

Desinfektion von Gewächshäusern für die Hors-sol-Produktion bei einem ToBRFV-Befall

Autoren: Cédric Camps¹, Olivier Schumpp², Markus Bünter³ und Alan Storelli³

¹Agroscope, Forschungsgruppe Gewächshauskulturen, 1964 Conthey, Schweiz

²Agroscope, Forschungsgruppe Virologie, Bakteriologie und Phytoplasmiologie, 1260 Nyon, Schweiz

³Agroscope, Agroscope Pflanzenschutzdienst APSD, 1725 Posieux, Schweiz

Juli 2024

Einleitung

Allgemeines

Das Tomato Brown Rugose Fruit Virus (ToBRFV), auch Jordanvirus genannt, wurde zuerst im Nahen Osten entdeckt, 2014 in Israel und 2015 in Jordanien (Luria et al., 2017; Salem N, 2016), bevor es auch in Saudi-Arabien nachgewiesen wurde. Im Jahr 2018 wurde es erstmals in Europa (Deutschland), Nordamerika (Kalifornien) und Mittelamerika (Mexiko) nachgewiesen. Danach erweiterte sich die Liste der betroffenen Länder um die Türkei, Italien, China, Palästina, Grossbritannien, die Niederlande, Chile, Äthiopien, Sudan, aber auch die Schweiz (Mahillon et al., 2022). Das ToBRFV ist ein potentieller Quarantäneorganismus. Meldung und Bekämpfung sind bei einem Auftreten obligatorisch.

Die Hauptwirtspflanzen dieses Virus sind Tomaten und Paprika/Peperoni. Die Symptome hängen von der Art und Sorte ab. Dazu gehören im Allgemeinen leichte bis starke mosaikartige Verfärbungen, manchmal ein verringerter Zuwachs der Blätter und gelbe Flecken auf den Früchten. Gelegentlich werden Chlorosen und braune Nekrosen auf Stielen und Kelchblättern beobachtet, die zum vorzeitigen Abfallen der Früchte führen können. Das Auftreten braunschrumpliger Früchte hängt von der Sorte ab. In der Regel sind Grösse und Anzahl der produzierten Früchte geringer. Es ist nicht möglich, einen ToBRFV-Befall visuell eindeutig von anderen Pflanzenpathogenen oder abiotischen Symptomen zu unterscheiden. Deshalb ist für die Identifizierung ein molekularbiologischer Nachweis erforderlich (Abbildung 1). Im Agroscope Merkblatt 102/2019 «Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV)», das 2020 aktualisiert wurde, sind die durch dieses Virus auf Pflanzen und Früchten verursachten Symptome detailliert beschrieben.

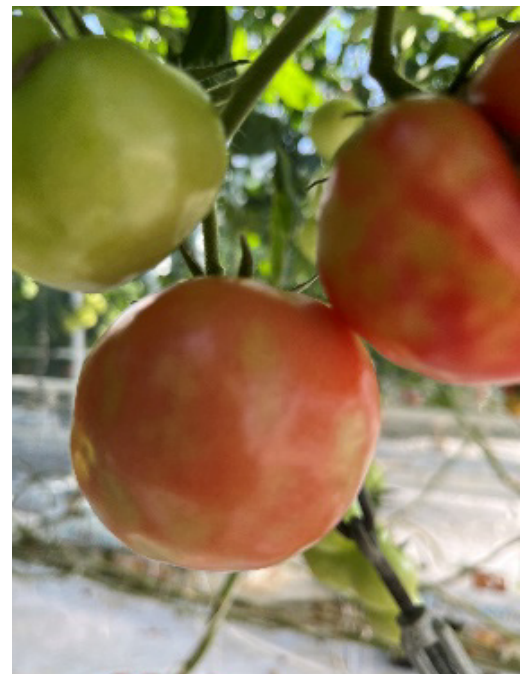


Abbildung 1. Symptome an Tomaten bei einem ToBRFV-Befall (Cédric Camps, Agroscope).

Einige Unkräuter wie *Chenopodium spp.*, *Chenopodium murale* und *Solanum nigrum* sind potentielle Wirtspflanzen und können in der Umgebung von Gewächshäusern und Freilandkulturen während der Wintermonate als Reservoir für das Virus dienen. Wenn diese Reservoirs nicht in die Bekämpfung einbezogen werden, besteht ein hohes Risiko eines erneuten Befalls im Gewächshaus in den Folgejahren.

Das ToBRFV ist sehr widerstandsfähig und bleibt auf verschiedenen Oberflächen und im Boden lange Zeit infektiös. Es verbreitet sich sehr leicht über den Kontakt mit Menschen und Werkzeugen, über Pflanzmaterial und das Bewässerungswasser bei hydroponischen Systemen.

Im Merkblatt 205/2024 «Hygienemassnahmen bei der Entnahme von Verdachtsproben und bei Sanierungsarbeiten im Umgang mit Pflanzenschadorganismen, die vom Menschen übertragen werden können» werden geeignete, effizient umsetzbare

Hygienemassnahmen beschrieben, mit denen sich die Kulturen vor diesem neuen und besonders bedrohlichen Virus schützen lassen oder mit denen das Virus bei einem Befall ausgerottet werden kann. Wenn dieses Virus im Gewächshaus auftritt, ist eine besondere Desinfektion (1) der Gewächshausinfrastruktur, (2) des Fertigationssystems sowie (3) der Transit- und Sortierbereiche des Betriebs erforderlich. Dieses Merkblatt beschreibt die Vorgehensweise bei der Desinfektion von Gewächshäusern am Ende der Kultur nach einem nachgewiesenen ToBRFV-Befall und ist in drei Teile gegliedert: Massnahmen, die vor der Desinfektion durchgeführt werden müssen, Massnahmen zur Desinfektion und schliesslich Massnahmen zur Desinfektion des Fertigationssystems.


