Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU
Wald- und Holzforschungsförderung Schweiz WHFF-CH

Office fédéral de l'environnement OFEV
Soutien à la Recherche Forêt et Bois en Suisse FOBO-CH

Ufficio federale dell'ambiente UFAM
Sostegno alla ricerca sulle foreste e il legno FOLE-CH

KWL Konferenz für Wald, Wildtiere und Landschaft
CFP Conférence pour la forêt, la faune et le paysage
CFP Conferenza per la foresta, la fauna e il paesaggio

Fachlicher Schlussbericht

Projekt RI-Xylella

Risiko und Verlauf von *Xylella*- Infektionen in forst- und landwirtschaftlichen Gehölzen



Verfassende Personen:
Francesca Dennert, Alice Pessina, Laure Apothéloz Perret-Gentil, Denise Altenbach, Julia Lopéz Mercadal, Valentin Queloz und Ramona Maggini

Finanzierung:
Wald-und Holzforschungsförderung WHFF (Bundesamt für Umwelt BAFU), Konferenz für Wald, Wildtiere und Landschaft (KWL)

Januar 2026

WSL Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Dipartimento federale dell'economia, della formazione e della ricerca DEFR
Agroscope

Inhaltsverzeichnis

1. Abstract 3

2. Zusammenfassung 4

3. Ausgangslage 7

4. Projektziele 8

5. Forschungsfragen 9

6. Methoden 9

7. Ergebnisse 10

7.1 Molekularer Nachweis von X. fastidiosa in künstlich infizierten Pflanzen 10

7.2 Visuelle Beurteilung der Symptome 14

7.3 Rückisolierung von X. fastidiosa aus künstlich infizierten Pflanzen 17

8. Nutzen für die Praxis 18

9. Schlussfolgerungen 18

10. Verdankung 19

11. Literatur 19

12. Anhang 1: Projektprodukte 21

13.1 Poster, Herbsttagung 2024 der Schweizerischen Gesellschaft für Phytomedizin (SGP) 21

13.2 Abstract, Vortrag Herbsttagung 2025 der Schweizerischen Gesellschaft für Phytomedizin (SGP) 22

13. Anhang 2: Zusätzliche Tabellen und Abbildungen 23

1. Abstract

DE
Das Feuerbakterium *Xylella fastidiosa* befällt hunderte von Gehölzarten. Es stammt aus Nord- und Mittelamerika. Während die Verbreitung in landwirtschaftlichen Systemen relativ gut bekannt ist, ist die Anfälligkeit von Waldbaumarten wenig erforscht. Um die Anfälligkeit von mitteleuropäischen forst- und landwirtschaftlichen Gehölzen zu testen, werden Infektionsversuche mit verschiedenen Stämmen des Bakteriums im Hochsicherheitsgewächshaus der WSL durchgeführt.

FR
La bactérie *Xylella fastidiosa* est originaire d'Amérique du Nord et d'Amérique centrale et peut infecter des centaines d'espèces d'arbustes et d'arbres. Alors que sa diffusion dans les agroécosystèmes commence à être mieux comprise, peu de recherches ont été menées sur les écosystèmes forestiers et la sensibilité des espèces d'arbres forestiers. Afin d'évaluer la sensibilité des arbres forestiers et agricoles d'Europe centrale, des essais d'infection seront réalisés avec différentes souches de la bactérie dans la serre à haute sécurité du WSL.

IT
Il batterio *Xylella fastidiosa* è originario dell'America centro-settentrionale e può infettare centinaia di specie di arbusti e alberi. Mentre la sua diffusione negli agroecosistemi comincia ad essere meglio compresa, poche ricerche sono state condotte sugli ecosistemi forestali e sulla suscettibilità delle specie arboree forestali. Per valutare la suscettibilità degli alberi forestali e agricoli dell'Europa centrale, saranno condotti test di infezione con vari ceppi del batterio nella serra ad alta sicurezza del WSL.

EN
The bacterium *Xylella fastidiosa* originates from North-Central America and can infect hundreds of shrub and tree species. While its diffusion in agroecosystems begins to be better understood, little research has been done in forest ecosystems and on the susceptibility of forest tree species. To assess the susceptibility of Central European Forest and agricultural trees, infection trials will be carried out with various strains of the bacterium in the WSL's high-security greenhouse.

2. Zusammenfassung

DE

Das Feuerbakterium (*Xylella fastidiosa*) stammt ursprünglich aus Nord und Mittelamerika. Es infiziert und blockiert die Leitbahnen (Xylem) von zahlreichen Gehölzen, was zum Absterben von Blättern und Trieben führt. *X. fastidiosa* wird durch Insekten übertragen. Da es sich nur im Xylem der Pflanzen verbreiten kann, sind die Insekten, die es übertragen, nur solche die sich vom Xylem ernähren (insbesondere verschiedene Zikaden-Arten). In Nordamerika verursacht *X. fastidiosa* die «Pierce's disease» auf Weinreben, eine der schlimmsten Krankheiten für den dortigen Weinbau. Im Ursprungsgebiet sind auch Laubbäume betroffen, insbesondere Eiche und Ahorn, wo *X. fastidiosa* das vorzeitige Verdorren der Blätter im Sommer verursacht, und so über die Jahre die Bäume schwächt, bis hin zu Absterben. In Europa wurde *X. fastidiosa* zum ersten Mal 2013 nachgewiesen. Es verursachte erhebliche Schäden an Oliven in Italien, wo seither ganze Olivenhaine abgestorben sind. Das Bakterium wurde ebenfalls in Frankreich und Spanien in den mediterranen Regionen eingeschleppt, wo es grosse Schäden diversen Gehölzen verursacht, sowie an verschiedenen Wildpflanzen in Südfrankreich.

Die Schweiz ist momentan frei von *X. fastidiosa*. Aufgrund des erheblichen Schadpotentials ist die Art jedoch als prioritär zu bekämpfender Schadorganismus eingestuft (prioritärer Quarantäneorganismus, PGesV-WBF-UVEK).

Über die Anfälligkeit gegenüber *X. fastidiosa* von Forstgehölzen, sowie von landwirtschaftlichen Gehölzen in Mitteleuropa, ist noch wenig bekannt. Vorversuche mit Forstgehölzen, die wir 2022-2023 an der WSL durchgeführt haben, liefern hinweise, dass verschiedene Baumarten infiziert werden können, aber keine Symptome zeigen. Ebenfalls lieferten unsere Vorversuche erste Hinweise, dass die Wirtsspektren der *X. fastidiosa* Unterarten schwierig zu ermitteln sind.

Deswegen entstand eine Zusammenarbeit zwischen WSL und Agroscope, um systematische Infektionsversuche an relevanten Gehölzarten aus der Forst- und Landwirtschaft durchzuführen. Das Ziel des vorliegenden Projekts war, den Infektionsverlauf und die Symptomentwicklung an Gehölzen zu dokumentieren, nachdem sie im Gewächshaus künstlich mit verschiedenen Unterarten von *X. fastidiosa* infiziert wurden.

Es wurden 7 Gehölzarten untersucht (*Fagus sylvatica, Quercus petraea, Prunus avium, Rubus fruticosus, Prunus armeniaca, Olea europaea* und *Vitis vinifera*). Alle Gehölzarten wurden mit den Unterarten *X. fastidiosa* subsp. *fastidios*a, *X. fastidiosa* subsp. *multiplex* und *X. fastidiosa* subsp. *pauca* infiziert.

Das Vorhandensein von *X. fastidiosa* wurde mittels quantitativer Polymerasen-Kettenreaktion (qPCR) an Blättern und Holz 4 Monate (Probenahme 1) und 11 Monate (Probenahme 2) nach der künstlichen Infektion untersucht. Um die Anfälligkeit der Pflanzen und die Verteilung des Bakteriums im Pflanzengewebe zu bewerten, wurden die Prozentsätze der positiven Pflanzen in Blättern und Holz ermittelt (d.h. Protzentsatz der für *X. fastidiosa* positiven Pflanzen von allen inokulierten Pflanzen einer Gehölzart).

In den Blättern war die Positivitätsrate im Allgemeinen gering. In der ersten Probenahme wies *O. europaea* die höchsten Werte auf (33,3 % der infizierten Pflanzen waren positiv für *X. fastidiosa*), gefolgt von *F. sylvatica* und *Q. petraea* (14,3 %), *V. vinifera* (13,3 %) und *R. fruticosus* (6,7 %), während *P. armeniaca* und *P. avium* negativ waren (d.h. bei keiner infizierten Pflanze dieser beiden Arten konnte *X. fastidiosa* in den Blättern nachgewiesen werden). In der zweiten Probenahme war die Blattpositivität weiter reduziert und beschränkte sich auf *F. sylvatica, O. europaea* und *Q. petraea* (alle jeweils 6,7 %). Im Holzgewebe waren alle infizierten Pflanzen in der ersten Probenahme positiv, während in der zweiten Probenahme alle Pflanzenarten positiv waren, wenn auch mit unterschiedlichen Prozentsätzen zwischen den Arten (*O. europaea* 86,7 %, *V. vinifera* und *F. sylvatica* 73,3 %, *Q. petraea* und *R. fruticosus* 53,3 %, *P. avium* 40 % und *P. armeniaca* 30 %). Der Rückgang der Positivität zwischen den beiden Probenahmen hängt wahrscheinlich mit den saisonalen Bedingungen zusammen. Während der Ruhephase neigt *X. fastidiosa* dazu, sich im Blattgewebe zu reduzieren und im mehrjährigen Gewebe zu verbleiben, was die geringere Nachweisbarkeit in

den Blättern bei der zweiten Probenahme erklärt. Darüber hinaus kann die geringe Blattpositivität eine noch unvollständige Besiedlung in den frühen Stadien der Infektion widerspiegeln, was darauf hindeutet, dass eine Beprobung der Blätter das Vorhandensein des Erregers in der Pflanze unterschätzen könnte.
Schliesslich zeigte die Analyse nach Unterarten eine hohe Infektionsfähigkeit von *X. fastidiosa* subsp. *pauca*. In den Blattproben der ersten Probenahme wurde eine hohe Positivität bei *O. europaea* (5 von 5 Pflanzen), *F. sylvatica* und *Q. petraea* (jeweils 3 von 5 Pflanzen) festgestellt, während *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* und *X. fastidiosa* subsp. *multiplex* jeweils nur bei 1 von 5 Pflanzen von *V. vinifera* nachgewiesen wurden.
Die visuelle Beurteilung der Symptome zeigte, dass besonders gegen Ende der Vegetationsperiode im Herbst die Symptome von *Xylella* sehr ähnlich sein können wie andere Blattschäden und wie die beginnende natürliche Seneszenz. Bei der ersten Probennahme 4 Monate nach der Infektion konnte daher keinen Zusammenhang zwischen den Blattsymptomen und dem Infektionsstatus der Pflanzen gefunden werden. Bei der zweiten Probennahme (11 Monate nach der Infektion) im späten Frühjahr, bestand hingegen einen statistisch signifikanten, positiven Zusammenhang zwischen den Blattsymptomen und dem Infektionsstatus. Die Bedeutung dieses Resultats ist jedoch gering, da 11 Monate nach der künstlichen Infektion nur noch einzelne Pflanzen in den Blättern positiv getestet wurden.
Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass *X. fastidiosa* in allen untersuchten Arten und zu beiden Probenahme-Zeitpunkten häufiger in Holzgewebe als in Blättern nachweisbar ist. Das Vorhandensein molekular positiver, aber asymptomatischer Pflanzen, insbesondere der Buche, deutet darauf hin, dass Blattsymptome möglicherweise kein zuverlässiger Indikator für eine Infektion sind, und dass diese asymptomatischen Arten als Reservoirs dienen könnten, mit einem möglichen Risiko der Ausbreitung auf anfällige Pflanzen.
Die Analyse nach Unterarten deutet schliesslich auf eine höhere Infektionsfähigkeit von *X. fastidiosa* subsp. *pauca* hin, die nicht nur Olivenbäume, sondern auch Waldbaumarten wie Buche und Eiche infizieren konnte. Momentan sind in der Schweiz die klimatischen Bedingungen für die Etablierung von *X. fastidiosa* subsp. *pauca* noch nicht gegeben, dies könnet sich aber mit der Klimaerwärmung ändern.
Zusammenfassend zeigen die Resultate dieser Studie, dass 1) eine Beprobung der Blätter nicht ausreichend ist, um infizierte Pflanzen zuverlässig zu identifizieren, besonders im Winter und Frühling; 2) Sichtbare Symptome an den Pflanzen sind kein zuverlässiger Indikator für eine Infektion, da die Symptome, besonders gegen Ende der Vegetationsperiode, der natürlichen Seneszenz und Symptomen durch andere Schäden ähneln; 3) Die Unterart *X. fastidiosa* subp. *pauca* hat möglicherweise ein breiteres Wirtsspektrum, als bisher aus den Befallsgebieten in Mittelmeerraum bekannt war, und insbesondere auch für die Schweiz wichtige Waldbaumarten wie *F. sylvatica* und *Q. petraea* umfasst.

