IVES Technical Reviews
rebe & wein

https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2024.8242

COPPEREPLACE. Die Verwendung von Kupfer im ökologischen Weinbau: eine aktuelle Herausforderung. Teil 1 - Wissenschaftliche Aktivitäten

Mario de la Fuente[1,2], António Graça[3], José Manso[3], Ivone Tomás[3], Natacha Fontes[3], Caroline Gouttesoulard[4], Bartosz Tylkowski[5], Magdalena Olkiewicz[5], Josep M. Montornes[5], Elena Sánchez[6], Emilio Gil[6]; Ruth Pereira[7,8], Anabela Cachada[8,9], Cristiana Paiva[7,8], Beatriz Fernandes[7,8], Verónica Nogueira[8,9], Cátia Santos[10], Leonor Pereira[10], Luís Marcos[10], David Fernández Calviño[11]

[1] CEIGRAM-Polytechnic University of Madrid, Spain
[2] Spanish Wine Technological Platform, Spain
[3] Sogrape, Portugal
[4] Institut Français de la Vigne et du Vin, France
[5] Eurecat, Centre Tecnològic de Catalunya, Unitat de Tecnologia Química, Spain
[6] Barcelona School of Agri-Food and Biosystems Engineering, Universitat Politècnica de Catalunya, Esteve Terradas, 8, 08860, Castelldefels, Spain
[7] GreenUPorto & INOV4Agro - Centro de Investigação em Produção Agroalimentar Sustentável, Portugal
[8] Departamento de Biologia, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Rua do Campo Alegre 4169-007 Porto, Portugal
[9] CIIMAR - Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental, Portugal
[10] Associação para o Desenvolvimento da Viticultura Duriense – ADVID, Portugal
[11] Universidade de Vigo, Departamento de Bioloxía Vexetal e Ciencia do Solo, Facultade de Ciencias, As Lagoas s/n, 32004 Ourense, Spain

Eine der wichtigsten und wiederkehrenden Rebkrankheiten ist der Falsche Mehltau, der durch den Pilz *Plamospara viticola* verursacht wird. Dieser Pilz ist ein weltweites Problem im Weinbau, wobei die jährliche Inzidenz in einigen Regionen sehr hoch ist. Seit der Entdeckung der Bordeauxbrühe (eine Mischung aus Kupfersulfat und Kalk) in den 1880er Jahren sind eine Reihe unterschiedlicher Mischungen auf Kupferbasis (Cu) entwickelt und im Weinbau eingesetzt worden.
➥ https://coppereplace.com/

Einleitung

Die Verunreinigung insbesondere von empfindlichen Böden durch Cu entstand größtenteils durch dessen unkontrollierten Einsatz gegen den Falschen Mehltau in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Cu ist essenziell für das Pflanzenwachstum und kommt normalerweise in geringen Konzentrationen (5–30 mg/kg) natürlich im Boden vor. Durch die kontinuierliche Verwendung Cu-basierter Fungizide wurde jedoch in vielen europäischen Böden ein erheblicher Anstieg der Cu-Werte festgestellt[1]. Dieser Anstieg der Cu-Konzentrationen im Boden kann sich in Zusammenhang mit anderen Pestiziden auf unterschiedliche Weise negativ auf die Bodenzusammensetzung, die Bodenmikroorganismen, die allgemeine Artenvielfalt, und die generelle Funktionsweise eines Ökosystems auswirken. Dies hat dazu geführt, dass für Weinberge in der Nähe von besiedelten Gebieten besondere Vorschriften gelten[2], welche für die Landwirte eine große Herausforderung darstellen.

Die Verwendung von Cu in der biologischen Landwirtschaft ist seit 2002 eingeschränkt[3] [4]. Dies wirkt sich stärker aus als bei anderen Produktionsarten (z. B. integrierte Landwirtschaft, integrierter Pflanzenschutz) bei denen Cu durch andere alternative Produkte ersetzt werden kann. Darüber hinaus stellen komplexe Registrierungs- und Zulassungsverfahren für neue Pflanzenschutzmittel (PSM) Hürden mit wirtschaftlichen Folgen dar.

