformation of cut cotyledons (without embryo) with binary vector containing Cas9/gRNA // gene knockout with Cas9/gRNA	Yes	[21]
Fungus stress tolerance						
Crops						
<i>Oryza sativa</i>	Blast (caused by <i>Magnaporthe oryzae</i>) tolerance	Ethylene responsive factor ERF transcription factor gene OsERF922	Involved in the modulation of multiple stress tolerance	<i>Agrobacterium</i> -mediated transformation of embryogenic call with Cas9/gRNA-expressing binary vectors // single and multiplex gene knockout with Cas9/gRNA	Yes	[22]
<i>Solanum lycopersicum</i>	Powdery mildew resistance	SlMlo gene	Major contributor to powdery mildew susceptibility	<i>Agrobacterium</i> -mediated transformation of cotyledons with Cas9/gRNA expression plasmid vectors // gene knockout with Cas9/gRNA	Yes	[23]
<i>Triticum aestivum</i>	Powdery mildew (<i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>Tritici</i>) resistance	One of the three mildew-resistance locus (MLO) homeologs in bread wheat: TaMLO-A1 allele	Encode a protein that was shown to repress defenses against powdery mildew diseases	Particle bombardment with Cas9/gRNA expressing plasmid into immature wheat embryos // gene knockout with Cas9/gRNA	Yes	[6]

Continued

Virus – Induced Gene Silencing | VIGS



Monocotiledóneas

<i>Brachypodium distachyon</i>	BSMV
<i>Costus spicatus</i>	BSMV
<i>Hordeum vulgare</i>	BSMV, BMV
<i>Oryza sativa</i>	BMV, RTBV
<i>Phalaenopsis spec.</i>	CymMV
<i>Triticum aestivum</i>	BSMV
<i>Zea mays</i>	BMV
<i>Zingiber officinale</i>	BSMV

