

Ruibarbre, entre la comestibilitat i la toxicitat

TEXT: Maria Moncusí i Rubio

El ruibarbre és una planta fascinant que ha conquerit la cuina amb el seu sabor àcid i el seu vibrant color, especialment en postres com ara en farcits per a pastissos. No obstant això, el que molts no saben és que, malgrat la seva popularitat, el ruibarbre amaga un perill: les seves fulles són tòxiques i poden causar greus problemes de salut si es consumeixen. Aquest contrast entre el seu ús culinari i la seva potencial toxicitat el converteix en un tema intrigant i essencial per a qualsevol amant de la cuina i la botànica. En aquest article, s'exploraran les característiques morfològiques, les propietats del ruibarbre, i l'efecte en la salut humana, per tal de garantir que puguem aprofitar al màxim aquesta singular planta sense riscos. Submergeix-te en el món del ruibarbre i descobreix-ne l'encant!

Introducció

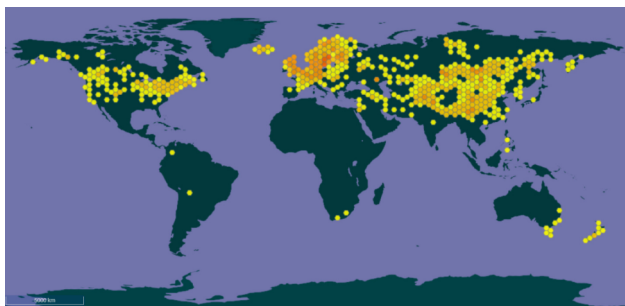
El gènere *Rheum*, de la família de les poligonàcies, és un ampli gènere de plantes herbàcies perennes que comprèn, aproximadament, 60 espècies. La classificació taxonòmica [1] és la següent:

- Regne: *Plantae*
- Divisió: *Tracheophyta*
- Classe: *Magnoliopsida*
- Ordre: *Caryophyllales*
- Família: *Polygonaceae*

De forma natural, es troben distribuïdes en regions de clima temperat i subtropical, principalment a les regions muntanyoses del nord i el centre d'Àsia. Va ser importat a la regió mediterrània al segle I aC i actualment es distribueix per Europa, Amèrica del Nord i part d'Àsia [1,2].

Morfològicament, presenta òrgans subterranis que varien segons l'espècie, generalment amb una estructura central densa i arrels laterals i rizomes. Algunes espècies es troben arran de terra i d'altres assoleixen fins a dos metres. Les fulles són grosses, ondulades [2] i en roseta basal, amb peciols de diferents color que s'associen a la qualitat culinària [3]. Les flors, petites i agrupades en inflorescències terminals en panícula, poden ser verdoses, blanquinoses o vermelloses [2].

El ruibarbre és d'interès científic pels seus efectes biològics i terapèutics a partir de la ingesta de les seves arrels [2], és per això que durant molts anys s'ha utilitzat en la medicina xinesa [4]. A mitjan segle XVII, es van començar a conrear espècies de ruibarbre a Europa per a usos medicinals, i la comestibilitat dels peciols de les fulles es va descobrir al segle XVIII [5]. El principal problema del seu consum és l'àcid oxàlic, però la seva concentració en els peciols és menor que en les fulles, per això són considerats comestibles [3].

Distribució general del gènere *Rheum*. Font: GBIF 2024.Distribució general de *Rheum officinale*. Font: GBIF 2024.

Espècies rellevants i presència a Catalunya

Dins del gènere *Rheum*, es troben diverses espècies, que, atenent a la seva distribució geogràfica, característiques morfològiques i usos aplicats a les diferents regions, s'han considerat rellevants: *Rheum officinale*, *Rheum palmatum* i *Rheum rhubarbarum*.

Malgrat la presència documentada d'aquestes espècies en altres regions d'Europa, la bibliografia específica sobre el seu ús i distribució a Catalunya és notablement limitada. Finalment, en aquest treball també s'ha fet referència a *Oxyria digyna*, una espècie que no pertany al gènere *Rheum* però que s'hi ha inclòs en alguna ocasió.

Rheum officinale

A Catalunya, existeixen documents datats entre els segles XVII i XVIII sobre l'aplicació culinària del ruibarbre (*R. officinale*, procedent de cultiu) [6]. Això no obstant, és una planta que no es troba de forma espontània a Catalunya.

La distribució d'aquesta espècie s'estén principalment per Europa central (podem destacar Alemanya) i Àsia (part sud oriental), especialment a la Xina. Tot i que l'origen exacte és incert, es considera com una espècie exòtica a Europa [1].

