

روشهای آفت زدایی در قرنطینه

برای جلوگیری از ورود و انتشار مگسهای میوه به مناطق عاری از آفت، در مورد محموله های میوه میزبان این آفات که از مناطق آلوده وارد می شوند اقدامات قرنطینه ای اعمال می گردد. روشهای مختلفی از این اقدامات توسط مراکز تحقیقاتی در دنیا مورد بررسی قرار گرفته اند. یک روش و طرح در بر گیرنده تمام شرایط، پارامترها و اقداماتی است که برای یک اقدام قرنطینه ای مورد نیاز است.

تحقیقات و توسعه اقدامات قرنطینه ای بعد از برداشت:

این تحقیقات در مورد گازدهی، استفاده از گرما و یا سرما برای محموله های آلوده به مگسهای میوه است. مطالعات، تحقیقات و توسعه هر اقدام علیه میزبانهای مگس میوه ممکن است شامل تمام یا بعضی از موارد زیر باشد:

۱. تعیین گونه آفت هدف و سیکل زندگی آن:

تاکسونومی و بیولوژی بسیاری از مگسهای میوه عموماً شناخته شده است با این وجود مسائل بسیاری در نامگذاری صحیح و شناسایی گونه ها پیش می آید. هنگامی که یک مگس وارداتی کشف گردیده و اقدامات قرنطینه ای مورد نیاز است، اطلاعات تاکسونومیک و بیولوژیکی آفت باید قبل از تحقیقات در مورد ضدعفونی محموله ها صورت پذیرد.

۱، ۱. تشخیص صحیح آفت: تشخیص صحیح مگس میوه جدید الورد می تواند مشکل باشد با این وجود پرورش لاروها تا رسیدن آنها به مرحله بلوغ برای تشخیص ساده تر توصیه می گردد.

۱، ۲. روابط میزبان / آفت: این اطلاعات شامل مرحله یا مراحل رسیدگی میوه و مراحل زندگی مگس میوه است که داخل میوه بازرسی شده قابل مشاهده است. اگر میوه در مراحل اولیه رسیدن برداشت شود مورد تهاجم آفت قرار نمی گیرد و بنابراین هیچ اقدام قرنطینه ای لازم نیست. برای مثال ارقامی از موز، لیمو، آناناس، آووکادو در مرحله برداشت دارای مقاومت در برابر آلودگی به مگس مدیترانه ای، مگس خربزه، و مگس میوه شرقی هستند. اگر تنها تخم مگس و یا تخم همراه با مراحل اولیه لاروی در محموله مشاهده گردد نسبت به وجود مراحل بعدی زندگی آفت اقدامات کمتری مورد نیاز است مگر هنگامی که تخم ها نسبت به سایر مراحل دارای مقاومت بیشتری باشند. اگر لارو زیر پوست میوه باشد، اقدام ضعیفتری در مقایسه با لاروهای عمقی تر نفوذ کرده احتیاج است. همچنین اندازه محموله و خاصیت نفوذ عملیات ضدعفونی به داخل محموله بر شدت ضدعفونی موثر است.

۲. تست های آزمایشگاهی:

مطالعات آزمایشگاهی در تعیین مهمترین تاثیرات متقابل بین روش پیشنهادی برای ضدعفونی، آفت هدف و محموله مورد استفاده قرار می گیرند. این مطالعات شامل:

۱، ۲. تست های اولیه برای فعالیت بیولوژیکی: یک سری از آزمایش های بیولوژیکی عموماً به صورت مقدماتی قبل از تحقیق و توسعه هر نوع اقدام قرنطینه ای خاص انجام می شود. این آزمایشات در تعیین بیشترین پتانسیل هر نوع عملیات برای تخمین های بعدی کمک می نماید. برای مثال دانشمندان زیادی

روی بالغ بر ۱۰۰ نوع روش ضدعفونی علیه مگسهای میوه کار کرده اند. (Armstrong 1982) و Jang (1986) زمان و بالاترین دمایی را که تخم و لارو مگس مدیترانه ای، مگس خربزه و مگس میوه شرقی را می کشد تعیین نموده اند. Burditt و Balock در سال ۱۹۸۵ دما و زمان سرما دهی را در عملیات ضدعفونی قرنطینه ای برای مگس میوه شرقی و مگس خربزه مشخص کرده اند.

۲،۲. مراحل زندگی متحمل: مطالعات آزمایشگاهی بهتر است حساسترین و متحمل ترین مراحل زندگی آفت را در مقابل روشهای آفت زدایی مختلف مشخص نمایند. دامنه وسیعی از حساسیت و مقاومت بین تخمها، لاروها و سنین مختلف لاروی وجود دارد. از مراحل زندگی مگس میوه، مرحله ای که بیشتر در محموله های برداشت شده یافت می شود. مراحل دارای مقاومت بیشتر باید در تستهای میزان تاثیر روش استفاده شوند. میزان تاثیر هر روش قرنطینه ای مقداری از انجام عملیات است که بدون اثر سوء روی محموله سطح مورد نیاز کنترل را اعمال می کند.

۳،۲. تستهای در حجم کوچک در تعیین میزان تاثیر: این تستها برای تعیین داده های پایه ای برای پتانسیل یک روش ضدعفونی قرنطینه ای قبل از اینکه آن روش روی محموله استفاده شوند، مورد آزمایش قرار گیرند. این تستها ارزش محموله ها، انرژی مصرفی، زمان و هزینه را مشخص می کنند. این آزمایشات کوچک شامل اثرات عملیات روی آفت و محموله به تنهایی است (برای مثال میزان مرگ آفت و خسارت به میوه ها).