FR

La bactérie *Xylella fastidiosa* est originaire d'Amérique du Nord et d'Amérique centrale. Elle infecte les canaux du xylème en bloquant le transport de la sève dans nombreuses espèces de plantes, ce qui provoque le dépérissement et éventuellement la mort des tissus végétaux ligneux affectés. *X. fastidiosa* est transmise par des insectes vecteurs suceurs de sève (en particulier diverses espèces de cicadelles). En Amérique du Nord, *X. fastidiosa* est responsable de la « maladie de Pierce » de la vigne, l'une des maladies les plus graves pour la viticulture de cette région. Dans sa zone d'origine, des arbres feuillus sont également touchés, notamment le chêne et l'érable, chez lesquels *X. fastidiosa* provoque un dessèchement prématuré des feuilles en été, affaiblissant ainsi les arbres au fil des années, jusqu'à entraîner leur mort. En Europe, *X. fastidiosa* a été détectée pour la première fois en 2013. Elle a provoqué des dommages considérables aux oliviers en Italie, entraînant la disparition de vastes oliveraies. La bactérie a eté également introduite en France et en Espagne dans les régions méditerranéennes, où elle provoque d'importants dommages à divers végétaux ligneux, ainsi qu'à différentes plantes sauvages dans le sud de la France. La Suisse est actuellement exempte de *X. fastidiosa*. En raison de son potentiel de dégâts

considérable, cette espèce est toutefois classée comme organisme prioritaire à lutte obligatoire (organisme de quarantaine prioritaire, PGesV-BFPT/UVEK).
La sensibilité des arbres forestiers, ainsi que des arbres cultivés en agriculture, à *X. fastidiosa* en Europe centrale reste encore mal connue. Des essais préliminaires réalisés au WSL en 2022-2023 sur des arbres forestiers indiquent que plusieurs espèces peuvent être infectées sans toutefois présenter de symptômes. Ces mêmes essais préliminaires ont également fourni les premiers indices que les spectres d'hôtes des sous-espèces de *Xylella fastidiosa* sont difficiles à déterminer.
C'est dans ce contexte qu'une collaboration a été établie entre le WSL et Agroscope afin de réaliser des essais d'infection systématiques sur des espèces ligneuses d'intérêt pour la forêt et l'agriculture. L'objectif du projet présenté ici était de documenter le déroulement de l'infection et le développement des symptômes sur ces plantes après une inoculation artificielle en milieu contrôlé (serre) avec différentes sous-espèces de *X. fastidiosa*.
Sept espèces ligneuses ont été étudiées (*Fagus sylvatica, Quercus petraea, Prunus avium, Rubus fruticosus, Prunus armeniaca, Olea europaea* et *Vitis vinifera*). Toutes ont été infectées avec les sous-espèces *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa*, *X. fastidiosa* subsp. *multiplex* et *X. fastidiosa* subsp. *pauca*.
L'infection *par X. fastidiosa* des plantes a été analysée par amplification quantitative de l'ADN (qPCR) sur des échantillons de feuilles et de bois, quatre mois (prélèvement 1) et 11 mois (prélèvement 2) après l'inoculation artificielle. Pour évaluer la sensibilité des plantes et la répartition de la bactérie dans les tissus végétaux, le pourcentage de plantes positives au niveau des feuilles et du bois a été déterminé, c'est-à-dire le pourcentage de plantes infectées par *X. fastidiosa* par rapport à l'ensemble des plantes inoculées pour chaque espèce ligneuse.
Dans les feuilles, le taux de positivité était généralement faible. Lors du premier échantillonnage, *O. europaea* présentait les valeurs les plus élevées (33,3 % des plantes infectées étaient positives pour *X. fastidiosa*), suivie de *F. sylvatica* et *Q. petraea* (14,3 %), *V. vinifera* (13,3 %) et *R. fruticosus* (6,7 %), tandis que *P. armeniaca* et *P. avium* étaient négatives (c'est-à-dire qu'aucune plante infectée de ces deux espèces n'a montré la présence de *X. fastidiosa* dans les feuilles). Lors du deuxième échantillonnage, la positivité des feuilles avait encore diminué et se limitait à *F. sylvatica*, *O. europaea* et *Q. petraea* (toutes à 6,7 %). Au niveau des tissus ligneux, 100% des plantes de toutes les espèces étaient positives lors du premier prélèvement, tandis que lors du deuxième, toutes les espèces étaient positives, mais avec des pourcentages variables selon l'espèce (*O. europaea* 86,7 %, *V. vinifera* et *F. sylvatica* 73,3 %, *Q. petraea* et *R. fruticosus* 53,3 %, *P. avium* 40 % et *P. armeniaca* 30 %). La diminution de la positivité entre les deux échantillonnages est probablement liée aux conditions saisonnières. Pendant la période de dormance de la plante, *X. fastidiosa* a tendance à diminuer dans le tissu foliaire et à persister dans le tissu ligneux pluriennaux, ce qui explique la détection plus faible dans les feuilles lors du deuxième échantillonnage. De plus, la faible positivité dans les feuilles peut refléter une colonisation encore incomplète aux premiers stades de l'infection, suggérant qu'un prélèvement foliaire pourrait sous-estimer la présence de l'agent pathogène dans la plante.
Enfin, l'analyse par sous-espèces a révélé un forte capacité d'infection de *X. fastidiosa* subsp. *pauca*. Dans les échantillons de feuilles du premier prélèvement, une forte positivité a été observée chez *O. europaea* (5 plantes sur 5), *F. sylvatica* et *Q. petraea* (3 plantes sur 5 chacune), tandis que *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* et *X. fastidiosa* subsp. *multiplex* n'ont été détectées que chez 1 plante sur 5 de *V. vinifera*.
L'évaluation visuelle des symptômes a montré que, surtout vers la fin de la période de végétation en automne, les symptômes de *Xylella* peuvent être très similaires à d'autres dommages foliaires et au début de la sénescence naturelle. Lors du premier prélèvement d'échantillons, quatre mois après l'infection, aucun lien n'a donc pu être établi entre les symptômes foliaires et l'état d'infection des plantes. Lors du deuxième prélèvement (11 mois après l'infection) à la fin du printemps, il existait en revanche un lien positif statistiquement significatif entre les symptômes foliaires et le statut infectieux. La signification de ce résultat

est toutefois faible, car 11 mois après l'infection artificielle, seules quelques plantes isolées ont été testées positives au niveau des feuilles.
Dans l'ensemble, les résultats montrent que *X. fastidiosa* est plus fréquemment détectable dans le tissu ligneux que dans les feuilles pour toutes les espèces étudiées et à chacun des deux échantillonnages. La présence de plantes moléculairement positives mais asymptomatiques, en particulier le hêtre, suggère que les symptômes foliaires ne constituent peut-être pas un indicateur fiable d'infection et que ces espèces asymptomatiques pourraient servir de réservoirs, avec un risque potentiel de propagation vers des plantes sensibles. L'analyse par sous-espèces indique enfin une plus grande capacité d'infection de *X. fastidiosa* subsp. *pauca*, constatée non seulement chez les oliviers, mais également chez des arbres forestiers tels que le hêtre et le chêne. Actuellement, les conditions climatiques en Suisse ne permettent pas encore l'établissement de *X. fastidiosa* subsp. *pauca*, mais cela pourrait changer avec le réchauffement climatique.
En résumé, les résultats de cette étude montrent que 1) un prélèvement des feuilles seul n'est pas suffisant pour identifier de manière fiable les plantes infectées, particulièrement en hiver et au printemps; 2) les symptômes visibles sur les plantes ne constituent pas un indicateur fiable d'infection, car les symptômes, surtout vers la fin de la période végétative, peuvent ressembler à la sénescence naturelle et à des symptômes causés par d'autres dommages ; 3) la sous-espèce *X. fastidiosa* subsp. *pauca* pourrait avoir un spectre d'hôtes plus large que ce qui était connu jusqu'à présent dans les zones infestées du pourtour méditerranéen, et inclure notamment des espèces forestières importantes pour la Suisse telles que *F. sylvatica* et *Q. petraea*.

3. Ausgangslage

Das Feuerbakterium (*Xylella fastidiosa*) stammt ursprünglich aus Nord und Mittelamerika (EPPO, 2023). Es verursacht das Absterben von Blättern und Trieben auf zahlreichen Gehölzen. *X. fastidiosa* wird durch Insekten übertragen. Da es sich nur im Xylem der Pflanzen verbreiten kann, sind die Insekten, die es übertragen, nur solche die sich vom Xylem ernähren (insbesondere verschiedene Zikaden-Arten). In Nordamerika verursacht *Xylella fastidiosa* die «Pierce's disease» auf Weinreben, eine der schlimmsten Krankheiten für den dortigen Weinbau (Almeida et al, 2015, Sicard, 2018). Im Ursprungsgebiet sind auch Laubbäume betroffen, insbesondere Eiche und Ahorn, wo *Xylella fastidiosa* das vorzeitige Verdorren der Blätter im Sommer verursacht, und so über die Jahre die Bäume schwächt, bis hin zu Absterben (Harris et al, 2014, Desprez-Loustau et al., 2021). In Europa wurde *Xylella fastidiosa* zum ersten Mal 2013 nachgewiesen. Es verursachte erhebliche Schäden an Oliven in Italien, wo seither ganze Olivenhaine abgestorben sind (Cariddi et al., 2014). Das Bakterium konnte sich ebenfalls in Frankreich und Spanien in den mediterranen Regionen ausbreiten, wo es grosse Schäden an Mandeln verursacht (Gattung *Prunus*), sowie an diversen Wildpflanzen in Südfrankreich (Marco-Noales et al., 2021, Olmo et al., 2017). Seit 2023 gibt es auch Meldungen von befallenen Eschen in Portugal (EPPO 2026).
Die Schweiz ist momentan frei von *Xylella fastidiosa*. Aufgrund des erheblichen Schadpotentials ist die Art jedoch als prioritär zu bekämpfender Schadorganismus eingestuft (prioritärer Quarantäneorganismus, PGesV-WBF-UVEK). Der eidgenössische Pflanzenschutzdienst führt aus diesem Grund eine jährliche Gebietsüberwachung durch, im Rahmen dieser werden Pflanzen mit potentiellen *Xylella fastidiosa*-Symptomen, sowie zufällig ausgewählte Wirtspflanzen ohne Symptome beprobt und analysiert. Zudem werden in diesem Rahmen auch potentielle Insekten-Vektoren (insbesondere die Wiesenschaumzikade *Philaenus spumarius*) analysiert. Es ist jedoch vielfach nicht bekannt, wie sich die Symptome nach einer Infektion an in der Schweiz häufigen Gehölzen aus Forst und Landwirtschaft entwickeln. Einzelne Studien aus mediterranen Regionen in Europa lassen vermuten, dass besonders Forstgehölze zwar infiziert sein können, aber keine Symptome zeigen, oder sich die Symptome erst lange nach der Infektion entwickeln (Desprez-Loustau et al., 2021, Casarin et al., 2023). In Gebieten mit einem starken Befall von *Xylella* in einer landwirtschaftlichen

Kultur, zum Beispiel in der Nähe von Olivenhainen in Italien, gibt es bisher einzelne Beobachtungen von befallenen Gehölzen im Wald. Dies war in einer Studie aus Italien der Fall, in der Edelkastanien angrenzend an befallenen Olivenhainen analysiert wurden (Greco et al., 2023). Die Edelkastanien hatten keine Symptome, aber eine genügende Bakterienkonzentration im Gewebe, um die Krankheit weiter zu übertragen.

Wenn infizierte, aber symptomlose Gehölze in der Landschaft vorhanden sind, kann die Krankheit unbemerkt weiter übertragen werden, zum Beispiel auf anfällige Forst- und landwirtschaftliche Gehölze in der Nähe.

Das Abschätzen von möglichen Verbreitungswegen wird noch durch die verschiedenen Unterarten von *Xylella fastidiosa* erschwert. Die Unterarten befallen im Ursprungsgebiet spezifische Gehölzarten oder Artgruppen. Laubbäume werden im Ursprungsgebiet meist von der Unterart *X. fastidiosa* subsp*. multiplex* befallen (Harris et al., 2014), Weinreben dagegen von *X. fastidiosa* subsp*. fastidiosa (*Sicard et al., 2018)*.* Wie spezifisch diese Wirtsspektren sind, ist jedoch bei europäischen Gehölzarten unklar und schwierig abzuschätzen.

