وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

نشریه فنی :

اصول به‌کارگیری کلروپروفام در انبارهای سیب‌زمینی خوراکی

نگارنده: فرزاد گودرزی

AERI

سال انتشار: ۱۳۹۸

آدرس: کرج، بلوار شهید فهمیده، صندوق پستی: ۸۴۵ -۳۱۵۸۵، موسسه تحقیقات فنی ومهندسی کشاورزی
تلفن: ۳۲۷۰۵۳۲۰، ۳۲۷۰۵۲۴۲ و ۳۲۷۰۸۳۵۹ (۰۲۶)
دورنگار: ۳۲۷۰۶۲۷۷ (۰۲۶)، پایگاه اطلاعاتی موسسه: www.aeri.ir

بسم الله الرحمن الرحیم

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

نشریه فنی:

اصول به‌کارگیری کلروپروفام در انبارهای سیب‌زمینی خوراکی

تهیه و تدوین:

فرزاد گودرزی

سال انتشار:

۱۳۹۸

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

عنوان نشریه:	اصول به‌کارگیری کلروپروفام در انبارهای سیب‌زمینی خوراکی
نگارنده:	فرزاد گودرزی
ناشر:	مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
سال انتشار:	۱۳۹۸
داور و ویراستار:	فروغ شواخی، سودابه عین‌افشار
صفحه‌آرا:	سمیه وطن‌دوست

مسئولیت صحت مطالب با نگارنده است.
نشریه فنی حاضر با شماره ۵۵٤۳۸ طی نامه مورخ ۱۳۹۸/۰۲/۰۹ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به ثبت رسیده است.

آدرس: کرج، بلوار شهید فهمیده، صندوق پستی: ۸٤۵-۳۱۵۸۵،
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

تلفن: ۳۲۷۰۵۳۲۰، ۳۲۷۰۵۲٤۲ و ۳۲۷۰۸۳۵۹ (۲٦)، دورنگار: ۳۲۷۰٦۲۷۷ (۲٦)

پایگاه اطلاعاتی مؤسسه: www.aeri.ir

مخاطبان نشریه:

کارشناسان و مروجان کشاورزی فعال در برنامه نظام نوین ترویج، کشاورزان و انبارداران سیب‌زمینی

کارشناسان واحدهای صنایع تبدیلی سیب زمینی

اهداف آموزشی:

شما خوانندگان گرامی در این نشریه با

- کلروپروفام
- روش اصولی و الزامات استفاده از کلروپروفام برای جلوگیری از جوانه‌زنی سیب‌زمینی‌های خوراکی در انبار
- مزایای استفاده از کلروپروفام در انبارداری سیب‌زمینی خوراکی

آشنا خواهید شد:

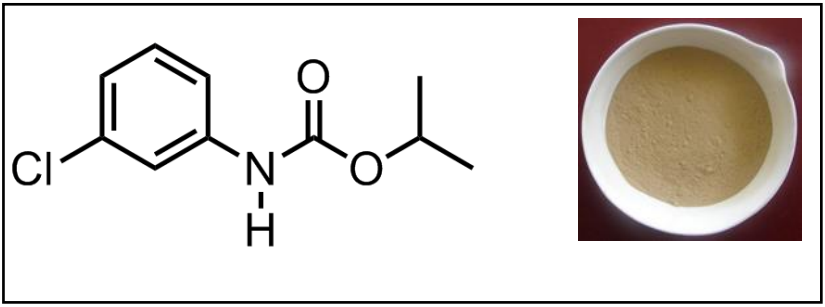
فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
مقدمه	۱
کلیات کاربرد کلروپروفام	۲
اصول صحیح کاربرد کلروپروفام در انبارهای سیب‌زمینی خوراکی	۵
نوع، زمان و مقدار مصرف کلروپروفام	۵
انتخاب دستگاه تزریق مناسب	۷
آماده سازی انبار	۹
روش‌های تامین یکنواختی جریان هوا	۱۲
تزریق کلروپروفام	۱۳
نکات ایمنی کار با کلروپروفام	۱۷
ملاحظات مصرف کنندگان	۱۸
نتایج کاربردی	۲۰
فهرست منابع	۲۱

مقدمه

بیش از ۶۰ درصد سیب‌زمینی تولیدی کشور در ابتدای پائیز برداشت می‌شود، بنابراین ذخیره این محصول برای تنظیم بازار مصرف اجتناب‌ناپذیر است. ازطرفی، بخش قابل ملاحظه‌ای از محصول انبار شده به دلایل مختلف تلف می‌شود. این اتلاف تا ۲۰ درصد برآورد شده است (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۶). جوانه‌زدن از جمله دلایل عمده تلفات سیب‌زمینی در انبار است که موجب کاهش بازارپسندی، کاهش شدید وزن و افت کیفیت غده‌ها می‌شود (گودرزی و همکاران، ۱۳۸۲). روش‌های مختلفی برای جلوگیری از جوانه‌زنی سیب‌زمینی در انبار، مانند استفاده از مالیک‌هیدرازید، اتیلن، سیستم‌های کنترل اتمسفر، پرتودهی و انبارهای با دمای کاهش یافته پیشنهاد شده است، که بسیاری از آنها به علت گرانی یا ناکارآمدی و یا ایجاد مشکلات دیگر، قابل توصیه نیستند.

بیش از ۵۰ سال از معرفی کلروپروفام[1] (شکل ۱) به عنوان یک ماده شیمیایی موثر، بی‌خطر، مجاز و ارزان در کنترل جوانه‌زنی سیب‌زمینی سپری شده است (لنزا و چایدو، ۲۰۰۱).