Aufgrund der hohen Persistenz des ToBRFV auf kontaminierten Oberflächen und seiner Resistenz gegenüber vielen Viruziden wird die Unterstützung durch eine erfahrene Fachperson empfohlen. Das Merkblatt richtet sich vor allem an Tomaten- und Paprika-Produzenten, die die Desinfektion bei Gewächshauskulturen selbst sicherstellen wollen, aber auch an kantonale Stellen und interessierte Personen. Dieses Merkblatt ergänzt das Merkblatt, in dem die vorbeugenden Massnahmen zusammengestellt sind (Merkblatt | Nr. 70/2018 «Vorbeugende Massnahmen und Desinfektion in Gewächshäusern»), die während des gesamten Kulturzeitraums anzuwenden sind. Die Reihenfolge der Arbeiten muss dem Betriebsablauf angepasst werden. Normalerweise wird das Gewächshaus zunächst geleert, gereinigt und desinfiziert. Nach der vollständigen Dekontaminierung kann das Gewächshaus wieder für die neue Kultur vorbereitet werden.

Bei den meisten der in diesem Merkblatt beschriebenen Massnahmen handelt es sich um von den Kantonen angeordnete obligatorische Massnahmen zur Ausrottung. Der vom Eidgenössischen Pflanzenschutzdienst (EPSD) erstellte «Notfallplan für das Tomato brown rugose fruit virus ToBRFV» enthält die notwendigen Informationen für die kantonalen Dienste, die Produktionsbetriebe und Privatpersonen in der Schweiz darüber, wie bei Verdacht auf einen ToBRFV-Befall vorzugehen ist (EPSD, 2022).

Massnahmen vor der Desinfektion

Bei einem Verdacht auf einen ToBRFV-Befall sind bestimmte Massnahmen zu ergreifen, mit denen der potenziell befallene Bereich gesichert werden kann, um die Ausbreitung des Virus zu begrenzen (Tabelle 1). Dabei werden die erforderlichen Schritte in folgender Abfolge vorgenommen: 1) den Fall den zuständigen kantonalen Behörden melden, 2) den Zugang zum potenziell befallenen Gewächshaus beschränken und dort Hygienemassnahmen einführen, 3) Kontrollen durchführen und 4) die Rückverfolgbarkeit des Personals und des Materials sicherstellen. Schliesslich ist der Optimierung der vorbeugenden Massnahmen Priorität einzuräumen.

Tabelle 1. Liste der empfohlenen Massnahmen bei Verdacht auf einen ToBRFV-Befall.

Nr.	SCHRITT	BESCHREIBUNG	CHECK	
1.	MELDUNG	Die zuständige kantonale Stelle kontaktieren und den Verdacht auf einen ToBRFV-Fall melden. Diese Meldung ist obligatorisch. Die zuständige kantonale Stelle gibt die ersten formellen Anweisungen.	<input type="checkbox"/>	
2.	ISOLIERUNG	Alle Pflanzen derselben Bewässerungseinheit werden als potenziell kontaminiert betrachtet. In diesem Bereich müssen strenge Hygienemassnahmen ergriffen werden, um eine mögliche Ausbreitung auf andere Bereiche des Gewächshauses zu begrenzen.	<input type="checkbox"/>	
3.	ZUGANGSKONTROLLE	<p>Am Eingang des Gewächshauses eine Schleuse mit Kontrolle und Desinfektion einrichten (Abb. 2). Den Zugang zum Gewächshaus auf bestimmte, geschulte Personen beschränken. Dazu eine klare Signalisierung mit rot-weissen Absperrbändern, Schild am Eingang des Gewächshauses usw. einsetzen.</p> <p>Der Eingang zum Gewächshaus muss kontrolliert werden, um die Ausbreitung des Virus auf den gesamten Betrieb sowie auf benachbarte Betriebe zu verhindern. Zu diesem Zweck muss eine Rückverfolgbarkeit der Personen sichergestellt werden, die den befallenen Bereich betreten dürfen.</p> <p>Empfehlung: Tabelle oder Arbeitsplan mit Angabe des Personals, das im betreffenden Gewächshaus oder im Bereich mit eingeschränktem Zugang arbeitet.</p>	<div style="text-align: center;">  </div> <p><i>Abbildung 2. Isolierung eines Bereichs mit Befall und Sicherstellung der Rückverfolgbarkeit. (Pflanzenschutzdienst des Kantons Thurgau, Arenenberg)</i></p>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

4.	PRÄVENTION	Vorbeugende Massnahmen (Prävention) werden in einem Betrieb normalerweise bereits umgesetzt. Ziel ist es, diese Massnahmen an die Situation mit einem ToBRFV-Befall anzupassen: Schuhbad mit einem Viruzid einrichten, Händedesinfektionslösung und Einwegkleidung am Eingang zum befallenen Bereich bereitstellen.	<input type="checkbox"/>
----	-------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------