Vorversuche mit Forstgehölzen, die wir 2022-2023 an der WSL durchgeführt haben, liefern ebenfalls hinweise, dass die Wirtsspektren der Unterarten schwierig zu ermitteln sind. Während die getesteten Gehölzarten *(Quercus robur, Acer pseudoplatanus, Ulmus glabra*) nach 6 Monaten noch keine Symptome zeigten, waren sie doch von *X. fastidiosa* verschiedener Unterarten besiedelt (Wyss, 2023). Es handelte sich hierbei jedoch nur um Vorversuche in einem kleinen Umfang, die nicht ausreichend sind, um systematischem Rückschlusse zum Infektionsrisiko von verschiedenen Gehölzarten zu ermitteln.

Um das Infektionsrisiko und den Krankheitsverlauf bei verschiedenen Gehölzen abschätzen zu können, bevor *X. fastidiosa* in der Schweiz auftritt, ist es daher nötig, systematische Infektionsversuche durchzuführen.

Die Durchführung solcher Versuche ist komplex, da es sich bei *Xylella fastidiosa* um ein Quarantäneorganismus handelt. Es ist deswegen eine Gewächshaus- und Labor-Infrastruktur der Biosicherheitsstufe 3 notwendig, welche an der WSL vorhanden ist. Agroscope hingegen hat aufgrund der Gebietsüberwachung und einem Projekt zu der Erfassung von möglichen Insekten-Vektoren, die nötige Erfahrung in der Laboranalyse von *Xylella*-Infiziertem Pflanzengewebe.

Aus diesen Gründen ist eine Zusammenarbeit zwischen den zwei Institutionen entstanden, welche es erlaubt hat, bei dem vorliegenden Projekt von der in der Schweiz vorhandenen Expertise zu *Xylella* zu profitieren.

4. Projektziele

Das Hauptziel dieses Projekts ist die Beschreibung des Infektionsverlaufs mit *X. fastidiosa* in relevanten Gehölzarten für den Wald und für die Landwirtschaft in der Schweiz, sowie von Gehölzen an der Schnittstelle zwischen diesen zwei Ökosystemen (Waldrand).

Die Antworten auf diese Fragen können dazu verwendet werden, um gezieltere Massnahmen für die Überwachung von *X. fastidiosa* in der Forst- und Landwirtschaft zu erarbeiten.

Aufgrund der Resultate des Projekts können zum Beispiel Empfehlungen zu den Gehölzen gemacht werden, die überwacht werden sollten, sowie zu den Zeitpunkten der Beprobung dieser Pflanzen innerhalb der Vegetationsperiode.

Es ist jedoch nicht das Ziel des Projekts, Empfehlungen für den zukünftigen Anbau von bestimmten Gehölzarten zu erarbeiten. Hierfür wären grössere Studien, auch mit Einbezug der Insekten-Vektoren, nötig.

Zudem sind diese Antworten wichtig, um weitere Forschungsprojekte zu entwickeln, insbesondere solche zu der Übertragung des Bakteriums mit Insekten in verschiedenen Ökosystemen.

5. Forschungsfragen

Im Rahmen dieses Hauptziels sind verschiedene Fragestellungen relevant, welche durch das Projekt beantwortet werden können. Dies sind folgende:

1) Welche Gehölze in Forst- und Landwirtschaft sind besonders anfällig gegenüber *X. fastidiosa*, welche können hingegen infiziert werden, bleiben aber symptomfrei?
2) Welche Unterarten von *X. fastidiosa* können welche Gehölzarten infizieren? Welche Kombinationen von Bakterien-Unterart und Gehölzart führen zu symptomatischen Infektionen?

6. Methoden

Das Projekt beinhaltete künstliche Infektionsversuche von verschiedenen *X. fastidiosa*-Unterarten auf verschiedenen Gehölzarten, die für die Forstwirtschaft und die Landwirtschaft in der Schweiz wichtig sind. Das Projekt war in folgende Arbeitsschritte gegliedert:

1. **Auswahl der Gehölzarten:** Folgende sieben Gehölzarten wurden für den Versuch ausgewählt: Waldbaumarten: Steineiche (*Quercus petraea)*, Buche (*Fagus sylvatica)*, Kirsche (*Prunus avium)*; Gehölze Landwirtschaft: Weinrebe (*Vitis vinifera)*, Olive (*Olea europaea)*, Aprikose (*Prunus armeniaca*); Gehölz Waldrand: Brombeere (*Rubus fruticosus).* Die Arten wurden anhand von verschiedenen Kriterien ausgewählt. Einerseits wurden Gehölze gewählt, die nahe verwandt sind mit bekannten Wirtspflanzen (*Prunus avium*, *Prunus armeniaca*, *Quercus petraea*, *Rubus fruticosus*), bereits bekannte Wirtspflanzen, die für die Schweizer Landwirtschaft relevant sind oder in der Zukunft relevant sein könnten (*Vitis vinifera*, Sorte Chardonnay, und *Olea europaea*), sowie eine Art, die nicht als Wirtspflanze bekannt ist, aber sehr relevant für den Schweizer Wald ist (*Fagus sylvatica*).

2. **Auswahl der *Xylella fastidiosa* Unterarten**: es wurden je ein Stamm der drei anerkannten Unterarten von *Xylella fastidiosa* ausgewählt. Es sind die Unterarten *Xylella fastidiosa* subsp*. fastidiosa*, *Xylella fastidiosa* subsp*. multiplex*, *Xylella fastidiosa* subsp*. pauca.* Die drei Unterarten haben im Ursprungsgebiet verschiedene Wirtsspektren, und haben deshalb vermutlich ein unterschiedliches Schadpotential für Gehölze in der Schweiz.

3. **Künstliche Infektion der Setzlinge**: Bakterienlösungen wurden in die Leitbahnen (Xylem) der Setzlinge injiziert. Alle Kombinationen der Bakterienstämme-Gehölzarten wurden getestet. Pro Kombination wurden 5 Replikate durchgeführt. Die künstliche Infektion wurde gemäss dem Protokoll von Saponari *et al.*, 2016, durchgeführt. Konkret wurden bei jeder Pflanze an drei Stellen am Stamm (oder an drei verschiedenen Ästen bei buschartigen Pflanzen), ein Tropfen Bakterienlösung mit 10^8 Bakterienzellen pro Mililiter platziert. Die Rinde wurde dann an dieser Stelle mit einer sterilen Nadel 10–20-mal durchstochen, was eine Absorption der Bakterienlösung ins Xylem der Pflanze bewirkte. Kontrollpflanzen wurden mit der gleichen Menge steriler Kochsalzlösung inokuliert.

4. **Pflege des Versuchs und visuelle Symptomerfassung**: Die Pflanzen werden wöchentlich kontrolliert und nach Bedarf gegossen. Die Temperaturen in der Gewächshauskabine variierten zwischen 10°C (tiefste Temperatur im Winter) und 35°C (höchste Temperatur im Sommer bei Sonneneinstrahlung). Die relative Luftfeuchtigkeit im Gewächshaus variierte zwischen 50-80%. Einen Befall mit Spinnmilben und Blattläusen wurde mehrfach mit Natural (Andermatt Biocontrol) und

NeemAzal (Andermatt Biocontrol) behandelt. Spinnmilben und Blattläuse ernähren sich vom Phloem (nicht vom Xylem), sie können daher *X. fastidiosa* nicht übertragen. Der Befall mit diesen Schädlingen im Gewächshaus hat daher den Versuch nicht beeinträchtigt. Allfällige Symptome werden fotografisch dokumentiert. Bei beiden Probennahmen (4 Monate respektive 11 Monate nach der künstlichen Infektion), wurde der Zustand aller Pflanzen systematisch dokumentiert.

5. **Probenentnahme und Aufbereitung**: 4 Monate und 11 Monate nach der Infektion werden die Proben entnommen. Die Probenentnahme und Aufbereitung entsprachen dem Standard der European Plant Protection Organization (EPPO) für die Diagnostik von *Xylella fastidiosa* (EPPO, 2023). Bei den Beprobungen wurden von jeder Pflanze 10 Blätter zufällig ausgewählt, mit sterilen Scheren samt Blattstiel abgeschnitten und dann in verschlossenen Plastiksäcken bis zur DNA-Extraktion bei -20°C gelagert. Holzproben für die DNA-Extraktion wurden mit einem sterilen Skalpell direkt oberhalb von einer Stelle entnommen, wo die Pflanze infiziert worden war (0-1 cm oberhalb von einer der der Infektionsstellen). Pro Pflanze wurden von der gleichen Stelle mehrere Holzspäne aus der Rinde (inklusive Xylem und Phloem) entnommen. Dies entsprach ungefähr 0.2 g Material pro Pflanze. Die Blätter, welche für die Rückisolierung verwendet wurden (ebenfalls 10 Blätter pro Pflanze) wurden direkt (ohne kühl zu lagern) verarbeitet. Pro Pflanze wurde aus einer Mischprobe von 10 Blätter der Pflanzensaft gewonnen und in verschiedenen Verdünnungen auf Platten der für *Xylella* spezifischen Nährmedien PD2 und BCYE (EPPO, 2023) ausgebracht. Die Platten wurden für 3 Wochen bei 28°C inkubiert. Danach wurden sie visuell untersucht, um das Vorhandensein der typischen *Xylella*-Bakterienkolonien zu überprüfen.

6. **Molekularer Nachweis der Infektion:** Aus den Blattstielen und Mittelrippen von 10 Blätter pro Pflanze wurde aus einer Mischprobe die DNA extrahiert. Hierbei wurde die eine Standard-methode basierend auf eine CTAB-Extraktion verwendet (EPPO, 2023; Doyle &Doyle, 1990)**.** Diese Methode ist bei Agroscope mit dem ISO 17025 Standard zertifiziert. Die aus den infizierten Pflanzenteilen gewonnene DNA wurde auf das Vorhandensein von *Xylella fastidiosa* überprüft. Es handelt sich bei der angewendeten Methode um eine quantitative Polymerase-Kettenreaktion (qPCR), welche es auch erlaubt, die Menge der Bakterienzellen pro Menge Pflanzenmaterial zu bestimmen. Diese Nachweismethode entspricht dem von der EPPO bestimmte Standardprotokoll (EPPO, 2023) basierend auf einer Methode von Harper et al. (2010).

7. Ergebnisse

7.1 Molekularer Nachweis von *X. fastidiosa* in künstlich infizierten Pflanzen

Blätter und Zweige wurden zu zwei Zeitpunkten, 4 Monate (Probenahme 1, Oktober 2024) und 11 Monate (Probenahme 2, Mai 2025) nach der künstlichen Inokulation mit *X. fastidiosa*, untersucht. Für jede Pflanze und Behandlung wurden Blatt- und Holzproben separat vorbereitet und mittels quantitativer Polymerasen-Kettenreaktion (qPCR) analysiert. Die Diagnoseergebnisse wurden als positiv, negativ oder unklar (positiv, aber sehr nahe an der Nachweisgrenze) klassifiziert. In beiden Probenahmezeiträumen wurden die Kontrollpflanzen durchweg negativ getestet, was die Zuverlässigkeit des Nachweisverfahrens bestätigte. Alle untersuchten Proben sind in **Tabellen 1** und **2** im **Anhang 1** aufgelistet.
Es wurden deutliche Unterschiede im Anteil der Pflanzen beobachtet, die positiv auf *X. fastidiosa* getestet wurden, zwischen der Blatt- und der Holzdiagnostik (**Abbildung 1**). Anhand der Ergebnisse der Blattdiagnostik (**Abbildung 1A**) war der Anteil der positiven Pflanzen im Allgemeinen gering. Bei der ersten Probenahme wies *O. europaea* den höchsten Prozentsatz

an positiven Pflanzen auf (33,3 %), gefolgt von *F. sylvatica* und *Q. petraea* (jeweils 14,3 %), *V. vinifera* (13,3 %) und *R. fruticosus* (6,7 %), während *P. armeniaca* und *P. avium* negativ blieben. Bei der zweiten Probenahme ging der Anteil der positiven Pflanzen weiter zurück, wobei nur *F. sylvatica*, *O. europaea* und *Q. petraea* eine geringe Positivität (6,7 %) aufwiesen und alle anderen Arten (*P. armeniaca, P. avium, R. fruticosus und V. vinifera*) negativ getestet wurden. Im Gegensatz dazu zeigte die Holzdiagnostik (**Abbildung 1B**) einen viel höheren Anteil an Pflanzen, die positiv auf *X. fastidiosa* getestet wurden. Bei der ersten Probenahme waren alle Arten positiv (100 %). Bei der zweiten Probenahme wurde zwar ein Rückgang beobachtet, jedoch war der Anteil insgesamt immer noch hoch (30-86.7 %).
Der Rückgang der Anzahl der Pflanzen, die zwischen der ersten und zweiten Probenahme positiv auf *X. fastidiosa* getestet wurden, könnte mit den niedrigeren Temperaturen (10–15 °C) von November bis März zusammenhängen. Tatsächlich können während des Übergangs der Pflanzen in die Ruhephase das Vorkommen und die Konzentration von *X. fastidiosa* aufgrund von Blattalterung, Bakteriensterblichkeit und der Wanderung lebensfähiger Bakterienzellen in mehrjährige Gewebe wie Triebe und Zweige, wo sie das ganze Jahr über überleben können, abnehmen (Loureiro et al., 2024; Rapicavoli et al., 2018; Zecharia et al., 2024). Diese saisonale Umverteilung könnte erklären, warum im Mai (Probenahme 2) *X. fastidiosa* in den Blättern weniger nachweisbar war als bei der Probenahme 1, obwohl das Holzgewebe weiterhin infiziert war.