Viele Länder fordern deshalb die Verwendung alternativer Produkte. Die Erfolge sind allerdings sehr unterschiedlich, was zu Einschränkungen führt und die Strategien im Weinbau beeinträchtigt[5].

Arbeitspakete, Aktivitäten und erste Ergebnisse

Das vom Interreg SUDOE-Programm finanzierte Forschungsprojekt COPPEREPLACE bestand aus 13 Partnern aus Spanien, Frankreich und Portugal. Das Ziel dieses Projekts war die Entwicklung und weitläufige Umsetzung neuer Technologien, Produkte und Strategien, um die Verwendung von Cu im Weinbau zu reduzieren bzw. zu ersetzen, und gleichzeitig kontaminierte Böden in der SUDOE-Region zu sanieren. Das Projekt bestand aus sechs Arbeitspaketen (work packages (WPs), Abbildung 1). In diesem ersten Artikel werden die Ziele und Ergebnisse der ersten drei WPs vorgestellt: Alternativen zu Cu (WP1), Auswirkungen auf empfindliche Böden (WP2), und Optimierung der Cu-Dosierung (WP3).

Das Ziel von WP1 war die Identifizierung alternativer Ansätze zur Reduzierung von Cu bei der Bekämpfung des Falschen Mehltaus. Einige der ausgewählten Alternativprodukte waren bereits auf dem Markt und als Fungizide oder Düngemittel zugelassen, während sich andere im PSM-Sektor in der Entwicklungsphase befanden. Ziel der experimentellen Versuche des Projekts war es, Alternativprodukte mit einer verminderten Kupferdosis zu kombinieren. Die Versuche fanden in drei verschiedenen geografischen Regionen statt und es wurden zwei Produktionsarten (integriert und biologisch) auf Parzellen unterschiedlicher Größe angewendet. Elf Produkte wurden in drei kleinen Versuchen auf Mikroparzellen getestet (IFV, SOGRAPE); ein mittlerer Versuch fand auf einer größeren Parzelle statt (TORRES); drei große Versuche wurden in Zusammenarbeit mit Winzern unter realen Bedingungen durchgeführt (GERARD BETRAND, SVBNA, SOGRAPE). Alle Versuche fanden unter randomisierten, kontrollierten Bedingungen statt, einschließlich unbehandelter Kontrollen, um den jeweiligen lokalen Krankheitsdruck über zwei Jahre zu bewerten. Einige Versuche wurden in diesem Zeitraum durch einen niedrigen Krankheitsdruck und Hagelschäden beeinträchtigt. Die Versuchsstandorte in drei verschiedenen Ländern halfen jedoch dabei, auswertbare Ergebnisse zu erzielen. Interessante Ergebnisse wurden in den kleinen Versuchen mit mehreren noch nicht zugelassenen Produkten auf Pflanzen- oder Algenbasis erzielt (Behandlung getrennt von Kupfer). Hierzu sind

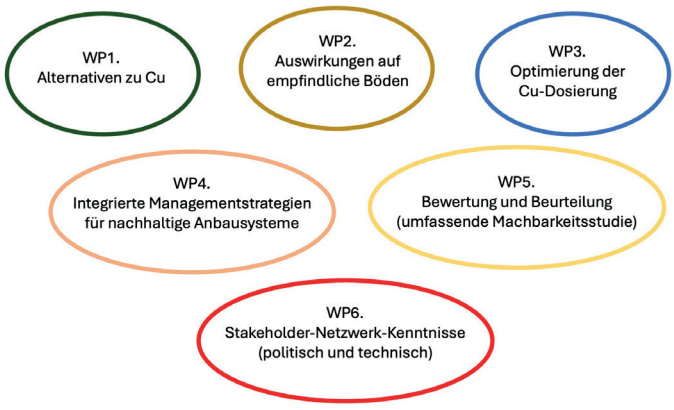


ABBILDUNG 1. COPPEREPLACE-Strategie (Arbeitspakete des Projekts).

