iVES Technical Reviews
rebe & wein

https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2025.9762

Ethanol, ein einfaches und kostengünstiges biologisches Produkt, stimuliert zahlreiche Reaktionen in der Rebe

Christian Chervin[1], **Jean-Christophe Payan**[2]

[1] AgroToulouse INP, LRSV, CNRS, Université de Toulouse, Auzeville-Tolosane, France
[2] Institut Français de la Vigne et du Vin, Pôle Rhône-Méditerranée Rodilhan, Frances

Ethanol, ein Nebenprodukt der Weinherstellung, könnte interessante Anwendungsmöglichkeiten im Weinbau haben. Jüngste Studien zeigen, dass Ethanol bei der Anpassung der Rebe an Trockenheit und Hitzewellen genutzt werden könnte. Er kann unter anderem den Austrieb der Knospen modulieren, die Anreicherung von Anthozyanen stimulieren, das Beerenvolumen vergrößern, oder die Entwicklung von *Botrytis* auf den Beeren verzögern. Ziel dieses Artikels ist es, Forschung und Entwicklung zu den Möglichkeiten dieser Behandlung anzuregen. Aktuelle administrative Hindernisse, welche beseitigt werden müssten, um Ethanol zur Behandlung von Weinreben einzusetzen, werden aufgeführt.

Einleitung

Ethanol ist ein Molekül, das von den meisten Pflanzen, insbesondere unter Stressbedingungen, produziert wird[1]. Ein gut untersuchtes Beispiel ist dabei die Wurzelhypoxie bei Reis. In den Beeren der Traube, welche ebenfalls ein hypoxisches Milieu darstellen, finden sich auch geringe Mengen an Ethanol[2]. Dieser Alkohol wird bekanntermaßen von Hefen oder Bakterien produziert und stellt ein Nebenprodukt der Weinherstellung dar. Mehrere aktuelle Studien haben gezeigt, dass Ethanol ein Signalmolekül ist, welches von unterschiedlichen Organismen wahrgenommen werden kann[3] und bei Pflanzen bestimmte Reaktionen auslöst, die für Winzer interessant sein könnten. Bevor eine Anwendung im Weinbau möglich ist, muss die Methode zunächst durch zahlreiche Versuche unter verschiedenen Boden- und Klimabedingungen und anhand verschiedener Rebsorten evaluiert werden. Das Ziel dieses Artikels ist es, die Durchführung solcher Versuche, insbesondere durch Fachverbände, technische Institute, sowie Branchen- und Winzerverbände mit umfangreichen R&D-Kapazitäten, anzuregen. Damit könnte die Wirksamkeit von Ethanol unter realen Bedingungen ermittelt, die verwendeten Mengen optimiert, geeignete Anwendungsmethoden definiert, und die Positionierung verfeinert werden.
In diesem Artikel werden zuerst die von Ethanol bei Pflanzen hervorgerufenen Reaktionen aufgelistet, und danach die von Winzern für die Ethanolverwendung zu erfüllenden Auflagen diskutiert.