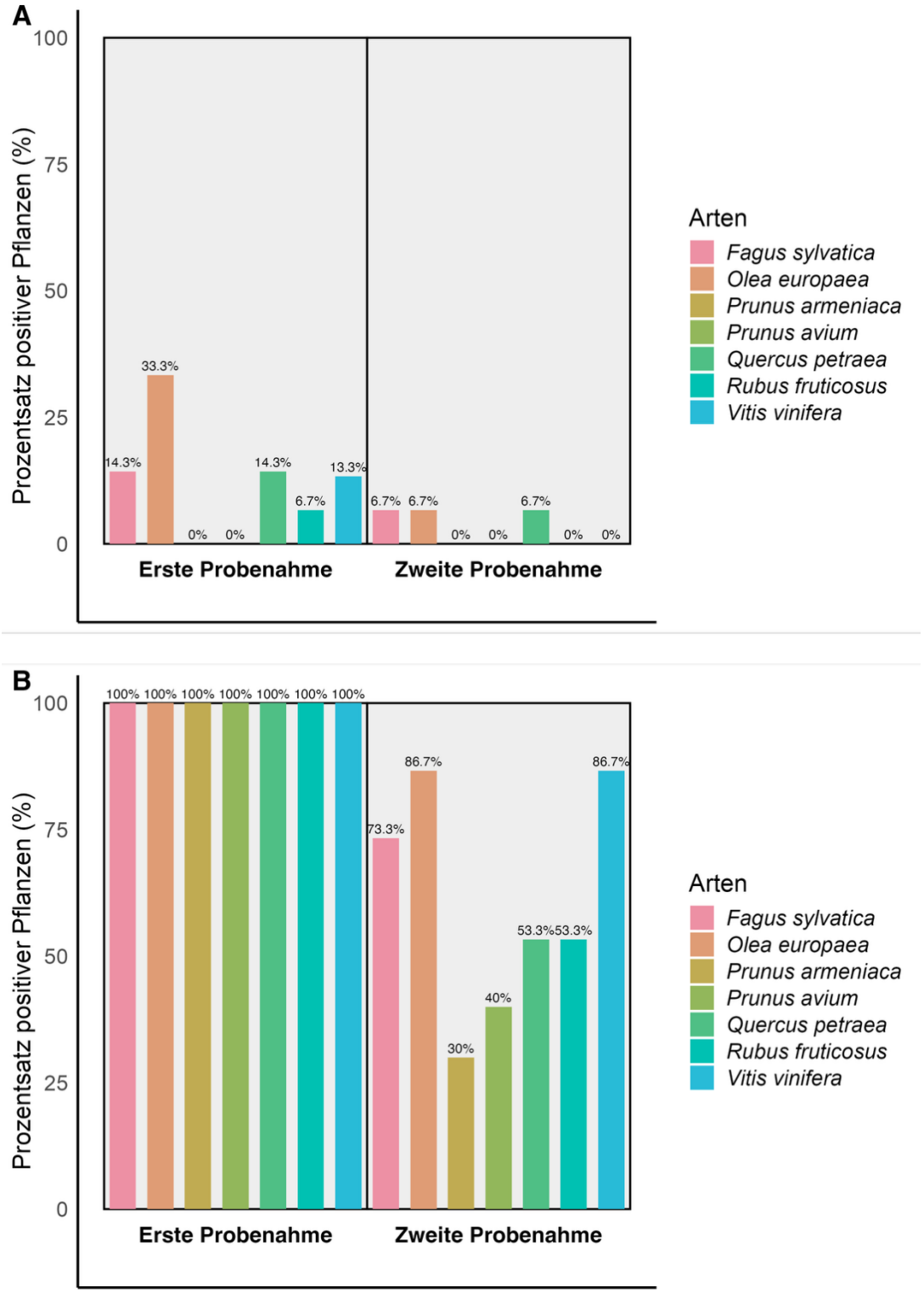


Abbildung 1. Anteil der Pflanzen, die nach künstlicher Inokulation zum Zeitpunkt der Probenahme (erste Probenahme im Oktober, zweite Probenahme im Mai) positiv auf *X. fastidiosa* getestet wurden. A) Blätter und B) Holz. Es werden nur die Ergebnisse von Pflanzen gezeigt, die mit *X. fastidiosa*-Stämmen (*fastidiosa, multiplex und pauca)* inokuliert wurden; Kontrollpflanzen sind ausgeschlossen, da alle negativ getestet wurden.

Alle ausgewählten Wirtspflanzen wurden mit den drei *X. fastidiosa*-Unterarten subsp. *fastidiosa*, subsp. *multiplex* und subsp. *pauca* infiziert. Hierbei zeigte sich, dass subsp. *pauca* die grösste Anzahl Gehölzarten infizieren konnte (**Abbildung 2**). Bei den Blattproben der ersten Beprobung waren folgende Arten infiziert: *Fagus sylvatica* (3 von 5 Bäumen positiv), *Olea euopaea* (5 von 5 Bäumen positiv), *Quercus petraea* (3 von 5 Bäumen positiv) und *Rubus*

fruticosus (1 von 5 Pflanzen positiv). Bei den mit subsp. *fastidiosa* und subsp. *multiplex* infizierten Pflanzen war hingegen bei der ersten Beprobung nur je 1 von 5 *Vitis vinifera* positiv. Im Gegensatz zu unseren Erwartungen waren die Infektionen *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* nur selten erfolgreich. Insbesondere konnte die Unterart nicht alle Weinreben-Pflanzen komplett besiedeln, da nur eine Blattprobe nach 4 Monaten positiv war (**Abbildung 2A**). Nach 11 Monaten war keine der Weinreben-Blattproben positiv, jedoch eine Buchen-Blattprobe (**Abbildung 2C**). Die Holzproben von den mit *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* infizierten Pflanzen waren jedoch auch bei der zweiten Beprobung noch bei allen Arten ausser *R. fruticosus* zum Teil positiv. Von den drei Unterarten war *X. fastidiosa* subsp. *fastidiosa* trotzdem die Unterart, bei welchen nach 11 Monaten die geringste Anzahl Holzproben positiv waren (**Abbildung 2D**).
Auch *X. fastidiosa* subsp. *multiplex*, welches im Ursprungsgebiet Laubbaum-Arten befällt (Sicard, 2018), konnte in unserem Versuch die Laubbaumarten (*F. sylvatica, P. avium* und *Q. petraea*) nur in geringem Umfang infizieren. Weder bei der ersten noch bei der zweiten Beprobung waren Blattproben dieser drei Baumarten infiziert (**Abbildung 2A und 2C**). Dies könnte einerseits darauf hindeuten, dass die Infektion mit *X. fastidiosa* subsp. *multiplex* bei Laubbaumarten länger dauert als die Versuchsdauer (d.h. länger als ein Jahr), oder aber dass die getesteten Arten wenig anfällig für *X. fastidiosa* subsp. *multiplex* sind.

X. fastidiosa subsp. *pauca* hingegen konnte von den drei getesteten Unterarten die meisten Gehölzarten infizieren, sowohl bei den Blattproben als auch bei den Holzproben. Wie erwartet waren bei der ersten Beprobung alle Blattproben der Olivenbäumchen positiv, was die grosse Anfälligkeit von vielen Olivensorten für diese Unterart bestätigt (EFSA, 2017). Überraschend war, dass *X. fastidiosa* subsp. *pauca* auch Laubbäume infizieren kann (**Abbildung 2A**). Es wurden zwar bereits asymptomatische Laubbäume in der Nähe von befallenen Olivenhainen in Italien gefunden, insbesondere Edelkastanien (Greco et al., 2023). Buchen (*F. sylvatica*) sind jedoch nicht als Wirtspflanzen von *X. fastidiosa* subsp. *pauca* bekannt (EPPO, 2026). Aus der Literatur ist einzig eine natürliche Infektion an *Fagus crenata* in den USA bekannt (Huang et al., 2003), jedoch wurde in dieser Studie die Unterart nicht bestimmt.
Die Erkenntnis, dass *F. sylvatica* von *X. fastidiosa* infiziert werden kann, und insbesondere von der Unterart *X. fastidiosa* subsp. *pauca*, ist daher neu und von grosser Bedeutung für die Verhinderung von einer Einschleppung und Verbreitung von *X. fastidiosa* in Mitteleuropa.
Allgemein zeigt das Projekt RI-Xylella, dass die Wirtsspektren der Unterarten möglicherweise breiter sind als bisher bekannt, und dass insbesondere die Unterart *pauca*, die bisher v.a. auf Olive bekannt ist, auch eine potentielle Gefahr für Waldbaumarten wie Buche und Eiche darstellen könnte.
Besorgniserregend ist auch die Tatsache, dass *X. fastidiosa* subsp. *pauca* auch Arten infizieren kann, die innerhalb und an der Schnittstelle zwischen Wald- und Agrarökosystemen verbreitet sind, wie beispielsweise *Rubus fruticosus*; dies könnte die Ausbreitung des Bakteriums in der Landschaft begünstigen.

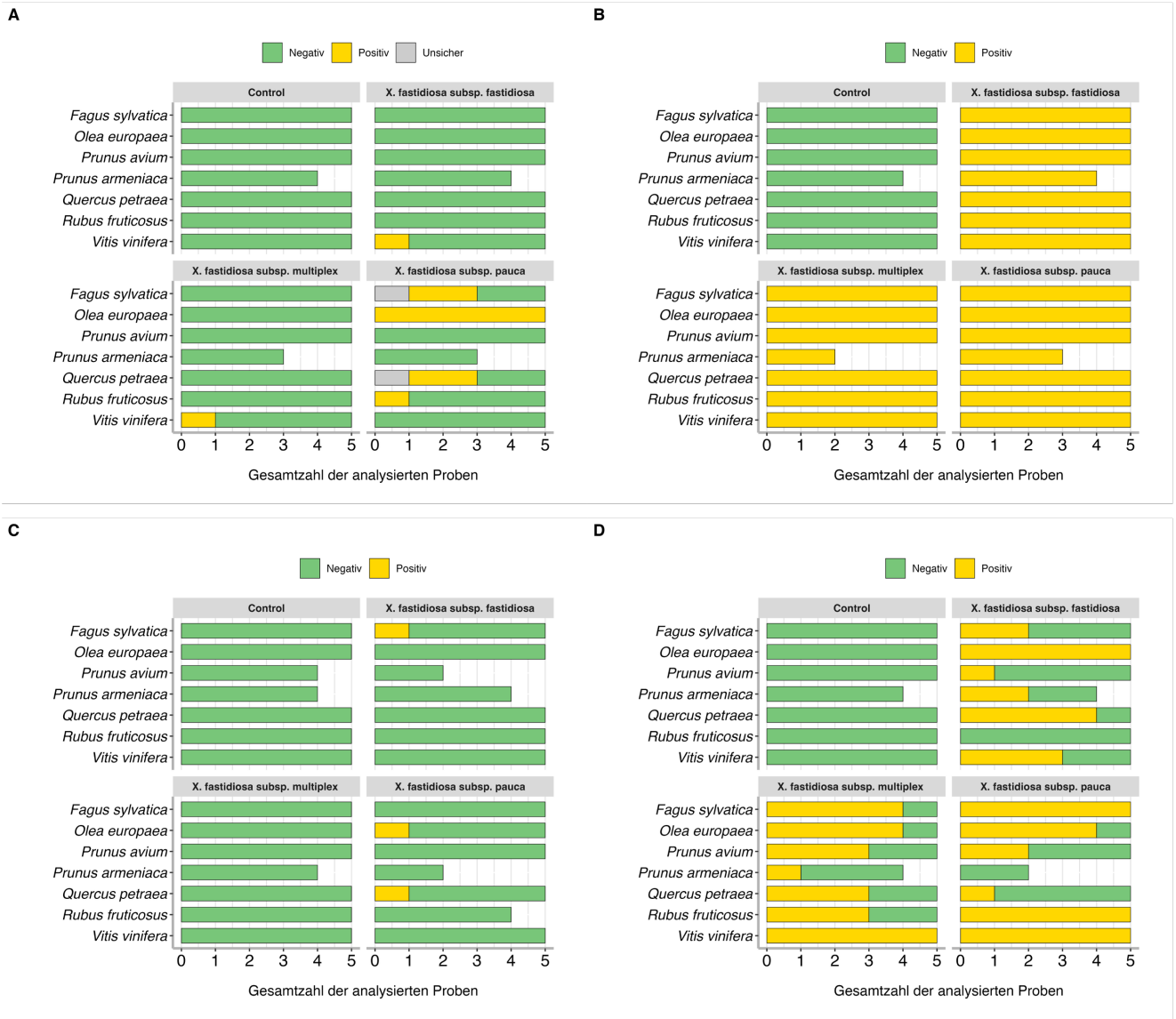


Abbildung 2. Gesamtzahl der mittels qPCR auf *X. fastidiosa* analysierten Proben. A (Blätter) und B (Holz) entsprechen der Analyse der ersten Probenahme (4 Monate nach der künstlichen Infektion). C (Blätter) und D (Holz) entsprechen der Analyse der zweiten Probenahme (11 Monate nach der künstlichen Infektion).