Protokoll für die Reinigung und Desinfektion der Infrastruktur eines Gewächshaus mit ToBRFV-Befall

Das ToBRFV ist ein Virus aus der Familie der Tobamoviren. Wie alle Viren dieser Gruppe ist es sehr widerstandsfähig und bleibt auf einer Vielzahl von Oberflächen über mehrere Monate hinweg infektiös (Skelton et al., 2023). Es ist ausserdem gegen herkömmliche Desinfektionsmittel mit viruzider Wirkung resistent und erfordert die Verwendung von speziell getesteten Produkten. Die Massnahmen erfordern die vollständige Leerung des Gewächshauses, die Reinigung der inneren Oberflächen des Gewächshauses mit einem geeigneten Reinigungsmittel (Tabelle 9), um eine wirksame Desinfektion zu ermöglichen, und schliesslich die Desinfektion des Fertigationssystems (Tabelle 2). Das Pflanzenmaterial muss vorschriftsgemäss entsorgt werden, um eine Ausbreitung des Virus zu verhindern. Bei der Verbrennung von Pflanzenmaterial wird empfohlen, sich frühzeitig mit einer Kehrlichtverbrennungsanlage in Verbindung zu setzen.

Tabelle 2. Massnahmen zur Reinigung und Desinfektion des Gewächshauses.

Nr.	SCHRITT	BESCHREIBUNG	CHECK
1.	RÄUMUNG UND DEMONTAGE	Alle Pflanzen im Gewächshaus ausreissen, in zwei Kehrlichtsäcke (doppelte Verpackung) stecken und möglichst luftdicht verschliessen. Bei grossen Mengen kann die doppelte Verpackung in Kehrlichtsäcken durch einen luftdichten Container ersetzt werden.	<input type="checkbox"/>
2.		Die Säcke in einem geschlossenen Container zur Kehrlichtverbrennungsanlage bringen.	<input type="checkbox"/>
3.		Auf dieselbe Weise mit Schnüren für Rankhilfen, Substraten, Hummelstöcken sowie grösseren Pflanzenrückständen im Gewächshaus verfahren.	<input type="checkbox"/>
4.		Demontierbare Strukturen des Gewächshauses abbauen, insbesondere Halterungen für hängende Kulturen, und aus dem Gewächshaus entfernen. Diese demontierbaren Strukturen müssen zur Reinigung auf einem Platz mit festem Boden (keine Erde) platziert werden.	<input type="checkbox"/>
5.		Geräte und Maschinen aus dem Gewächshaus entfernen und zur späteren Desinfektion auf einen Platz mit festem Boden (Wagen, Kisten, Paletten usw.) platzieren. Für die Entsorgung des Abwassers muss der Waschplatz mit einem Koaleszenzabscheider ausgestattet sein, da sonst die Einhaltung der Grenzwerte für Mineralöl im Abwasser nicht gewährleistet ist.	<input type="checkbox"/>
6.	REINIGUNG	Oberflächen im Inneren des Gewächshauses mit einem Hochdruckreiniger waschen.	<input type="checkbox"/>
7.		Alle Oberflächen im Gewächshaus, einschliesslich Lampen, Ventilatoren und Halterungen mit Reinigungsmittel (Tabelle 9) reinigen.	<input type="checkbox"/>
8.		Alle zuvor aus dem Gewächshaus entfernten Materialien und abnehmbaren Strukturen (siehe 4 und 5) mit Reinigungsmittel reinigen. Für weitere Informationen über geeignete Reinigungsmittel kann der Artikel von Ehlers (2023) konsultiert werden. Eine Liste geeigneter Produkte ist auch in diesem Merkblatt im Abschnitt «Reinigungs- und Desinfektionsmittel» zu finden.	<input type="checkbox"/>
9.	DESINFEKTION	Die eingesetzten Desinfektionsmittel dürfen nicht wiederverwendet werden. Für die Entsorgung von Desinfektionsmitteln ist das zuständige kantonale Amt zu kontaktieren. Fertigationssystem desinifizieren, Tropfschläuche ggf. wechseln (siehe unten: Desinfektion des Fertigationssystems).	<input type="checkbox"/>