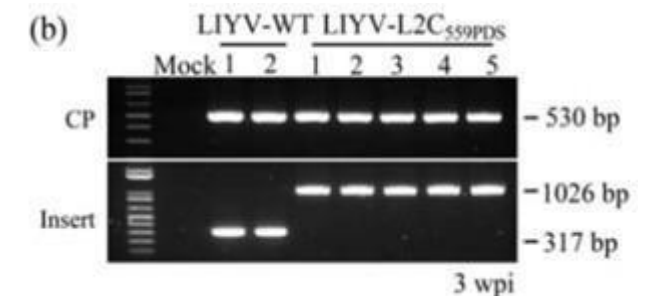
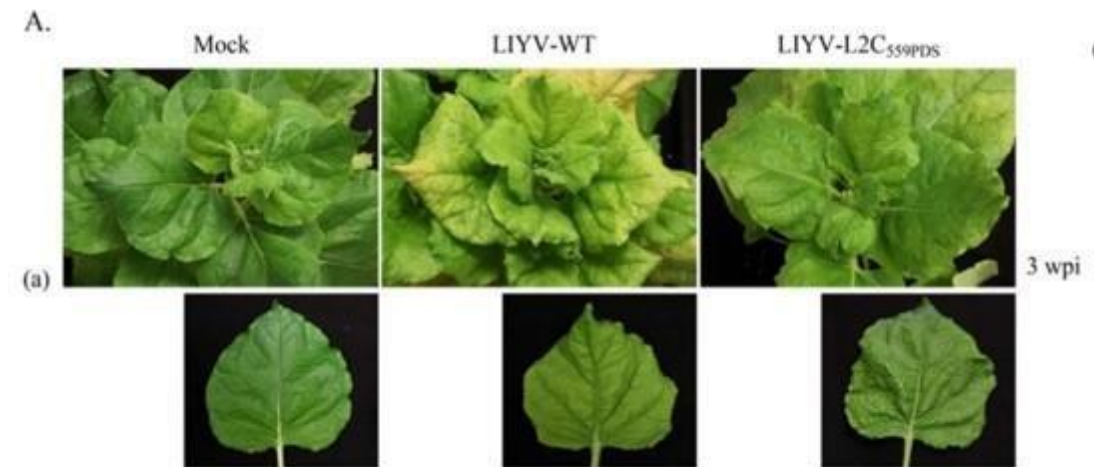
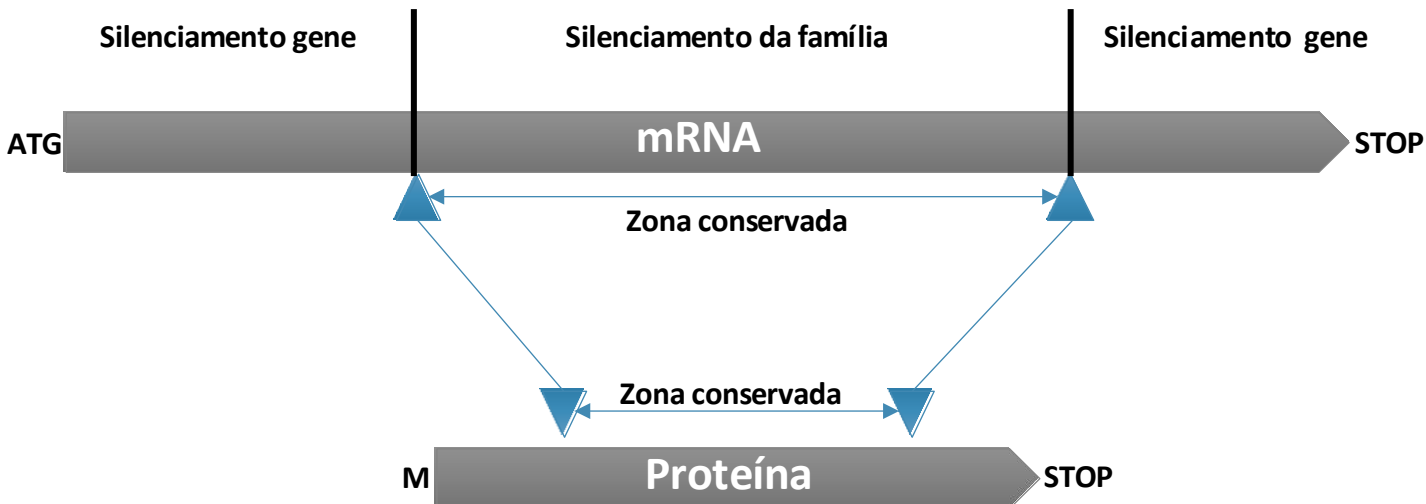
Eudicotiledóneas

<i>Arabidopsis thaliana</i>	TRV, TYMV, CbLCV
<i>Brassica nigra</i>	TRV
<i>Cucumis sativus</i> , <i>C. melo</i> , <i>C. pepo</i> , <i>Citrullus lanatus</i> , <i>Luffa cylindrical</i> , <i>Lagenaria siceraria</i> (Cucurbitaceae)	ALSV
<i>Fragaria ananassa</i>	TRV
<i>Glycine max</i>	ALSV, BPMV, CMV
<i>Gossypium hirsutum</i>	CLCrV
<i>Lathyrus odorata</i>	PEBV
<i>Malus domestica</i>	ALSV
<i>Manihot esculenta</i>	ACMV
<i>Medicago truncatula</i>	PEBV, SHMV
<i>Phaseolus vulgaris</i>	BPMV
<i>Pisum sativum</i>	ALSV, PEBV
<i>Pyrus ssp.</i>	ALSV
<i>Rosa hybrida</i>	TRV
<i>Vigna unguiculata</i> , <i>V. angularis</i>	ALSV
<i>Vitis vinifera</i>	GVA