7.2 Visuelle Beurteilung der Symptome

Die Bewertung der Pflanzensymptomatik wurde von drei verschiedenen Experten aus dem Projektteam durchgeführt, die die Symptome der Pflanzen anhand von Fotos bewerteten, die während der ersten und zweiten Probenahme aufgenommen wurden (**Abbildung 3**). Einige künstlich beimpfte Pflanzen zeigten typische *X. fastidiosa*-Symptome an den Blättern (O. europaea, *Q. petraea* und *V. vinifera*), während andere Bäume symptomfrei blieben (**Abbildung 3**).

Der Schweregrad der Symptome wurde visuell eingeschätzt und als Prozentsatz der betroffenen Blattfläche ausgedrückt. Die Kategorien wurden wie folgt definiert: 0 % (asymptomatisch), 1–2 % (sehr wenige sichtbare Symptome), 2–5 % (geringfügige Symptome, wie kleine Flecken oder leichte Verfärbungen), 5–10 % (auffällige Symptome mit lokalisierten Verfärbungen), 10–25 % (moderate Symptome, die einen deutlich sichtbaren Teil der Blattfläche betreffen), 25–50 % (erhebliche Symptome, die einen bedeutenden Teil der Blattfläche betreffen), 50–75 % (weit verbreitete Symptome, die den grössten Teil der

Blattfläche betreffen) und 75–100 % (schwere Symptome, die fast die gesamte Blattfläche betreffen und möglicherweise zu Welken, Blattverlust oder zum Absterben der Pflanze führen). Trotz vorgängigen Absprachen zwischen den drei Experten, und einer Zusammenstellung Bildern als Beispiele der verschiedenen Schadenskategorien, waren die Unterschiede zwischen den Bewertungen der Experten erheblich (**Abbildung 13.1 Anhang 2**). Es ist aus der wissenschaftlichen Literatur bekannt, dass die Bewertung von Schadenskategorien durch verschiedene Personen zu Unterschieden führen kann, die subjektiv bedingt sind (Chiang et al, 2016). Dieser Effekt wurde auch im vorliegenden Projekt bestätigt.
Als zusätzliche Schwierigkeit kam in diesem Projekt hinzu, dass die von *Xylella fastidiosa* verursachten Symptome sehr ähnlich wie andere Schäden sind, insbesondere Schäden durch Trockenheit oder Nährstoffmangel, sowie Blattvergilbungen durch Insektenbefall. Beim vorliegenden Experiment hatten besonders der Befall mit Spinnmilben und Blattläusen einen Einfluss auf die Blattgesundheit. Der Befall mit Spinnmilben und Blattläusen wurde zwar behandelt, es blieben jedoch auch nach dem Befall Vergilbungen an den Blättern sichtbar. Zudem neigte sich zum Zeitpunkt der ersten Probennahme, 4 Monate nach der künstlichen Infektion, die Vegetationsperiode dem Ende zu. Die beginnende natürliche Seneszenz wiederum konnte visuell nicht klar von Symptomen durch *X. fastidiosa* unterschieden werden. So variierten auch bei den Kontrollpflanzen die Blattschäden im Mittel (**Abbildung 4**) zwischen 2 und 12% (erste Beprobung im Herbst 2024) und zwischen 0 und 6% (zweite Beprobung im Frühling 2025).
Zudem waren die Blattschäden im Mittel bei der ersten Beprobung grösser als bei der zweiten Beprobung (**Abbildung 4**), möglicherweise aufgrund der oben genannten Faktoren.

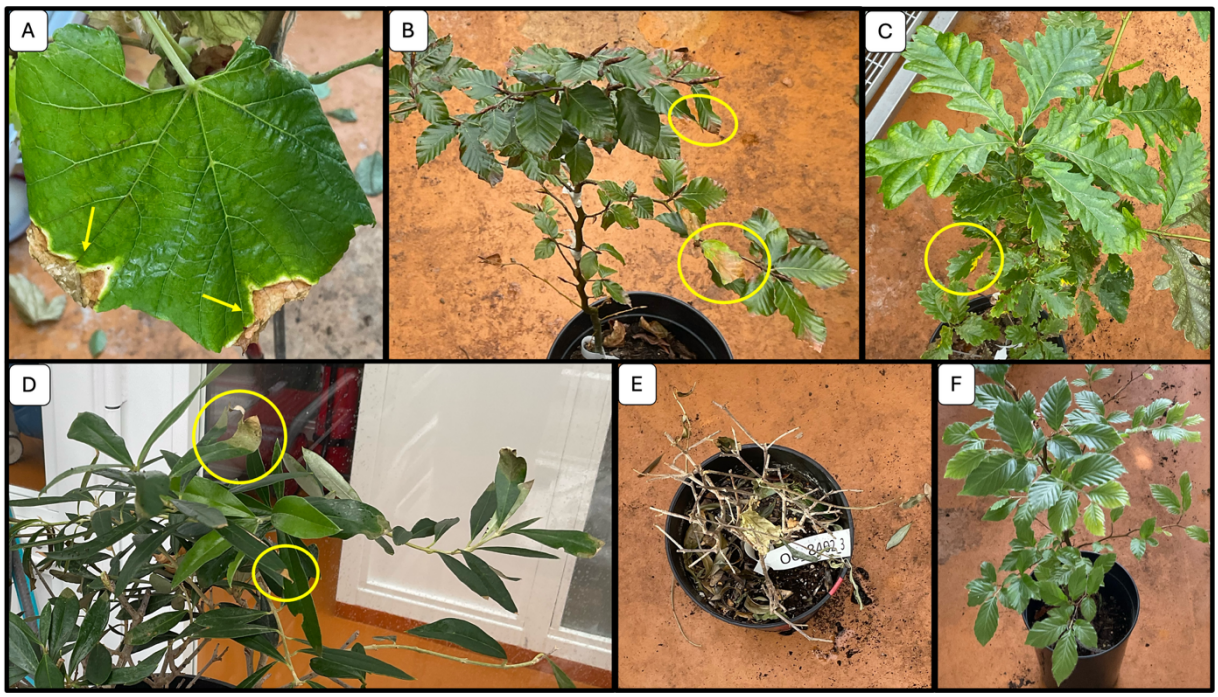


Abbildung 3: Beispiele für Pflanzenzustände in Replikaten, die bei qPCR-Analysen von Blattproben positiv auf *Xylella fastidiosa* getestet wurden: A) *Vitis vinifera* (Probe 1, infiziert mit der Unterart *fastidiosa*); B) *Fagus sylvatica* (Probe 1, infiziert mit der Unterart *pauca*);; C) *Quercus petraea* (Probe 1, infiziert mit der Unterart *pauca)*; D) *Olea europaea* (Probe 1, infiziert mit der Unterart *pauca*); E) *Olea europaea* (Probe 2, infiziert mit der Unterart *pauca*); F) *Fagus sylvatica* (Probe 2, infiziert mit der Unterart f*astidiosa*).

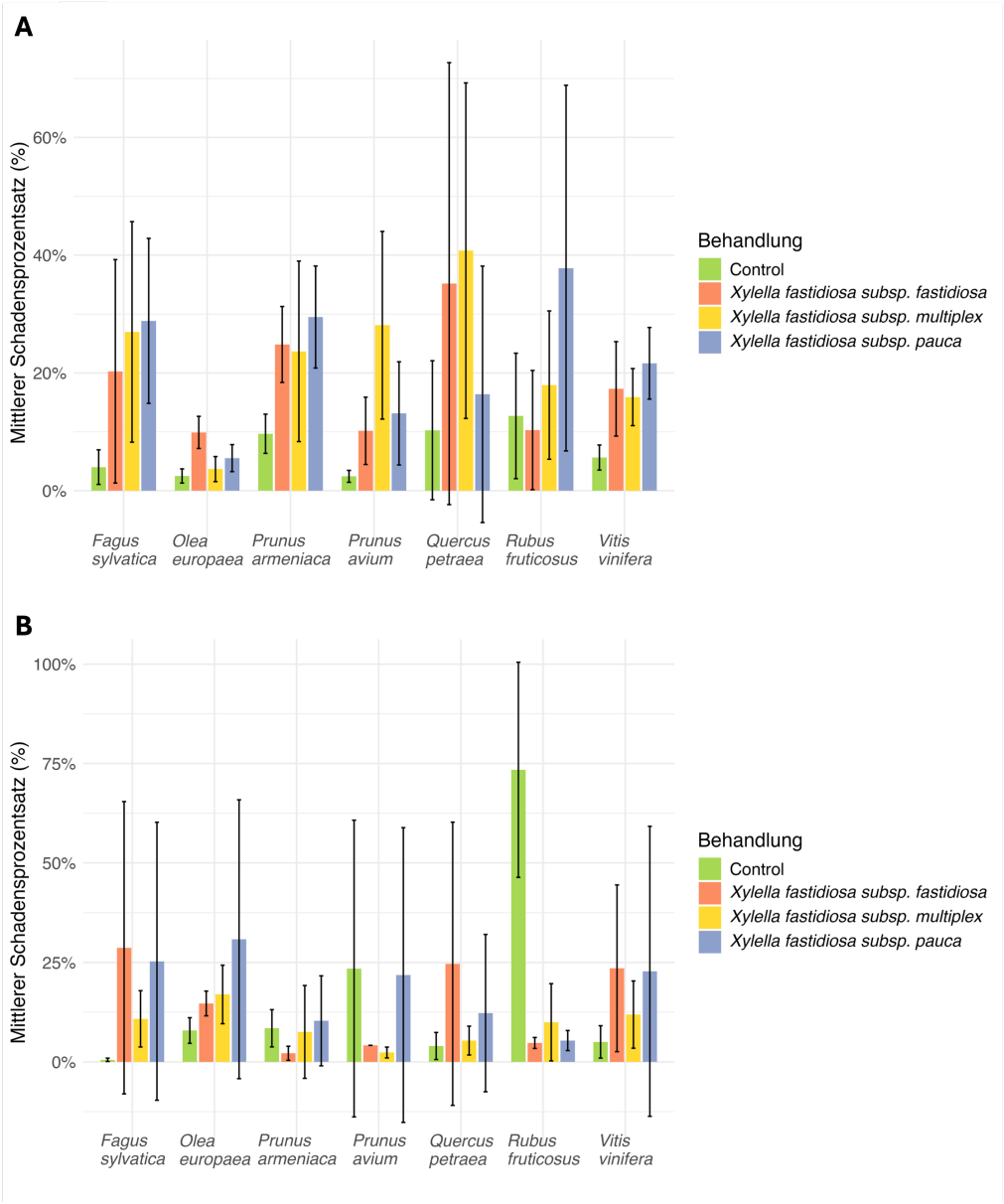


Abbildung 4. Durchschnittlicher Prozentsatz der durch *Xylella fastidiosa* verursachten Schäden an künstlich beimpften Pflanzen. A) Bewertung der ersten Probenahme, 4 Monate nach der künstlichen Infektion. B) Bewertung der zweiten Probenahme, 11 Monate nach der künstlichen Infektion.

