

Efecto de diferentes estrategias de riego sobre la composición e identidad funcional de las comunidades arvenses presentes en un viñedo Mediterráneo

Effect of different irrigation strategies on the composition and functional identity of weed communities in a Mediterranean vineyard

José G. Guerra*, José Dorado, Irene Borra-Serrano & José M. Peña

Grupo tec4AGRO, Instituto de Ciencias Agrarias, CSIC, Madrid, España

(*E-mail: jose.g.guerra@csic.es)

<https://doi.org/10.19084/rca.34965>

Recibido/received: 2024.01.15

Aceptado/accepted: 2024.02.28

RESUMEN

El uso del riego en los viñedos mediterráneos ha experimentado un aumento significativo en los últimos años. Así, en el contexto actual de cambio climático se prevé que el empleo de diversas estrategias de riego siga aumentando, ya que el aumento de las temperaturas y la reducción de las precipitaciones podrían comprometer la viabilidad de la viticultura mediterránea. Aunque la aplicación de riego puede paliar los efectos del estrés hídrico sobre la viña, también podría tener otros efectos no deseados que, hasta la fecha, no han sido estudiados en profundidad. En 2021, se implantó un ensayo en un viñedo experimental ubicado en la Finca El Socorro (IMIDRA, Madrid) con el fin de analizar el efecto de tres estrategias de riego (coeficientes de cultivo $K_c = 0.2, 0.4$ y 0.8) sobre diferentes variables agroambientales. El manejo del suelo en los tres tratamientos fue el mismo: laboreo en las calles del viñedo y una combinación de laboreo con intercepa y glifosato en las líneas. Con el fin de evaluar el impacto del riego sobre las comunidades arvenses, en 2023 se inició una campaña de muestreos de vegetación en dos momentos diferentes (primavera, verano), registrando el porcentaje de cobertura de cada especie tanto en la calle como en la línea del viñedo. Los resultados preliminares indican que algunas arvenses de difícil control como *Cirsium arvense*, podrían verse favorecidas a mayores dosis de riego ($K_c = 0.8$), pero el efecto sobre la identidad funcional de los rasgos analizados es débil e inconsistente.

Palabras clave: rasgos funcionales, flora arvense, *Cirsium arvense*, laboreo

ABSTRACT

The use of irrigation in Mediterranean vineyards has increased significantly in recent years. Thus, in the current context of climate change, it is expected that the employment of various irrigation strategies will continue to increase, as rising temperatures and reduced rainfall could compromise the viability of Mediterranean viticulture. Although the application of irrigation could mitigate the effects of water stress on the vine, it could also have other undesirable effects that, to date, have not been deeply studied. In 2021, a field trial was implemented in an experimental vineyard located at Finca El Socorro (IMIDRA, Madrid) in order to analyse the effect of three irrigation strategies (crop coefficients $K_c = 0.2, 0.4$ and 0.8) on different agri-environmental variables. Soil management in the three treatments was the same: tillage in vineyard inter-rows and a combination of tillage and glyphosate in vineyard rows. In order to assess the impact of irrigation on weed communities, a campaign of vegetation surveys was initiated in 2023 at two different times (spring, summer), measuring the percentage cover of each species both in the vineyard inter-row and vineyard row. Preliminary results indicate that some difficult to control weeds, such as *Cirsium arvense*, may be favoured at higher irrigation rates ($K_c = 0.8$), but the effect on the functional identity of the traits analysed is weak and inconsistent.

Keywords: functional traits, weed flora, *Cirsium arvense*, tillage

INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad, la vid se ha cultivado en la cuenca mediterránea en régimen de secano. En los últimos años, sin embargo, el uso de riego se ha hecho cada vez más habitual en los viñedos mediterráneos, siendo la estrategia predominante la aplicación de riego deficitario en las líneas del viñedo durante el periodo de mayor demanda de agua, paliando así los efectos perjudiciales que el estrés hídrico podría generar sobre el cultivo (Tomás *et al.*, 2012). En el contexto actual de cambio climático, se espera que la superficie dedicada a viñedos en regadío siga creciendo, ya que el aumento de temperaturas y la reducción de las precipitaciones pueden comprometer seriamente la viabilidad de este cultivo en el área mediterránea (Santos *et al.*, 2020). Más allá del aumento de la huella hídrica, la conversión de viñedos de secano en regadío podría tener otros efectos no deseados que deben ser analizados en detalle, como su efecto sobre las comunidades arvenses. En este sentido, se ha demostrado que los sistemas de riego pueden alterar tanto la composición como los rasgos funcionales de las comunidades arvenses presentes en cultivos leñosos (Juárez-Escario *et al.*, 2017). En los viñedos, concretamente, se ha observado en líneas regadas una mayor presencia de malas hierbas perjudiciales para el viñedo (ej., *Sonchus asper*), viéndose potenciados aquellos rasgos funcionales asociados con una mayor capacidad competitiva de la planta, como la altura o el área foliar (Guerra *et al.*, 2021, 2022). En 2021 se implantó un nuevo ensayo en viñedo con el fin de analizar el efecto de tres estrategias de riego sobre diferentes variables agroambientales. Nuestra hipótesis de partida es que la presencia de especies más competitivas podría ser mayor cuanto mayor sea la dosis de riego aplicada, sobre todo en las líneas del viñedo. En este trabajo presentamos los resultados de la primera campaña de muestreos, durante la cual se ha examinado el efecto de dichas estrategias sobre la composición e identidad funcional de las comunidades arvenses.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la finca experimental El Socorro (IMIDRA; Colmenar de Oreja, Madrid), en una parcela de 0.5 ha dedicada íntegramente a un viñedo en espaldera de la variedad Petit Verdot.