Des d'un punt de vista morfològic, és una planta que pot assolir alçades d'entre 1 i 2,5 metres. Les seves fulles són alternes, peciolades, ovalades i palmades, amb mides que varien entre 30 i 90 cm de diàmetre. Aquestes fulles presenten lòbuls d'entre 3 i 7 cm amb incisions irregulars. La tija és erecta, gruixuda i pubescent, amb flors verdoses agrupades en inflorescències denses [7].

Planta (a dalt), fulles (al mig), i inflorescències (a sota) de *Rheum officinale*. Font: GBIF 2024.



Distribució general de *Rheum palmatum*. Font: GBIF 2024.



Anvers i revers de la fulla (a dalt) i planta (a sota a l'esquerra) i inflorescències de *Rheum palmatum*. Font: GBIF 2024 [1].

Rheum palmatum

Destaca pel seu ús com a laxant o purgant (en funció de la dosi) del seu rizoma sec, que conté diversos principis actius amb la capacitat d'estimular les funcions estomacals, com altres espècies del mateix gènere com *R. officinale*. Aquesta espècie conté, entre d'altres, compostos antraquinònics, àcid gàl·lic, reïdina, sanidina, tanins, pectina, àcid oxàlic, resines i midó, que són rellevants per a aquesta aplicació farmacològica [8].

Pel que fa a la distribució geogràfica, *R. palmatum* es troba a Europa del nord, principalment al Regne Unit i a l'Àsia, més concretament destaca la seva presència a la Xina. Malgrat que l'origen roman incert, algunes evidències suggereixen una possible àrea de procedència compresa entre Sibèria i la Xina [1].

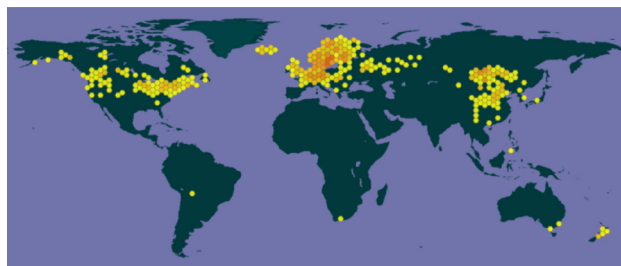
Des d'una perspectiva morfològica, assoleix alçades d'entre 1 i 2,5 metres. Al principi de la primavera emergeixen les seves fulles alternes, peciolades i palmades que poden créixer fins a 90 cm de diàmetre, amb una forma lobulada i les puntes punxegudes. El revers de les fulles és de color vermell, mentre que la superfície superior mostra un color verd-coure. Presenta una tija floral erecta, gruixuda i pubescent amb una gran quantitat de petites flors d'un color rosa/vermell. El conjunt d'aquestes característiques confereixen a la planta un atractiu aspecte, i per això també es considera com a planta ornamental [2,7].



Rheum rhabarbarum

És una de les dues espècies més populars de ruibarbre, i és la principal espècie de consum humà. També és valorada pel seu ampli ventall d'aplicacions medicinals, i s'ha utilitzat històricament per a tractar diverses afeccions, com ara úlceres, restrenyiment, icterícia i hemorràgies gastrointestinals, així com per les seves propietats antiinflamatòries naturals. Els seus usos terapèutics es troben documentats en textos de coneixement mèdic europeu datats entre els segles XII i XV [9].

Pel que fa a la seva distribució geogràfica, *R. rhabarbarum* es troba per tot el territori europeu, amb una presència particularment destacada al centre i al nord del continent. A més, aquesta espècie també es troba a diverses regions d'Àsia, incloent-hi la Xina i Mongòlia, així com a Amèrica, on es troben abundants poblacions distribuïdes per tots els Estats Units. De manera semblant al que succeeix amb *R. palmatum*, l'origen d'aquesta espècie tampoc es coneix, però se suggereix que

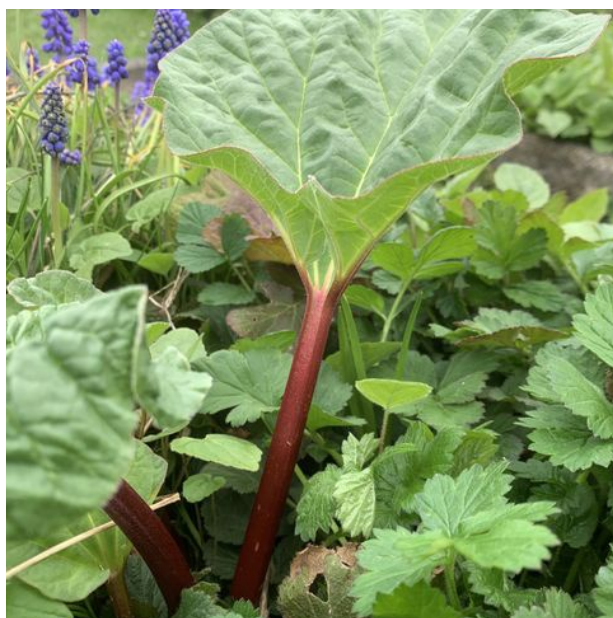


Distribució general de *Rheum rhabarbarum*. Font: GBIF 2024.

podria tenir les seves arrels en una àrea compresa entre Sibèria i la Xina [1].