شکل۱ – فرمول شیمیایی و شکل فیزیکی پودر کلروپروفام

1- 3-Chloro Isopropyl N- Phenyl Carbamat (CIPC)

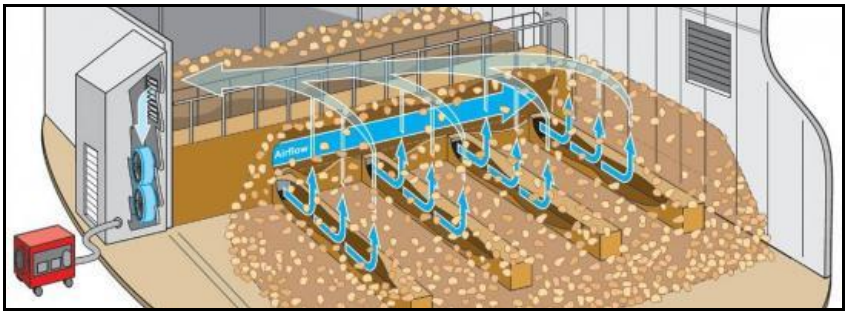
بیش از نیمی از سیب‌زمینی تولیدی در اروپا و امریکا با این روش نگهداری می‌شود (لنینگر و همکاران، ۲۰۰۳). کلروپروفام اثر ضد جوانه‌زنی خود را از راه کاهش فعالیت تنفسی و سوخت‌وساز غده‌ها اعمال می‌کند (بلانکنشیپ و همکاران، ۲۰۰۲). سازمان غذا و داروی آمریکا مقدار بیشینه جذب مجاز روزانه کلروپروفام برای انسان را ۰/۰۶ mg/kg و سازمان غذا و داروی اتحادیه اروپا ۰/۰۵ mg/kg اعلام کرده است (EFSA، ۲۰۱۲ ؛ NAPPO، ۲۰۱۳).

لازمه اثر بخشی کامل کلروپروفام در انبار سیب‌زمینی‌های خوراکی، آگاهی از شرایط به کارگیری صحیح این ماده و استفاده از آن‌ها در زمان استفاده است. در این نشریه این نکات به زبانی ساده ارائه شده است.

کلیات کاربرد کلروپروفام

کاربرد غیر اصولی کلروپروفام در انبارهای سیب‌زمینی خوراکی با سیستم‌های تهویه نامناسب، باعث پراکندگی غیریکنواخت گاز در لابلای توده سیب‌زمینی و درنتیجه کاهش شدید اثر بخشی کلروپروفام خواهد شد.، در نتیجه نقاطی از محموله انبار شده که مقادیر گاز کمتر از حد لازم برای کنترل جوانه‌زنی را دریافت کرده‌اند دچار جوانه‌زنی زودهنگام می‌شوند (متا و همکاران، ۲۰۱۰). برای جلوگیری از بروز چنین مشکلاتی، انبارداران از مقادیر اضافی کلروپروفام استفاده می‌کنند که علاوه بر افزایش هزینه، موجب بالا رفتن غیر مجاز مقدار باقی‌مانده کلروپروفام در غده سیب‌زمینی می‌شود؛ بدون آنکه مشکل اولیه حل شود. راه حل این است که کمترین مقدار مجاز کلروپروفام، پس از انتشار در انبار، از طریق جابجا کردن آرام هوای درون انبار به کمک یک سیستم تهویه فراگیر و با سرعت پایین، برای مدتی در لابلای توده محصول گردش داده شود (شکل ۲). این عملیات باعث بهبود یکنواختی توزیع کلروپروفام در سراسر انبار می‌شود؛ که در

نتیجه، مصرف کلروپروفام برای کنترل جوانه‌زنی محصول در یک فصل انبارداری کاهش یافته و اثربخشی آن افزایش می‌یابد (گودرزی، ۱۳۹۵).



شکل ۲- نمایی از یک سیستم تهویه مناسب برای به کارگیری کلروپروفام در انبار

انجام درست این عملیات نیازمند ایجاد برخی **تغییرات در سیستم تهویه هوای انبار** است؛ زیرا جابجایی کلروپروفام باید توسط دمنده‌هایی با سرعت کمتر از سرعت به‌کاررفته در تهویه عادی هوای انبار انجام شود. در انبار فله سیب‌زمینی، برای انتشار بهتر کلروپروفام در انبار و تماس کامل‌تر توده محصول با آن، دمنده‌ها با حداکثر سرعت به کار گرفته می‌شوند (مک گوآن و همکاران، ۲۰۰۹؛ بریدون و همکاران، ۲۰۱۰). کلروپروفام می‌تواند به‌صورت بخار گرم، افشانک (اسپری) و یا گردپاشی، وارد انبار شده و به وسیله سیستم تهویه هوای درون انبار به گردش درآید و یکنواخت در سراسر توده سیب‌زمینی منتشر شود. انجام این عمل در دمای بین ۱۲ تا ۱۵ درجه سلسیوس توصیه می‌شود . زیرا در این دما سرعت تنفس غده‌ها به اندازه کافی بالا است و غلظت بخار اشباع کلروپروفام در فضای انبار نیز در بیشترین حد موثر (۰/۱ میکروگرم در لیتر هوای

انبـار) قـرار دارد، درنتیجـه کـارایی کلروپروفـام در حـد مطلـوبی قـرارخواهـدداشـت (گودرزی، ۱۳۹۵؛ برایدون و بیل، ۲۰۱۶).

برای اطمینـان از نفـوذ بهترکلروپروفـام درون کیسـه‌هـا یـا جعبـه‌هـای سـیب‌زمینـی انبارشـده و نیـز کـاهش رسـوب کلروپروفـام روی تیغـه‌هـای دمنـده و بخـش‌هـای حفاظتی اطـراف آن، **بایـد سـرعت دمنـده را از طریـق اتصـال بـه یـک سیسـتم تغییر ولتاژ و توان[1] کاهش داد** (مک گوآن و همکاران، ۲۰۰۹).