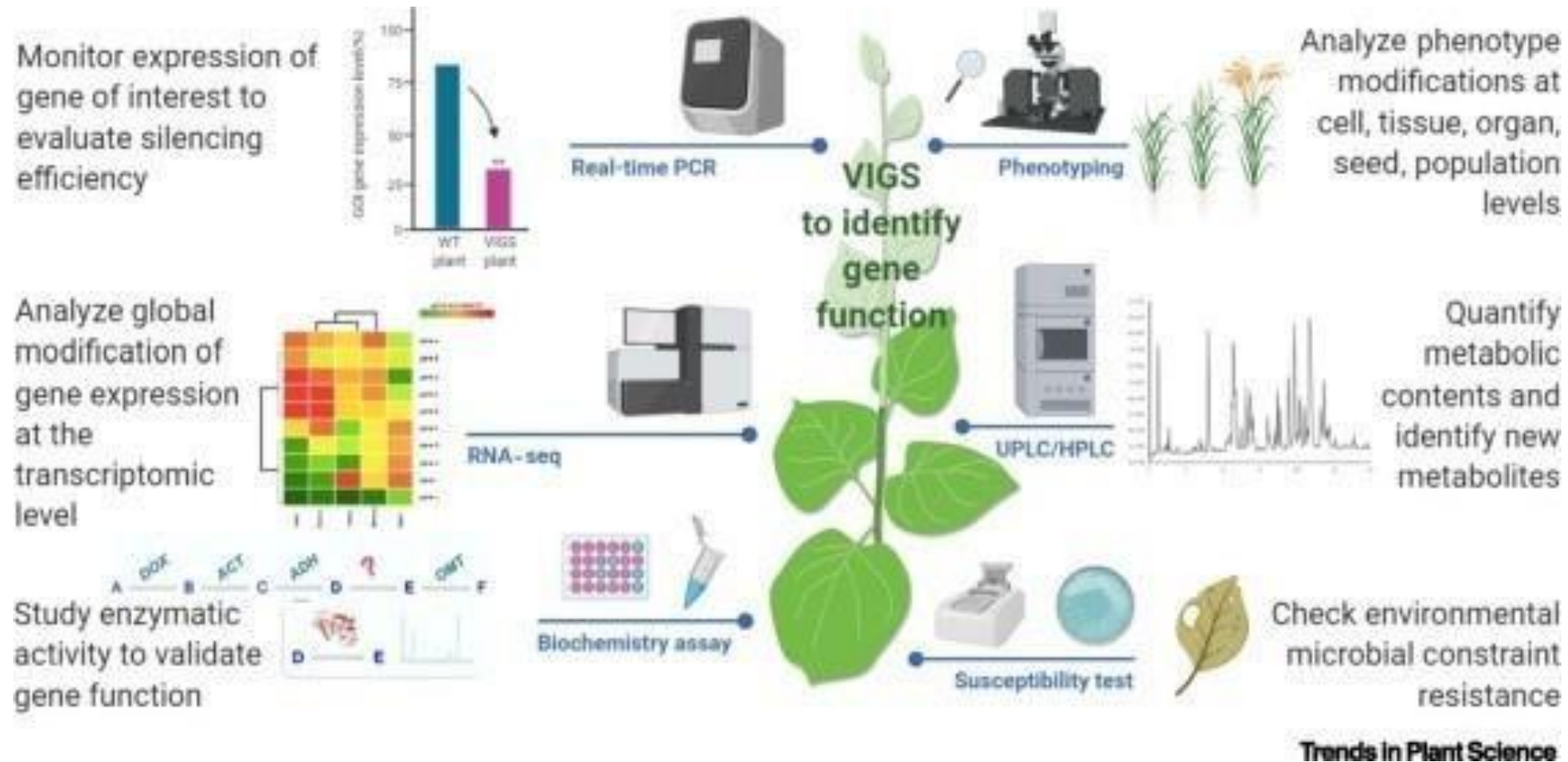
The most common application of VIGS is in the study of plant defense

Virus – Induced Gene Silencing | VIGS

- Todos os genes de uma família de proteínas > alvo a silenciar será a zona conservada característica dessa família.
- Só um gene > alvo a silenciar será fora da zona conservada do gene.