۴،۲. تستهای تاییدی: مرحله آخر توسعه یک روش ضدعفونی قرنطینه ای که روی یک محموله با مقدار و مشخصات تجاری انجام می شود، تستهای تاییدی است. عموماً این تستها با قرار دادن نمونه هایی از محموله آلوده شده آزمایشگاهی در بین محموله تجاری برداشت شده انجام می شود که روش مناسب را مشخص می کند. تستهای گیاه سوزی بهتر است برای تعیین عدم اثر سوء روش ضدعفونی روی محموله در شرایط تجاری صورت گیرد.

۵،۲. آمارهای امنیتی قرنطینه ای: امنیت قرنطینه ای سطحی از اطمینان است که عملیات قرنطینه ای میزبان تجاری را از آفات قرنطینه ای پاک می نماید و نمی گذارد این آفات در مناطق وارد و مستقر گردند. یک مسئله در انجام عملیات قرنطینه ای نبود ضوابط آماری قابل دسترس است که بتواند امنیت قرنطینه ای را اطمینان بخشد. سالها مقیاس ۹ - بیشتر از سه آفت زنده در جمعیتی برابر یکصد هزار فرد در یک عملیات قرنطینه ای - ملاک عمل بود که دامنه مرگ و میر ۹۹/۹۹ درصد را شامل می شود. با این وجود تنوعی در این مقیاس وجود دارد. یکی از این تنوعات سطح ۶۲ درصد اطمینان یعنی عدم وجود یک فرد زنده در جمعیتی برابر سی هزار آفت است. استفاده از مقیاس ۹ (Probit 9 concept) در سطح ۹۵ درصد اطمینان در انجام عملیات ضدعفونی قرنطینه ای به جمعیتی برابر یکصد هزار آفت یا بیشتر بدون فردی زنده در سه یا بیشتر تکرار نیاز دارد. جمعیتهای مورد آزمایش قرار گرفته از فرمول افراد زنده مانده جمعیت مورد آزمایش گرفته شده است:

$$\text{جمعیت تخمینی مورد ضدعفونی قرار گرفته} = (A/B)C$$

که A جمعیت افراد زنده مانده پس از انجام ضدعفونی، B وزن کنترلی (محموله مورد ضدعفونی قرار نگرفته) و C وزن محموله مورد ضدعفونی قرار گرفته است. این مقیاس به فاکتورهایی که مستقیماً در

شرایط قرنطینه ای مهم هستند ، به سطح واقعی آلودگی محموله به آفات قرنطینه ای، به حجم محموله ضد عفونی شده و یا پتانسیل آلودگی محموله جدا شده در طی بسته بندی توجه ندارد. این مقیاس هیچ ضمیمه ای را برای تفاوت آلودگی بین میزبان خوب و ضعیف بیان نمی دارد و بنابراین به روشهای عملی در ارزیابی خطر آلودگی وارداتی و احتمال اینکه یک جفت آفت وارد گردند توجهی ندارد. Londolt و همکارانش در سال ۱۹۸۴ و Chew و Couey در سال ۱۹۸۶ جانشین هایی را برای این مقیاس در موارد قرنطینه ای توصیه نمودند. جانشین های توصیه شده توسط Londolt و همکارانش به احتمال ورود یک جفت آفت قرنطینه ای توسط محموله و جانشین های مورد نظر Chew & Couey به رابطه میزبان / آفت و دامنه های آلودگی طبیعی توجه دارند. محققین ضد عفونی محموله ها بهتر است از روشهایی که امنیت قرنطینه ای را مورد توجه قرار می دهد آگاه باشند زیرا آمار برداریهایی که در این موارد در کشوری انجام شده ممکن است برای کشور دیگری کاربرد نداشته باشد.

۳. گازدهی:

گازدهی دارای وسیعترین کاربرد برای کنترل آفات در مواد غذایی و رفع آلودگی آنها به آفات قرنطینه ای قبل از ورود به بازار های جهانی است. گازدهی روش اولیه برای آفت زدایی میوه ها از مگسهای میوه می باشد. گازهای متیل بروماید و اتیلن دی بروماید در کنترل این آفات از اوایل دهه ۱۹۴۰ و ۱۹۵۰ استفاده می شوند. نتیجه کارهای Baker (1939) و Lindgren (1951) و Claypool & Vinnes (1953) استفاده از این دو گاز را در ضد عفونی قرنطینه ای میوه ها در برابر مگسهای میوه در برداشت.. اگر چه ترکیبات دیگری مانند کلرو استونیتریل، متیل یوئید، متیل تیوسیانیت، اکریلو نیتریل، کلرو برومو پروپن، ۱ و ۳ دی کلرو پروپن، استر اتیل اسید کلرو استیک، اتیلن کلرو بروماید و فسفید هیدروژن نیز در ضد عفونی میوه ها علیه مگسهای میوه اثر داشته اند ولی هیچ کار خاص و منظمی روی آنها نشده است. Monro (1969) شانزده گاز شامل بسیاری از گازهای نامبرده در بالا را نام می برد که در این میان تنها از متیل بروماید و اتیلن دی بروماید به صورت تجاری برای آفت زدایی میوه ها استفاده شده است. نیاز به عملیات قرنطینه ای در آلودگی زدایی میوه ها رو به افزایش است زیرا تجارت جهانی محصولات کشاورزی و تقاضا برای میوه و سبزی افزایش یافته است. متاسفانه تعداد گازهای در دسترس و روشهای ضد عفونی در ارتباط با مسائل بهداشتی و محیط زیستی و نبود تحقیقات کافی نقصان پیدا کرده است. در سال ۱۹۸۴ آژانس حفاظت از محیط زیست امریکا ثبت گاز اتیلن دی بروماید را در امریکا لغو نمود. حتی اگر متیل بروماید در ضد عفونی میوه ها علیه مگسهای میوه استفاده شود مسائل سلامتی و ایمنی زیادی باید مورد ارزیابی قرار گیرند و نهایتا باید روشهای جایگزین برای آنها پیش بینی شود. با این حال بعضی از محموله ها نمی توانند روشهای غیر از ضد عفونی را تحمل کنند و شرایط خاص بعد از برداشت به سرعت عمل گازدهی نیاز دارد. تحقیقات و توسعه تکنیک های گازدهی و نوع گازها در اقدامات قرنطینه ای علیه مگسهای میوه باید به عنوان تحقیقات ضد عفونی محموله ها ادامه دار باشد.

۴. گازها:

در مورد گازها اثر گیاهسوزی آنها در استفاده روی میوه های تازه، سرطان زا بودن اتیلن دی بروماید- که مصرف آن ممنوع شده است- و خطرات آنها برای مصرف کننده مورد توجه قرار می گیرد.

۴، ۱. متیل بروماید:

این گاز برای بسیاری از محموله ها به خاطر قیمت ارزان، سهولت استفاده، ایمنی نسبی استفاده از آن، انتشار سریع در محوطه گازدهی، نفوذ سریع در محموله، از بین رفتن بقایای آن با هوا دهی به خصوص در محموله های با درصد روغن کم توصیه می شود. (Le Goupil 1932) اولین بار ارزش حشره کشی این گاز را شرح داده است و از آن به بعد به عنوان یگ گاز ضد عفونی کننده برای دانه ها و غلات، میوه های خشک و خشکبار، میوه های تازه و سایر محصولات کشاورزی استفاده می شود. متیل بروماید سمیت کمی برای بسیاری از آفات در مقایسه با گازهای دیگر مانند سیانید هیدروژن، اکریلو نیتریل و اتیلن دی بروماید دارد هنوز هم به دلایل مزایای نسبی این گاز به عنوان یک ضد عفونی کننده موثر شناخته می شود این گاز در فشار اتمسفر معمولی به سرعت و به طور عمقی نفوذ می کند و تهویه آن هم با سرعت انجام می گیرد که این ویژگی امری مهم در ایمنی است و همچنین غیر قابل اشتعال بودن و ارزان بودن از خصوصیات غیر قابل انکار آن است.

فشار و دما به صورت مستقیم روی غلظت و زمان مورد نیاز برای گازدهی با متیل بروماید تاثیر می گذارد. گازدهی در خلا و یا فشار منفی اتمسفر نفوذ گاز را در محموله افزایش داده و غلظت و زمان لازم برای گازدهی را کاهش می دهد. متاسفانه گازدهی در خلاء گران بوده و اکثر گازدهی در فشار طبیعی (جو) (NAP) انجام می شود. دما روی غلظت و مدت گازدهی با متیل بروماید موثر است. برای مثال گازدهی بعضی از میوه های درختان معتدله با متیل بروماید در فشار NAP در دمای ۳۱/۵-۲۶/۵ درجه سانتیگراد به ۲۴ گرم در متر مکعب گاز و در دمای ۹/۵-۴/۵ درجه یا ۶۴ گرم گاز بر متر مکعب برای آفات مختلف قرنطینه ای نیاز است. روشهای گازدهی در دماهای پایین امروزه توسعه یافته است برای مثال ۴۸ گرم بر متر مکعب گاز برای مدت سه ساعت در دمای ۱۵ درجه و در فشار NAP برای ضد عفونی توت فرنگی آلوده به مگس مدیترانه ای و گازدهی برای مدت دو ساعت در فشار NAP به ۳۲ گرم بر متر مکعب گاز در دمای ۲۱ یا بیشتر نیاز دارد و یا ۴۰ گرم در متر مکعب در دمای ۲۰/۵-۱۷ درجه، ۴۸ گرم در متر مکعب در دمای ۱۵/۵-۱۳ درجه و ۶۴ گرم در متر مکعب در دمای ۱۲/۵-۶ درجه برای گیلاس آلوده به مگس گیلاس غربی *Rhagoletis indifferens* استفاده می شود. این مثالها روشن می سازد که غلظت موثر گاز متیل بروماید موثر با کاهش دما (بدون تغییر در مدت دو ساعته گازدهی) افزایش یافته است. در دماهای پایین به خاطر کاهش نفوذ گاز در محموله و تنفس کمتر آفت، غلظت گاز بالا می رود. گاهی زمان گازدهی باید در دمای پایین افزایش یابد تا تاثیر کمتر را جبران کند.