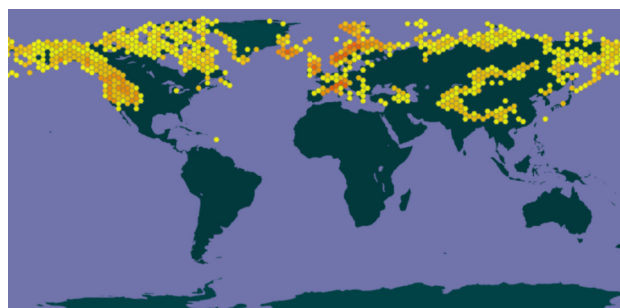
Morfològicament, *R. rhabarbarum* és una planta capaç de créixer fins a alçades compreses entre 50 cm i 3 metres. A la primavera, emergeixen del rizoma fulles suaus, cordiformes, que poden assolir diàmetres de fins a 30 cm. Els pecíols, vermells i gruixuts, creixen fins a 50 cm i presenten diàmetres d'entre 2 i 5 cm. A l'estiu, aquesta espècie produeix petites flors, agrupades en inflorescències, de color blanc o lleugerament groc [10].

Planta i fulla (inferior esquerra), pecíol de la fulla i inflorescències (inferior dreta) de *Rheum rhabarbarum*. Font: GBIF 2024.





Planta, fulles i inflorescències (de dalt a baix).


Distribució a Catalunya d'*Oxyria digyna*. Font: GBIF 2024.

Oxyria digyna

Oxyria i *Rheum* són poligonàcies força similars. Res d'estrany fou, doncs, que Wahlenberg [11] classifiqués *O. digyna* com a *R. digynum*. No obstant, avui dia el nom acceptat correspon al primer [12].

L'oxíria (*O. digyna*) és un hemicriptòfit d'entorns rocosos amb una alçada de 5 a 30 cm. Presenta fulles peciolades, alternes, llises, simples i cordiformes, disposades en roseta basal amb els pecíols llargs. La seva època de floració té lloc durant els mesos d'estiu, amb petites flors de quatre pètals, que poden assolir colors des del rosa fins al marró i s'agrupen en inflorescències en raïm o panícula [1,13].

Es considera una espècie originària de l'hemisferi boreal. La seva distribució s'estén per tot Europa, i a Catalunya se la troba a l'àrea dels Pirineus [1,13].

Tal com succeeix amb el ruibarbre, l'oxíria també conté àcid oxàlic a les seves fulles, per la qual cosa són tòxiques en cas de consum; així i tot, també se li atribueix un ús culinari i farmacològic [14].

L'acció farmacològica deriva de diversos metabòlits presents a la planta. Hartwell [15], li atribueix una activitat contra tumors, càncer i berrugues. Les arrels s'utilitzen per a la congestió i els constipats [16], mentre que la planta sencera s'utilitza per a tractar la icterícia, l'estrenyiment i trastorns estomacals [17]. Generalment, la manera més habitual de consum com a medicament natural és en forma de begudes [16].

Quant al seu ús culinari, els pecíols es consumeixen crus en amanides o cuinats. En molts països d'Àsia, és comú el consum de *chutney* i en regions inuits es consumeixen les fulles crues i les flors com a aliment o beguda [14,16].

Ús farmacològic i culinari

El ruibarbre ha tingut molta importància al llarg dels segles arran de presentar diverses accions farmacològiques. De les espècies de *Rheum*, s'han aïllat fins a 98 constituents, entre d'altres, antocianines, flavonoides i polifenols [18].

Les principals propietats farmacològiques inclouen: activitat antitumoral [19], regulació de la flora gastrointestinal i protecció de la barrera mucosa intestinal [20] i activitat antiinflamatòria i antibiòtica. A més, es considera agent antibacterià i antiviral [18]. Generalment es consumeix en begudes o s'aplica com a ungüent [2].

A part de les aplicacions mèdiques, el pecíol del ruibarbre és consumit, però la ingesta ha de ser moderada a causa de la toxicitat de les fulles [18]. L'origen del seu ús culinari és incert, però es coneix l'ús de les fulles com a herba aromàtica des de l'any 1500. A partir del 1700, els pecíols es comencen a consumir [21], i al segle XIX, el consum d'aquests en dolços augmenta notablement [22].