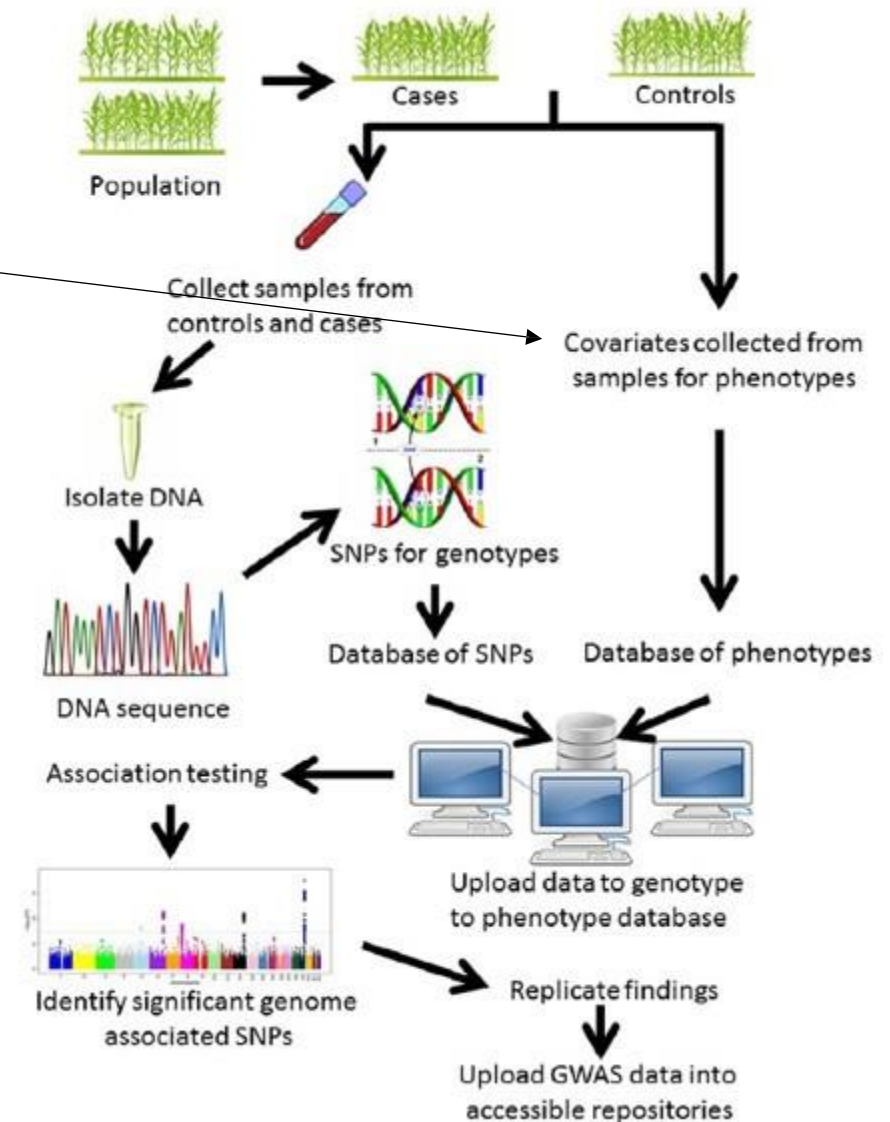
Analysing VIGS technology





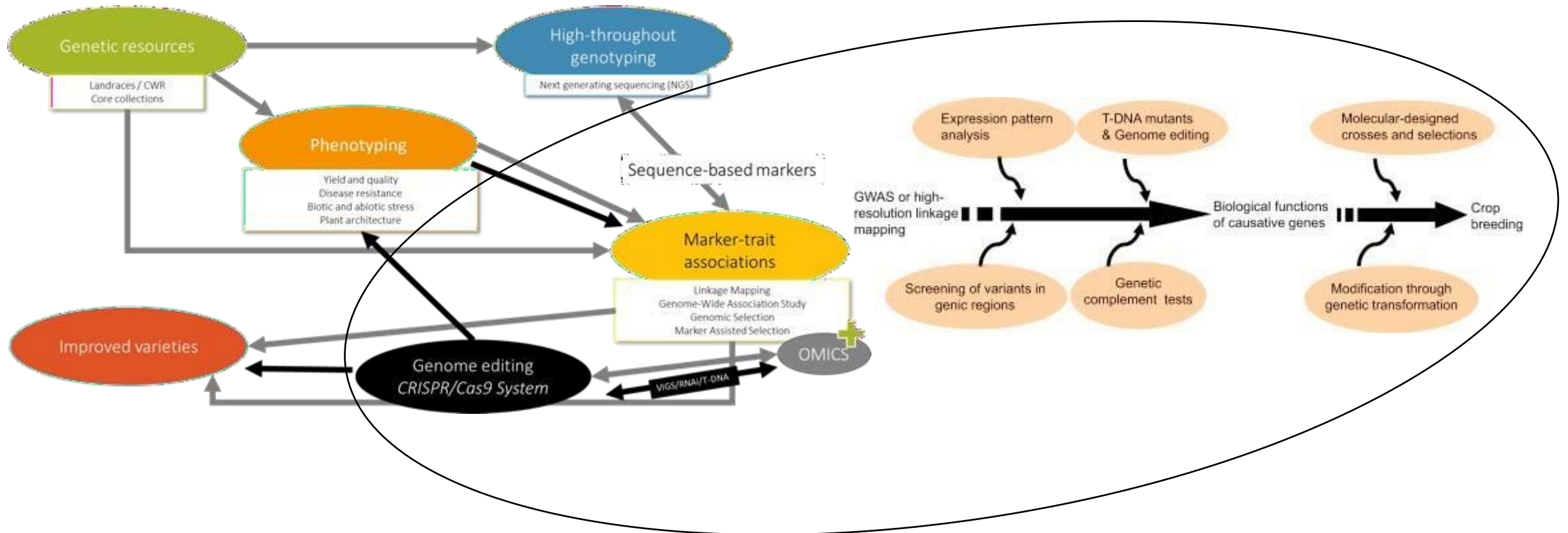
GWAS design is usually case versus control, or quantitative design, which compares the DNA of a variety of plants with varying phenotypes for a particular trait.

If the study focuses on a trait, it can be case versus control; whereas if the study focuses on the measurement of a trait, it can be a quantitative design.



GWAS model implemented by various case studies to study abiotic stresses like drought, salinity, and temperature stress

Genomics-assisted breeding



Crop Wild Relatives – CWR

■ Os parentes silvestres de culturas (CWR) são aqueles taxa relacionados com espécies (culturas) de elevada importância socioeconómica

- A Região do Mediterrâneo Ocidental e as Ilhas Macaronesias são um dos principais pontos quentes de biodiversidade da Europa



oliveira (*Olea europaea* L.)



barley (*Hordeum vulgare* L.)



Sugar beet (*Beta vulgaris* L.)



cabbage (*Brassica oleracea* L.)



chickpea (*Cicer arietinum* L.)



almond (*Prunus dulcis* (Mill.) D.A. Webb)

Correlacionar habitat com padrões de distribuição

Distribuição e ocorrência atuais das populações mais importantes com base em fatores climáticos.