اکثرا گازدهی با متیل بروماید در دمای معمول حدود ۲۱ درجه سانتیگراد انجام می شود. امروزه برای گازدهی با متیل بروماید در این دما در فشار NAP به: ۳۲ گرم بر متر مکعب در زمان چهار ساعت یا ۴۸ گرم بر متر مکعب در دو ساعت برای ضد عفونی زردآلو، هلو، شفتالو و آلوی آلوده به مگس مدیترانه ای و مگس میوه شرقی و کدوئیان آلوده به مگس خربزه و مگس میوه شرقی نیاز است.

دماهای بیش از ۲۱ درجه سانتیگراد معمولاً برای کاهش غلظت گاز و یا کاهش مدت گازدهی و رسیدن به تاثیر کافی و افزایش تاثیر حشره کشی و نفوذ در محموله استفاده می شود. دماهای بالای گازدهی تنفس حشره را افزایش می دهد که این امر باعث افزایش دامنه اثر متیل برومایدو در نتیجه زمان مورد نیاز کمتر برای کشتن حشرات است. امروزه گازدهی در دمای بالا در ۳۰ درجه سانتیگراد و فشار NAP شامل: ۲۴ گرم در متر مکعب در ۲/۲ ساعت، ۳۲ گرم در متر مکعب در ۱/۵ ساعت و یا ۴۸ گرم در ۱۰ ساعت برای زرد آلو، شفتالو، هلو و آلوی آلوده به مگس مدیترانه ای، ۳۲ گرم در متر مکعب در ۱/۵ ساعت یا ۴۸ گرم در متر مکعب در ۱۰ ساعت برای شفتالو و هلو آلوده به مگس میوه شرقی می باشد.

غلظت های بالای متیل بروماید ممکن است برای اثر در دماهای بالا، مقادیر بالاتر محموله، نفوذ گاز در محموله و یا عکس العمل کمتر آفت نیاز باشد. به عنوان مثال گازدهی در ۲۷ درجه سانتیگراد و فشار NAP برای انگور آلوده به مگس میوه مکزیکي به ۴۰ گرم در متر مکعب گاز برای دو ساعت نیاز دارد.

(1985) Plant Protection and Quarantine Treatment Manual از انتشارات سرویس بازرسی سلامت گیاه و حیوان آمریکا (APHIS) یکی از کاملترین منابع برای تعیین میزان گاز، دما و زمان لازم برای گازدهی است. این منبع مداوم به روز در می آید و مسائل مختلفی از جمله خاصیت گیاه سوزی گازها را مورد توجه قرار می دهد.

۲. فسفین:

فسفین یا فسفید هیدروژن یک گاز موثر برای کنترل حشرات در دانه ها، آرد و سایر محصولات انباری و تولیدات گیاهی مانند بذور است. این گاز از قرص، حب و بالشتهای فسفید آلومینیوم تولید می شود که در معرض هوا فعال می گردند. امروزه از پلیت های فسفید منیزیم برای تولید سریع فسفین در شرایط رطوبت نسبی بالا استفاده می شود.

فسفین از مولکولهای بسیار متحرک و کوچکی ساخته شده که قادر به نفوذ سریع در محموله است. این گاز به آسانی تهویه می شود. آفت زدایی با فسفین به یک محفظه غیر قابل نفوذ یا سیستم چادر پلاستیکی برای جلوگیری از فرار گاز از طریق سوراخها و منافذ نیاز دارد و بهتر است پوششهای پلی اتیلن یا وینیل دار مورد استفاده قرار گیرد زیرا پارچه و کرباس غیر قابل نفوذ نیستند. مسائل دیگر در استفاده از فسفین شامل: واکنش گاز با مواد به خصوص با مس و آلیاژهای مس، خاصیت انفجار در خلا و گیاه سوز بودن آن برای میوه های مختلف - به خصوص وقتی از فسفید آلومینیوم تولید می شود - هستند.

گازدهی میوه های تازه با گاز فسفینی که از فسفید منیزیم تولید می شود دارای موفقیت های کمی بوده است. مطالعات کمی تاثیر این گاز را در کنترل مگس مدیترانه ای و مگس میوه شرقی در پاپایا، آووکادو، گوجه فرنگی، فلفل، بادمجان و موز اثبات می کند و همچنین گازدهی محموله های حجیم پاپایاهای آلوده به مگسهای میوه باعث سطوح غیر قابل قبول گیاه سوزی در غلظت های موثر مورد نیاز می شود. گازدهی آووکادو، انگور، انبه و گوجه فرنگی با فسفین برای کنترل مگس میوه کارابین به صورت جنبی موثر است زیرا درجه گیاه سوزی در رابطه با رقم میوه و غلظت گاز متفاوت است با این وجود هیچ گازدهی با فسفین در قرنطینه برای میوه های تازه آلوده به مگسهای میوه توصیه نمی شود. مسئله اصلی در

گازدهی میوه های تازه با فسفین، زمان طولانی مورد نیاز برای تولید گاز و تکمیل عمل گازدهی حتی موقعی که از فسفید منیزیم استفاده می شود است. دو تا چهار روز برای تکمیل گازدهی با فسفین نیاز است و بیشتر میوه های تازه این زمان را بدون خرابی تحمل نمی کنند.