در کـاهش سـرعت دمنـده‌هـا بایـد کمتـرین سـرعت توصـیه شـده توسـط شـرکت سـازنده را درنظـرداشـت؛ بـه طـوری‌کـه جریـان هـوای تولیـدی امکـان انتقـال و جابجـا کردن مناسب کلروپروفـام را داشـته باشـد. همچنـین جریـان هـوای ایجـاد شـده، خنـک کردن موتور دمنده را نیـز انجـام مـی‌دهـد و کـاهش بـیش از حـد سـرعت جریـان هـوا، باعث ایجاد آسیب در موتور دمنـده مـی‌شـود. هـر چـه تعـداد دمنـده‌هـای سـرعت پـایین در انبـار بیشـتر باشـد، موجـب کـاهش بیشـتر سـرعت هـوا و انتشـار بهتـر کلروپروفـام می‌شود. در حالـت ایـده‌ال ۵۰ درصـد دمنـده‌هـای نصـب شـده در کانـال‌هـای تهویـه را به سیستم کاهنده سرعت دمنده متصـل مـی‌کننـد. بـه هـر سیسـتم تغییـر ولتـاژ و تـوان نباید بیشتر از دو دمنده متصل کرد (لنزا و چایدو، ۲۰۰۱).

بـرای جلـوگیری از مسـدود شـدن مسـیر جریـان هـوای دمنـده‌هـا در اثـر تجمـع احتمالی ذرات کلروپروفام روی شـبکه محـافظ پـره‌هـای دمنـده، بهتـر اسـت منافـذ ایـن شـبکه خیلـی ریـز (بـا فواصـل کمتـر از شـش میلـی‌متـر) انتخـاب نشـود (شـکل ۳). درصورت بروز ایـن مشـکل، مـی‌تـوان سـرعت دمنـده را بـرای چنـد دقیقـه بـه حـداکثر خـود رسـاند تـا جریـان شـدید هـوا، ذرات کلروپروفـام را از روی تیغـه و شـبکه تـوری محافظ پاک کند (بریدون و همکاران، ۲۰۱۰؛ لنزا و چایدو، ۲۰۰۱).

1- Inverter

شکل ۳ - تجمع ذرات کلروپیروفام روی اجزای دمنده سیستم تهویه انبار

اصول صحیح کاربرد کلروپیروفام در انبارهای سیب‌زمینی خوراکی

الف) نوع، زمان و مقدار مصرف کلروپیروفام

قبل از هر اقدامی، از سپری نشدن تاریخ انقضای کلروپیروفام خریداری شده مطمئن شوید. بیشترین نحوه تولید کلروپیروفام به صورت پودر است. بعضی از شرکت‌ها برای سهولت استفاده، کلروپیروفام پودری را به کمک حلال‌های ویژه‌ای به صورت اسپری و یا آماده برای مه‌پاشی در می‌آورند. در صورت تمایل به استفاده از کلروپیروفام قابل مه‌پاشی (به دلیل کاربرد و انتشار آسان‌تر و یکنواخت‌تر در انبار و مقدار باقیمانده کمتر آن در محصول)، انواع غیر قابل اشتعال حلال را انتخاب

کنید. همچنین در روشی دیگر، کلروپروفام با عبور از یک سطح داغ با دمای ۲۵۰ تا ۳۰۰ درجه سلسیوس ، به شکل بخار گرم درآمده و سپس وارد مجاری تهویه هوای انبار می‌شود (بریدون و همکاران، ۲۰۱۰).

مقدار مصرف کلروپروفام تولید شده توسط شرکت‌های مختلف، به دلیل اختلاف در غلظت و فرمولاسیون متفاوت است. بنابراین در زمان خرید کلروپروفام، از فروشنده بخواهید مقدار دقیق مصرف را بر اساس دستورالعمل رسمی شرکت تولید کننده در اختیار شما قرار دهد.

به طور کلی **در هر دوره شش ماهه انبارداری،** سقف مصرف مجاز مقدار کل کلروپروفام **خالص** در سیب‌زمینی‌هایی که پس از خروج از انبار برای مصرف خانوار وارد بازار می‌شوند، ۳۶ گرم به ازای هر تن است. مقدار مجاز مصرف کلروپروفام برای سیب‌زمینی‌هایی که با هدف مصرف در کارخانجات صنایع فراوری (مانند تولید انواع چیپس و خلال نیمه آماده و پوره) انبار شده‌اند تا ۶۴ گرم به ازای هر تن محصول تر اعلام شده است (بی‌نام، ۲۰۱۵؛ پارک و همکاران، ۲۰۱۰).

بهترین زمان استفاده یک نوبتی کلروپروفام، حداکثر تا چهار هفته پس از ورود محصول به انبار و پس از پایان دوره التیام‌دهی و ترمیم پوست غده‌ها است. **مصرف دو نوبتی کلروپروفام، امکان کاهش ۱۰ درصدی در مصرف کلروپروفام را با حفظ اثربخشی فراهم می‌کند. برای این منظور، توصیه می‌شود ۷۰ درصد کلروپروفام مورد نیاز را طی سه هفته اول و ۲۰ درصد باقی‌مانده را در هفته هفتم یا هشتم به انبار تزریق نمایید.** از آنجا که ممکن است هنگام استفاده نوبت دوم کلروپروفام، دمای انبار پایین تر از محدوده ۱۲ تا ۱۵ درجه که دمای توصیه شده برای کاربرد کلروپروفام)

است. در این‌شرایط بهتر است قبل از تزریق کلروپروفام دمای داخل انبار را به کمک سیستم گرم‌کننده انبار یا تعویض هوای انبار با هوای تازه و گرم بیرون به محدوده دمای ۱۲ تا ۱۵ درجه سلسیوس رسانده شود (گودرزی، ۱۳۹۵).

کاربرد کلروپروفام برای نگهداری سیب‌زمینی‌های بذری ممنوع است. نگهداری سیب‌زمینی بذری در انبارهایی که در آنها کلروپروفام به‌کار گرفته شده است تا ۲ سال ممنوع است. زیرا بر جوانه‌زنی غده‌ها تاثیر منفی زیادی دارد.