Dieses Werk steht unter der Lizenz Creative Commons Namensnennung 4.0 International.

allerdings noch weitere Untersuchungen erforderlich. Ein Cu-basierter Dünger (Cu-Heptagluconat) zeigte vielversprechende und durchweg gute Ergebnisse (ähnliche Wirksamkeit wie die Kontrollbehandlung) und verringerte die Gesamtmenge des ausgebrachten Cu bei mäßigem Pilzbefall. Da die Bestimmungen zur Verwendung von Düngemitteln strenger werden, wäre es interessant, diese Ergebnisse politischen Entscheidungsträgern in der EG vorzulegen. Es sind jedoch weitere Untersuchungen in größeren Versuchen und unter stärkerem Krankheitsdruck erforderlich, um bei der Bewertung dieser Alternativen belastbare Ergebnisse zu erzielen.

Zurzeit existieren keine Vorschriften, welche die spezifischen Eigenschaften der Böden in den Weinbergen berücksichtigen. Diese Eigenschaften können jedoch die Cu-Verfügbarkeit in den Böden beeinflussen. Zu den Zielen von WP2 gehörte daher die Bewertung der Rolle des pH-Werts und organischer Substanzen im Boden (OBS), sowie deren Rollen bei der Cu-Verschmutzung von Weinbergböden. Zehn verschiedene Weinbergböden (unterschiedliche pH-Werte und OBS-Mengen) wurden mit Kupfer versetzt und auf ihre Toxizität für verschiedene Boden- und Wasserorganismen getestet. Die Anfälligkeit der Böden gegenüber Cu-Verunreinigung und deren Toxizitätsgrad hingen hauptsächlich von zwei Faktoren ab: Cu-Ansammlung und Bodeneigenschaften. Am schlechtesten bewertet wurden Böden mit niedrigem (sauren) pH-Wert und geringem Gehalt an organischer Substanz. Die Cu-Toxizität eines Bodens hing von drei physikochemischen Eigenschaften ab: dem gesamt-Cu-Gehalt, dem pH-Wert des Bodens und der Menge an organischem Material. Grundsätzlich ist die Auswirkung auf umliegende Gewässer sowie Land- und Wasserorganismen gering, wenn der Cu-Gehalt im Boden unter 100 mg/kg liegt. Wenn der Cu-Gehalt über 100 mg/kg und der pH-Wert des Bodens unter 5,0 liegt, können negative Auswirkungen auf die Artenvielfalt und Funktionen des Bodens auftreten. Bei sehr sauren Böden (pH-Wert 5,0–6,0) ist besondere Aufmerksamkeit und eine strenge Bodenüberwachung erforderlich. Bei einem pH-Wert über 6,0 sind geringere Auswirkungen von Cu zu erwarten. Wenn der Cu-Gehalt 100 mg/kg übersteigt, sollte z. B. die Anzahl der Regenwürmer genau überwacht werden, da sie wahrscheinlich die anfälligsten der getesteten Organismen in Weinbergböden sind.

WP2 erstellte außerdem Richtlinien für die politische Entscheidungsfindung zur Identifizierung der am stärksten gefährdeten Böden, Cu-Anwendungsgrenzen und die Umsetzung von Sanierungsstrategien. Allgemeine Empfehlungen beinhalteten beispielsweise Vorgaben zu Wirkstoffdosen und der Anwendungshäufigkeit; Bewirtschaftungspraktiken zur Erhöhung des pH-Werts des Bodens (z. B. Zugabe von Kalziumkarbonat in Form von gemahlenen Muschelschalen); die Einbeziehung organischer Substanz (z. B. in Form von gemahlener Kiefernrinde zur Absorption von Cu-Ionen); und Vorschläge zur Bewertung von Böden, die sowohl biologische als auch physikochemischen Indikatoren integrieren. Es hat sich gezeigt, dass diese Richtlinien die Bodeneigenschaften wirksam verbessern, die Cu-Bioverfügbarkeit und Cu-Toxizität verringern, bzw. die negativen Auswirkungen der Cu-Anreicherung auf Organismen und die Umwelt verringern. Die Wirksamkeit dieser Sanierungsalternativen hängt jedoch von der Bodenart und den Bodeneigenschaften ab, weshalb eine initiale Bewertung des Standorts und des Bodens erforderlich ist.