۳. اتمسفر کنترل شده:

در این روش از غلظت کم اکسیژن همراه با غلظت بالای دی اکسید کربن و نیتروژن استفاده می شود و در کنترل حشرات در دانه ها و محصولات انباری موثر است که محموله ها در جای غیر قابل نفوذ هوا، و سازه های دارای ظرفیت بالا مانند سیلوها انبار می شوند. اکسیژن در جریان سوختن و احتراق کاهش یافته و نیتروژن و دی اکسید کربن در محیط افزایش می یابد. اتمسفر کنترل شده برای چندین هفته تا چندین ماه باقی مانده و میزان گازها بررسی می شود. استفاده از این روش ایمن تر از گازدهی است زیرا این روش ترکیبات سمی، قابل اشتعال و منفجر شونده تولید نمی کند.

تعداد کمی از محموله ها مانند سیب و گلابی که دارای زمان طولانی انبارداری هستند می توانند برای زمان طولانی تحت اتمسفر کنترل شده و سرد کردن قرار گیرند با این وجود در مورد بیشتر میوه های تازه به علت خاصیت انبار داری ضعیف و افزایش گیاه سوزی حاصل از غلظت بالای دی اکسید کربن و نیتروژن نمی توان از این روش استفاده نمود. سطوح پایین اکسیژن (کمتر از یک درصد حجمی) و غلظت بالای دی اکسید کربن (بالتر از ۹۰ درصد حجمی) تریپس گل مغربی را در توت فرنگی بعد از ۴۸ ساعت در دمای ۲/۵ درجه سانتیگراد کنترل می کند. دانشمندان USDA-ARS تحقیقاتی را برای تعیین اینکه آیا اتمسفر کنترل شده می تواند برای اقدامات قرنطینه ای برای میوه های هسته دار آلوده به مگسهای میوه استفاده شود از اواخر سال ۱۹۸۵ شروع کرده اند.

۴. مواد فرار گیاهی طبیعی :

استفاده از این مواد به عنوان گاز ضد عفونی یک روش نسبتاً جدید در تحقیقات اقدامات قرنطینه ای است. این مواد مانند استالدهید و فورمات اتیل تولیدات واسطه ای معمول تنفس در تمام گیاهان رسیده است. استالدهید و فورمات اتیل به صورت مایع تولید شده و در دمای معمول بخار می شوند. اینها در کنترل شته سبز هلو روی کاهو موثر بوده اند. استالدهید همچنین تریپس گل مغربی را در توت فرنگی کنترل کرده است. با این وجود کوششها در کنترل تخم و لارو مگس مدیترانه ای و مگس میوه شرقی در میوه های تازه موفقیت آمیز نبوده است. هیچ ماده فرار گیاهی برای کنترل مگسهای میوه روی میوه ها استفاده نشده است. اگرچه این مواد ممکن است در کنترل حشرات سطح میوه موثر باشد ولی تا سطوحی از محموله نفوذ نمی کند تا آفات هدف را در میوه ها بکشد. مسئله دیگر در مورد این مواد خطرناک بودن استفاده از آنهاست. استالدهید و فورمات اتیل به شدت غشاء مخاطی انسان را می سوزانند و در غلظت های پایین قابل اشتعال هستند. استالدهید در غلظت های بالای ۴ درصد حجمی و فورمات اتیل در غلظت بالای ۲/۸ درصد حجمی منفجر شونده اند. این مواد ممکن است باعث گیاه سوزی باشد که تغییرات مزه میوه و سبزیجات را به دنبال دارد.

خلاصه اینکه گاز متیل بروماید به عنوان پر مصرف ترین گاز در آفت زدایی میوه های آلوده به مگسهای میوه است. فسفین، اتمسفر کنترل شده و مواد فرار گیاهی هنوز به عنوان گازها و تکنیک های بالقوه در اقدامات قرنطینه ای محسوب می شوند. اگرچه مسائل بسیاری در استفاده از هر ترکیب و روشی وجود دارد ولی هر کدام دارای جایگاه خاصی استفاده در آفت زدایی قرنطینه ای هستند.

۵. آفت زدایی با حرارت:

مگسهای میوه به سرعت توسط حرارت از بین می روند. در معرض آب گرم ۴۵ درجه سانتیگراد برای مدت ۲۰ دقیقه یا در دمای ۵۵ درجه سانتیگراد برای کمتر از یک دقیقه تمام مراحل نابالغ مگس میوه شرقی، مگس خربزه و مگس مدیترانه ای را می کشد. (Jang(1986) کارهای وسیعی را در میزان مرگ و میر حاصل از حرارت این سه آفت توسط حرارت را بیان داشته است. مطالعات نشان داده که هم ضدعفونی با حرارت و هم با سرما به صورت غیر مستقیم عمل میوه میزبان است. وقتی واکنش حشره آفت به حرارت مشخص گردید، یافته ها بهتر است در مورد تمام میوه ها اعمال گردد. با این وجود دامنه گرما یا سرما به خصوصیت انتقال حرارت میوه، اندازه و شکل میوه، نوع محفظه حامل میوه و خصوصیت واسطه های حرارت بستگی دارد. زمان لازم برای ایجاد گرمای یکنواخت در میوه ها متناسب با اندازه میوه است. اگرچه مشخص گردیده است که نفوذ حرارت به میوه ها به صورت ریاضی می تواند بیان شود ولی امروزه تنها از ریاضیات برای پیش گویی حشرات زنده در میوه ها استفاده شده است. این مدل های پیش گویی کننده هنگام لزوم توسعه سریع و مستدل عملیات جدید را فراهم می سازند. موانع اولیه در استفاده وسیع از حرارت در آفت زدایی میوه ها ضریب انتقال حرارت پایین میوه ها و حساسیت میوه ها به حرارت لازم برای آلودگی زدایی است.