Actualment, és un ingredient important en pastissos, iogurts i melmelades [23]. A més en els últims anys, els cultius de ruibarbre han rebut interès per part de la indústria productora de suc natural [24].

Fitoquímica del ruibarbre

La comestibilitat del ruibarbre, tal com s'ha esmentat amb anterioritat, es limita al pecíol de la fulla, però en cap cas no s'han de consumir els limbes de les fulles que són tòxics si s'ingereixen, ja que presenten cristalls d'oxalat càlcic [25].

L'àcid oxàlic [(COOH)₂] és l'àcid dicarboxílic més simple que es troba a la natura. És un dels principals constituents d'un gran nombre d'hortalisses i plantes de fulla verda, però també es troba de manera natural en animals i d'altres organismes com fongs [25].

La distribució de l'oxalat varia enormement en funció de l'organisme. La concentració d'oxalat present al teixit de les plantes depèn de les condicions de creixement, de l'edat i la part de la planta, de l'estació de l'any, del clima i del tipus de sòl [25].

En el cas concret del ruibarbre, el contingut en oxalat tendeix a augmentar a mesura que s'avança en la maduresa de la planta. A més, la part més tòxica són els limbes de les fulles a causa de la quantitat d'oxalats solubles que contenen, a diferència dels pecíols, que són comestibles perquè presenten una baixa concentració d'oxalat [3].

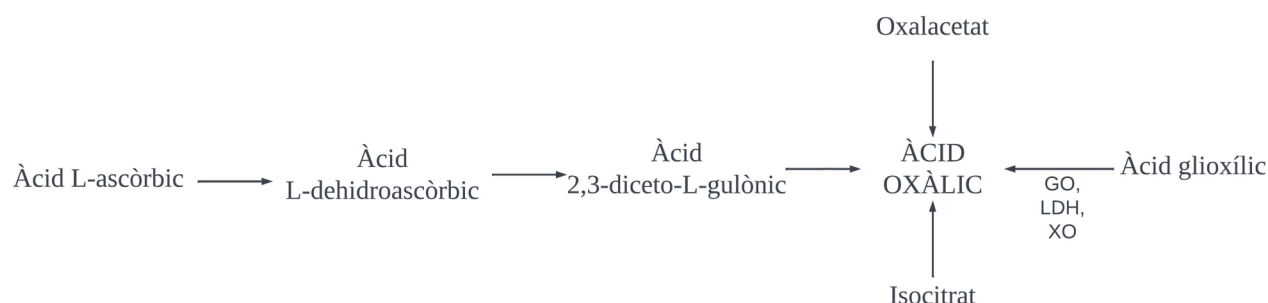
Via metabòlica de síntesi de l'àcid oxàlic

Estudis antics relacionaven la producció d'àcid oxàlic amb la fotosíntesi i el metabolisme dels carbohidrats, una hipòtesi que, en el cas del ruibarbre, semblava avalada per l'augment de la concentració d'oxalat a les fulles durant les estacions en què la fotosíntesi és més activa [26]. Investigacions més recents, però, han evidenciat que l'àcid oxàlic no és un producte directe de la fotosíntesi, sinó que se sintetitza a partir de precursors formats prèviament en aquest procés [27].

Els principals precursors de l'àcid oxàlic són l'àcid ascòrbic i l'àcid glioxílic, tot i que també existeixen diferents vies de síntesi de l'àcid oxàlic a les plantes (Figura 2), com la via de l'isocitrat i l'oxaloacetat [28–30].

La via metabòlica implicada en la formació de l'àcid oxàlic que posteriorment cristal·litzarà es considera que és la via del glicolat [30], tot i que l'àcid ascòrbic també es considera com un substrat important per a la formació d'àcid oxàlic, ja que es troba en una gran quantitat de teixits i és el major precursor d'altres substrats [31].

Figura 1. Vies metabòliques de síntesi de l'àcid oxàlic. Font: Elaboració pròpia. Abreviacions utilitzades: GO, glicorat oxidasa; LDH, lactat deshidrogenasa; XO, xantina oxidasa.



Distribució de l'àcid oxàlic

Com hem dit, el ruibarbre és una planta tòxica a causa de l'elevada concentració d'àcid oxàlic; això no obstant, també és comestible, ja que als pecíols aquesta concentració és molt inferior degut al fenomen de la compartimentació cel·lular.