El clima de la región es mediterráneo continental semiárido, con una temperatura media anual de 13,7 °C y una precipitación anual de 421 mm (datos de la estación meteorológica de El Socorro para el periodo 2001–2021). El ensayo se estableció en 2021, siguiendo un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones y tres estrategias de riego, manteniendo en cada estrategia diferentes coeficientes de cultivo (KC) en comparación con la evapotranspiración de referencia (ET_0): Kc de 0.2 (riego insuficiente), 0.4 (dosis convencional en nuestra área de estudio) y 0.8 (riego excesivo). El periodo de riego comenzó a principios de junio y finalizó a finales de septiembre, ajustando semanalmente los aportes de riego por goteo para cada estrategia. El manejo del suelo en los tres tratamientos fue el mismo: laboreo en las calles del viñedo y una combinación de laboreo con intercepa y glifosato en las líneas. Con el fin de evaluar el impacto del riego sobre las comunidades arvenses, en 2023 se llevaron a cabo cuatro de muestreos de vegetación en dos momentos diferentes del año: primavera (abril, mayo) y verano (julio, agosto). En cada uno de los 9 *plots* experimentales (3 bloques \times 3 tratamientos) se establecieron 6 puntos de muestreo (3 en la calle, en la línea). Se distinguió entre calle y línea al considerar que podrían existir diferencias en la composición de las comunidades arvenses según la posición que ocupan dentro del viñedo, tal y como observamos en Guerra *et al.* (2022). En cada punto de muestreo se colocó un marco rectangular de 33 \times 66 cm, estimando el porcentaje de cobertura de cada especie presente dentro del marco. Para realizar el tratamiento y análisis de los datos, se seleccionaron en primer lugar aquellas especies con una presencia significativa en la parcela de estudio (porcentaje de cobertura relativa superior a un 1% en alguna de las dos épocas de muestreo). Para dichas especies, a partir de bases de datos como TryDatabase (Kattge *et al.*, 2020), se recopiló información sobre tres rasgos vegetativos relacionados con la capacidad de las especies para competir, captar recursos y/o persistir ante el manejo agrícola: forma vital de Raunkiaer (RLF), altura de la planta (PH) y área foliar (LA). A partir de estos datos se analizó la identidad funcional, calculando para ello la media ponderada de la comunidad o CWM (Garnier *et al.*, 2004) para cada rasgo individual. Para examinar si había diferencias significativas en la composición de las comunidades arvenses según los factores estudiados, se ejecutó

un análisis PERMANOVA (Anderson, 2001) tal y como se describe en detalle en Guerra *et al.* (2022). Paralelamente, se construyeron modelos lineales para analizar la distribución de las especies más abundantes y la cobertura total de especies arvenses en función de los diferentes factores. Además del tratamiento (estrategia de riego), en todos los modelos construidos se usaron como variables predictoras la posición dentro del viñedo, el bloque, la época de muestreo y el efecto combinado del tratamiento con estas tres últimas variables (ej. *tratamiento* × *bloque*). Para seleccionar el modelo que se ajustaba mejor a los datos analizados se empleó el criterio de información de Akaike (AIC). La significación estadística de los modelos se computó mediante test ANOVA, empleando un test de Tukey como prueba post-hoc para la comparación por pares. Todos los análisis estadísticos se realizaron en R (R Core Team, 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante los muestreos de vegetación se identificaron un total de 43 especies, mostrando 14 de ellas una presencia significativa en alguno de los dos periodos de muestreo (Tabla 1). *Cirsium arvense* (L.) Scop (CIRAR) y *Convolvulus arvensis* L. (CONAR)

fueron las dos especies más abundantes tanto en los muestreos de primavera como en los de verano, tratándose en ambos casos de geófitos de difícil control. Ausente en los muestreos de primavera, cabe destacar también la presencia notable de *Solanum nigrum* L., mala hierba habitual en cultivos hortícolas de regadío, pero rara en viñedos. El análisis PERMANOVA no evidenció un efecto significativo de la estrategia de riego sobre la composición, la cual se vio afectada fundamentalmente por efectos de bloque y época de muestreo (Tabla 2). No obstante, el mejor modelo se obtuvo al considerar el efecto combinado de tratamiento y bloque. Estos resultados podrían deberse a la presencia mayoritaria de CIRAR y CONAR, las cuáles se expanden fundamentalmente a partir de órganos subterráneos de origen radicular un patrón espacial agregado. En el caso de CIRAR, al diferenciar entre bloques sí se observó un efecto del tratamiento en el bloque 1, siendo significativamente más abundante cuanto mayor es el Kc (Figura 1b). La presencia de SOLNI también se vio afectada por el tratamiento, alcanzando los mayores porcentajes de cobertura en Kc = 0.8 (Figura 1d). En CONAR, sin embargo, no se observó un efecto del tratamiento pero sí de la posición, siendo significativamente más abundante en las líneas del viñedo (Figura 1c), tal y como se señaló en Guerra *et al.* (2022). En general, al