۵، ۱. ضدعفونی توسط بخار:

ضدعفونی توسط حرارت و بخار در آلودگی زدایی میوه ها اولین بار توسط Baker و همکارانش در سال ۱۹۲۹ صورت گرفته است. این گروه مشخص کردند که تخم و لاروهای مگس مدیترانه ای توسط بخار کشته می شوند که شامل گرم کردن تدریجی میوه در چندین ساعت (approached time) و سپس افزایش دمای میوه تا ۴۳ درجه سانتیگراد و نگهداری این دما برای هشت ساعت (holding time) است. حرارت سریع و یکنواخت با جریان بخار آب با دمای مناسب در میوه ها با دو تغییر هوا در دقیقه انجام می شود. حرارت توسط بخار آب به سطح سرد میوه ها منتقل می شود. بعد از مرحله approached time دما باید با اختلاف ۰/۵ درجه سانتیگراد در تمام مدت ضدعفونی ثابت نگداشته شود. این روش اولین بار روی مقادیر زیاد برای کنترل مگس مدیترانه ای در فلوریدادر فصل میوه ۱۹۳۰-۱۹۲۹ انجام شده است. میوه های مرکبات برای مدت هشت ساعت برای Approached time در دمای ۴۳ درجه سانتیگراد و Holding time آن هشت ساعت در دمای ۴۳ درجه سانتیگراد ضدعفونی گردیده است. همین روش برای مرکبات تکزاس برای آلودگی زدایی میوه ها از مگس *A.ludens* استفاده شده است. Balock و Kozuma در سال ۱۹۵۴ یک روش خروج سریع بخار آب ابداع نمودند. این روش شامل یک زمان حرارت دهی قبلی

برای رسیدن به درجه حرارت خاص و سپس گرم کردن تدریجی تا ۴۷ درجه سانتیگراد که شبیه دمای (Approached time) در روش ضدعفونی استاندارد با بخار می باشد. این روش با رسیدن به دمای پایانی خاتمه می یابد. ضدعفونی کامل شش ساعت وقت نیاز دارد. سرد کردن سریع با آب بعد از ضدعفونی برای جلوگیری از صدمه دیدن میوه ها لازم است. (Clypool & Vines 1956) صدمه هر دو روش استاندارد و خروج سریع بخار را به میوه های معتدله گزارش نمودند. (Sinclair & Lindgren 1955) مشاهده نمودند که پرتقال ناول، لیمو، آووکادو در کالیفرنیا توسط روش استاندارد بخار آب صدمه دیده اند. پرتقال های والنسیا و انگور مقاومت بیشتری در برابر حرارت نشان داده و روش استاندارد به آنها صدمه نمی زند ولی روش خروج سریع بخار آنها را خراب می کند. خسارت به میوه ممکن است به خاطر سرد نکردن میوه توسط آب پس از ضدعفونی ایجاد شود. برای ضدعفونی میوه های رشد کرده در هاوایی روش بخار آب توصیه شده و آلودگی زدایی پایا از مگسهای میوه شرقی و خربزه بررسی گردیده است. ضدعفونی با بخار که انجام گردید شامل ۱۳-۹ ساعت approached time تا رسیدن به دمای ۴۴ درجه و ۸/۷۵ ساعت Holding time در دمای ۴۴ درجه سانتیگراد است. زمان بیش از Approached time برای صدمه ندیدن میوه نیاز است. میوه ها پس از ۱۵-۶ ساعت تا ۲۲ درجه توسط مخلوط هوا و رطوبت آب سرد می شود.

روش خروج سریع بخار توسط Sugimoto و همکارانش در سال ۱۹۸۳ برای آلودگی زدایی فلفل سبز از مگس میوه شرقی و توسط Furusawa و همکارانش در سال ۱۹۸۴ برای آلودگی زدایی بادمجان از مگس خربزه تغییر یافت. وسایل مدرن ضدعفونی با بخار برای دامنه وسیعی از حرکت هوا و کنترل دقیق دما طراحی شده است. زمان حرارت دهی به تراکم بستگی دارد. برای بادمجان در تراکم پنج کیلوگرم در مترمکعب، دمای محفظه در ۱۵ دقیقه ایجاد شده و دمای میوه در ۵۰ دقیقه متعادل می شود. در تراکم ۹۰ کیلوگرم در مترمکعب، ۱۱۰ دقیقه برای فراهم نمودن حرارت ۴۳ درجه برای جعبه های بالایی و ۱۵۰ دقیقه برای جعبه های میانی نیاز است. بنابراین ۲/۵ ساعت برای ایجاد حرارت یکنواخت لازم می باشد. برای ایجاد دمای یکنواخت برای تراکم ۳۰ کیلوگرم در مترمکعب، ۷۰ دقیقه Approached time و دو ساعت Holding time در دمای ۴۳-۴۴ درجه سانتیگراد توصیه می گردد. این تراکم ۳۰ کیلوگرم در مترمکعب کمتر از تراکمی است که در محفظه های ضدعفونی -که تراکم ۱۹۰-۱۰۰ کیلوگرم در مترمکعب است- استفاده می شود.