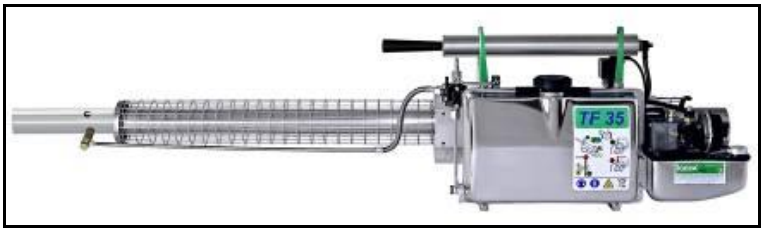
برای اطمینان از حذف باقیمانده کلروپروفام در سیب‌زمینی، مصرف آن‌ها تا چهار هفته پس از آخرین تاریخ استفاده از کلروپروفام مجاز نیست. بیشینه مقدار مجاز باقی‌مانده کلروپروفام در هر کیلوگرم سیب‌زمینی تازه، ۱۰ میلی‌گرم است و با استفاده از روش کروماتوگرافی مایع قابل اندازه‌گیری است. مصرف دو مرحله‌ای کلروپروفام در کاهش میزان باقی‌مانده آن در محصول بسیار موثر است (گودرزی، ۱۳۹۵؛ برایدون و بیل، ۲۰۱۶).

کلروپروفام را پس از شکسته شدن خواب و آغاز جوانه‌زنی غده‌ها، استفاده نکنید.

ب) انتخاب دستگاه تزریق مناسب

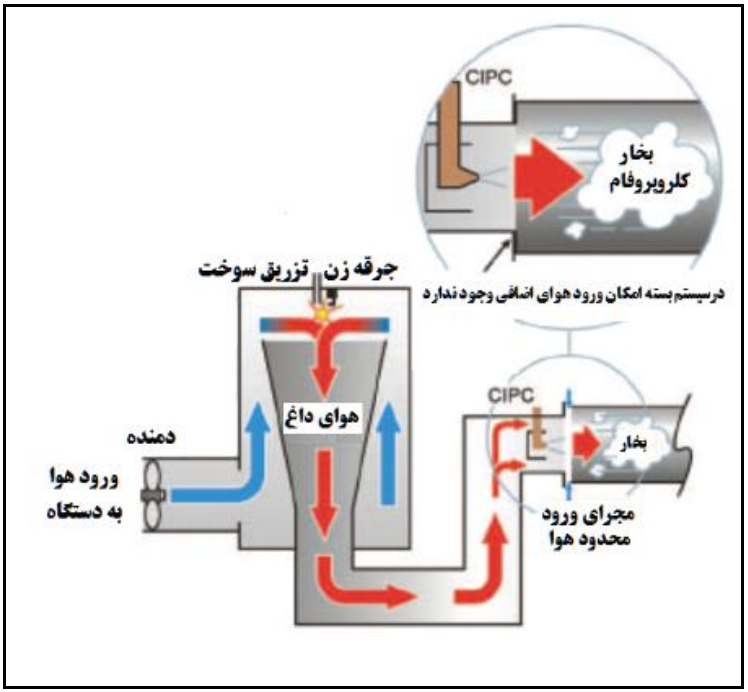
وسایل تزریق کلروپروفام به دو شکل ثابت و قابل حمل موجود است (شکل ۴ و ۵). انواع ثابت معمولاً به شکل سیکل باز طراحی می‌شوند. انواع سیکل بسته نیز وجود دارند (شکل ۶). در مه‌سازهای سیکل باز، یک فاصله کوچک بین بخش

تزریق کلروپروفام و کانال حامل مه وجود دارد. این فاصله ، محلی برای مکش هوای اضافی به داخل سیستم است که موجب افزایش حجم مه تولیدی و انتشار و نفوذ بهتر و یکنواخت‌تر کلروپروفام به داخل گونی‌های سیب‌زمینی می‌شود. ۸ تا ۱۲ درصد صرفه جویی در مصرف کلروپروفام از دیگر فواید کاربرد مه‌سازهای سیکل باز است (بی‌نام، ۲۰۱۵؛ برایدون و بیل، ۲۰۱۶).



شکل ٤- دستگاه گاز افشان قابل حمل

شکل ٥- دستگاه ثابت تزریق کلروپروفام و دیگر محلول‌ها در انبار سیب زمینی



شکل ٦– نمایی از سیستم باز و بسته تزریق کلروپروفام در انبار سیب‌زمینی خوراکی

در انبارهایی که احتمال نشت هوا به خارج وجود دارد، بهتر است از مه‌سازهای سیکل بسته استفاده شود تا گاز کلروپروفام با کمترین حجم هوا وارد انبار شود. فشار هوای بالاتر از ۱/۱ اتمسفر در این انبارها، معادل نشت بیشتر هوا و اتلاف کلروپروفام است (بریدون و همکاران، ۲۰۱۰).

ج) آماده سازی انبار

باید در نظر داشت که یکی از شروط لازم و مهم برای اثربخشی کلروپروفام و کنترل موفق جوانه‌زنی سیب‌زمینی در انبار، برقراری یکنواخت جریان هوا در