Per tal de donar explicació a aquest fenomen es plantegen les següents hipòtesis:

- Diferents tipus de cèl·lules. S'ha observat que les cèl·lules on precipiten els cristalls d'oxalat càlcic són especialitzades pel que fa a la quantitat d'òrgànuls, i presenten característiques úniques. També hi ha certs compostos vacuolars que regulen el creixement i la forma dels cristalls [30].
- Diferents òrgans on es formen els cristalls d'oxalat càlcic atenent al tipus de planta. En alguns casos, s'acumulen als òrgans madurs per prevenir l'acumulació de calci a les cèl·lules del clorènquima. En canvi, en altres, s'acumulen en òrgans en desenvolupament per no interferir en el creixement cel·lular normal. Les cèl·lules en desenvolupament formen cristalls per reduir la concentració de calci apoplàsic, i en permeten el desenvolupament normal [30].
- Funció protectora. Es creu que l'acumulació, que es produeix principalment a les fulles, pot atribuir-se a la funció protectora dels cristalls d'oxalat càlcic ja que la superfície foliar és la part de la planta més exposada a factors adversos. En el cas del ruibarbre, tenen un paper defensiu passiu, ja que la forma, la mida, la ubicació i la quantitat de cristalls són factors que poden prevenir el consum d'aquestes plantes per part de grans animals i insectes [30].
- Metabolisme menys actiu. La funció específica dels pecíols en el transport de la saba implica un metabolisme menys actiu i, per tant, una menor síntesi d'oxalat càlcic en aquestes estructures.
- Precursors. Als limbes de les fulles es troben principalment els precursors de la via de síntesi de l'àcid oxàlic, i per tant, una major concentració d'oxalat.

Els cristalls d'oxalat càlcic presents en el ruibarbre es formen a partir del calci captat del substrat on es troba la planta i de l'àcid oxàlic sintetitzat de forma endògena [30].

La distribució i la quantitat dels cristalls d'oxalat càlcic és molt diversa entre plantes, i fins i tot, en una mateixa planta. L'oxalat càlcic es pot trobar en diversos teixits, tant vegetatius com reproductius, i en fotosintètics o no fotosintètics. D'aquesta manera, la ubicació dels cristalls depèn

de les seves funcions i del moment de desenvolupament o maduresa fisiològica. La morfologia dels cristalls també presenta una àmplia diversitat entre espècies; així i tot, és constant en una mateixa espècie [30].

La diversitat en la formació de cristalls d'oxalat càlcic indica que, al llarg del temps, ha evolucionat en els diferents llinatges i ha adoptat funcions molt diverses. Una combinació de factors genètics i ambientals defineixen la quantitat, la forma i la mida dels cristalls, i aquestes característiques, juntament amb la prevalença i la distribució espacial, confereixen la seva funció a les plantes [30].

Regulació de calci

La producció d'oxalat càlcic és crucial per a regular els nivells de calci a les plantes. El calci és necessari per a processos cel·lulars, però una alta concentració pot ser tòxica. L'oxalat càlcic serveix per a segrestar l'excés de calci i eliminar-lo del metabolisme actiu [32].

La regulació dels nivells de calci s'evidencia en el nombre i mida dels cristalls d'oxalat càlcic, que augmenten amb la concentració de calci. En condicions de deficiència, els cristalls poden dissoldre's per a proporcionar calci necessari per al creixement cel·lular, actuant com un emmagatzematge per a necessitats futures [32].

Desintoxicació de l'alumini i altres metalls pesants

La contaminació dels sòls amb alumini inhibeix el creixement de les arrels i afecta l'absorció de nutrients i aigua. Per aquest motiu, algunes plantes utilitzen l'oxalat per a obtenir resistència als sòls contaminats [30] a partir de l'excreció d'oxalat a l'ambient per les arrels com a resposta a l'estrès per alumini [33] o pel segrest de l'alumini associant-lo amb els cristalls d'oxalat càlcic tot convertint-lo en una forma no tòxica. Mitjançant aquest segon mecanisme, l'oxalat també està involucrat en la destoxicació d'altres metalls com plom, cadmi o coure [34].

Desintoxicació de l'àcid oxàlic

L'àcid oxàlic és un compost iònic actiu que pot resultar tòxic si es troba en excés, per això el control de la seva concentració és essencial. La formació de cristalls d'oxalat càlcic es considera com un mecanisme per a desintoxicar l'excés d'àcid oxàlic [35].

Intoxicacions per ruibarbre en humans

Simptomatologia

El ruibarbre presenta propietats tòxiques atribuïdes a l'àcid oxàlic present als limbes de les seves fulles, és per això que el seu consum pot causar diferents problemes de salut.

La ingesta de petites quantitats d'espècies riques en oxalats causa una lleu irritació gastrointestinal i provoca diarrees i vòmits que es resolten en un curt període de temps [2].

Dosis elevades d'oxalats poden causar símptomes inicials més agressius com mal de gola, disfàgia, nàusees, vòmits, diarrea, dolor abdominal i hematèmesis, com a resultat de la irritació de l'orofaringe i del tracte gastrointestinal. Aquests símptomes apareixen entre les dues i les dotze hores posteriors a la ingestió [2,25].