از یک روش ضدعفونی تغییر یافته با بخار برای *D.occipitalis* (قبلا تحت نام *D.dorsalis*) و مگس خربزه آلوده کننده انبه های فیلیپین استفاده شده است. این روش به زمان ۱/۷۵ Approached time و ۱۰ دقیقه Holding time در دمای ۴۶ درجه سانتیگراد نیاز دارد که زمانی کمتر از ضدعفونی با بخار ۴۳/۳ درجه برای آلودگی زدایی میوه های انبه از *A.ludens* است که توسط Balock و Starr در سال ۱۹۴۶ که زمانی برابر هشت ساعت برای Approached time و ۵/۷ ساعت به عنوان Holding time توصیه کرده بودند.

۵،۲. ضدعفونی توسط آب گرم:

این روش در آلودگی زدایی میوه ها استفاده می شود. آب گرم ذاتا از بخار گرم موثرتر است و یکنواختی بیشتری در حرارت ایجاد می کند. (Armstrong 1982) عملیات ضدعفونی با غوطه وری برای آلودگی زدایی میوه موز آلوده به مگس مدیترانه ای، مگس خربزه و مگس میوه شرقی را گزارش نمود. این عملیات به ۲۰-۱۵ دقیقه در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد نیاز دارد.

Couey & Hayes (1986) یک عملیات دو مرحله ای ضدعفونی با آب گرم (۳۰ دقیقه در دمای ۴۲ درجه و بلافاصله ۲۰ دقیقه در دمای ۴۹ درجه سانتیگراد) را به عنوان قسمتی از اقدام قرنطینه ای پایا انجام دادند. رسیدن به دمای یکنواخت در میوه های بزرگ پایا مشکل است. غوطه وری و گرم کردن قبلی با دمای ۴۲ درجه سانتیگراد برای تهیه شرایط یکنواخت لازم است. مرگ و میر کامل تخم های مگس مدیترانه ای، مگس میوه شرقی و مگس خربزه ایجاد می شود ولی تعداد بسیار کم لارو های زنده باعث می شود که در این روش لازم است تا انتخاب میوه صورت گیرد تا آلودگی لاروی حداقل گردد. انتخاب میوه در پایا امکان پذیر است زیرا میوه تا زمان رسیدن به آلودگی توسط مگسهای میوه بسیار مقاوم است میوه ها در زمان کمتر از رسیدن دقیقا توسط رنگ سنجی مشخص و انتخاب می گردند. این سیستم استفاده از آب گرم از سال ۱۹۸۴ بدون هیچ قصوری انجام شده است. غوطه وری و گرم کردن قبلی برای زمان ۳۰ دقیقه در دمای ۴۲ درجه تنها جزء این سیستم است زیرا ضدعفونی با غوطه وری ساختن در دمای ۴۹ درجه سانتیگراد برای مدت ۲۰ دقیقه برای کنترل استاندارد بیماریهای بعد از برداشت پایا برای سالها انجام می شده است و انبار کردن این میوه برای جلوگیری از رسیدن بیش از حد و خرابی یک عملیات معمول می باشد.

انبه نسبتا به حرارت مقاوم بوده و در امریکا توسط روش آب گرم از *A. suspensa* آلودگی زدایی می شوند. ضدعفونی با آب گرم ۵۵-۵۰ درجه برای ۱۵ دقیقه برای کنترل بیماریهای بعد از برداشت استفاده می شود. انبه های ضدعفونی شده با این روش ممکن است در انبار تا ۴۵-۳۵ روز در دمای ۱۰-۹ درجه بدون خسارت به مزه و ظاهر میوه ها نگهداری شوند. گاهی چندین روش ضدعفونی برای آلودگی زدایی نیاز است اما Sharp و Spalding در سال ۱۹۸۴ نشان دادند که انبه در برابر آب گرم بدون خسارت بسیار مقاوم است.

۵،۳. روشهای ترکیبی:

میوه های درختان برگریز معمولا در مقابل حرارت نسبت به پایا، انبه و موز بسیار حساستر هستند با این وجود ضد عفونی نسبتا ملایم توسط این میوه ها تحمل می شود و باعث کاهش تعداد حشرات داخل میوه ها شده و تاثیر سایر روشها را شدت می بخشد.

امکان ترکیب ضدعفونی با حرارت و سرما در کنترل مگس مدیترانه ای، مگس میوه شرقی و مگس خربزه در پایا ثابت شده است. همچنین ضدعفونی حرارتی ممکن است با گازدهی ترکیب گردد. ضدعفونی پایا با آب گرم (۲۰ دقیقه در دمای ۴۹ درجه سانتیگراد) قبل از گازدهی در دمای متعارف باعث کاهش غلظت گاز اتیلن دی بروماید (EDB) از ۱۶ گرم بر مترمکعب به هشت گرم بر مترمکعب

برای زمان دو ساعت می شود. اگر گازدهی در دمای ۳۳ درجه سانتیگراد باشد غلظت EDB به چهار گرم بر مترمکعب در مدت دو ساعت کاهش پیدا می کند. این کاهش غلظت باعث کاهش بقایای گاز در میوه می شود. نتایج مشابهی توسط ترکیب حرارت با گاز متیل بروماید در مورد میوه های هسته دار و پاپایا بدست آمده است. به علت اینکه حرارت در کنترل بیماریهای بعد از برداشت موثر است این ترکیب ممکن است از نظر اقتصادی نیز مفید باشد.