Ziel von WP3 war die Entwicklung und Implementierung innovativer Präzisionstechniken zur besseren Anpassung der Cu-Dosierung, um so die Streuung und die negativen Auswirkungen auf die Umwelt zu verringern. Eine individuell anpassbare Strategieanwendung (Dosaviña®[6]) wurde entwickelt, mit deren Hilfe optimale Anwendungsvolumen für Pflanzenschutzbehandlungen in Weinbergen, basierend auf strukturellen Merkmalen der Vegetation und der Art der verwendeten Ausrüstung, ermittelt werden können.

Um Anwendungsvolumen entsprechend der Blattfläche anzupassen, wurden Pflanzenschutzbehandlungen mit variabler Dosierung basierend auf der Wuchskraft des Blattdaches getestet. Mehreren Faktoren, wie unterschiedliche Wachstumszonen, Phänologie, Hanglage, Bodenwasserreserven usw., spielten dabei eine Rolle. Anhand von Satellitenbildern wurde eine Vitalitätskarte erstellt und die entsprechenden Anwendungsvolumen für jede Vitalitätszone mithilfe der Dosaviña®Ò-Anwendung angepasst. Mithilfe einer intelligenten PSM-Kontrollsystemanwendung (WAATIC) haben wir die Menge der verwendeten Volumen um 8–42 %, im Vergleich zu Anwendungen mit konstanten Sprayvolumen, reduziert. Parallel dazu wurde die Cu-Menge bei variablen Anwendungen um 20–60 %, im Vergleich zu einem konstanten Sprayvolumen, signifikant reduziert. Die biologische Wirksamkeit gegen den Falschen Mehltau war dabei zwischen den Behandlungen gleich.

Als Teil des Projekts wurde zudem ein europäisches Patent[7] für ein neues mikroverkapseltes Cu-Produkt (basierend auf CuSO4 in verschiedenen Konzentrationen, mit ungiftigen und nicht verunreinigenden Polymermaterialien) angemeldet. Studien zeigten eine höhere Cu-Ablagerung auf Filterpapier und Weinblättern[8]. Damit könnte ein ausreichender Pflanzenschutz mit geringerer Cu-Ionenbelastung (-25 %) erreicht werden. Die Ergebnisse von WP3 zeigten, dass ein integrierter Einsatz dieser neuen Technologien Landwirte dabei unterstützen könnte, die von der Europäischen Union geforderten Cu-Reduktionsziele zu erreichen. ■

Danksagungen: *COPPEREPLACE ist ein Projekt, das im Rahmen der 4. Ausschreibung des Programms für territoriale Zusammenarbeit in Südwesteuropa (Interreg Sudoe-Programm) durch den Europäischen Fond für regionale Entwicklung (FEDER) mit einem Budget von 1.171.841,21 € kofinanziert wird.*

1 Ballabio, C., Panagos, P., Lugato, E., Huang, J. H., Orgiazzi, A., Jones, A., & Montanarella, L. (2018). Cu distribution in European topsoils: An assessment based on LUCAS soil survey. Science of The Total Environment, 636, 282-298. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.268

2 https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000039686039

3 Council Regulation (EC) No 834/2007 of 28 June 2007 on organic production and labelling of organic products. Journal Officiel de l'Union Européenne.

4 REGULATION (EU) 2018/1981 of 13 December 2018. Journal Officiel de l'Union Européenne.

5 De la Fuente, M., Fernandez-Calvino, D., Tylkowski, B., Montornes, J.M., Olkiewics, M., Pereira, R., Cachada, A., Caffi, T., Fedele, G., & De Herralde, F. (2021). Alternatives to Cu applications in viticulture. How R&D projects can provide applied solutions, helping to establish legislation limits. In: IntechOpen eBooks. https://doi.org/10.5772/intechopen.100500

6 Dosaviña®. Polytechnic University of Catalonia. https://dosavina.upc.edu/

7 Tylkowski, B., et al. 2021. European Patent Application EP21382965.8. Authors: Fundation EURECAT and Polytechnic University of Catalonia.

8 Ortega, P., Sánchez, E., Montornés, J. M., Tylkowski, B., Olkiewicz, M., & Gil, E. (2023). Design and evaluation of microencapsulation technology to reduce the environmental impact of copper fungicides in vineyards. Crop Protection, 176, 106502. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106502