Bei der Probenahme 1 zeigten die Blattdiagnoseergebnisse (Nachweis in den Blattproben mittels qPCR) keinen Zusammenhang mit dem Gesamtschaden an der Pflanze (p-Wert = 0,2299). Bei der Probenahme 2 korrelierten die Blattdiagnoseergebnisse schwach, aber signifikant mit dem Pflanzenschaden (p-Wert = 0,01153), **Abbildung 6**. Dieses Resultat deutet darauf hin, dass das Vorhandensein von Blattsymptomen im Frühjahr und Frühsommer ein Indikator für die Infektion der Pflanzen ist. Aufgrund der geringen Anzahl Pflanzen, die in diesem Versuch im Frühjahr positiv auf *Xylella* getestet wurden (insgesamt 3 Blattproben von 3 verschiedenen Pflanzenarten, siehe **Abbildung 2)**, sind diese Resultate nur sehr bedingt aussagekräftig. Von den drei positiv getesteten Pflanzen war eine komplett asymptomatisch, während zwei deutliche Blattschäden aufwiesen (45%, resp. 100% der Blätter mit Schäden).

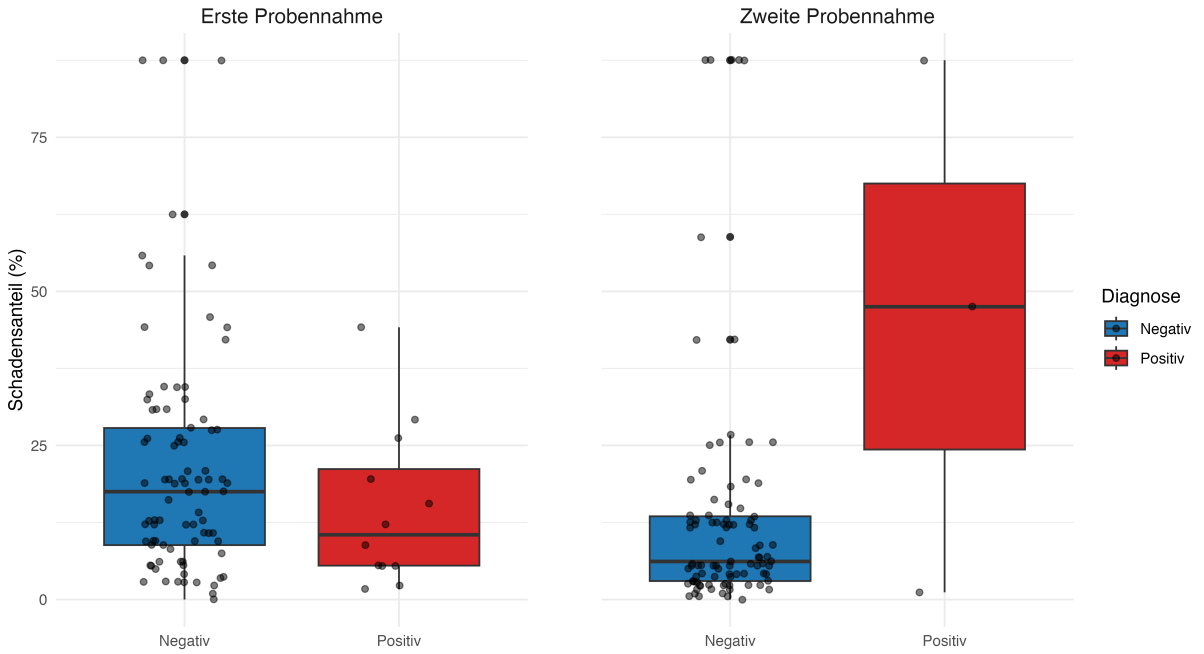


Abbildung 6. Schadensanteile (% des beschädigten Blattgewebes), Mittelwerte der Bewertungen von 3 Experten, gruppiert nach Diagnose der Blattanalyse (qPCR positiv oder negativ). Bei der ersten Probennahme waren die sichtbaren Schäden an Pflanzen mit negativen (blau) und positiven (rot) Blattanalysen vergleichbar. Bei der zweiten Probennahme waren die Schäden (%) an Pflanzen mit positiven Blattanalysen (rot) tendenziell grösser als die Schäden (%) an Pflanzen mit negativen Blattanalysen. Es waren jedoch nur 3 Proben mit positiver Blattanalyse vorhanden (schwarze Punke in roter Box).

Im Allgemeinen wiesen sowohl infizierte als auch nicht infizierte Pflanzen erhebliche Schäden an einigen Blättern oder an der gesamten Pflanze auf, was wahrscheinlich auf eine Kombination aus abiotischen Faktoren (z. B. Wasserstress, Nährstoffmangel, natürliche Seneszenz) und biotischen Faktoren (z. B. Schäden durch Blattläuse, Spinnmilben) zurückzuführen ist.
Zudem war die Variation zwischen den Bewertungen der verschiedenen Experten erheblich.
Aus diesen Gründen ist es sehr schwierig, allein anhand des Gesamtzustands der Pflanze oder anhand sichtbarer Blattsymptome zu beurteilen, ob eine Pflanze mit *X. fastidiosa* infiziert ist. Molekulare Analysen sind zuverlässiger und zwingend notwendig, um infizierte Pflanzen sicher zu identifizieren.

7.3 Rückisolierung von *X. fastidiosa* aus künstlich infizierten Pflanzen

Die Rückisolierung von *X. fastidiosa* aus den künstlich infizierten Pflanzen war erfolglos. Drei Wochen nach der Inkubierung des Pflanzensafts aus Blättern von infizierten Pflanzen konnten auf den semi-selektiven Nährmedien PD2 und BCYE kein Wachstum von *Xylella fastidiosa* festgestellt werden. Es wuchsen nur andere Mikroorganismen aus dem Blattsaft (**Abbildung 7**).
Die Isolation von *X. fastidiosa* aus Pflanzenmaterial gilt als schwierig (EPPO, 2023). Zudem deutet die komplette Abwesenheit von Bakterienwachstum auf eine geringe Konzentration von *X. fastidiosa* im Pflanzensaft hin. In der Literatur wurde bereits beschrieben, dass bei geringer Bakterienkonzentration eine molekulare Diagnostik (qPCR) zuverlässiger ist als mikrobiologische Methoden (EPPO, 2023).

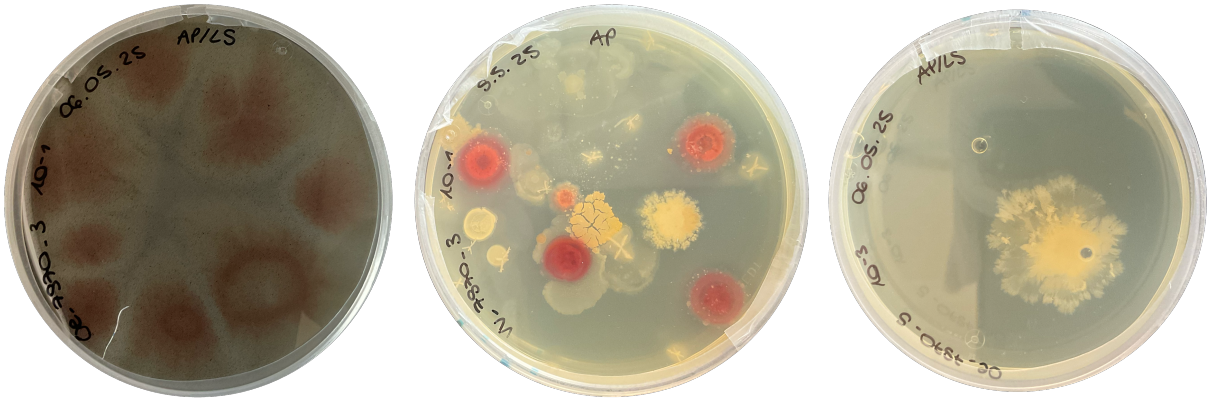


Abbildung 7: Beispiel für BCYE- und PD2-Platten, die zur Isolierung von Bakterien aus künstlich beimpften Pflanzenblättern in zwei Verdünnungen des Pflanzensafts (10^{-1} und 10^{-3}) verwendet wurden. Nach mehr als acht Wochen Überwachung wurde kein Wachstum des Zielorganismus beobachtet; sichtbare Kolonien stellen lediglich Kontaminationen dar.

8. Nutzen für die Praxis

Xylella fastidiosa ist ein Bakterium, dass sowohl im der Forst- als auch in der Landwirtschaft zu grossen Schäden an Gehölzen führen kann. Es ist zudem bereits in mehreren Nachbarländern der Schweiz (Italien, Frankreich) vorhanden. Es ist somit für die Praxis sehr wichtig, präventive Massnahmen gegen die Einschleppung und Etablierung dieses Bakterium in der Schweiz zu ergreifen. Hier deckt das Projekt RI-Xylella eine wichtige Wissenslücke ab, indem die Symptome und der Krankheitsverlauf an Waldbaumarten sowie landwirtschaftlichen Gehölzen erforscht wurde. Die Resultate des Projekts können als Grundlage dienen, um die Überwachung von Waldgehölzen zu optimieren, und so eine allfällige Infektion von Bäumen frühzeitig zu entdecken.
So ist nun besser bekannt, wie verschiedene Gehölze auf eine Infektion mit *Xylella fastidiosa* reagieren, und wie saisonale Faktoren einen Einfluss auf die Diagnostik bei Laubgehölzen haben können. Die Resultate aus dem Projekt sollten daher dazu beitragen, dass eine mögliche Einschleppung in die Schweiz von *X. fastidiosa* schneller entdeckt und eingedämmt werden kann.

9. Schlussfolgerungen

Zusammenfassend zeigen die Resultate dieser Studie, dass 1) eine Beprobung der Blätter nicht ausreichend ist, um infizierte Pflanzen zuverlässig zu identifizieren, besonders im Winter und Frühling, und besonders, falls es sich um die anfänglichen Stadien der Infektion handelt; Holzproben, insbesondere Zweigproben, könnten bei Laubgehölzen zusätzlich beprobt werden; 2) Sichtbare Symptome an den Pflanzen sind kein zuverlässiger Indikator für eine Infektion, da die Symptome, besonders gegen Ende der Vegetationsperiode, der natürlichen Seneszenz und anderen Schäden ähneln; 3) Die Unterart *X. fastidiosa* subp. *pauca* hat möglicherweise ein breiteres Wirtsspektrum, als bisher aus den Befallsgebieten in Mittelmeerraum bekannt war, und insbesondere auch für die Schweiz wichtige Waldbaumarten wie *F. sylvatica* und *Q. petraea* umfasst.
Die künstlichen Infektionen von verschiedenen Gehölzen mit *Xylella fastidiosa* haben gezeigt, dass insgesamt die Konzentration der Bakterien in den Blättern nach 11 Monaten (bzw. nach dem Winter) gering ist. Interessant wäre es, die Pflanzen über einen längeren Zeitraum zu erhalten, um zu sehen, ob die Infektion z.B. nach 2 Jahren weiter fortgeschritten ist. Aus der Literatur ist bekannt, dass es über ein Jahr dauern kann, bis das Bakterium sich in der ganzen Pflanze verteilt hat (Saponari et al., 2016).

Xylella fastidiosa wird von Insektenvektoren übertragen. Während die Vektoren für Mitteleuropa bekannt sind (Di Serio et al., 2019; Cornara et al, 2019) und Agroscope bereits auch laufende Projekte durchführt zu der Phänologie dieser Insekten in landwirtschaftlichen Flächen (Maggini & Rizzoli, 2023), ist noch bekannt, zu welchem Zeitpunkt und auf welchen Pflanzen sich diese Vektoren im Wald aufhalten. Um die Infektion an Forstgehölzen zu verhindern, wäre es jedoch sehr wichtig zu wissen, welche potentielle Insektenvektoren in der Schweiz im Wald leben.

10. Verdankung

Das Projektteam bedankt sich bei der Wald- und Holzforschungsförderung Schweiz WHFF-CH, dem Bundesamt für Umwelt BAFU sowie der Konferenz für Wald, Wildtiere und Landschaft für die Unterstützung und das entgegengebrachte Vertrauen. Wir danken Lia Sifrig für die Unterstützung bei mikrobiologischen Arbeiten. Einen weiteren Dank geht an den eidgenössischen Pflanzenschutzdienst für die ideelle Unterstützung des Projekts und für die Visierung von Präsentationen und anderen Wissenstransfers vor der Publikation für die Öffentlichkeit. Wir bedanken uns zudem bei Dr. Andreas Zurlinden für die Hilfe bei der Erstellung von SOP und Versuchsanträgen, sowie für die Bereitstellung der Infrastruktur und der Überwachung der Biosicherheit im Labor und Gewächshaus der Biosicherheitsstufe 3 an der WSL.