خلاصه اینکه علاقه مجددی به ضدعفونی با حرارت در قرنطینه ایجاد شده است. خاصیت مناسبی از قارچ کشی و حشره کشی، بکار گیری آسان و بدون بقایای شیمیایی از مزایای این روش است. معایب آن نیز خسارت بالقوه به میوه ها و هزینه نسبتا بالای عملیات است.

۶. آفت زدایی با سرما:

این روش در آلودگی زدایی میوه ها سالهاست که کاربرد دارد و اولین بار توسط Lounsbury(1907) و Hooper(1907) مشاهده شده است. Back و Pemberton در سال ۱۹۱۶ روشهایی را برای کنترل مگس مدیترانه ای بیان می دارند. تاثیر این روش شبیه روش حرارتی تنها به مقاومت مراحل مختلف سیکل زندگی مگس میوه به سرما، دما و زمان در معرض سرما قرار گرفتن بستگی دارد. Back (1916) و Pemberton یک روش استفاده از سرما را برای آلودگی زدایی سیب از مگس مدیترانه ای ابداع نمودند. آنها مشاهده نمودند که نتایج مشابهی در میوه های kamani (*Terminalia catappa*) و هلو بدست آمده است.

Mason & McBride(1943) نتایج مقایسه ای با مرکبات، آووکادو و انبه گزارش دادند. Nel(1936) داده های حاصل از مطالعات سرما دهی را در مورد شفتالو، هلو، آلو، و انگور تجزیه و تحلیل نمود و رابطه کنترل مگس میوه را با میزبان توضیح داد.

روش سرما دهی برای وارسته های بسیاری از میوه های آلوده به مگس مدیترانه ای در فلوریدا بین سالهای ۲۹-۱۹۲۸ با نتایج موفقیت آمیز استفاده گردید. Sproul(1976) روشی را برای کنترل مگس مدیترانه ای در سیب که برای تعداد بسیاری از دیگر انواع میوه موثر بوده شرح داده است. اگرچه Mason & McBride(1943) و Sproul(1976) داده های وسیعی را برای تاثیر روش سرمادهی روی مگس مدیترانه ای گزارش نموده اند ولی زمان در معرض سرما بودن و دما سازگار با کارهای قبلی است. روش ضدعفونی توسط سرما برای آلودگی زدایی مرکبات از *A.suspensa* و *A.ludens* نیز جهت اجازه ورود به امریکا و پورتوریکو استفاده شده است. Benschoter(1984) روشی را برای آلودگی زدایی مرکبات فلوریدا از مگس *A.suspensa* بعد از اینکه میوه ها در شرایط دمای ۱۵/۶ درجه سانتیگراد برای هفت روز قرار داشتند ابداع نمود. این روش ضدعفونی به ۱۹ روز در دمای ۱/۷ درجه سانتیگراد یا کمتر نیاز دارد. Burditt & Balock(1985) نشان دادند که ۱۰ روز ماندن میوه ها در دمای ۱/۷ درجه یا کمتر یک روش مناسب قرنطینه ای برای *D.dorsalis* و ۱۰ روز ماندن میوه ها در دمای صفر درجه یا کمتر برای *D.cucurbitae* مناسب است. ضدعفونی با سرما دهی برای مگس کوئینزلند (*Dacus tryoni*) استفاده شده است.

مراحل تخم و لارو مگسهای میوه گرمسیری توسط دمای کمتر از ۱۰ درجه سانتیگراد کشته می شوند با این وجود تنها دمای کمتر از پنج درجه عملی است زیرا زمان زیادی برای آلودگی زدایی کامل در دمای بالاتر نیاز است. بالاترین دما گزارش شده در Plant Protection and Quarantine Treatment Manual ۲/۲ درجه سانتیگراد است زیرا بسیاری از میوه های گرمسیری در حرارت زیر ۱۰ درجه سانتیگراد صدمه می بینند. تنها در مورد میوه های معتدله که دمای زیر دو درجه سانتیگراد را تحمل می نمایند این روش آلودگی زدایی از مگسهای میوه کاربرد دارد. بالاخره سرمادهی هنگامی کاربرد بیشتری دارد که در طی ترانزیت از مناطق تولید میوه به بازارهای دور استفاده شوند.

بیشتر بررسی های روی ضدعفونی توسط سرمادهی در مورد مگس مدیترانه ای است که نیاز به اطلاعات بیشتری در مورد طبیعت خسارت متابولیکی ایجاد شده در دمای پایین و اینکه آیا این خسارت شبیه خسارت حرارت و سایر کشنده هاست، احساس می شود. طبق مطالعات انجام شده اثر دماهای پایین مختلف اندک بوده اما مشخص شده که اگر دما نزدیک صفر درجه استقرار یابد، نوسانات کم دما بالای این درجه حرارت نمی تواند اثر ضدعفونی را به طور جدی کاهش دهد.

خلاصه اینکه ضدعفونی توسط سرما دهی بهتر است به صورت ادامه دار در زمان حمل و نقل میوه در دمای پایین و هر وقت زمان حمل و نقل ۱۰ روز یا بیشتر بود انجام شود. ضدعفونی برای زمان کمتر ممکن است در ترکیب با سایر روشهای نسبتا ملایم اعمال گردد.