Förderung von Trockenheits- oder Hitzetoleranz

Unter den bei Pflanzen hergerufenen Reaktionen wurde z. B. eine bessere Anpassung an Trockenheit beobachtet[4]. In der entsprechenden Studie wurde dies an Weizen, Reis und Arabidopsis (Modellpflanze) getestet. Diese Anpassung konnte durch einen kurzzeitigen Kontakt mit Ethanol direkt vor einem Wasserdefizit induziert werden. Dieselbe Reaktion wurde auch bei Reben beobachtet[5], wobei dem Bewässerungswasser etwa 1 % Ethanol vor einem erwarteten Wasserdefizit beigemischt wurde (Abbildung 1A). Diese Anpassung an Wasserstress scheint auf eine vorzeitige Verringerung der Transpiration zurückzuführen zu sein. Ob das Besprühen der Reben mit einer verdünnten Ethanollösung denselben Effekt hat, muss noch untersucht werden. Erste Studien in Frankreich und Australien haben jedoch gezeigt, dass dies der Fall sein könnte: Die Trauben von Reben, welche während der Veraison mit einer 2-10 %igen Ethanollösung besprüht worden waren, waren ca. 10 % größer als Kontrolltrauben[6]. Obwohl der zugrundeliegende Mechanismus nicht weiter untersucht wurde, könnte dies auf eine Feuchtigkeitskonservierung im Inneren der Pflanze zurückzuführen sein.
Das IFV führte dahingehend diesen Sommer (2025) erste Untersuchungen durch, wobei Rebstöcke mit 10 % Ethanol besprüht worden waren. Die Ethanolbehandlung führte im Vergleich zu den Kontrollpflanzen zu einem geringeren Rückgang des Blattwasserpotenzials in Zeiten von Wasserstress (Abbildung 1B). Die Niederschläge des Sommers ließen es jedoch nicht zu zu überprüfen, ob dieser Effekt über einen längeren Zeitraum oder bei stärkerem Wasserstress bestehen bleibt. Um den Wasserstress kontrollieren zu können, ist daher geplant, die Versuche unter Einbeziehung der Forschungsinstitute in Montpellier und Bordeaux zu wiederholen.
Eine weitere aktuelle Studie hat gezeigt, dass Zellen von Gamay-Reben Hitzestress, welcher mit einer Hitzewelle gleichgesetzt werden kann, besser vertragen[7]. In dieser Studie wurde der Verlust von Zellpigmenten gemessen und mit den negativen Auswirkungen von Hitzestress auf die Pflanzen verglichen (Abbildung 2). Der geringste Pigmentverlust wurde bei einer millimolaren (mM) Ethanolkonzentration beobachtet, welche 0,006 % (v/v) entspricht. Diese Anpassung scheint auf eine vorrübergehende Expression von „Small Heat Shock" Proteinen nach der Ethanolbehandlung zurückzugehen. Diese Proteine sind dafür bekannt zahlreiche Zellverbindungen zu stabilisieren und zu schützen. Um diese Schutzfunktion zu bestätigen, sind jedoch größere Versuche im Weinberg erforderlich.

Stimulierung der natürlichen Abwehrkräfte und Haltbarkeit von Tafeltrauben

Jardine & McDowell[8] beschrieben Abwehrmechanismen gegen pathogene Mikroorganismen, die in Pflanzen durch Essigsäure, die oxidierte Form von Ethanol, stimuliert werden. Studien technischer Institute in kommerziellen Weinbergen (Abbildung 3) haben zum einen gezeigt, dass Ethanol die