11. Literatur

Almeida, R. P. P., Nunney, L. (2015). How do plant diseases caused by *Xylella fastidiosa* emerge? *Plant Dis*, *99*(11), 1457-1467. https://doi.org/10.1094/PDIS-02-15-0159-FE

Cariddi, C., Saponari, M., Boscia, D., De Stradis, A., Loconsole, G., Nigro, F., Porcelli, F., Potere, O., Martelli, G. (2014). Isolation of a *Xylella fastidiosa* strain infecting olive and oleander in Apulia, Italy. *Journal of Plant Pathology*, *96*(2), 425-429. https://doi.org/10.4454/JPP.V96I2.024

Casarin, N., Hasbroucq, S., Pesenti, L., Géradin, A., Emond, A., López-Mercadal, J., Miranda, M. Á., Grégoire, J.-C., Bragard, C. (2023). Salicaceae as potential host plants of *Xylella fastidiosa* in European temperate regions. *European Journal of Plant Pathology*, *165*(3), 489-507. https://doi.org/10.1007/s10658-022-02622-7

Chiang, K.S., Bock, C.H., El Jarroudi, M., Delfosse, P., Lee, I.H. and Liu, H.I. (2016). Effects of rater bias and assessment method on disease severity estimation with regard to hypothesis testing. Plant Pathol, 65: 523-535. https://doi.org/10.1111/ppa.12435

Cornara, D., Morente, M., Markheiser, A., Bodino, N., Chi-Wei Tsai, Fereres, A., Redak, R. A., Perring,T. M., & Lopes, J. R. S. (2019). An overview on the worldwide vectors of *Xylella fastidiosa*. *Entomologia Generalis*, *39*(3/4), 158–181. https://doi.org/10.1127/entomologia/2019/0811

Desprez-Loustau, M.-L., Balci, Y., Cornara, D., Gonthier, P., Robin, C., Jacques, M.-A. (2021). Is *Xylella fastidiosa* a serious threat to European forests? *Forestry: An International Journal of Forest Research*,*94*(1), 1-17. https://doi.org/10.1093/forestry/cpaa029

DiSerio F, Bodino N, Cavalieri V, Demichelis S, DiCarolo M, Dongiovanni C, Fumarola G, Gilioli G, Guerrieri E, Picciotti U, Plazio E, Porcelli F, Saladini M, Salerno M, Simo netto A, Tauro D, Volani S, Zicca S and Bosco D. (2019). Collection of data and information on biology and control of vectors of *Xylella fastidiosa*. *EFSA supporting publication* 2019:EN-1628. 102 pp. doi: 10.2903/sp.efsa.2019.EN-1628

Doyle, J.J., Doyle, J.L. (1990). Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus*, 12, pp.13–15.

EFSA, Baù A, Delbianco A, Stancanelli G and Tramontini S, 2017. Statement on

susceptibility of *Olea europaea* L. varieties to *Xylella fastidiosa* subsp. *pauca* ST53: systematic literature search up to 24 March 2017. *EFSA Journal* 2017; 15(4):4772, 18 pp. doi:10.2903/j.efsa.2017.4772

EPPO (2023). PM 7/24 (5) *Xylella fastidiosa*, EPPO Bulletin, 53, 205–276. https://doi.org/10.1111/epp.12923

EPPO (2026). *Xylella fastidiosa* EPPO. Retrieved 15.01.2026 from https://gd.eppo.int/taxon/XYLEFA

Greco, D., Sabella, E., Carluccio, G., Delle Donne, A. G., De Bellis, L., & Luvisi, A. (2023). Xylella fastidiosa, Possible New Threat to Chestnut (Castanea sativa Mill.) in Italy. *Horticulturae*, *9*(12), 1315. https://www.mdpi.com/2311-7524/9/12/1315

Harper, S. J., Ward, L. I., & Clover, G. R. G. (2010). Development of LAMP and Real-Time PCR methods for the rapid detection of *Xylella fastidiosa* for quarantine and field applications. *Phytopathology*,*100*(12), 1282-1288. https://doi.org/10.1094/phyto-06-10-0168

Harris, J. L., Di Bello, P. L., Lear, M., & Balci, Y. (2014). Bacterial leaf scorch in the District of Columbia: distribution, host range, and presence of *Xylella fastidiosa* among urban trees. *Plant Disease*, *98*(12), 1611-1618. https://doi.org/10.1094/pdis-02-14-0158-sr

Huang, Q., Li, W., & Hartung, J. S. (2003). Association of *Xylella fastidiosa* with leaf scorch in Japanese beech bonsai. Canadian journal of plant pathology, 25(4), 401-405.

Loureiro, T., Serra, L., Martins, Â., Cortez, I., & Poeta, P. (2024). *Xylella fastidiosa* dispersion on vegetal hosts in demarcated zones in the north region of Portugal. Microbiology Research, 15(3), 1050-1072. https://doi.org/10.3390/microbiolres15030069

Maggini, R. & A. Rizzoli, (2023). Phenology and ecology of *Philaenus spumarius* L. inform risk assessment for *Xylella fastidiosa* Wells in Switzerland. 4th European Conference on Xylella fastidiosa organized by EFSA as satellite event of the International Congress of Plant Pathology ICPP2023, Lyon, France. Poster book-of-abstracts.pdf

Marco-Noales, E., Barbé, S., Monterde, A., Navarro-Herrero, I., Ferrer, A., Dalmau, V., Aure, C. M., Domingo-Calap, M. L., Landa, B. B., & Roselló, M. (2021). Evidence that *Xylella fastidiosa* is the causal agent of almond leaf scorch disease in Alicante, mainland Spain (iberian Peninsula). *Plant Disease*, *105*(11), 3349-3352. https://doi.org/10.1094/pdis-03-21-0625-sc

Olmo, D., Nieto, A., Adrover, F., Urbano, A., Beidas, O., Juan, A., Marco-Noales, E., López, M. M., Navarro, I., Monterde, A., Montes-Borrego, M., Navas-Cortés, J. A., & Landa, B. B. (2017). First detection of *Xylella fastidiosa* infecting cherry (*Prunus avium*) and *Polygala myrtifolia* plants, in Mallorca Island, Spain. *Plant Disease*, *101*(10), 1820-1820. https://doi.org/10.1094/pdis-04-17-0590-pdn

Rapicavoli, J., Ingel, B., Blanco-Ulate, B., Cantu, D., & Roper, C. (2018). *Xylella fastidiosa*: an examination of a re-emerging plant pathogen. Molecular plant pathology, 19(4), 786-800. https://doi.org/10.1111/mpp.12585

Saponari, M., Boscia, D., Altamura, G., D'Attoma, G., Cavalieri, V., Zicca, S., Morelli, M., Tavano, D., Loconsole, G., Susca, L., Potere, O., Savino, V., Martelli, G. P., Palmisano, F., Dongiovanni, C., Saponari, A., Fumarola, G., & Carolo, M. D. (2016). Pilot project on *Xylella fastidiosa* to reduce risk assessment uncertainties. *EFSA Supporting Publications*, *13*(3), 1013E. https://doi.org/https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2016.EN-1013

Sicard, A., Zeilinger, A. R., Vanhove, M., Schartel, T. E., Beal, D. J., Daugherty, M. P., & Almeida, R. P. P. (2018). *Xylella fastidiosa*: Insights into an emerging plant pathogen. *Annual Review of Phytopathology*,*56*(1), 181-202. https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080417-045849

Wyss, Deborah (2023): Potential risk of infection of Central European tree species with *Xylella fastidiosa*. Bachelor Thesis, ETH Zürich, D-USYS, Agricultural Sciences.

Zecharia, N., Miri, V., Dror, O., Hatib, K., Holland, D., Dani, S., & Bahar, O. (2024). Seasonal dynamics and distribution of *Xylella fastidiosa* in infected almond trees. Phytopathology, 114(6), 1186-1195. https://doi.org/10.1094/PHYTO-07-23-0240-R

12. Anhang 1: Projektprodukte

13.1 Poster, Herbsttagung 2024 der Schweizerischen Gesellschaft für Phytomedizin (SGP)

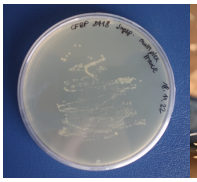
Verlauf von *Xylella*-Infektionen in forst- und landwirtschaftlichen Gehölzen

Francesca Dennert[1], Denise Altenbach[2], Laure Apotheloz Perret-Gentil[2], Valentin Queloz[1], und Ramona Maggini[3]

[1]Waldschutz Schweiz, WSL, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf
[2]Molekulare Diagnostik geregelte Pflanzenschadorganismen, Agroscope, Route de Duillier 60, 1260 Nyon
[3]Neobiota, Agroscope, À Ramel 18, 6593 Cadenazzo

Xylella fastidiosa

- Stammt ursprünglich aus Nord- und Mittelamerika, dort v.a. an Weinreben in Kalifornien ("Pierce's disease"), und an Laubbäumen.
- Seit 2013 in Europa, Schäden vor allem an Oliven in Italien, Mandeln in Spanien (Majorca).
- Durch saugende Insekten übertragen, die sich vom Xylem der Pflanzen ernähren. Die Wiesenschaumzikade *Philaenus spumarius* L. wurde als Hauptüberträger der Ausbrüche von *X. fastidiosa* in Europa identifiziert.
- Fünf Unterarten mit verschiedenen Wirtsspektren und verschiedenen klimatischen Anforderungen.
- Die Schweiz ist bisher frei von *Xylella fastidiosa*, der Eidg. Pflanzenschutzdienst überwacht Pflanzenpass-pflichtige Betriebe und führt mit den Kantonen ein jährliches Monitoring durch (Gebietsüberwachung).



Bakterienkultur von *X. fastidiosa subsp. multiplex* auf PD2-Agar (Foto: Waldschutz Schweiz)



Symptome von *X. fastidiosa* auf Olive (Foto: EPPO)



Symptome von *X. fastidiosa* auf Kirsche (Foto: EPPO)



Symptome von *X. fastidiosa* auf Weinrebe (Foto: EPPO)



Symptome von *X. fastidiosa* auf Eiche (Foto Forestry Images)

Projekt RI-Xylella

- **Fragestellung:** Wie verlaufen *Xylella*-Infektionen in für die Schweiz wichtigen Gehölzen aus Land- und Forstwirtschaft? Welche Arten sind anfällig? Entwickeln sie Symptome? Was ist die Inkubationszeit bis zum Auftreten von Symptomen?
- **Methode:** Künstliche Infektionen im Biosicherheitsgewächshaus (BSL3). Wöchentliche Kontrolle der Symptome und Analyse (qPCR) des infizierten Pflanzengewebes 3 und 12 Monate nach der Infektion.
- **Stand der Arbeit:** Künstliche Infektion im Sommer 2024 von 7 Pflanzenarten (*Fagus sylvatica*, *Quercus petraea*, *Prunus avium, Prunus armeniaca, Rubus fructicosus, Vitis vinifera, Olea europaea*) mit 3 *Xylella*-Unterarten (*X.f.* subsp. *fastidiosa*, *X.f.* subsp. *multiplex* und *X.f.* subsp. *pauca*). Die Pflanzen sind noch symptomlos.
- **Dauer des Projekts:** 06-2024-02.2026.
- **Finanzierung:** Wald- und Holz Forschungsförderung (BAFU).