Tabla 1 - Abundancia relativa (según época de muestreo) y rasgos funcionales de aquellas especies arvenses con una presencia significativa en la parcela de estudio. RLF, forma de vida de Raunkiaer (Th, terófito; Th/H, terófito, ocasionalmente hemicriptófito; G, geófito); PH, altura de la planta; LA, área foliar

	ABUNDANCIA RELATIVA (%)		RASGOS FUNCIONALES		
	PRIMAVERA	VERANO	RLF	PH (cm)	LA (mm ²)
BROMA	3.43	0.08	Th	21.5	132.8
CIRAR	29.04	37.19	G	84.3	3718.2
CONAR	36.76	34.99	G	38.2	722.4
CRUBO	6.99	0	Th/H	30	3974.3
CRUPY	3.67	0	Th/H	65	854.8
DIPER	1.3	3.03	Th	42.8	2296
EPHPT	0	7.39	Th	8	1169.5
FUMOF	1.07	0.2	Th	26.4	526
HORMU	1.2	0.06	Th	32.4	322.2
LACSE	0.91	1.51	Th	82.2	2631.1
PAPRH	6.81	0	Th	43	2124.9
SOLNI	0	10.97	Th	46	1450.3
SONAS	0	2.46	Th/H	60.6	4279.4
VERHE	1.98	0.12	Th	13	137.8

Las especies arvenses han sido referenciadas según su código EPP0 (2023): BROMA, *Bromus madritensis* L.; CIRAR, *Cirsium arvense* (L.) Scop.; CONAR, *Convolvulus arvensis* L.; CRUBO, *Carduus bourgeanus* Boiss. & Reut.; CRUPY, *Carduus pycnocephalus* L.; DIPTE, *Diploaxis eruroides* (L.) DC.; EPHPT, *Euphorbia prostrata* Aiton; FUMOF, *Fumaria officinalis* L.; HORMU, *Hordeum murinum* L.; LACSE, *Lactuca serriola* L.; PAPRH, *Papaver rhoeas* L.; SOLNI, *Solanum nigrum* L.; SONAS, *Sonchus asper* (L.) Hill; VERHE, *Veronica hederifolia* L.

considerar el porcentaje total de especies arvenses el efecto del bloque se diluye y cobra mayor significación tanto el tratamiento como la posición dentro

del viñedo. Así, el porcentaje de arvenses fue mayor cuanto mayor fue el Kc, y más alto en las líneas que en las calles del viñedo (Figura 1a).

Tabla 2 - Resumen de los modelos construidos para el análisis PERMANOVA y para cada variable respuesta: % TOTAL, % cobertura total de especies arvenses; CIRAR, % cobertura de *Cirsium arvense*; CONAR, % cobertura de *Convolvulus arvensis*; SOLNI, % cobertura de *Solanum nigrum*; CWM_{PH}, CWM para el rasgo “altura”; CWM_{LA}, CWM para el rasgo “área de la hoja”; CWM_{RLF(G)}, CWM para el rasgo “Forma de vida de Raunkiaer - Geófitos». Se indica el nivel de significación para todos los modelos (***, $P < 0.001$; **, $P < 0.01$; *, $P < 0.05$; ns, $P > 0.05$). Para los modelos que mostraron el mejor ajuste, se indica además el coeficiente de determinación del modelo (R^2)

	PERMANOVA	% TOTAL	CIRAR	CONAR	SOLNI	CWM _{PH}	CWM _{LA}	CWM _{RLF(G)}
Modelo1	ns	***	*	ns	*	ns	ns	ns
Modelo2	*	***	ns	***	**	*	**	ns
Modelo3	***	ns	***	***	ns	***	***	***
Modelo4	***	**	*	ns	***	ns	ns	*
Modelo5	ns	0.38 ***	ns	0.22 ***	*	ns	*	ns
Modelo6	0.34 ***	**	0.62 ***	***	ns	0.59 ***	0.42 ***	0.21 ***
Modelo7	***	***	**	ns	0.22 ***	ns	ns	ns

Modelo1, tratamiento ~ ; Modelo2, posición ~ ; Modelo3, bloque ~ ; Modelo4, época de muestreo ~ ; Modelo5, tratamiento × posición ~ ; Modelo6, tratamiento × bloque ~ ; Modelo7, tratamiento × época de muestreo ~