10.		<p>Das Gewächshaus mit einem geeigneten Mittel mit viruzider Wirkung (Tabelle 9) desinfizieren. Es kann eine private Firma damit beauftragt werden. Gegenwärtig gibt es in der Schweiz nur ein Unternehmen, das die Desinfektion von Gewächshäusern nach einem ToBRFV-Befall anbietet¹. Für Betriebe gibt es die Möglichkeit, ein Gerät für die Desinfektion mit schäumenden Mitteln (z. B. Verschäumungsanlage Skumix 20) zu kaufen oder zu mieten (Abbildung 3). Die Wahl des Desinfektionsgeräts hängt jedoch vom verwendeten Produkt ab.</p> <p>Die Einwirkzeit des verwendeten Produkts ist ein wichtiger Parameter für die Wirksamkeit der Behandlung. Zum Beispiel erfordert «Menno Florades» eine Einwirkzeit von mindestens 60 Minuten. Dies ist insbesondere bei vertikalen Flächen zu beachten. Dort sollten aus diesem Grund länger anhaftende schäumende Produkte verwendet werden.</p> <p>Um eine optimale Wirksamkeit zu gewährleisten, muss das Gewächshaus während der Desinfektion bei mindestens 20°C gehalten werden.</p> <p>Zur Desinfektion der betonierten Teile des Gewächshauses ist 0,04 %ige Natriumhypochlorit-Lösung zur Inaktivierung des Virus zu verwenden. In einigen Arbeiten wurde gezeigt, dass auf dieser Oberfläche Menno Florades und Virkon S nicht gegen das ToBRFV wirksam sind (Skelton et al., 2023).</p>	<input type="checkbox"/>
11.	RÄUMUNG	<p>Bodenfolien entfernen und in die Kehrichtverbrennungsanlage bringen. Die Arbeiten sind so durchzuführen, dass es zu keinen weiteren Kontaminationen durch die Bodenfolie kommt. Die Bodenfolien sind in einem geschlossenen Behälter, der nach Gebrauch dekontaminiert wird, zur Kehrichtverbrennungsanlage zu transportieren.</p>	<input type="checkbox"/>
12.	WIEDEREINRICHTUNG	<p>Neue Bodenfolien verlegen.</p>	<input type="checkbox"/>
13.		<p>Erneute Installation aller zuvor abgebauten demontierbaren Strukturen nach dem reinigen, desinfizieren und trocknen lassen.</p>	<input type="checkbox"/>



Abbildung 3. Desinfektion eines grossen Gewächshauses nach dem Entfernen aller Kultursubstrate und aller demontierbaren Elemente (Foto links, Pflanzenschutzdienst des Kantons Thurgau, Arenenberg). Behandlung eines mittelgrossen Gewächshauses mit schäumendem Desinfektionsmittel (Foto rechts, Agroscope Cédric Camps).

¹ Guggisberg: samuel@guggisbergzimmerwald.ch

Desinfektion des mit dem ToBRFV kontaminierten Fertigationssystems

Vorsorgliche Massnahme: Eine einzige infizierte Pflanze kann das Wasser des Bewässerungssystems innerhalb weniger Tage kontaminieren (Mehle et al. 2023). Über das Bewässerungssystem kann sich das Virus auf dem gesamten Betrieb verbreiten. Es sind deshalb Massnahmen zu ergreifen, die eine Kontamination des Bewässerungssystems begrenzen. Während der Kultur ist die Elimination symptomatischer Pflanzen obligatorisch. Es wird empfohlen, das Drainagewasser nicht wiederzuverwenden oder den Bewässerungskreislauf auf den Gewächshausbereich zu beschränken, in dem ein ToBRFV-Fall bestätigt wurde. Dadurch wird verhindert, dass das Virus in andere, nicht betroffenen Gewächshausbereiche gelangt. Wenn das Drainagewasser nicht rezykliert wird, muss es gesammelt und vorübergehend in einem geeigneten Behälter gelagert werden. Das gesammelte Wasser muss dann durch eine Behandlung mit Menno Florades 4% dekontaminiert werden.

Es wird die Installation eines Systems zur Filterung und Dekontaminierung von Drainagewasser empfohlen. Bei jeder Fertigation kann Wasserstoffperoxid in geringer Dosis (50 ppm) mithilfe einer Schlauchpumpe injiziert werden. Das Drainagewasser kann gefiltert werden (z. B. mit einem Sandfilter) und dann durch den Einsatz einer UV-Kammer (254 nm) desinfiziert werden. Nach einem nachgewiesenen ToBRFV-Befall muss der Sandfilter dekontaminiert werden. Für weitere Informationen zu Desinfektionssystemen für Drainagewasser kann der Lieferant des jeweiligen Dünger-Dosiersystems (Priva, DGT usw.) kontaktiert werden. Diese vorbeugenden Massnahmen begrenzen die Verbreitung des Virus im gesamten Betrieb über das Bewässerungssystem und erleichtern die Desinfektion am Ende der Kultur.

Alle Komponenten des Fertigationssystems, die Wasser enthalten, können mit dem ToBRFV kontaminiert werden. Daher muss das gesamte System von der Wasserzufuhr bis zu den Tropfern im Gewächshaus dekontaminiert werden. Es sind verschiedene Desinfektionsschritte erforderlich, um das Virus zu eliminieren: Spülen (Tabelle 3), Behandlung zuerst mit Salpetersäure (Tabelle 4), dann mit Javelwasser und schliesslich mit Viruziden (Tabelle 5). Wenn der Befall jedoch stark war und die Tropfer nicht neu sind (>2 Jahre alt), empfiehlt es sich, diese Komponenten des Fertigationssystems auszutauschen. Wie bei Gewächshäusern sind auch hier vorbeugende Massnahmen wichtig. Um Kontaminationen und die Ablagerung von Biofilmen in den Schläuchen zu begrenzen, wird eine Desinfektion während der Kultur empfohlen, z. B. mit Wasserstoffperoxid (50 ppm).

1. Mit Wasser spülen

Dieser erste Schritt zielt darauf ab, die Bewässerungssysteme zu entleeren und Ablagerungen am Ende der Bewässerungsleitung (Tabelle 3) zu entfernen.

Tabelle 3. Massnahmen zur Reinigung und Desinfektion des Gewächshauses.