Künstliche Infektion: ein Tropfen Bakteriensuspension wird auf einen Zweig gegeben (Foto: Waldschutz Schweiz)



Künstliche Infektion: ein Zweig mit einem Tropfen Bakterienlösung wird mit einer Nadel gestochen, damit die Flüssigkeit von der Pflanze aufgenommen wird (Foto: Waldschutz Schweiz)



Arbeit im Biosicherheitsgewächshaus mit Schutzkleidung (Foto: Waldschutz Schweiz)



Künstlich infizierte, noch asymptomatische Pflanzen, im Biosicherheitsgewächshaus (Foto: Waldschutz Schweiz)

Kontakt: Francesca Dennert (francesca.dennert@wsl.ch), Denise Altenbach (denise.altenbach@agroscope.admin.ch), Laure Apotheloz Perret-Gentil (laure.apotheloz@agroscope.admin.ch), Valentin Queloz (valentin.queloz@wsl.ch), Ramona Maggini (ramona.maggini@agroscope.admin.ch)

13.2 Abstract, Vortrag Herbsttagung 2025 der Schweizerischen Gesellschaft für Phytomedizin (SGP)

Xylella fastidiosa : Enjeux et progression des infections chez les espèces ligneuses forestières et agricoles – Résultats préliminaires

Alice Pessina[1], Laure Apotheloz-Perret-Gentil[2], Ramona Maggini[3], Denise Altenbach[2], Júlia López Mercadal[3], Valentin Queloz[1], Francesca Dennert[1]

[1]Waldschutz Schweiz, WSL, Zürcherstrasse 111, 8903 Birmensdorf
[2]Molekulare Diagnostik geregelte Pflanzenschadorganismen, Agroscope, Route de Duillier 60, 1260 Nyon
[3]Neobiota, Agroscope, A Ramel 18, 6593 Cadenazzo
alice.pessina@wsl.ch

Xylella fastidiosa est une bactérie phytopathogène qui infecte une large gamme de plantes, provoquant dessèchements foliaires, un dépérissement général et, à terme, la mort des plantes. Transmise par des insectes vecteurs piqueurs-suceurs, la bactérie existe en plusieurs sous-espèces, chacune caractérisée par des préférences spécifiques en matière d'hôtes. Par exemple, la sous-espèce *fastidiosa* est principalement associée à la vigne, où elle est responsable de la maladie de Pierce; *multiplex* infecte surtout les amandiers ainsi que diverses espèces forestières; enfin, *pauca*, provoque des infections sévères chez l'olivier.

Depuis sa première détection en Italie en 2013, des foyers de *X. fastidiosa* sont apparus dans plusieurs pays du bassin méditerranéen, notamment en Espagne, en France et au Portugal. Bien que la Suisse ne soit pas encore touchée, *X. fastidiosa* constitue une menace importante pour le paysage. La présence potentielle d'hôtes asymptomatiques, en particulier parmi les espèces forestières et agricoles, pourrait favoriser une dissémination silencieuse de la bactérie vers des plantes sensibles situées à proximité, augmentant ainsi le risque d'introduction et de propagation. En raison de son impact économique et écologique significatif, la bactérie est classée comme organisme de quarantaine prioritaire au niveau national.

Dans ce contexte, le projet a analysé le développement de l'infection par *X. fastidiosa* chez des espèces arborées importantes pour la sylviculture et l'agriculture suisse, ainsi que chez des plantes présentes à l'interface entre les deux écosystèmes en lisière forestière. Les plantes hôtes sélectionnées étaient la vigne (*Vitis vinifera*), l'abricotier (*Prunus armeniaca*), le cerisier (*Prunus avium*), l'olivier (*Olea europaea*), le hêtre (*Fagus sylvatica*), le chêne (*Quercus petraea*) et la ronce (*Rubus fruticosus*). Les tests ont été menés en conditions contrôlées dans un laboratoire de biosécurité de niveau 3 du WSL, afin d'évaluer la sensibilité des différentes espèces à *X. fastidiosa*, leur aptitude à développer des symptômes, ainsi que les interactions possibles entre les sous-espèces de la bactérie et leurs hôtes potentiels. Les résultats obtenus contribueront à améliorer la compréhension du pathosystème et à renforcer les stratégies de surveillance, tout en orientant les recherches futures sur les voies de propagation de la bactérie dans divers écosystèmes.

13. Anhang 2: Zusätzliche Tabellen und Abbildungen

Tabelle 1. Blatt- und Holzproben, welche bei der ersten Beprobung (4 Monate nach der künstlichen Infektion) mittels qPCR untersucht wurden.

Arten	Behandlung	Anzahl der Pflanzen	Pflanzen-material	Positiv	Negativ	Unsicher	Ungültig
Fagus sylvatica	Kontrolle	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	0	5	0	0
	X. fastidiosa subsp. *fastidiosa*	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	5	0	0	0
	X. fastidiosa subsp. *multiplex*	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	5	0	0	0
	X. fastidiosa subsp. *pauca*	5	Blatt	2	2	1	0
			Holz	5	0	0	0
Olea europaea	Kontrolle	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	0	5	0	0
	X. fastidiosa subsp. *fastidiosa*	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	5	0	0	0
	X. fastidiosa subsp. *multiplex*	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	5	0	0	0
	X. fastidiosa subsp. *pauca*	5	Blatt	5	0	0	0
			Holz	5	0	0	0
Prunus armeniaca	Kontrolle	4	Blatt	0	4	0	0
			Holz	0	4	0	0
	X. fastidiosa subsp. *fastidiosa*	4	Blatt	0	4	0	0
			Holz	4	0	0	0
	X. fastidiosa subsp. *multiplex*	3	Blatt	0	3	0	0
			Holz	2	0	0	0
	X. fastidiosa subsp. *pauca*	3	Blatt	0	3	0	0
			Holz	3	0	0	0
Prunus avium	Kontrolle	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	0	5	0	0
	X. fastidiosa subsp. *fastidiosa*	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	5	0	0	0
	X. fastidiosa subsp. *multiplex*	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	5	0	0	0
	X. fastidiosa subsp. *pauca*	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	5	0	0	0
Quercus petraea	Kontrolle	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	0	5	0	0
	X. fastidiosa subsp. *fastidiosa*	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	5	0	0	0
	X. fastidiosa subsp. *multiplex*	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	5	0	0	0
	X. fastidiosa subsp. *pauca*	5	Blatt	2	2	1	0
			Holz	5	0	0	0
Rubus fruticosus	Kontrolle	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	0	5	0	0
	X. fastidiosa subsp. *fastidiosa*	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	5	0	0	0
	X. fastidiosa subsp. *multiplex*	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	5	0	0	0
	X. fastidiosa subsp. *pauca*	5	Blatt	1	4	0	0
			Holz	5	0	0	0
Vitis vinifera	Kontrolle	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	0	5	0	0
	X. fastidiosa subsp. *fastidiosa*	5	Blatt	1	4	0	0
			Holz	5	0	0	0
	X. fastidiosa subsp. *multiplex*	5	Blatt	1	4	0	0
			Holz	5	0	0	0
	X. fastidiosa subsp. *pauca*	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	5	0	0	0

Tabelle 2. Blatt- und Holzproben, welche bei der zweiten Beprobung (11 Monate nach der künstlichen Infektion) mittels qPCR untersucht wurden.

Arten	Behandlung	Anzahl der Pflanzen	Pflanzen-material	Positiv	Negativ	Unsicher	Ungültig
Fagus sylvatica	Kontrolle	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	0	5	0	0
	X. fastidiosa subsp. *fastidiosa*	5	Blatt	1	4	0	0
			Holz	2	3	0	0
	X. fastidiosa subsp. *multiplex*	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	4	1	0	0
	X. fastidiosa subsp. *pauca*	5	Blatt	0	5	1	0
			Holz	5	0	0	0
Olea europaea	Kontrolle	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	0	5	0	0
	X. fastidiosa subsp. *fastidiosa*	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	5	0	0	0
	X. fastidiosa subsp. *multiplex*	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	4	1	0	0
	X. fastidiosa subsp. *pauca*	5	Blatt	1	4	0	0
			Holz	4	1	0	0
Prunus armeniaca	Kontrolle	4	Blatt	0	4	0	0
			Holz	0	4	0	0
	X. fastidiosa subsp. *fastidiosa*	4	Blatt	0	4	0	0
			Holz	2	2	0	0
	X. fastidiosa subsp. *multiplex*	4	Blatt	0	4	0	0
			Holz	1	3	0	0
	X. fastidiosa subsp. *pauca*	3	Blatt	0	2	0	0
			Holz	0	2	0	1
Prunus avium	Kontrolle	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	0	5	0	0
	X. fastidiosa subsp. *fastidiosa*	5	Blatt	0	2	0	0
			Holz	1	4	0	0
	X. fastidiosa subsp. *multiplex*	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	3	2	0	0
	X. fastidiosa subsp. *pauca*	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	2	3	0	0
Quercus petraea	Kontrolle	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	0	5	0	0
	X. fastidiosa subsp. *fastidiosa*	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	4	1	0	0
	X. fastidiosa subsp. *multiplex*	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	3	2	0	0
	X. fastidiosa subsp. *pauca*	5	Blatt	1	4	0	0
			Holz	1	4	0	0
Rubus fruticosus	Kontrolle	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	0	5	0	0
	X. fastidiosa subsp. *fastidiosa*	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	0	5	0	0
	X. fastidiosa subsp. *multiplex*	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	3	2	0	0
	X. fastidiosa subsp. *pauca*	5	Blatt	0	4	0	0
			Holz	5	0	0	0
Vitis vinifera	Kontrolle	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	0	5	0	0
	X. fastidiosa subsp. *fastidiosa*	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	3	2	0	0
	X. fastidiosa subsp. *multiplex*	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	5	0	0	0
	X. fastidiosa subsp. *pauca*	5	Blatt	0	5	0	0
			Holz	5	0	0	0

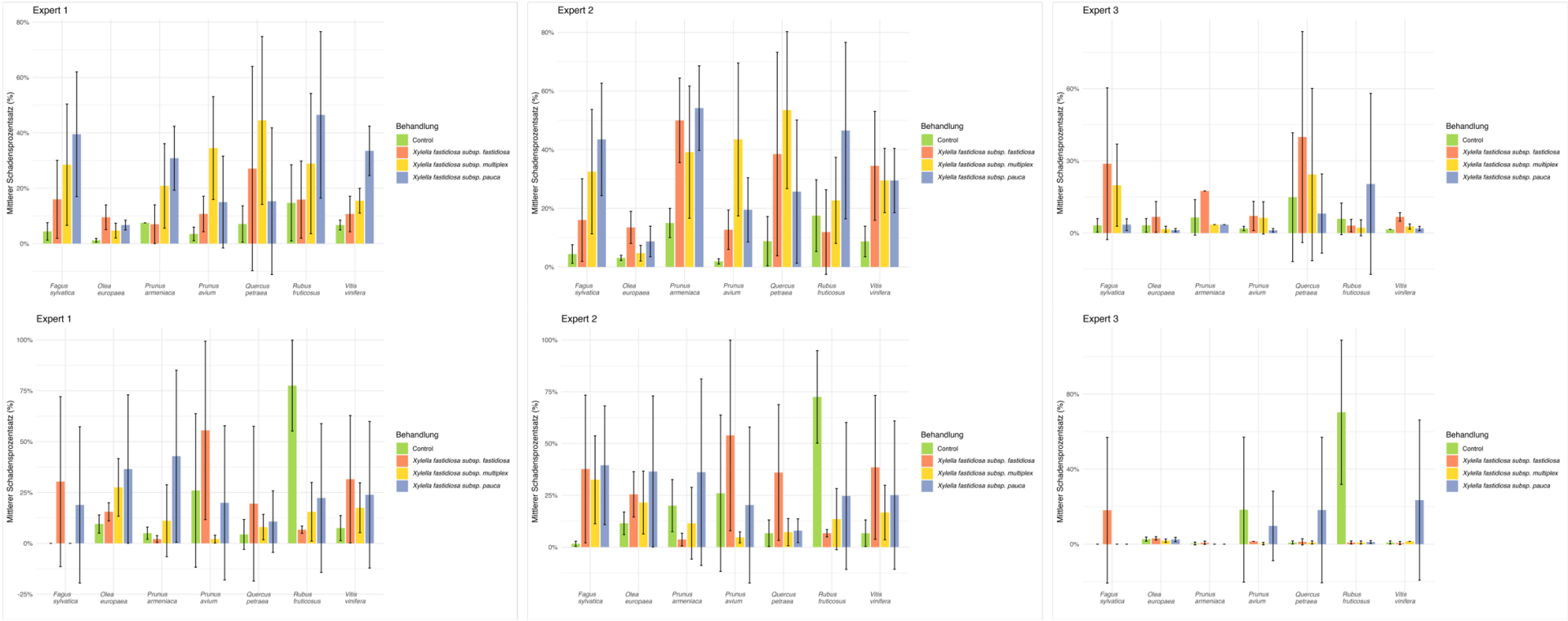


Abbildung 13.1. Durchschnittlicher Prozentsatz der durch *Xylella fastidiosa* verursachten Schäden an künstlich infizierten Pflanzen, bewertet von drei unabhängigen Experten. (A) Experte 1, erste Probenahme, 4 Monate nach der Inokulation. (B) Experte 2, erste Probenahme, 4 Monate nach der Inokulation. (C) Experte 3, erste Probenahme, 4 Monate nach der Inokulation. (D) Experte 1, zweite Probenahme, 11 Monate nach der Inokulation. (E) Experte 2, zweite Probenahme, 11 Monate nach der Inokulation. (F) Experte 3, zweite Probenahme, 11 Monate nach der Inokulation.