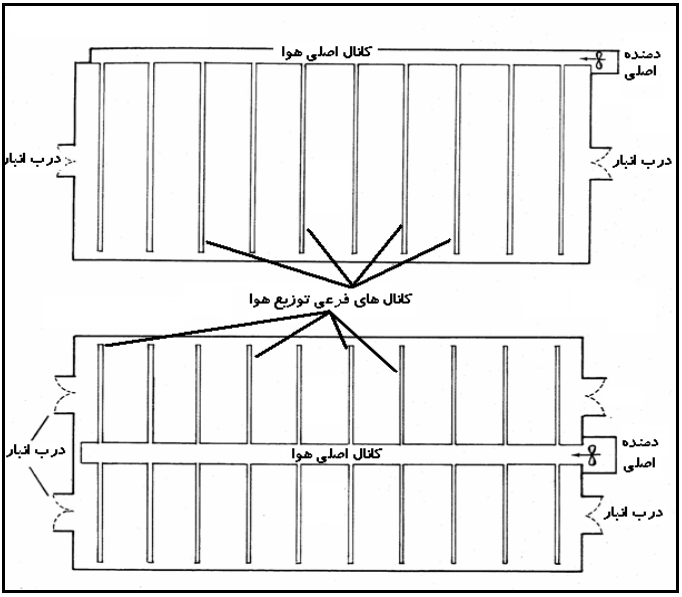
کانال‌های سیستم تهویه هوای انبار و به ویژه کانال‌های جانبی است؛ تا به این ترتیب از انتشار یکنواخت کلروپروفام در سراسر انبار اطمینان حاصل شود. لازم است کانال‌های اصلی و جانبی و سیستم تهویه انبار قبل از کاربرد کلروپروفام مورد بازبینی کامل قرار گرفته و تمیز شود (شکل ۷).

شکل ۷– بازبینی و تمیز کردن کانال‌های هوادهی در انبار سیب‌زمینی

اهمیت این موضوع از آنجا ناشی می‌شود که هنگام تزریق و انتشار کلروپروفام در انبارها، سیستم تهویه باید با حجمی کمتر از حد معمول (۳۰–۴۰ فوت مکعب به ازای هر تن سیب زمینی انبار شده) فعالیت نماید. در چنین سرعت پایینی، وجود هرگونه جسم خارجی، گرفتگی یا نقص در کانال‌های تهویه و یا تمیز نبودن غده‌های سیب‌زمینی (وجود خاک و خاشاک فراوان و مواد زائد همراه غده‌ها) انسداد یا کاهش قابل توجه در سرعت جریان هوا درون کانال‌ها و لابلای توده

محصـول انبـار شـده را ایجـاد مـی‌کنـد کـه در نتیجـه محصـولات انبـار شـده در برخـی نقاط انبـار بـه کلروپروفـام کـافی دسترسـی نداشـته و در نهایـت موجـب جوانـه‌زنـی زود هنگـام آن‌هـا خواهـد شـد (بریـدون و همکـاران، ۲۰۱۰؛ مـک‌گـوآن و همکـاران، ۲۰۰۹؛ متا و همکاران، ۲۰۱۰).

شـکل ۸ موقعیـت کانـال‌هـای جـانبی یـک انبـار سـیب زمینـی را نسـبت بـه کانال(های) اصلی نمایش می‌دهد.



شکل ۸ - موقعیت کانال‌های جانبی انبار سیب زمینی نسبت به کانال(های) اصلی

د) روش‌های یکنواخت کردن جریان هوا

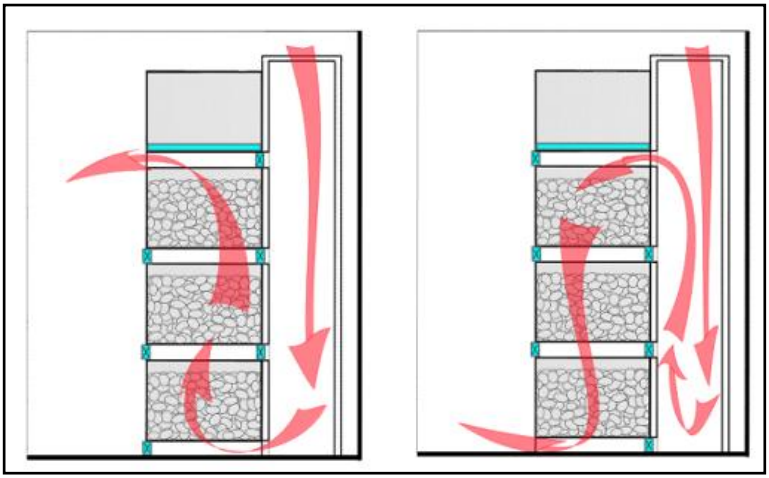
مهمترین نکات قابل ملاحظه برای ایجاد و حفظ یکنواختی جریان هوا در کانال‌های اصلی و جانبی سیستم تهویه عبارتند از:

- ✓ اولین گام برای ایجاد جریان یکنواخت در کانال های هوای انبار طراحی درست سیستم تهویه است (شکل ۹).
- ✓ سرعت مناسب برای جابجا کردن هوا در زمان انتشار کلروپروفام در انبار حدود ۲ تا ۴ متر در ثانیه است.
- ✓ در سیستم تهویه با دور شدن از دمنده (پنکه) به دلیل کاهش سرعت جریان هوا، کانال‌های جانبی آن ناحیه، هوای کمتری دریافت می‌کنند. برای جبران این وضعیت، لازم است دهانه ورودی کانال‌های جانبی متناسب با فاصله آنها از دمنده درنظر گرفته شود و کاهش سطح مقطع ورودی، ابتدا از کانال‌های نزدیک‌تر به پنکه‌ها شروع شود. کانال های دورتر نیاز کمتری به کوچک-کردن دهانه دارند به این ترتیب که هرچه کانال از دمنده‌ها دورتر باشد، سطح دهانه ورودی آن بزرگتر درنظر گرفته می‌شود.
- ✓ در سیستم‌هایی که تنظیم و برقراری جریان یکنواخت و آرام هوا دشوار است، کوچک کردن ۲۰ تا ۵۰ درصدی سطح مقطع دهانه کانال جانبی به تعادل جریان در مسیر کمک می‌کند.
- ✓ از گردش هوای بخش فوقانی انبار (فضای ما بین توده انبار شده و سقف انبار) و امکان حرکت راحت آن به سمت دمنده‌ها اطمینان حاصل کنید.
- ✓ هنگام کار، درهای ورود و خروج و پنجره‌های انبار را بسته نگاه دارید تا از ایجاد تلاطم ناخواسته و غیر یکنواختی در گردش هوای انبار جلوگیری شود. در صورت امکان تزریق کلروپروفام به انبار را هنگام وزش باد شدید، متوقف و به زمان آرامش هوا موکول کنید.