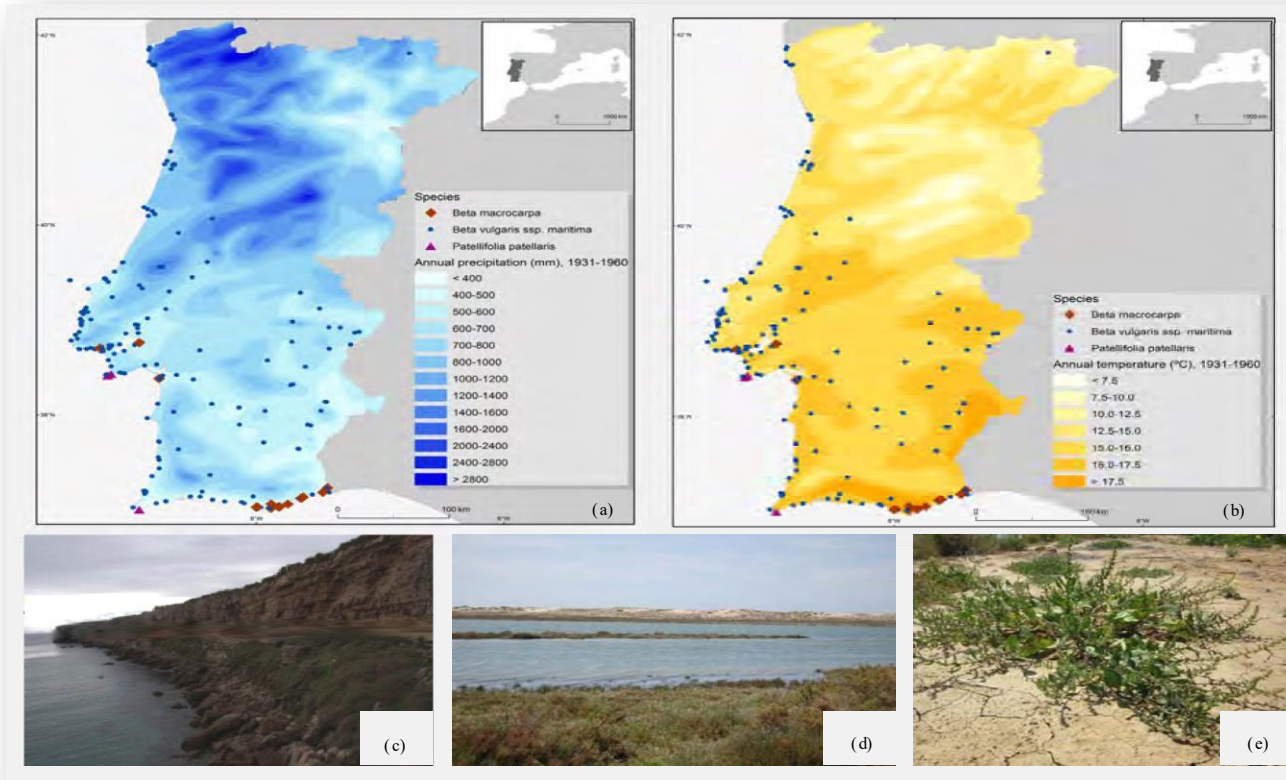


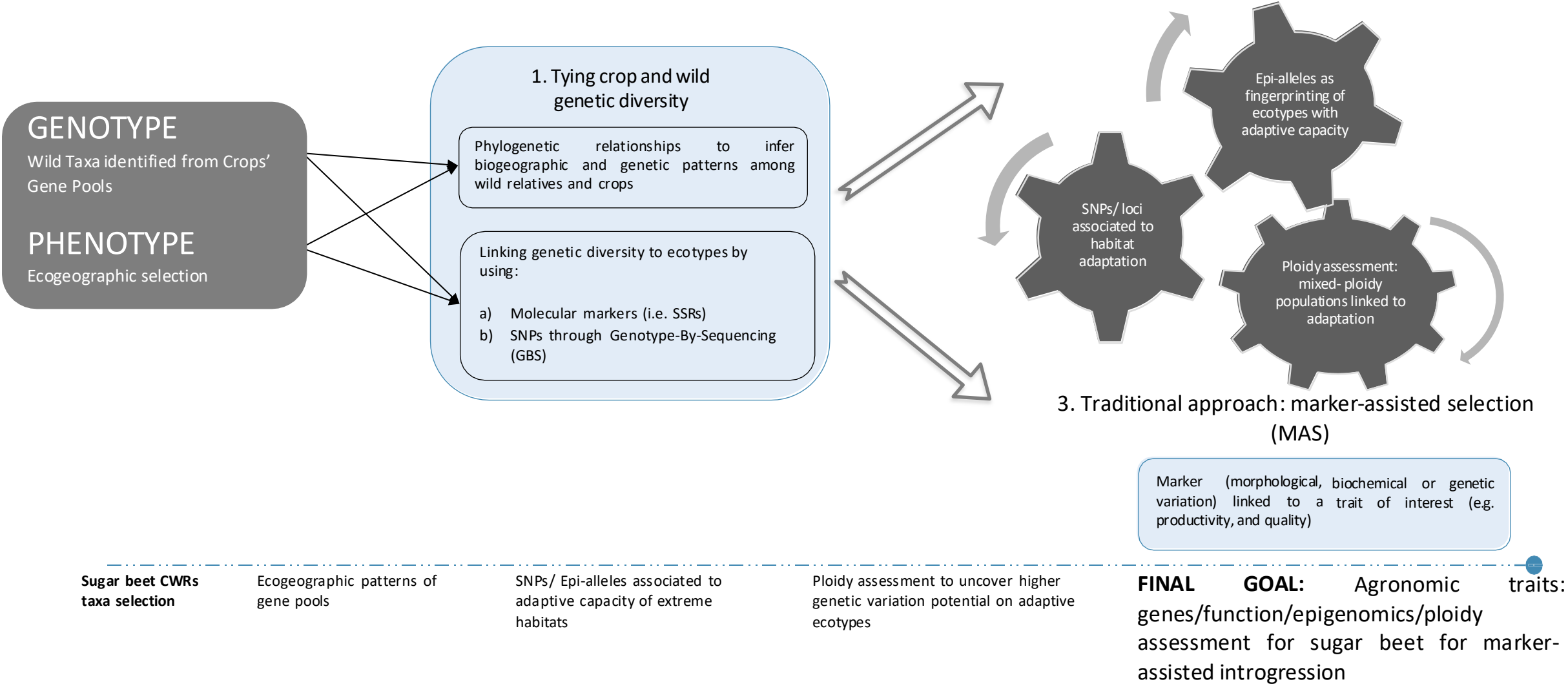
Figure 1. Distribution of *Beta vulgaris* subsp. *maritima*, *B. macrocarpa* and *Patellifolia patellaris* in Portugal mainland, related to (a) precipitation and (b) temperature; and some characteristic habitats (c) coastal cliffs of Sagres, where *P. patellaris* occurs, (d) salt-marshes and sandy soils of Ria Formosa, where mixed populations of *B. vulgaris* subsp. *maritima* and *B. macrocarpa* can be found, and (e) *B. vulgaris* subsp. *maritima* growing in dry soils of Castro Marim.