Nr.	SCHRITT	BESCHREIBUNG	CHECK
1.	REINIGUNG UND ENTLERUNG	Filter am Kopfende des Systems reinigen.	<input type="checkbox"/>
2.		Erste Spülung des Bewässerungssystems mit Wasser mithilfe des Dünger-Dosiersystems oder einer Pflanzenschutzspritze <i>Achtung: Druck und Tropfer aufeinander abstimmen, damit das Bewässerungssystem nicht beschädigt wird! Beim Einsatz einer Pflanzenschutzspritze immer einen Druckregler verwenden.</i>	<input type="checkbox"/>
3.		Enden der Leitungen spülen, um Reste der Nährlösung und grobe Ablagerungen zu entfernen. Das Spülwasser an den Leitungsenden sammeln und zur Inaktivierung des Virus mit Menno Florades 4% behandeln, bevor es in das Abwassersystem geleitet wird. Das Spülwasser kann vor der Dekontamination mit Menno Florades vorübergehend in einem Tank gelagert werden.	<input type="checkbox"/>
4.		Vormischtank reinigen. Das Reinigungswasser muss gesammelt und zur Inaktivierung des Virus mit Menno Florades 4% behandelt werden, bevor es in das Abwassersystem geleitet wird. Das Spülwasser kann vor der Dekontamination mit Menno Florades vorübergehend in einem Tank gelagert werden.	<input type="checkbox"/>

2. Reinigung mit Salpetersäure (Entfernung von mineralischen Ablagerungen)

Mit diesem Schritt sollen alle mineralischen Ablagerungen in den Bewässerungsleitungen entfernt werden (Tabelle 4). Salpetersäure ist ein gefährliches Produkt und der Umgang muss mit Vorsicht erfolgen. Es ist immer die Säure zum Wasser zu geben und nicht umgekehrt!

Tabelle 4. Massnahmen zur Reinigung des Fertigationssystems mit Salpetersäure

Nr.	SCHRITT	BESCHREIBUNG	CHECK
1.	REINIGUNG MIT SALPETERSÄURE	60 %ige Salpetersäurelösung herstellen (3-4 l HNO ₃ /100 l Wasser). Damit wird ein pH-Wert von 2,0-2,2 bei den Tropfern erreicht.	<input type="checkbox"/>
2.		0,5 Liter Salpetersäure-Lösung pro Tropfer in die Leitungen füllen. Dazu Düngerdosiersystem (=> Alarme ausschalten, EC- und pH-Sonden entfernen und Stopfen aufsetzen) oder Pflanzenschutzspritze (=> Druck und Tropfer abstimmen) verwenden.	<input type="checkbox"/>
3.		Lösung 24 Stunden in den Leitungen lassen, damit sich mineralische Ablagerungen lösen.	<input type="checkbox"/>
4.		Nach 24 Stunden Leitungen mit Wasser in einer Menge von 1 Liter pro Tropfer spülen. Das Wasser muss bei den Tropfern gesammelt und zur Inaktivierung des Virus mit Menno Florades 4% behandelt werden, bevor es in das Abwassersystem geleitet wird. Das Spülwasser kann vor der Dekontamination mit Menno Florades vorübergehend in einem Tank gelagert werden.	<input type="checkbox"/>
5.		Filter am Kopf des Systems reinigen und Leitungsenden spülen.	<input type="checkbox"/>

	Salpetersäure und Javelwasser dürfen niemals miteinander in Kontakt kommen. Die Mischung ist EXPLOSIV! Es entsteht hochgiftiges Chlorgas (Cl ₂). Beim Umgang mit diesen Produkten ist eine geeignete Schutzausrüstung zu tragen.
-----------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

3. Entfernung organischer Ablagerungen mit Javelwasser und Desinfektion mit einem Viruzid

Mit diesem dritten Schritt sollen alle organischen Ablagerungen in den Bewässerungsleitungen entfernt werden (Tabelle 5). Das Javelwasser wird mit dem Düngerdosiersystem injiziert und danach gründlich mit Wasser herausgespült.

Tabelle 5. Massnahmen zur Reinigung des Fertigationssystems mit Javelwasser

Nr.	SCHRITT	BESCHREIBUNG	CHECK
1.	REINIGUNG MIT JAVELWASSER UND VIRUZID-BEHANDLUNG	Javel-Lösung in einer Konzentration von 40 mg aktivem Chlor pro Liter durch Verdünnung von 0,3 ml 13-14 %igem Javelwasser mit 1 Liter Wasser herstellen.	<input type="checkbox"/>
2.		0,5 Liter der Javel-Lösung pro Tropfer in die Leitungen füllen. Dazu Düngerdosiersystem (=> Alarme ausschalten, EC- und pH-Sonden entfernen und Stopfen aufsetzen) oder Pflanzenschutzspritze (=> Druck und Tropfer abstimmen) verwenden.	<input type="checkbox"/>
3.		Lösung 24 Stunden in den Leitungen lassen, damit organische Ablagerungen entfernt werden.	<input type="checkbox"/>
4.		Nach 24 Stunden Leitungen mit Wasser in einer Menge von 3 Liter pro Tropfer spülen. Das Wasser muss bei den Tropfern gesammelt und zur Inaktivierung des Virus mit Menno Florades 4% behandelt werden, bevor es in das Abwassersystem geleitet wird. Das Spülwasser kann vor der Dekontamination mit Menno Florades vorübergehend in einem Tank gelagert werden.	<input type="checkbox"/>
5.		Leitungsenden spülen.	<input type="checkbox"/>
		Leitungen mit 0,5 Liter einer 4 %igen viruziden Lösung (z. B. Menno Florades) pro Tropfer füllen.	<input type="checkbox"/>
		Einen halben Tag bis eine Nacht einwirken lassen und dann mit 1 Liter Wasser pro Tropfer spülen.	<input type="checkbox"/>
6.		Bei einer Desinfektion mithilfe des Düngerdosiersystems die Stopfen entfernen, die EC- und pH-Sonden wieder einsetzen und die Alarme wieder einschalten.	<input type="checkbox"/>
	Die Mikroschläuche können dekontaminiert werden, indem sie in eine 4 %ige Lösung von Menno Florades getaucht werden.	<input type="checkbox"/>	