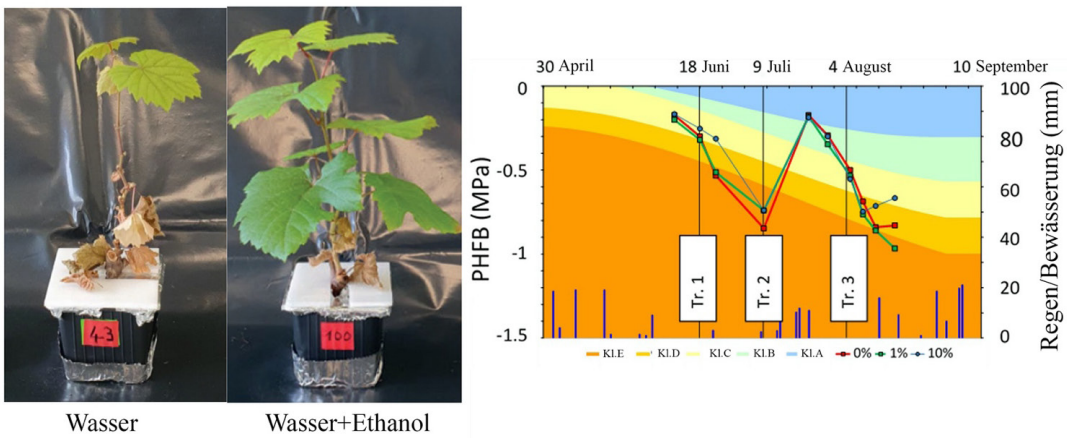


ABBILDUNG 1. A) Einmonatige Rebstecklinge, Sorte Gamay, bewässert mit Wasser oder einer wässrigen Ethanollösung (1 % v/v), anschließend 28 Tage lang ohne Wasser, dann erneut bewässert[5]. B) Entwicklung des Basisblattwasserpotenzials (PHFB) der Rebsorte Merlot, IFV Rodilhan 2025, Block B. Die rote Kurve steht für die mit Wasser (0 % Ethanol) behandelte Kontrollgruppe, die grüne Kurve für die Behandlung mit 1 % Ethanol und die blaue Kurve für die Behandlung mit 10 % Ethanol. Drei Sprühungen, Tr. 1, Tr. 2 und Tr. 3, wurden bei jeder Modalität mit einem Sprühgerät durchgeführt. Wasserstress ist wie folgt klassifiziert: Kl. A = kein, Kl. B = gering, Kl. C = optimal, Kl. D = stark, Kl. E = sehr stark. Die blauen Histogramme stellen die Niederschläge dar.

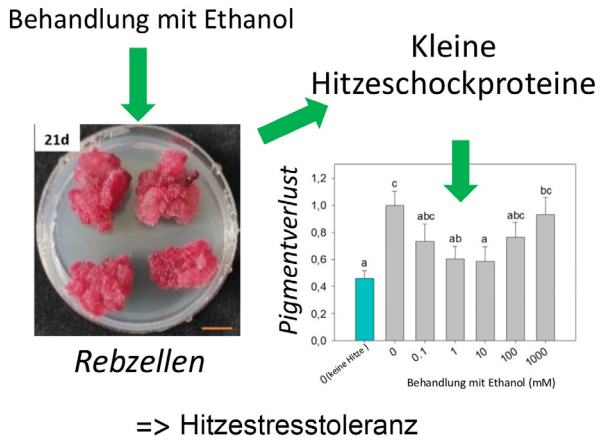


ABBILDUNG 2. Rebzellen (Sorte Gamay), die mit Ethanol (in verschiedenen Konzentrationen) vorbehandelt, anschließend Wärme (40 °C) ausgesetzt, und dann auf den Verlust roter Pigmente hin untersucht wurden[7].

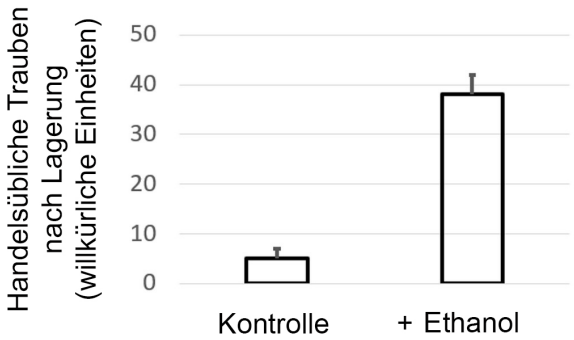


ABBILDUNG 3. Menge an Vermarktungsfähigen Tafeltrauben (Sorte Chasselas) nach Vorbehandlung der Rebstöcke mit Wasser mit oder ohne Ethanolzusatz (16 % v/v) in den zwei Monaten vor der Ernte, gefolgt von 6 Wochen Lagerung bei 1 °C und einer Woche bei 20 °C[9].

Entwicklung von *Botrytis*[9] begrenzen kann und zudem die Fähigkeit besitzt, sowohl Behandlungen vor der Ernte als auch zur Haltbarmachung der Trauben, zu ersetzen. Letzteres könnte für Produzenten und Händler von besonderem Interesse sein. Die Rolle von Ethanol als Stimulator der natürlichen Abwehrkräfte muss noch in Bezug auf andere Krankheiten, wie Mehltau, Oidium und Schwarzfäule, bei verschiedenen Rebsorten getestet werden.