La intoxicació greu per oxalat comporta una presència excessiva d'aquest metabòlit a l'orina (hiperoxalúria), que provoca disfunció renal i desequilibri electrolític, que, alhora, ocasiona signes de malestar gastrointestinal. A més, esgota el calci del cos [36] i indueix hipocalcèmia, cosa que dona lloc a parestèsia, tetània, hiperreflexia i rampes musculars [2,25]. L'oxalat també es diposita en alguns òrgans vitals, amb possibilitats de provocar el coma i, fins i tot, fallida cardíaca i renal, amb la posterior mort [37].

Malgrat això, a la literatura mèdica actual no hi ha documentació sobre greus intoxicacions degudes a la fulla del ruibarbre, i els pocs casos associats involucren altres factors com toxines o malalties coexistents [25].

Interferència en les vies metabòliques

L'oxalat present a les plantes té un impacte negatiu sobre la salut humana i actua com a antinutrient, toxina i formador de pedres d'oxalat càlcic als ronyons. Es considera antinutrient, perquè interfereix en l'absorció del calci i d'altres minerals com ferro, magnesi i cobalt [30].

La unió de l'oxalat amb el calci redueix l'absorció d'aquest mineral, i provoca hipocalcèmia. Per aquest motiu, es recomana la ingesta de plantes riques en oxalat amb aliments que continguin calci, per a evitar l'esgotament del calci del cos. També disminueix l'absorció i la biodisponibilitat del ferro, ja que l'àcid oxàlic s'oxida a diòxid de carboni i aigua a partir de compostos fèrrics [36].

A més, baixes concentracions d'àcid oxàlic inhibeixen la lactat deshidrogenasa (LDH) [38], provocant que l'àcid oxàlic no s'elimini i formi cristalls d'oxalat càlcic.

Efectes de les condicions d'estrès sobre l'àcid oxàlic

En l'actualitat, el canvi climàtic constitueix una preocupació creixent, amb l'augment de les temperatures i la davallada de les pluges com a dos dels principals factors que suposen un estrès per a les plantes, ja que difereixen de les condicions òptimes de creixement i multiplicació de la planta [39].

La temperatura repercuteix directament sobre la vida de les plantes, ja que augmenta l'evaporació de l'aigua i la fotorespiració [40]. A més, pot accelerar processos químics que condueixen a l'acumulació de substàncies tòxiques [39]. Tot i que hi ha evidències que suggereixen un increment de la concentració d'àcid oxàlic a principis d'estiu [41], d'altres no han trobat un efecte significatiu de la temperatura sobre el seu contingut [42].

La sequera és la condició ambiental més freqüent a què es troben sotmeses les plantes, per això han desenvolupat mecanismes de defensa per a reduir la pèrdua d'aigua [39]. L'estrès hídric pot modificar la concentració d'àcid oxàlic, però no de manera significativa [43]. En algunes espècies, l'augment d'àcid oxàlic durant l'estrès hídric pot relacionar-se amb ajustaments osmòtics [44], però les concentracions en turgència total no canvien com a resposta a la sequera. Això indica que l'augment és resultat de la deshidratació del teixit, i podem concloure que l'àcid oxàlic no té un paper important en l'ajust osmòtic [43].

Per últim, cal considerar que la recerca de l'impacte del canvi climàtic en la concentració d'àcid oxàlic en ruibarbre és insuficient, la qual cosa impedeix extreure'n conclusions definitives.

Maria Moncusí i Rubio: Professional apassionada per la botànica, amb afició consolidada amb el treball de batxillerat, que va despertar el meu interès per les plantes i la seva influència en la salut. He estudiat Ciència i Tecnologia dels Aliments. Treballo com a higienista alimentària i em preparo per al màster en Gestió de la Seguretat Alimentària.