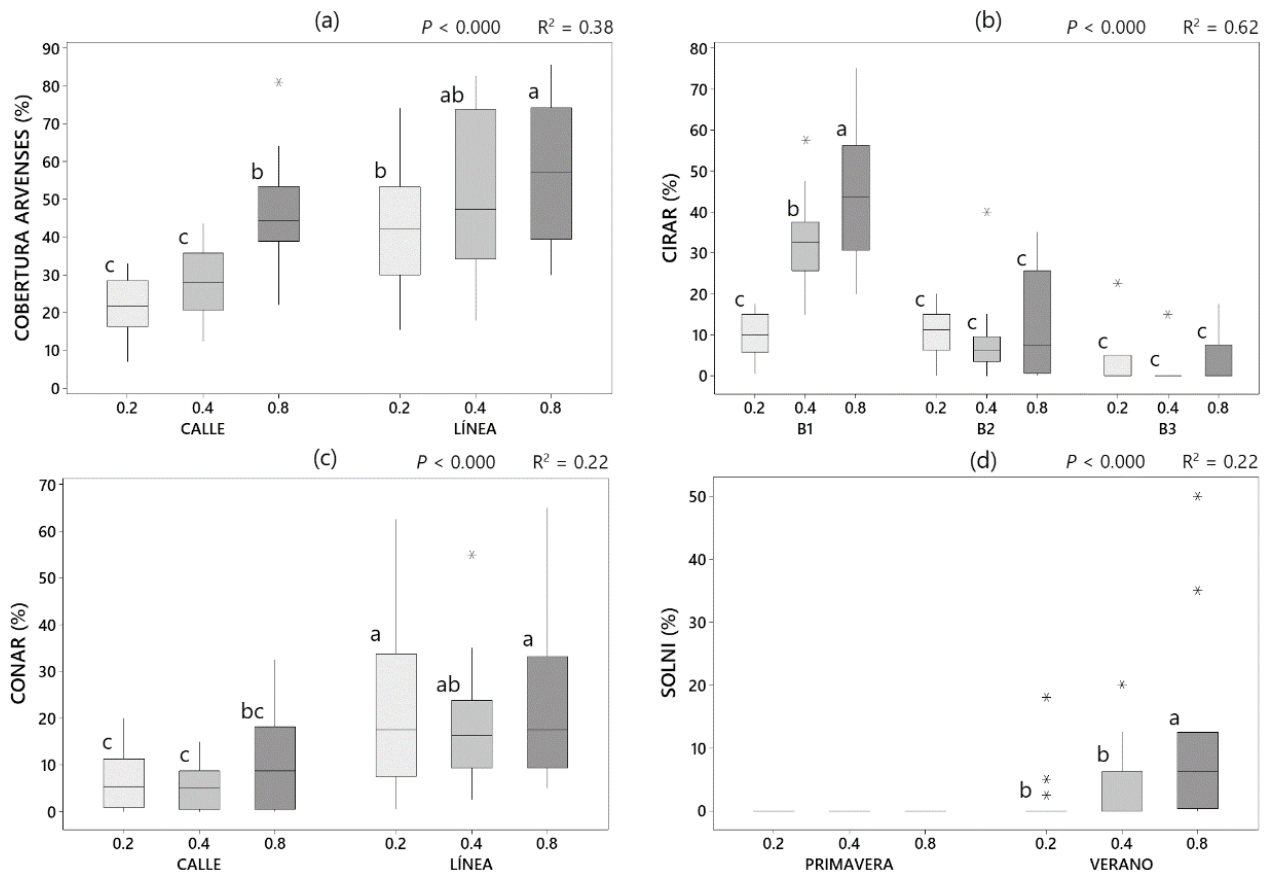


Figura 1 - Efecto de los diferentes factores modelizados sobre el porcentaje de cobertura del total de especies arvenses (a), y sobre *Cirsium arvense* (b), *Convolvulus arvensis* (c) y *Solanum nigrum* (d). Letras diferentes sobre los diagramas de cajas indican diferencias significativas entre grupos.