- ✓ پنکه‌های نصب‌شده روی سقف انبار را که برای تعویض هوای انبار استفاده می‌شود، خاموش کنید. وسایل رطوبت‌زن و خنک‌کننده را از مسیر کانال‌های هوادهی خارج کنید. اگر این کار امکان‌پذیر نیست، از عاری بودن مسیر گردش هوا از رطوبت اضافی و خشک بودن بخش تبخیر کننده سیستم خنک کننده انبار مطمئن شوید.
- ✓ به دلیل احتمال اثر گاز کلروپروفام روی بخش تبخیر کننده (اواپراتور) تجهیزات خنک کننده، برخی فروشندگان سیستم‌های خنک کننده، گارانتی دستگاه خود را مشمول این نوع آسیب نمی‌کنند.
- ✓ دمنده، رطوبت‌زن و بخش‌های اصلی خنک‌کننده‌ها را که در معرض تماس با کلروپروفام هستند، سالانه تمیز و سرویس کنید (مک‌گاون و همکاران، ۲۰۰۹؛ بریدن و همکاران، ۲۰۱۰؛ پارک و همکاران، ۲۰۱۰).

ه) تزریق کلروپروفام

دو تا سه ساعت قبل از آغاز تزریق کلروپروفام به داخل انبار، سیستم تهویه را فعال و هوای داخل انبار را با هوای تازه جایگزین‌کنید. از یکنواختی و توازن جریان هوا در داخل انبار و به‌ویژه در کانال‌های جانبی اطمینان حاصل کنید (شکل ۱۰)، زیرا کاهش حجم هوای ورودی به کانال‌های جانبی، باعث غیر یکنواختی انتشار کلروپروفام خواهد شد (مک گوآن و همکاران، ۲۰۰۹؛ لنزا و چایدو، ۲۰۰۱).

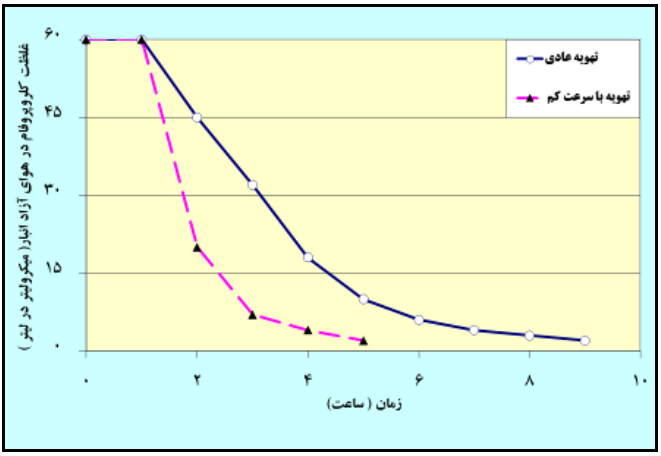


شکل ۹- الگوهایی از طراحی مناسب برای عبور جریان هوای از لابلای محصول

شکل ۱۰– کنترل یکنواختی جریان هوا در کانل‌های هوا به کمک دستگاه بادسنج قابل حمل

لازم است در زمان مه‌پاشی کلروپروفام درون انبار و در زمان‌های بعد از آن، سیستم گردش هوا، بدون ورود هوا از بیرون به داخل انبار، فعال باشد وجابجایی هوای درون انبار تا زمان شفاف شدن هوای انبار و از بین رفتن حالت مه ادامه

یابد. این کار ممکن است بین ۴ تا ۹ ساعت طول‌بکشد (شکل ۱۱). یادآوری می‌شود در این مدت نباید هوای داخل انبار با هوای تازه جایگزین شود، زیرا از غلظت موثر کلروپروفام درون انبار به شدت کاسته شده و اثر بخشی مورد انتظار به‌دست نمی‌آید (گودرزی، ۱۳۹۵؛ بی‌نام، ۲۰۱۵).



شکل ۱۱–تهویه هوا با سرعت کم، زمان لازم برای شفاف شدن هوای انبار و جذب کلروپروفام توسط غده‌ها را به نصف کاهش می‌دهد

بهترین مکان برای تزریق کلروپروفام، سه تا چهار متر دورتر از دمنده‌ها و در نزدیکی دهانه کانال اصلی هوا است. در این محدوده اختلاط هوا و کلروپروفام و انتقال آن به داخل کانال اصلی هوا به طور موثر صورت گرفته و الگوی توزیع کلروپروفام کاملا تابع جریان هوای داخل انبار خواهد بود. به یاد داشته باشید در فاصله بسیار نزدیک به دمنده، به دلیل وجود تکانه‌های شدید و حالت پرتابی در

جریان هوا (حتی در سرعت کم دمنده) اختلاط کلروپروفام و جریان هوا به خوبی انجام نمی‌شود (بریدون و همکاران، ۲۰۱۰).

گاهی ممکن است طراحی سیستم تهویه انبار امکان تزریق کلروپروفام را در نزدیکی دمنده فراهم نکند، مثلا پنکه‌ها و کانال‌های اصلی به فرم ایستاده (از سقف به کف انبار) طراحی شده باشند. در این شرایط برای اطمینان از اختلاط کامل هوا با کلروپروفام، سعی کنید تزریق کلروپروفام در کمترین فاصله ممکن از دمنده‌های اصلی (برای مثال ابتدای کانال‌های اصلی) انجام شود. برای اختلاط بهتر کلروپروفام با هوا، تنظیم زاویه قرار گرفتن لوله تزریق کلروپروفام به درون کانال، در جهت مسیر جریان هوا – **و نه در خلاف جهت آن** – اهمیت دارد.