BIBLIOGRAFIA

- [1] GBIF, GBIF Home Page, 2023. <https://www.gbif.org> (consultat el 17 d'abril de 2024).
- [2] Barney, D.L., Hummer, K.E. 2012 Rhubarb: Botany, Horticulture, and Genetic Resources, in: *Horticultural Reviews*. John Wiley & Sons, Ltd, 147–182. <https://doi.org/10.1002/9781118351871.ch4>. 8.
- [3] Welbaum, G. 2015. *Vegetable Production and Practices*. 1st ed., CAB International, Wallingford, Oxfordshire, UK.
- [4] Karovičová, J., Kohajdová, Z., Minarovicová, L., Kuchtová, V. 2015. The Chemical Composition of Grape Fibre. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 9, 53–57. <https://doi.org/10.5219/428>.
- [5] Kuhl J.C., DeBoer V.L. 2008. Genetic Diversity of Rhubarb Cultivars, *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 133, 587–592. <https://doi.org/10.21273/JASHS.133.4.587>.
- [6] Ibáñez N., Camarasa, J.M., García-Franquesa, E., Montserrat J.M., Garnatje, T., Aurell-Garrido, J., Barros, K., Díaz-Acha, Y., Estrada-Rius A., Gallemí, J., Hervás, N., Meléndez-Galán, Á., Muñoz Blasco, O., Nualart, N., Pascual Miró, E., Pérez-Azcárate, M., Vicedo, V., Yeguas Gassó, J. 2019. *El Gabinet Salvador: un tresor científic recuperat*. Museu de Ciències Naturals de Barcelona.
- [7] Akbar, S. 2020. *Rheum officinale* Baill.; *R. palmatum* L. (Polygonaceae), in: S. Akbar (Ed.), *Handbook of 200 Medicinal Plants: A Comprehensive Review of Their Traditional Medical Uses and Scientific Justifications*. Springer International Publishing, Cham, 1527–1537. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16807-0_158.
- [8] Launert, E. 1982. *Guía de las plantas medicinales y comestibles de España y de Europa*. Ediciones Omega, S.A, Barcelona.
- [9] Kolodziejczyk-Czepas, J., Liudvytska, O. 2021. *Rheum rhaponticum* and *Rheum rhabarbarum*: a review of phytochemistry, biological activities and therapeutic potential. *Phytochemistry Reviews*, 20, 589–607. <https://doi.org/10.1007/s11101-020-09715-3>.
- [10] Go botany, *Rheum rhabarbarum* (garden rhubarb), (s.d.). <https://gobotany.nativeplanttrust.org/species/rheum/rhabarbarum/?pile=remaining-non-monocots>. Consultat 12 de maig de 2024.
- [11] *Rheum digynum* (L.) Wahlenberg. Plants of the World Online (1812). <http://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:696732-1>. Consultat el 17 d'abril de 2024.
- [12] WFO, *Oxyria digyna* Hill, 2024. <https://doi.org/10.34885/JDH2-DR22>.
- [13] Flora Catalana, *Oxyria digyna* | Flora Catalana, (s.d.). <https://www.floracatalana.cat/flora/vasculars/taxons/VTax1784>. Consultat el 18 d'abril de 2024.
- [14] Ahmad, I., Milella, L., Alotaibi, G. 2022. *Oxyria digyna*: A review on the nutritional value, phytochemistry and ethnopharmacology. *PhytoNutrients* 02–16. <https://doi.org/10.62368/pn.v1i01.9>.
- [15] Hartwell, J.L. 1970. *Plants used against cancer*. A survey, *Lloydia* 33, 97–194.
- [16] Davis, J.D., Banack, S.A. 2012. Ethnobotany of the Kiluhikturmiut Inuinait of Kugluktuk, Nunavut, Canada. *Ethnobiology Letters*, 3, 78–90. <https://doi.org/10.14237/eb1.3.2012.31>.
- [17] Kashmir, P., Majeed, P., Kashmir, A., Jannat, P., Habib, T., Poonch, A., Jammu, K., Sardar, I., Mehmood, S., Majeed, Z., Jannat, T., Habib. 2018. Imaging based ethno botanical studies of district Poonch, Azad Jammu and Kashmir. *International Journal of Herbal Medicine*, 6, 81–91.
- [18] Agarwal, S.K., Singh, S.S., Lakshmi, V., Verma, S., Kumar, S. 2001. Chemistry and Pharmacology of Rhubarb (*Rheum* species) A Review. *Journal of Scientific & Industrial Research*, JSIR, Vol.60 (01). <http://nopr.niscpr.res.in/handle/123456789/26456>. Consultat el 12 de març de 2024.
- [19] WLi, Y., Chan, S.-W., Guo, D.-J., Chung, M.-K., Leung, T.-Y., Yu, P.H.-F. 2009. Water extract of *Rheum officinale* Baill. induces apoptosis in human lung adenocarcinoma A549 and human breast cancer MCF-7 cell lines. *Journal of Ethnopharmacology*, 124, 251–256. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2009.04.030>.
- [20] Chen, D., Ma, L., Liu, S. 2009. Effects of rhubarb on intestinal flora and bacterial translocation in rats with sepsis. *Zhongguo Wei Zhong Bing Ji Jiu Yi Xue* 21, 17–20. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19141184/>.
- [21] Foust, C.M., Marshall, D.E. 1991. Culinary Rhubarb Production in North America: History and Recent Statistics. *HortScience*, 26, 1360–1363. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.26.11.1360>.
- [22] Lindley, J., Moore, T. 1999. *The Treasury of Botany*. Part 2, Logmans, Green and Co, London, 1866.
- [23] Rumpunen, K. & Henriksen, K. (1999). Phytochemical and morphological characterization of seventy-one cultivars and selections of culinary rhubarb (*Rheum* spp.). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 74(1), 13–18. <https://doi.org/10.1080/14620316.1999.11511064>.
- [24] Will, F., Dietrich, H. 2013. Processing and chemical composition of rhubarb (*Rheum rhabarbarum*) juice. *LWT - Food Science and Technology*, 50, 673–678. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.07.029>.
- [25] Barceloux, D.G. 2009. Rhubarb and Oxalosis (*Rheum* Species). *Disease-a-Month*, 55, 403–411. <https://doi.org/10.1016/j.disamonth.2009.03.011>.
- [26] Myers, A.T. 1947. Seasonal changes in total and soluble oxalates in leaf blades and petioles of rhubarb. *Journal of Agricultural Research*, 74, 33–47.