Desinfektion von kontaminierten Materialien und Werkzeugen

1. Kleinmaterial

Sämtliche Werkzeuge und das Kleinmaterial in den Gewächshäusern, aber auch in den technischen Bereichen müssen desinfiziert werden. Zu diesem Kleinmaterial gehören Gartenscheren, Laubscheren, Werkzeugständer am Ende der Reihe, kleine Aufbewahrungsboxen usw. Es ist wichtig, diese ebenfalls zu desinfizieren (Tabelle 6).

Tabelle 6. Massnahmen zur Reinigung und Desinfektion von Kleinmaterial

Nr.	SCHRITT	BESCHREIBUNG	CHECK
1.	SAMMELN	Die zu reinigenden und zu desinfizierenden Werkzeuge einsammeln ²	<input type="checkbox"/>
2.	REINIGEN	Mit Reinigungsmittel und einer Bürste säubern.	<input type="checkbox"/>
3.		Material vollständig trocknen lassen.	<input type="checkbox"/>
4.	DESINFEKTION	Material mit einem Desinfektionsmittel desinfizieren.	<input type="checkbox"/>
5.		Material vollständig trocknen lassen.	<input type="checkbox"/>

2. Geräte und Maschinen

Grössere Geräte oder Maschinen müssen ebenfalls desinfiziert werden. Dazu gehören Transportwagen, Paletten, Container für Wasser oder Nährlösungen, Leitern, Hubwagen, Traktoren und alle beweglichen Maschinen im technischen Bereich des Gewächshauses (Abbildung 4). Diese Geräte und Maschinen müssen zunächst abtransportiert und dann gereinigt und desinfiziert werden (Tabelle 7). Für die Entsorgung des Abwassers muss der Waschplatz mit einem Koaleszenzabscheider ausgestattet sein, da sonst die Einhaltung der Grenzwerte für Mineralöl im Abwasser nicht gewährleistet ist.

Tabelle 7. Massnahmen zur Reinigung und Desinfektion von Geräten und Maschinen.

Nr.	SCHRITT	BESCHREIBUNG	CHECK
1	RÄUMUNG	Geräte und Maschinen aus dem Gewächshaus entfernen und auf einen festen Waschplatz stellen, der mit einem Koaleszenzabscheider ausgestattet ist.	<input type="checkbox"/>
2	REINIGUNG	Mit Reinigungsmittel und einer Bürste säubern.	<input type="checkbox"/>
3		Geräte und Maschinen vollständig trocknen lassen.	<input type="checkbox"/>
4	DESINFEKTION	Geräte und Maschinen mit einem Desinfektionsmittel desinfizieren.	<input type="checkbox"/>
5		Geräte und Maschinen vollständig trocknen lassen.	<input type="checkbox"/>



Abbildung 4. Reinigung von Betriebsmaterial (hier Palettenbox) im Freien (Pflanzenschutzdienst des Kantons Thurgau, Arenenberg).

² Menno Florades (4 %) (OMYA AGRO AG, 4665 Oftringen, www.omya.ch)

Desinfektion von Geräten und Materialien in technischen Bereichen und Lagerräumen

Es ist wichtig, sämtliche Werkzeuge und das Kleinmaterial in den technischen Bereichen und den Lagerräumen ebenfalls sorgfältig zu desinfizieren (Tabelle 8).

Tabelle 8. Massnahmen zur Reinigung und Desinfektion von Kleinmaterial

Nr.	SCHRITT	BESCHREIBUNG	CHECK
1.	RÄUMUNG	Alles Material aus den technischen Bereichen und Lagerräumen entfernen und auf einen festen Waschplatz stellen, der mit einem Koaleszenzabscheider ausgestattet ist.	<input type="checkbox"/>
2.		Die grössten Rückstände vom Boden entfernen und in jeweils zwei Kehrrihtsäcken (doppelte Verpackung) sammeln. Die Säcke in einem geschlossenen Container zur Kehrrihtverbrennungsanlage bringen.	<input type="checkbox"/>
3.	REINIGUNG	Wände, Boden und nicht demontierbare Teile mit Reinigungsmitteln säubern.	<input type="checkbox"/>
		Alles vollständig trocknen lassen.	
4.	DESINFEKTION	Technische Bereiche und Lagerräume mit einem Viruzid (z. B. Menno Florades 4 % ³) desinfizieren. Es wird eine Einwirkzeit von einer Nacht bei einer Temperatur von ca. 20°C empfohlen. Motoren in Lagerräumen reinigen und von Hand mit einem ausgewrungenen Putzlappen desinfizieren, der mit Reinigungsmittel und anschliessend mit dem Viruzid getränkt wird.	<input type="checkbox"/>
5.		Alle im Freien auf festem Boden platzierten demontierbaren Teile ebenfalls mit einem Reinigungsmittel säubern und anschliessend mit einem Viruzid desinfizieren. Das Viruzid mindestens einen halben Tag (4-5 Stunden) einwirken lassen.	<input type="checkbox"/>

Dekontamination von Erntekisten

Die Desinfektion der Erntekisten ist wichtig. In einer Studie wurde gezeigt, dass das ToBRFV auf einer harten Kunststoffoberfläche bis zu 6 Monate infektiös bleibt (Skelton et al., 2023).