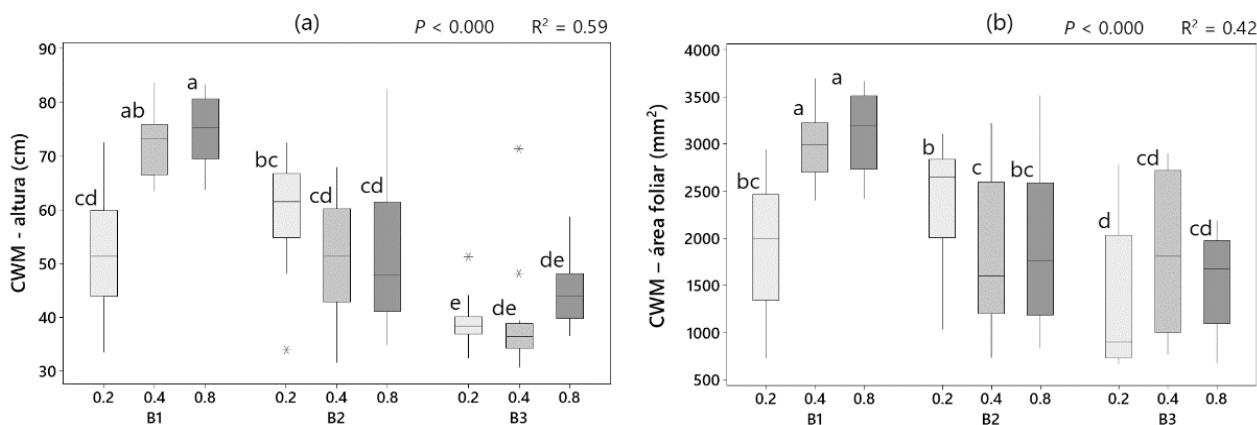


Figura 2 - Efecto de los diferentes factores modelizados sobre el CWM de la altura (a) y del área foliar (b). Letras diferentes sobre los diagramas de cajas indican diferencias significativas entre grupos. B1, bloque 1; B2, bloque 2; B3, bloque 3.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por el proyecto DATI (PCI2021-121932) del programa europeo PRIMA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, M.J. (2001) - A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, vol. 26, n. 1, p. 32-46. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2001.01070.pp.x>
- EPPO (2023) - *EPPO Global Database* (available online). <https://gd.eppo.int>
- Garnier, E.; Cortez, J.; Billès, G.; Navas, M.-L.; Roumet, C.; Debussche, M.; Laurent, G.; Blanchard, A.; Aubry, D.; Bellmann, A.; Neill, C. & Toussaint, J.-P. (2004) - Plant Functional Markers Capture Ecosystem Properties During Secondary Succession. *Ecology*, vol. 85, n. 9, p. 2630-2637. <https://doi.org/10.1890/03-0799>
- Guerra, J.G.; Cabello, F.; Fernández-Quintanilla, C. & Dorado, J. (2021) - A trait-based approach in a Mediterranean vineyard: Effects of agricultural management on the functional structure of plant communities. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 316, art. 107465. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107465>
- Guerra, J.G.; Cabello, F.; Fernández-Quintanilla, C.; Peña, J.M. & Dorado, J. (2022) - How weed management influence plant community composition, taxonomic diversity and crop yield: A long-term study in a Mediterranean vineyard. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 326, art. 107816. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107816>
- Juárez-Escario, A.; Conesa, J.A. & Solé-Senan, X.O. (2017) - Management as a driver of functional patterns and alien species prominence in weed communities of irrigated orchards in Mediterranean areas. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, vol. 249, p. 247-255. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.07.042>
- Kattge, J.; Bönsch, G.; Díaz, S.; Lavorel, S.; Prentice, I.C.; Leadley, P.; Tautenhahn, S.; Werner, G.D.A.; Aakala, T.; Abedi, M.; Acosta, A.T.R.; Adamidis, G.C.; Adamson, K.; Aiba, M.; Albert, C.H.; Alcántara, J.M.; Alcázar, C.; Aleixo, I.; Ali, H.; Amiaud, B.; Ammer, C.; Amoroso, M.M.; Anand, M.; Anderson, C.; Anten, N.; Antos, J.; Apgaua, D.M.G.; Ashman, T.-L.; Asmara, D.H.; Asner, G.P.; Aspinwall, M.; Atkin, O.; Aubin, I.; Baastrop-Spohr, L.; Bahalkeh, K.; Bahn, M.; Baker, T.; Baker, W.J.; Bakker, J.P.; Baldocchi, D.; Baltzer, J.; Banerjee, A.; Baranger, A.; Barlow, J.; Barneche, D.R.; Baruch, Z.; Bastianelli, D.; Battles, J.; Bauerle, W.; Bauters, M.; Bazzato, E.; Beckmann, M.; Beeckman, H.; Beierkuhnlein, C.; Bekker, R.; Belfry, G.; Belluau, M.; Beloiu, M.; Benavides, R.; Benomar, L.; Berdugo-Lattke, M.L.; Berenguer, E.; Bergamin, R.; Bergmann, J.; Bergmann Carlucci, M.; Berner, L.; Bernhardt-Römermann, M.; Bigler, C.; Bjorkman,