- ✓ *B. vulgaris* subsp. *maritima* é comum e amplamente distribuída, ocorrendo em habitats naturais como penhascos, praias de areia e sapais.
- ✓ *P. patellaris* está confinada a uma pequena população em falésias inacessíveis.
- ✓ *B. macrocarpa*, incluída na Lista Vermelha Europeia de Plantas Vasculares, está confinada aos sapais e solos arenosos do Parque Natural da Ria Formosa (Sul de Portugal).

Phenotype-to-genotype: exploring *in situ* populations

2. Agrigenomics as a multi-functional approach

Identifying signatures of selection in agronomical traits, by selecting taxa from genetic diversity studies (1)



Conservação de espécies selvagens para biotecnologia agrícola

In situ



Conservação de recursos genéticos em populações naturais de espécies vegetais ou animais



Vantagens:

1. Conservação de populações vivas não requer tecnologia avançada;
2. Este método de conservação também permite que as populações se adaptem às mudanças nas condições ambientais e às doenças endêmicas.
3. Sobrevive à instabilidade política e a diferentes medidas
4. Manter por criadores e agricultores.

Ex situ



Processo de proteção de uma espécie vegetal ou animal fora do seu habitat natural



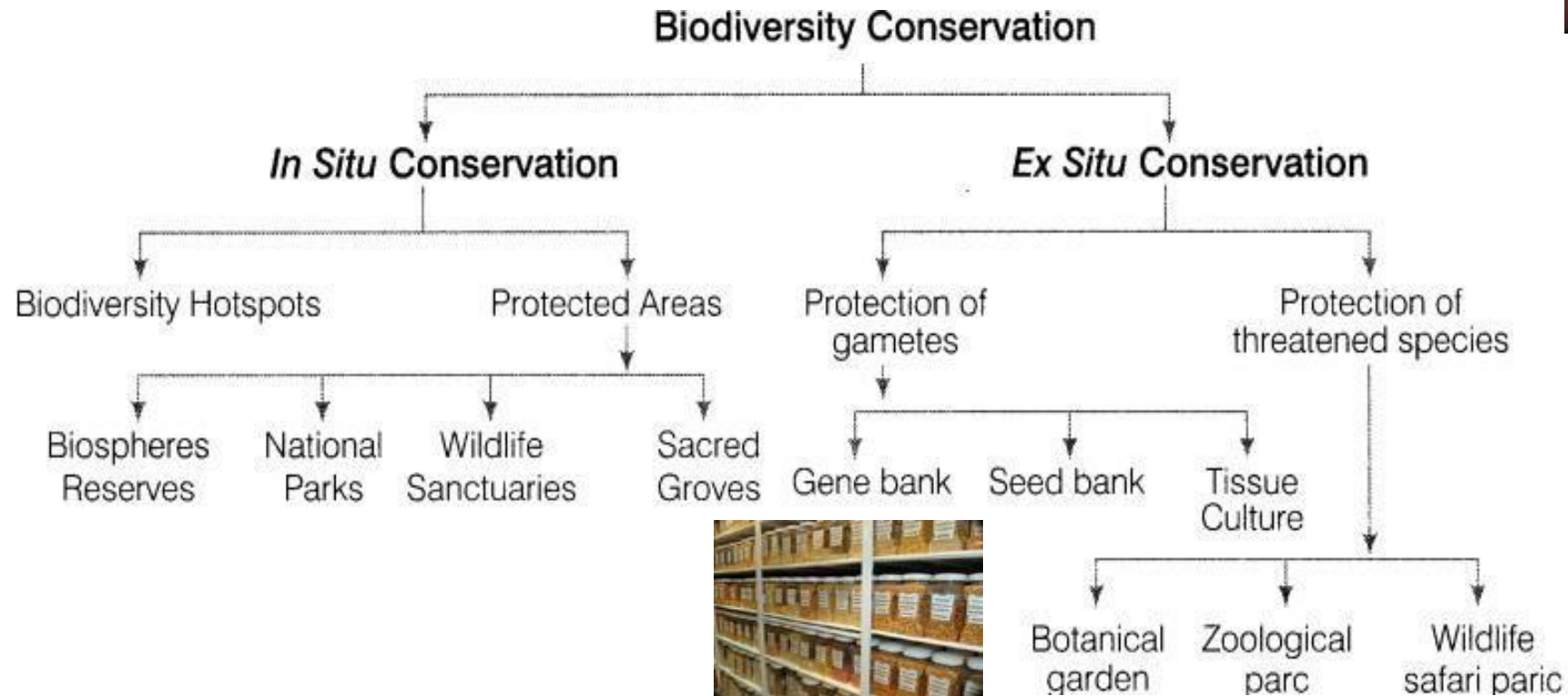
Vantagens:

1. A população preservada não sofre perda genética devido à seleção ou deriva
2. Os recursos genéticos animais/vegetais podem ser disponibilizados para programas de criação de gado/culturas e de investigação em todo o mundo.
3. Baixo custo de manutenção

Conservação de espécies selvagens para a biotecnologia agrícola



Abordagens para conservação *in situ* e *ex situ*



Avaliação Contínua



AVALIAÇÃO CONTÍNUA

UNIDADE CURRICULAR BIOTECNOLOGIA

Docente: Filipa Monteiro | Responsável UC: Luísa Carvalho

Trabalho realizado em grupos de 3-4 alunos. Não exceder um total de 500 palavras. Deverá ser entregue em versão digital por email (fmonteiro@isa.ulisboa.pt) e/ou na pasta online (fénix) criada para o efeito até, 8 dias após a aula lecionada (7 Maio).

Temática: “A utilização de espécies selvagens como fonte de diversidade e aplicações biotecnológicas”

Ficha de Trabalho

Nome: _____ NºAluno: _____

Nome: _____ NºAluno: _____

Nome: _____ NºAluno: _____

Nome: _____ NºAluno: _____

Espécie ou variedade: _____

Justificação da seleção da espécie ou variedade com base em características de interesse para a bioecnologia:

Abordagem de estudo a explorar as aplicações biotecnológicas das características selecionadas (por favor identifique a metodologia adequada e justifique):



Entrega: 7 Maio

A utilização de espécies selvagens como fonte de diversidade e aplicações biotecnológicas

Filipa Monteiro | fmonteiro@isa.ulisboa.pt

Lisboa, 29 Abril 2026