Die Reinigung der Erntekisten kann organisiert werden, z. B. bei IFCO-Erntekisten durch das IFCO Service-Center, das die (1) Abholung, (2) Reinigung, (3) Desinfektion und (4) Lieferung der Erntekisten übernimmt. Der Waschprozess bei IFCO unterliegt strengen internationalen Industriestandards für Lebensmittelsicherheit. Die Erntekisten werden dort (1) einer Vorspülung, (2) einer Hauptwäsche unter Verwendung eines Reinigungsmittels und (3) zwei Spülungen mit klarem Wasser + Desinfektionsmittel unterzogen. Beim IFCO SmartCycle-System werden antimikrobielle Wirkstoffe eingesetzt, die Mikroorganismen (einschliesslich Viren) abtöten bzw. inaktivieren oder auf eine zulässige Menge reduzieren. Dieser Wasch- und Desinfektionsprozess wurde im Rahmen des kontinuierlichen Programms zur mikrobiologischen Überwachung des Unternehmens IFCO spezifisch auf die Wirksamkeit gegenüber dem ToBRFV geprüft. Diese Studien zeigten, dass die Erntekisten nach dem Wasch- und Desinfektionszyklus frei von ToBRFV waren⁴.

Es ist auch möglich, Einwegkisten (Karton) zu verwenden. Diese müssen nach der Verwendung ordnungsgemäss entsorgt werden. Diese Option ist umweltbelastender als die wiederverwendbaren Kisten, die über ein Poolingsystem gemietet werden, da grosse Mengen potenziell kontaminierter Kisten nach der Verwendung entsorgt werden müssen.

Reinigungs- und Desinfektionsmittel

Es gibt viele Produkte, die zur Reinigung und Desinfektion von Gewächshäusern und für die persönliche Hygiene des Personals verwendet werden können. Tabelle 9 enthält eine nicht erschöpfende Liste verfügbarer Produkte, die bei einem ToBRFV-Befall, aber auch bei der Durchführung vorbeugender Massnahmen in landwirtschaftlichen Betrieben eingesetzt werden können. Im Abschnitt «Desinfektion» von Tabelle 9 wurden nur Produkte aufgelistet, deren Wirksamkeit gegen das ToBRFV wissenschaftlich nachgewiesen wurde und die in der Schweiz zugelassen sind.

³ Menno Florades (4 %) (OMYA AGRO AG, 4665 Oftringen, www.omya.ch)

⁴ <https://www.ifco.com/de/wissenschaftlich-fundierte-waschverfahren-fuer-garantierte-lebensmittelsicherheit/>

Tabelle 9. Nicht erschöpfende Liste von Produkten zur Reinigung und Desinfektion der Gewächshausstrukturen und zur persönlichen Hygiene.

Handelsname	Funktion		Dosierung	Informationen
Fadex Rapid	PERSÖNLICHE HYGIENE	Händedesinfektion	gebrauchsfertig	Paraffinöle
		Ohne Alkohol. Organische und anorganische Rückstände, Pflanzensaft und andere sichtbare Verunreinigungen.		Phenoxyethanol
Taski Jontec 300 F4a	REINIGUNG	Reinigung, vielseitige Verwendung	0,5% bis 5% je nach Verschmutzung sgrad	Bei der Anwendung pH 7.5, Mischung aus verschiedenen Arten von Tensiden, geruchsneutralisierend (ONT), schnell trocknend, geringe Schaumbildung und schnelle Wirkung.
MENNO Hortisept® Clean Plus		Reinigung (alkalisches Reinigungsmittel)	1-3%	Natriumhydroxid 10-15%, Natriumoctylsulfat 5-10%, Amine, Kokos-alkyldimethyl-, N-Oxide <5%, Natrium-p-cumolsulfonat <5%
VENNO Hortisept® Clean Plus		Reinigung	1-2%	Natriumhydroxid 10-15%, Natriumoctylsulfat 5-10%, Amine, Kokos-alkyldimethyl-, N-Oxide <5%, Natrium-p-cumolsulfonat <5%
MENNO TER forte		Reinigung (Reinigungsmittel: Moose, Algen, Flechten, Bakterien, Pilze)	2%	32,5 % (w/w) Didecyldimethylammoniumchlorid (DDAC)
Fadex H+		Reinigung (Konzentriertes saures Reinigungsmittel: organische Stoffe, Algen)	1% (0,2 l/m ² auf die Flächen eines Folientunnels)	Ameisensäure 49,9%, Paraffinöle, sulfochlorierte Verbindungen, Isotridecanoethoxylat.
Virkon S	DESINFEKTION	Desinfektionsmittel für leere Gewächshäuser (ToBRFV)	1%	Pentakalium-bis(peroxymonosulfat)-bis(sulfat), Benzolsulfonsäure, C10-13-Alkylderivate, Natriumsalze
		<u>Wirksamkeit gegen ToBRFV:</u> Glas, Aluminium, Hartplastik, Polyethylen, rostfreier Stahl Bakterizid, Viruzid, Fungizid		
Menno Florades		Desinfektionsmittel für leere Gewächshäuser (ToBRFV). Für eine bessere Wirkung Produkt in Form von Schaum auftragen (Skelton et al., 2023). <u>Wirksamkeit gegen ToBRFV:</u> Glas, Aluminium, Polyethylen, Edelstahl (Skelton et al., 2023) Bakterizid, Viruzid, Fungizid		
Javelwasser		Desinfektionsmittel für alle Oberflächen ausser Glas und Metalloberflächen <u>Wirksamkeit gegen ToBRFV:</u> Beton, Aluminium, Hartplastik (Skelton et al., 2023) Bakterizid, teilweise viruzide und fungizide Wirkung	400ppm	Natriumhypochlorit