Weitere interessante Anwendungsmöglichkeiten im Weinbau

Chervin & Fenell[10] haben gezeigt, dass das Besprühen mit geringen Mengen Ethanol (etwa 5 %) den Austrieb der Knospen regulieren kann, welcher in heißen Klimazonen, aufgrund einer ungenügenden Anzahl an Kältetagen, oft desynchronisiert ist. Dies könnte somit eine Alternative zum Einsatz von Cyanamidlösungen für die Winzer darstellen. Andere Versuche in Weinbergen haben gezeigt, dass Ethanol auch die Ansammlung von Anthozyanen stimulieren kann[11], insbesondere wenn die Trauben um die Veraison herum behandelt werden.

Aktuelle Hindernisse bei der Behandlung von Reben mit Ethanol

Die nachfolgend beschriebenen Vorschriften betreffen insbesondere Frankreich (und in einigen Punkten auch Europa). Ähnliche Vorschriften existieren jedoch vermutlich auch anderen Ländern.

Um Ethanol in wässriger Lösung auf Weinreben verwenden zu können, müsste es zunächst als „Grundstoff" zugelassen werden (Artikel 23 der Verordnung (EG) 1107/2009); Informationen hierzu sind online verfügbar (Website iuclid). Nationale Behörden können diese Anträge auf Initiative der Branchenverbände bearbeiten. In Frankreich ist Bier z. B. als „Grundstoff" im Weinbau zugelassen (https://itab.bio/sites/default/files/medias/fichier/2025/03/Fiche%20filiere%20Viticulture.pdf), warum also nicht auch Weinalkohol oder sogar Wein? Vermutlich wird Ethanol sowieso bereits in geringen Dosen als Lösungsmittel in bestimmten Pflanzenschutzmitteln verwendet.

Für den Kauf von Weinethanol verfügen viele Branchenfachleute, darunter auch Winzer, bereits über eine Verbrauchsteuernummer oder eine UTI-Nummer (https://www.douane.gouv.fr/demarche/deposer-une-declaration-prealable-de-profession-afin-dobtenir-un-numero-utilisateur). Bei bestimmten Brennereien ist auch Ethanol in „Bio"-Qualität erhältlich. In Europa wird Ethanol bereits für den Hausgebrauch hergestellt und vertrieben; es handelt sich dabei jedoch um denaturierten Alkohol, welcher bestimmte Bitterstoffe enthalten kann, was getestet werden müsste.

Um Alkohol in einem Betrieb zu lagern, benötigt man eine Zulassung als Lagerhalter (https://www.douane.gouv.fr/fiche/devenir-entrepositaire-agree), welche die meisten Winzer bereits besitzen.

Falls sich die Wirksamkeit solcher Behandlungen in verschiedenen Gebieten bestätigt, könnten Machbarkeitsstudien für Winzer eine Lösung sein. Dafür könnten sie sich an Experten technischer Institute und der Landwirtschaftskammern wenden, die sie bei den notwendigen Schritte unterstützen.

Fazit

Zahlreiche Forschungsarbeiten haben gezeigt, dass Ethanol, eine natürliche Verbindung, die von allen Pflanzen produziert wird, das Potenzial hat, Reaktionen auszulösen, die es den Reben ermöglichen, besser auf verschiedene biotische (z. B. pathogene Pilze) und abiotische (z. B. Hitze, Trockenheit) Stressfaktoren zu reagieren. Es sind jedoch noch zahlreiche Studien erforderlich, um den Nutzen dieser Behandlung zu evaluieren. Dies betrifft insbesondere: die Ethanol-Dosierungen, der optimale Anwendungszeitpunkt, sowie ein geeignetes Behandlungssystem, je nach Ausstattung des Winzerbetriebes, durch Besprühung oder Bewässerung. Die Behandlung mit Ethanol könnte zudem dazu beitragen, den Wasserverbrauch zu reduzieren. Die wirksamen Konzentrationen sind bei der Bewässerung niedrigeren (weniger als 1 %) als beim Sprühen (2 bis 10 %). Ist die Besteuerung für den gegebenen Verwendungszweck niedrig oder inexistent, kann der Erwerb dieser Verbindung relativ kostengünstig sein. Genehmigungsanträge sind zu erwarten. ■