A.D.; Blackman, C.; Blanco, C.; Blonder, B.; Blumenthal, D.; Bocanegra-González, K.T.; Boeckx, P.; Bohlman, S.; Böhning-Gaese, K.; Boisvert-Marsh, L.; Bond, W.; Bond-Lamberty, B.; Boom, A.; Boonman, C.C.F.; Bordin, K.; Boughton, E.H.; Boukili, V.; Bowman, D.M.J.S.; Bravo, S.; Brendel, M.R.; Broadley, M.R.; Brown, K.A.; Bruelheide, H.; Brunnich, F.; Bruun, H.H.; Bruy, D.; Buchanan, S.W.; Bucher, S.F.; Buchmann, N.; Buitenwerf, R.; Bunker, D.E.; Bürger, J.; Burrascano, S.; Burslem, D.F.R.P.; Butterfield, B.J.; Byun, C.; Marques, M.; Scalon, M.C.; Caccianiga, M.; Cadotte, M.; Cailleret, M.; Camac, J.; Camarero, J.J.; Company, C.; Campetella, G.; Campos, J.A.; Cano-Arboleda, L.; Canullo, R.; Carbognani, M.; Carvalho, F.; Casanoves, F.; Castagneyrol, B.; Catford, J.A.; Cavender-Bares, J.; Cerabolini, B.E.L.; Cervellini, M.; Chacón-Madrigal, E.; Chapin, K.; Chapin, F.S.; Chelli, S.; Chen, S.-C.; Chen, A.; Cherubini, P.; Chianucci, F.; Choat, B.; Chung, K.-S.; Chytrý, M.; Ciccarelli, D.; Coll, L.; Collins, C.G.; Conti, L.; Coomes, D.; Cornelissen, J.H.C.; Cornwell, W.K.; Corona, P.; Coyea, M.; Craine, J.; Craven, D.; Crowsigt, J.P.G.M.; Csecerits, A.; Cufar, K.; Cuntz, M.; Silva, A.C.; Dahlin, K.M.; Dainese, M.; Dalke, I.; Dalle Fratte, M.; Dang-Le, A.T.; Danihelka, J.; Dannoura, M.; Dawson, S.; de Beer, A.J.; De Frutos, A.; De Long, J.R.; Dechant, B.; Delagrange, S.; Delpierre, N.; Derroire, G.; Dias, A.S.; Diaz-Toribio, M.H.; Dimitrakopoulos, P.G.; Dobrowolski, M.; Doktor, D.; Dřevojan, P.; Dong, N.; Dransfield, J.; Dressler, S.; Duarte, L.; Ducouret, E.; Dullinger, S.; Durka, W.; Duursma, R.; Dymova, O.; E-Vojtkó, A.; Eckstein, R.L.; Ejtehadi, H.; Elser, J.; Emilio, T.; Engemann, K.; Erfanian, M.B.; Erfmeier, A.; Esquivel-Muelbert, A.; Esser, G.; Estiarte, M.; Domingues, T.F.; Fagan, W.F.; Fagúndez, J.; Falster, D.S.; Fan, Y.; Fang, J.; Farris, E.; Fazlioglu, F.; Feng, Y.; Fernandez-Mendez, F.; Ferrara, C.; Ferreira, J.; Fidelis, A.; Finegan, B.; Firn, J.; Flowers, T.J.; Flynn, D.F.B.; Fontana, V.; Forey, E.; Forgiarini, C.; François, L.; Frangipani, M.; Frank, D.; Frenette-Dussault, C.; Freschet, G.T.; Fry, E.L.; Fyllas, N.M.; Mazzochini, G.G.; Gachet, S.; Gallagher, R.; Ganade, G.; Ganga, F.; García-Palacios, P.; Gargaglione, V.; Garnier, E.; Garrido, J.L.; Gasper, A.L.; Gea-Izquierdo, G.; Gibson, D.; Gillison, A.N.; Giroldo, A.; Glasenhardt, M.-C.; Gleason, S.; Gliesch, M.; Goldberg, E.; Gödel, B.; Gonzalez-Akre, E.; Gonzalez-Andujar, J.L.; González-Melo, A.; González-Robles, A.; Graae, B.J.; Granda, E.; Graves, S.; Green, W.A.; Gregor, T.; Gross, N.; Guerin, G.R.; Günther, A.; Gutiérrez, A.G.; Haddock, L.; Haines, A.; Hall, J.; Hambuckers, A.; Han, W.; Harrison, S.P.; Hattingh, W.; Hawes, J.E.; He, T.; He, P.; Heberling, J.M.; Helm, A.; Hempel, S.; Hentschel, J.; Héroult, B.; Hereş, A.