در دقایق اولیه تزریق کلروپروفام، کلیه کانال‌های اصلی و فرعی سیستم تهویه انبار را بررسی کنید تا از نفوذ کامل کلروپروفام به داخل آنها مطمئن شوید. سپس همانگونه که گفته شد، جابجایی هوای انبار را تا زمان شفاف‌شدن کل هوای انبار و برطرف‌شدن حالت مه‌گرفتگی از هوای انبار ادامه دهید (شکل ۱۲). دقت کنید که هوای اطراف دمنده‌ها سریع‌تر از سایر نقاط شفاف می‌شود. بنابراین شفاف شدن هوای دورترین نقطه از دمنده‌ها را ملاک تعیین زمان پایان کار قرار دهید. در صورت امکان تا یک هفته پس از استفاده از کلروپروفام هوای انبار را با هوای تازه جایگزین نکنید (بی‌نام، ۲۰۱۵؛ لنزا و چایدو، ۲۰۰۱).

شکل ۱۲– وضعیت شفافیت هوای انبار در زمان آغاز انتشار کلروپروفام (بالا) خاتمه جابجایی هوا در پایان انتشار کلروپروفام (پایین)

و) نکات ایمنی کار با کلروپروفام

استفاده از کلروپروفام همانند هر ماده شیمیایی دیگر نیازمند رعایت برخی نکات با هدف تضمین سلامت افراد در تماس با این ماده است. بنابراین علاوه بر دستورالعمل‌ها و توصیه‌های شرکت عرضه کننده این ماده، رعایت نکات زیر نیز توصیه می‌شود (پارک و همکاران، ۲۰۱۰؛ EFSA، ۲۰۱۲ ؛ NAPPO، ۲۰۱۳):

- ✓ پس از تزریق کلروپروفام در انبار، تا زمان نشست کامل گاز یا پودر کلروپروفام و **شفاف شدن کامل کل هوای انبار**، از باز کردن در و پنجره و ورود افراد به داخل انبار جلوگیری کنید.
- ✓ در صورت نیاز ضروری به حضور افراد کارشناس در داخل انبار قبل از شفاف شدن کامل هوای انبار، این افراد باید مجهز به ماسک اکسیژن یا ماسک تصفیه هوا، کلاه، عینک، دستکش و لباس محافظ با پوشش نفوذناپذیر باشند.
- ✓ استفاده از گاز کلروپروفام، به شرط اینکه دمای شعله دستگاه **کمتر از ۳۲۰ درجه سلسیوس** باشد، به کاهش باقی‌مانده کلروپروفام در محصول کمک می‌کند. استفاده از کلروپروفام پودری بیشترین باقی‌مانده را در محصول انبار شده بر جای می‌گذارد.

تماس با کلروپروفام ممکن است علائمی مانند قرمزی و سوزش چشم، التهاب و خارش پوست و یا سردرد و سرگیجه ایجاد کند. در صورت بروز این علائم، بلافاصله محل تماس را با آب ولرم فراوان شستشو داده و تمامی لباس‌های خود را عوض‌کرده و بلافاصله به پزشک مراجعه کنید.

ز) ملاحظات مصرف کنندگان

اطمینان از کمترین مقدار باقیمانده کلروپروفام در سیب زمینی که بر اساس اطلاعات موجود، سلامت مصرف‌کنندگان را تضمین نماید، مورد توجه همیشگی سازمانهای ناظر بر تولید، نگهداری و فراوری مواد غذایی است. براین اساس، با درنظرگرفتن حد مجاز باقی‌مانده کلروپروفام در سیب‌زمینی (۱۰ PPM) و حد مجاز قابل جذب روزانه توسط مصرف‌کنندگان (۵ تا ۱۰ میلی‌گرم به ازای

هرکیلوگرم وزن بدن) نکات زیر برای مصرف کنندگان حائز اهمیت خواهد بود (EFSA، ۲۰۱۲ ؛ NAPPO، ۲۰۱۳):

- ✓ پوست‌گیری سیب‌زمینی بیش از ۹۰ درصد باقی‌مانده کلروپروفام را از محصول حذف می‌کند. شستشوی کامل، تنها موجب کاهش ۲۵ درصدی باقیمانده کلروپروفام می‌شود.
- ✓ در صورت اجرای دقیق دستورالعمل مصرف کلروپروفام و رعایت مقادیر مصرف آن در انبار، مقدار باقیمانده کلروپروفام در سیب زمینی پس از انبارداری بین ۸ تا ۱۰ پی‌پی‌ام خواهد بود.
- ✓ برای آگاهی از ارتباط بین حد مجاز مصرف سیب‌زمینی نگهداری شده با کلروپروفام با وزن بدن به جدول شماره ۱ مراجعه کنید.

جدول ۱- بیشترین مقدار مجاز مصرف روزانه سیب زمینی (بر حسب گرم) بر مبنای مقادیر مجاز باقیمانده کلروپروفام

وزن مصرف کننده	حد مجاز باقیمانده کلروپروفام در سیب زمینی (پی پی ام)		
(کیلوگرم)	۵	۱۰	۱۵
۱۰	۱۰۰	۵۰	۳۳
۲۰	۲۰۰	۱۰۰	۶۵
۳۰	۳۰۰	۱۵۰	۱۰۰
۴۰	۵۰۰	۲۵۰	۱۶۰
۶۰	۶۰۰	۳۰۰	۲۰۰
۸۰	۸۰۰	۴۰۰	۲۶۰
۹۰	۹۰۰	۴۵۰	۳۰۰

برای مثال، مطابق این جدول، مقدار مجاز مصرف سیب زمینی برای یک فرد ۶۰ کیلوگرمی با رعایت حد مجاز ۱۰ پی‌پی‌ام باقیمانده کلروپروفام، معادل ۳۰۰ گرم در روز می‌باشد. بر اساس آمار رسمی تولید سیب‌زمینی کشور، متوسط سرانه مصرف این محصول، کمتر از **۱۵۰ گرم در روز** است (بی‌نام، ۱۳۹۶).