Bibliographie

- Anna Skelton et al., Tomato Brown Rugose Fruit Virus : Survival and Disinfection - Efficacy on Common Glasshouse Surfaces. *Viruses* 2023, 15(10), 2076.
- C. Gilli, M. Bünter, S. Schaerer, V. Günther, J. Ristord und L. Collet. Vorbeugende Massnahmen und Desinfektion in Gewächshäusern. *Agroscope Merkblatt* | Nr. 70 / 2018.
- Jens Ehlers. Contrôler le ToBRFV / Das Jordanvirus unter Kontrolle halten. *Le Maraîcher / Der Gemüsebau*, 6/2023 (20.11.2023).
- Jens Ehlers et al., Analysis of the Spatial Dispersion of Tomato Brown Rugose Fruit Virus on Surfaces in a Commercial Tomato Production Site <https://www.mdpi.com/2311-7524/9/5/611>
- Jens Ehlers et al., Cleaning of Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) from Contaminated Clothing of Greenhouse Employees <https://www.mdpi.com/2311-7524/8/8/751>
- Jens Ehlers et al., Decontamination of Tomato Brown Rugose Fruit Virus-Contaminated Shoe Soles under Practical Conditions <https://www.mdpi.com/2311-7524/8/12/1210>
- Luria, N.; Smith, E.; Reingold, V.; Bekelman, I.; Lapidot, M.; Levin, I.; Elad, N.; Tam, Y.; Sela, N.; Abu-Ras, A.; et al. A new Israeli Tobamovirus isolate infects tomato plants harboring Tm-22 resistance genes. *PLoS ONE* 2017, 12, e0170429
- Mahillon, M., Kellenberger, I., Dubuis, N., Brodard, J., Bunter, M., Weibel, J., Sandrini, F., & Schumpp, O. (2022) First report of Tomato brown rugose fruit virus in tomato in Switzerland. *New Disease Reports*, 45, e12065. <https://doi.org/10.1002/ndr2.12065>
- Markus Bünter, Denise Altenbach, Cédric Camps, Christophe Debonneville, Olivier Schumpp, Josep Massana Codina und Paul Dahlin, Hygienemassnahmen bei der Entnahme von Verdachtsproben und bei Sanierungsarbeiten im Umgang mit Pflanzenschadorganismen, die vom Menschen übertragen werden können, *Agroscope Merkblatt* | Nr. 205 / 2024.
- Mehle N, Bačnik K, Bajde I, Brodarič J, Fox A, Gutiérrez-Aguirre I, Kitek M, Kutnjak D, Loh YL, Maksimović Carvalho Ferreira O, Ravnikar M, Vogel E, Vos C, Vučurović A. Tomato brown rugose fruit virus in aqueous environments - survival and significance of water-mediated transmission. *Front Plant Sci.* 2023 Jun 2;14:1187920. doi: 10.3389/fpls.2023.1187920. PMID: 37332729; PMCID: PMC10275568.
- Salem N, Mansour A, Ciuffo M, Falk B, Turina M. A new tobamovirus infecting tomato crops in Jordan. *Arch Virol.* 2016; 161(2):503±6.
- Eidgenössischer Pflanzenschutzdienst (EPSD) Notfallplan für das Tomato Brown Rugose Fruit Virus ToBRFV (Jordanvirus) <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/nachhaltige-produktion/Pflanzengesundheit/schaedlingeundkrankheiten/quarantaeneorganismen/tobrfv.html>, 2022.
- Sostizzo T, Michel V, Lutz M, Bünter M und Schumpp, O. Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV). *Agroscope Merkblatt* | Nr. 102 / 2019, aktualisiert 2020.

Impressum

Herausgeber	Agroscope Rte de la Tioleyre 4, Postfach 64 1725 Posieux www.agroscope.ch
Auskünfte	cedric.camps@agroscope.admin.ch
Redaktion	Cédric Camps
Fotos	Cédric Camps (Agroscope) Pflanzenschutzdienst des Kantons Thurgau, Arenenberg
Copyright	© Agroscope 2024

Haftungsausschluss

Agroscope lehnt jede Verantwortung im Zusammenhang mit der Umsetzung der hier aufgeführten Informationen ab. Es gilt die aktuelle Schweizer Rechtsprechung.