Danksagung: *Wir danken allen französischen und internationalen Kollegen, die diese Jahre der Forschung mit uns geteilt haben, sowie den Institutionen, die uns unterstützt haben (Regionalrat von Okzitanien, IFV, Universität Toulouse, Institut National Polytechnique de Toulouse, Institut Agro Montpellier, Landwirtschaftskammer der Aude, INRAE, CNRS, Region Katalonien, CTIFL, CEFEL, Australien: CSIRO, Agriculture Victoria, Universität Adelaide). Hinweis: Eine ausführliche Bibliografie zu den Reaktionen von Pflanzen auf Ethanol kann bei C. Chervin angefordert werden.*

1 Kimmerer, T.W. & MacDonald, R.C. (1987). Acetaldehyde and ethanol biosynthesis in leaves of plants. *Plant Physiology*, 84(4),1204-1209. https://doi.org/10.1104%2Fpp.84.4.1204

2 Xiao Z., Rogiers S.Y., Sadras V.O., Tyerman S.D. (2018) Hypoxia in grape berries: the role of seed respiration and lenticels on the berry pedicel and the possible link to cell death. *Journal of Experimental Botany*, 69, 2071–2083. https://doi.org/10.1093/jxb/ery039

3 Diot, A., Groth, G., Blanchet, S., Chervin, C. (2024). Responses of animals and plants to physiological doses of ethanol: a molecular messenger of hypoxia? *FEBS Journal*, 291(6), 1102-1110. https://doi.org/10.1111/febs.17056

4 Bashir, K., Todaka, D., Rasheed, S., Matsui, A., Ahmad, Z., Sako, K., ... Seki, M. (2022). Ethanol-mediated novel survival strategy against drought stress in plants. *Plant Cell Physiology*, 63(9), 1181-1192. https://doi.org/10.1093/pcp/pcac114

5 Ait Kaci, N., Quinquiry, B., Diot, A., Yobregat, O., Pellegrino, A., Maury, P., & Chervin, C. (2025). Potential of ethanol to reduce grapevine transpiration. *OENO One*, 59(1), 8445. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2025.59.1.8445

6 Chervin, C., Savocchia, S., Krstic, M., Serrano, E., & van Heeswijck, R. (2005). Enhancement of grape berry weight induced by an ethanol spray four weeks before harvest and effects of a night spray at an earlier date. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 45(6), 731-734. https://doi.org/10.1071/EA03147

7 Diot, A., Madignier, G., Di Valentin, O., Djari, A., Maza, E., Chen, Y., Blanchet, S., Chervin, C. (2025). Responses of grapevine cells to physiological doses of ethanol, including induced resistance to heat stress. *Plant Biol* (Stuttg). Early view. https://doi.org/10.1111/plb.70064

8 Jardine, K.J., & McDowell, N. (2023). Fermentation-mediated growth, signaling, and defense in plants. *New Phytologist*, 239(3), 839-851. https://doi.org/10.1111/nph.19015

9 Chervin, C., Lavigne, D. & Westercamp, P. (2009). Reduction of gray mold development in table grapes by preharvest sprays with ethanol and calcium chloride. *Postharvest Biology and Technology*, 54(2), 115-117. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2009.06.005

10 Chervin, C. & Fennell, A. (2019). Ethanol sprays to release grapevine bud dormancy: a potential alternative to cyanamides. *OENO One*, 53(4), 661–666. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2019.53.4.2497

11 El Kereamy, A., Chervin, C., Souquet, J.M., Moutounet, M., Monje, M.C., Nepveu, F. ... Roustan, J.P. (2002). Ethanol triggers grape gene expression leading to anthocyanin accumulation during berry ripening. *Plant Science*, 163(3), 449-454. https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00142-5

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