- [27] Stutz, R.E., Burris, R.H. 1951. Photosynthesis and metabolism of organic acids in higher plants. *Plant Physiology*, 26, 226. <https://doi.org/10.1104/pp.26.2.226>.
- [28] Baker, E., Saari, J., Tolbert, B. 1966. Ascorbic acid metabolism in man. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 19 371–378. <https://doi.org/10.1093/ajcn/19.5.371>.
- [29] Hagler, L., Herman, R.H. 1973. Oxalate metabolism.I. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 26 758–765. <https://doi.org/10.1093/ajcn/26.7.758>.
- [30] Franceschi, V.R., Nakata, P.A. 2005. Calcium oxalate in plants: Formation and Function. *Annual Review of Plant Biology*, 56 41–71. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.56.032604.144106>.
- [31] Smirnoff, N., Conklin, P.L., Loewus, F.A. 2001. Biosynthesis of ascorbic acid in plants: A Renaissance. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 52 437–467. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.52.1.437>.
- [32] Franceschi, V.R. 1989. Calcium oxalate formation is a rapid and reversible process in *Lemna minor* L. *Protoplasma* 148 130–137. <https://doi.org/10.1007/BF02079332>.
- [33] Ma, J.F., Hiradate, S., Nomoto, K., Iwashita, T., Matsumoto, H. 1997. Internal Detoxification Mechanism of Al in *Hydrangea* (Identification of Al Form in the Leaves). *Plant Physiology*, 113 1033–1039. <https://doi.org/10.1104/pp.113.4.1033>.
- [34] Mazen, A.M.A. 2004. Calcium oxalate deposits in leaves of *Corchorus olitorius* as related to accumulation of toxic metals. *Russian Journal of Plant Physiology*, 51 281–285. <https://doi.org/10.1023/b:rupp.0000019226.03536.21>.
- [35] Raven, J., Smith, F. 1976. Nitrogen assimilation and transport in vascular land plants in relation to intracellular pH regulation. *New Phytologist*, 76 415–431. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1976.tb01477.x>.
- [36] Oke, O.L. 1969. Oxalic acid in plants and in nutrition. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 10 262– 303. <https://doi.org/10.1159/000387569>.
- [37] Von Burg, R. 1994. Toxicology update. *Journal of Applied Toxicology*, 14 233. <https://doi.org/10.1002/jat.2550140315>.
- [38] Novoa, W.B., Winer, A.D., Gaid, A.J., Schwert, G.W. 1959. Lactic dehydrogenase. V. Inhibition by oxamate and by oxalate. *Journal of Biological Chemistry*, 234 1143–1148.
- [39] Azcón-Bieto, J., Talón, M., 1993. *Fisiología y bioquímica vegetal*. 1st ed., McGraw Hill, Madrid.
- [40] Bolòs, O. de. 2001. *Vegetació dels Països Catalans*. Aster Editorial, Terrassa.
- [41] Rahman, M.M., Niimi, M., Ishii, Y., Kawamura, O. 2006. Effects of season, variety and botanical fractions on oxalate content of napiergrass (*Pennisetum purpureum* Schumach). *Grassland Science* 52 161–166. <https://doi.org/10.1111/j.1744-697X.2006.00063.x>.
- [42] Kipnis, T., Dabush, L. 1988. Oxalate accumulation in napier grass and pearl millet × napier grass interspecific hybrids in relation to nitrogen nutrition, irrigation and temperature. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 43 211–223. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740430303>.
- [43] Sugiyama, N., Hayashi, M., Uehara, M. 1999. Effect of Water Stress on Oxalic Acid Concentrations in Spinach Leaves. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*, 68 1155–1157. <https://doi.org/10.2503/jjshs.68.1155>.
- [44] Ford, C.W., Wilson, J.R. 1981. Changes in Levels of Solutes During Osmotic Adjustment to Water Stress in Leaves of Four Tropical Pasture Species. *Functional Plant Biology*, 8 77–91. <https://doi.org/10.1071/pp9810077>. 11