-M.; Herz, K.; Heuertz, M.; Hickler, T.; Hietz, P.; Higuchi, P.; Hipp, A.L.; Hirons, A.; Hock, M.; Hogan, J.A.; Holl, K.; Honnay, O.; Hornstein, D.; Hou, E.; Hough-Snee, N.; Hovstad, K.A.; Ichie, T.; Igić, B.; Illa, E.; Isaac, M.; Ishihara, M.; Ivanov, L.; Ivanova, L.; Iversen, C.M.; Izquierdo, J.; Jackson, R.B.; Jackson, B.; Jactel, H.; Jagodzinski, A.M.; Jandt, U.; Jansen, S.; Jenkins, T.; Jentsch, A.; Jespersen, J.R.P.; Jiang, G.-F.; Johansen, J.L.; Johnson, D.; Jokela, E.J.; Joly, C.A.; Jordan, G.J.; Joseph, G.S.; Junaedi, D.; Junker, R.R.; Justes, E.; Kabzems, R.; Kane, J.; Kaplan, Z.; Kattenborn, T.; Kavelenova, L.; Kearsley, E.; Kempel, A.; Kenzo, T.; Kerkhoff, A.; Khalil, M.I.; Kinlock, N.L.; Kissling, W.D.; Kitajima, K.; Kitzberger, T.; Kjøller, R.; Klein, T.; Kleyer, M.; Klimešová, J.; Klipel, J.; Kloeppel, B.; Klotz, S.; Knops, J.M.H.; Kohyama, T.; Koike, F.; Kollmann, J.; Komac, B.; Komatsu, K.; König, C.; Kraft, N.J.B.; Kramer, K.; Kreft, H.; Kühn, I.; Kumarathunge, D.; Kuppler, J.; Kurokawa, H.; Kurosawa, Y.; Kuyah, S.; Laclau, J.-P.; Lafleur, B.; Lallai, E.; Lamb, E.; Lamprecht, A.; Larkin, D.J.; Laughlin, D.; Le Bagousse-Pinguet, T.; le Maire, G.; le Roux, P.C.; le Roux, E.; Lee, T.; Lens, F.; Lewis, S.L.; Lhotsky, B.; Li, Y.; Li, X.; Lichstein, J.W.; Liebergesell, M.; Lim, J.Y.; Lin, Y.-S.; Linares, J.C.; Liu, C.; Liu, D.; Liu, U.; Livingstone, S.; Llusà, J.; Lohbeck, M.; López-García, Á.; Lopez-Gonzalez, G.; Lososová, Z.; Louault, F.; Lukács, B.A.; Lukeš, P.; Luo, Y.; Lussu, M.; Ma, S.; Pereira, C.M.R.; Mack, M.; Maire, V.; Mäkelä, A.; Mäkinen, H.; Malhado, A.C.M.; Mallik, A.; Manning, P.; Manzoni, S.; Marchetti, Z.; Marchino, L.; Marcilio-Silva, V.; Marcon, E.; Marignani, M.; Markesteijn, L.; Martin, A.; Martínez-Garza, C.; Martínez-Vilalta, J.; Mašková, T.; Mason, K.; Mason, N.; Massad, T.J.; Masse, J.; Mayrose, I.; McCarthy, J.; McCormack, M.L.; McCulloh, K.; McFadden, I.R.; McGill, B.J.; McPartland, M.Y.; Medeiros, J.S.; Medlyn, B.; Meerts, P.; Mehrabi, Z.; Meir, P.; Melo, F.P.L.; Mencuccini, M.; Meredieu, C.; Messier, J.; Mészáros, I.; Metsaranta, J.; Michaletz, S.T.; Michelaki, C.; Migalina, S.; Milla, R.; Miller, J.E.D.; Minden, V.; Ming, R.; Mokany, K.; Moles, A.T.; Molnár, V.A.; Molofsky, J.; Molz, M.; Montgomery, R.A.; Monty, A.; Moravcová, L.; Moreno-Martínez, A.; Moretti, A.; Mori, A.S.; Mori, S.; Morris, D.; Morrison, J.; Mucina, L.; Mueller, S.; Muir, C.D.; Müller, S.C.; Munoz, F.; Myers-Smith, I.H.; Myster, R.H.; Nagano, M.; Naidu, S.; Narayanan, A.; Natesan, B.; Negoita, L.; Nelson, A.S.; Neuschulz, E.L.; Ni, J.; Niedrist, G.; Nieto, J.; Niinemets, Ü.; Nolan, R.;

Nottebrock, H.; Nouvellon, Y.; Novakovskiy, A.; The Nutrient Network; Nystuen, K.O.; O'Grady, A.; O'Hara, K.; O'Reilly-Nugent, A.; Oakley, S.; Oberhuber, W.; Ohtsuka, T.; Oliveira, R.; Öllerer, K.; Olson, M.E.; Onipchenko, V.; Onoda, Y.; Onstein, R.E.; Ordonez, J.C.; Osada, N.; Ostonen, I.; Ottaviani, G.; Otto, S.; Overbeck, G.E.; Ozinga, W.A.; Pahl, A.T.; Paine, C.E.T.; Pakeman, R.J.; Papageorgiou, A.C.; Parfionova, E.; Pärtel, M.; Patacca, M.; Paula, S.; Paule, J.; Pauli, H.; Pausas, J.G.; Peco, B.; Penuelas, J.; Perea, A.; Peri, P.L.; Petisco-Souza, A.C.; Petraglia, A.; Petritan, A.M.; Phillips, O.L.; Pierce, S.; Pillar, V.D.; Pisek, J.; Pomogaybin, A.; Poorter, H.; Portsmuth, A.; Poschlod, P.; Potvin, C.; Pounds, D.; Powell, A.S.; Power, S.A.; Prinzing, A.; Puglielli, G.; Pyšek, P.; Ravel, V.; Rammig, A.; Ransijn, J.; Ray, C.A.; Reich, P.B.; Reichstein, M.; Reid, D.E.B.; Réjou-Méchain, M.; Resco de Dios, V.; Ribeiro, S.; Richardson, S.; Riibak, K.; Rillig, M.C.; Riviera, F.; Robert, E.M.R.; Roberts, S.; Robroek, B.; Roddy, A.; Rodrigues, A.V.; Rogers, A.; Rollinson, E.; Rolo, V.; Römermann, C.; Ronzhina, D.; Roscher, C.; Rosell, J.A.; Rosenfield, M.F.; Rossi, C.; Roy, D.B.; Royer-Tardif, S.; Rüger, N.; Ruiz-Peinado, R.; Rumpf, S.B.; Rusch, G.M.; Ryo, M.; Sack, L.; Saldaña, A.; Salgado-Negret, B.; Salguero-Gomez, R.; Santa-Regina, I.; Santacruz-García, A.C.; Santos, J.; Sardans, J.; Schamp, B.; Scherer-Lorenzen, M.; Schleuning, M.; Schmid, B.; Schmidt, M.; Schmitt, S.; Schneider, J.V.; Schowanek, S.D.; Schrader, J.; Schrodt, F.; Schuldt, B.; Schurr, F.; Selaya Garvizu, G.; Semchenko, M.; Seymour, C.; Sfair, J.C.; Sharpe, J.M.; Sheppard, C.S.; Sheremetiev, S.; Shiodera, S.; Shipley, B.; Shovon, T.A.; Siebenkäs, A.; Sierra, C.; Silva, V.; Silva, M.; Sitzia, T.; Sjöman, H.; Slot, M.; Smith, N.G.; Sodhi, D.; Soltis, P.; Soltis, D.; Somers, B.; Sonnier, G.; Sørensen, M.V.; Sosinski Jr, E.E.; Soudzilovskaia, N.A.; Souza, A.F.; Spasojevic, M.; Sperandii, M.G.; Stan, A.B.; Stegen, J.; Steinbauer, K.; Stephan, J.G.; Sterck, F.; Stojanovic, D.B.; Strydom, T.; Suarez, M.L.; Svenning, J.-C.; Svitková, I.; Svitok, M.; Svoboda, M.; Swaine, E.; Swenson, N.; Tabarelli, M.; Takagi, K.; Tappeiner, U.; Tarifa, R.; Tauougourdeau, S.; Tavsanoğlu, C.; te Beest, M.; Tedersoo, L.; Thiffault, N.; Thom, D.; Thomas, E.; Thompson, K.; Thornton, P.E.; Thuiller, W.; Tichý, L.; Tissue, D.; Tjoelker, M.G.; Tng, D.Y.P.; Tobias, J.; Török, P.; Tarin, T.; Torres-Ruiz, J.M.; Tóthmérész, B.; Treurnicht, M.; Trivellone, V.; Trolliet, F.; Trotsiuk, V.; Tsakalos, J.L.; Tsiripidis, I.; Tysklind, N.; Umehara, T.; Usoltsev, V.; Vadeboncoeur, M.; Vaezi, J.; Valladares, F.; Vamosi, J.; van Bodegom, P.M.; van Breugel, M.; Van Cleemput, E.; van de Weg, M.; van der Merwe, S.; van der Plas, F.; van der Sande, M.T.; van Kleunen, M.; Van Meerbeek, K.; Vanderwel, M.; Vanselow, K.A.; Vårhammar, A.; Varone, L.; Vasquez Valderrama, M.Y.; Vassilev, K.; Vellend, M.; Veneklaas, E.J.; Verbeek, H.; Verheyen, K.; Vibrans, A.; Vieira, I.; Villacís, J.; Violle, C.; Vivek, P.; Wagner, K.; Waldram, M.; Waldron, A.; Walker, A.P.; Waller, M.; Walther, G.; Wang, H.; Wang, F.; Wang, W.; Watkins, H.; Watkins, J.; Weber, U.; Weedon, J.T.; Wei, L.; Weigelt, P.; Weiher, E.; Wells, A.W.; Wellstein, C.; Wenk, E.; Westoby, M.; Westwood, A.; White, Ph.J.; Whitten, M.; Williams, M.; Winkler, D.E.; Winter, K.; Womack, C.; Wright, I.J.; Wright, S.J.; Wright, J.; Pinho, B.X.; Ximenes, F.; Yamada, T.; Yamaji, K.; Yanai, R.; Yankov, N.; Yguel, B.; Zanini, K.J.; Zanne, A.E.; Zelený, D.; Zhao, Y.-P.; Zheng, J.; Zheng, J.; Ziemińska, K.; Zirbel, C.R.; Zizka, G.; Zo-Bi, I.C.; Zotz, G. & Wirth, C. (2020) - TRY plant trait database – enhanced coverage and open access. *Global Change Biology*, vol. 26, n.1, p. 119-188. <https://doi.org/10.1111/gcb.14904>

R Core Team (2020) - *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

Santos, J.A.; Fraga, H.; Malheiro, A.C.; Moutinho-Pereira, J.; Dinis, L.-T.; Correia, C.; Morrión M; Leolini, L.; Dibari, C.; Costa-Freda-Aumedes, S.; Kartschall, T.; Menz, C.; Molitor, D.; Junk, J.; Beyer, M. & Schultz, H.R. (2020) - A Review of the Potential Climate Change Impacts and Adaptation Options for European Viticulture. *Applied Sciences*, vol. 10, n. 9, art. 3092. <https://doi.org/10.3390/app10093092>

Tomás, M.; Medrano, H.; Pou, A.; Escalona, J. M.; Martorell, S.; Ribas-Carbó, M. & Flexas, J. (2012) - Water-use efficiency in grapevine cultivars grown under controlled conditions: effects of water stress at the leaf and whole-plant level. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, vol. 18, n. 2, p. 164-172. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2012.00184.x>