نتایج کاربردی

به‌کارگیری صحیح نکات توصیه شده در این نشریه، نتایج سودمند زیر را برای بهره‌بردار به دنبال دارد:

- ✓ کاهش ۱۰ درصدی در مصرف کلروپروفام مورد نیاز برای کنترل جوانه‌زنی سیب‌زمینی در انبار.
- ✓ افزایش اطمینان از وجود مقادیر کمتر از ۱۰ میلی‌گرم کلروپروفام در هر کیلوگرم سیب‌زمینی.
- ✓ کاهش ۱۲ تا ۱۵ روزه زمان انتظار برای خروج محصول از انبار پس از کاربرد دو مرحله‌ای کلروپروفام.
- ✓ کاهش ضایعات ناشی از جوانه‌زنی و پلاسیدگی سیب‌زمینی طی دوره انبارداری (شکل ۱۳).

شکل ۱۳– وضعیت غده های سیب زمینی نگهداری شده با کلروپروفام (چپ) و بدون کلروپروفام (راست) پس از ۵ ماه نگهداری

جدول ۲- خلاصه مراحل به‌کارگیری کلروپروفام در انبار سیب زمینی خوراکی

مرحله	اقدام
۱	تهیه کلروپروفام و توجه به تاریخ تولید، انقضاء و درجه خلوص
۲	بازبینی تاسیسات هوادهی انبار و بازسازی و تعمیر آن در صورت نیاز
۳	ورود سیب‌زمینی به انبار
۴	سپری کردن دوره التیام دهی (۲ تا ۳ هفته)
۵	تهویه هوای انبار و اطمینان از یکنواخت بودن جریان هوا در سراسر انبار
۶	کاهش سطح مقطع دریچه های کانال های هوادهی و تنظیم سرعت گردش هوا در کانالها به میزان ۲ تا ۴ متر در ثانیه
۷	فعال نمودن حداقل نیمی از دمنده های موجود در انبار با ۵۰ درصد سرعت
۸	تنظیم دمای هوای انبار بین ۱۰ تا ۱۵ درجه سلسیوس
۹	انتشار ۱۰۰ یا ۷۰ درصد کلروپروفام لازم متناسب با وزن محصول در انبار
۱۰	فعالیت تهویه‌ها به مدت حدود چهار ساعت بدون جایگزینی با هوای تازه تا زمان و شفاف شدن و برطرف شدن کدورت هوای انبار
۱۱	بازبینی شبکه توری محافظ پنکه ها و دمنده ها برای اطمینان از عدم گرفتگی آنها
۱۲	عدم جایگزینی هوای انبار با هوای تازه بیرون حداقل تا ۱ هفته
۱۳	اجرای برنامه عادی تهویه هوای انبار
۱۴	انتشار ۳۰ درصد باقیمانده کلروپروفام در انبار (درصورت استفاده از روش دومرحله ای) و اجرای مجدد مراحل ۵ تا ۱۲
۱۵	اجرای برنامه عادی تهویه هوای انبار

منابع

بی‌نام. ۱۳۹۶. آمارنامه تولیدات محصولات کشاورزی و دامی ایران در سال ۱۳۹۵. انتشارات وزارت جهاد کشاورزی، تهران، ایران.

گودرزی، فرزاد؛ سیدان، سید محسن؛ و باقری، عزیز. ۱۳۸۲. اثر وضعیت انبارهای نگهداری بر میزان ضایعات سیب‌زمینی، مطالعه موردی: استان همدان.

گـزارش نهـایی شـماره ۲۴۹. سـازمان تحقیقـات، آمـوزش و تـرویج کشـاورزی، تهران، ایران.

گودرزی، فرزاد. ۱۳۹۵. اثـر مقـدار و زمـان مصـرف کلروپروفـام بـر ویژگـی‌هـای کیفـی و بـاقی‌مانـده آن در سـیب‌زمینـی طـی انبـارداری. گـزارش نهـایی شـماره ۴۹۲۸۵. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

Anon. 2015. Best Practice Guidelines for the use of CIPC. Report Number: TN05. Agriculture & Horticulture Development Board (AHDB), UK.

Blenkinsop, R. W., Copp, L. J., Yada, R. Y., and Marangoni, A. G. 2002. Effect of CIPC on metabolism of potato tubers during storage. Food Research International, 313-321.

Briddon, A., McGowan, G., Duncan, H., Jina, A., and Cunnington, A. 2010. Improving the use of CIPC in bulk stores. Britian Potato Council, UK.

Briddon, A., and Bill, D. 2016. Development of CIPC best practice recommendations for low-temperature box stores to minimise risk of exceeding the Maximum Residue Level. Report Number: S463. Agriculture & Horticulture Development Board(AHDB), UK.

EFSA .2012. Review of the existing maximum residue levels (MRLs) for chlorpropham according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/20051. European Food Safety Authority (EFSA) Journal 10:2584. doi:10.2903/j.efsa.2012.2584.

McGowan, G., Duncan, H., Briddon, A., Cunnington, A., Jina, A., and Saunders, S. 2009. Evaluation of the impact of modified storage practices on sprout suppression. Agriculture & Horticulture Development Board(AHDB), UK.

Mehta,A., Singh, B., Ezekiel, R., & Kumar, D. 2010. Effect of CIPC on Sprout Inhibition and Processing Quality of Potatoes Stored Under Traditional Storage Systems in India. Potato Research, 53(1):1-15.

NAPPO. 2013. NAPPO Science and Technology Documents - ST 02:Efficacy of potato sprout control products to minimize sprout production. Prepared by Daniels-Lake B, Olsen N, Delgado H L, and Zink R. members of the North American Plant Protection Organization (NAPPO) Technical Advisory Grroup on Potato Sprout Inhibitors. http://www.nappo.org/en/data/files/download/Science_and_technology_documents/Potato_sprout_inhibition _ ST_e.p. Accessed 5 september 2018.

Lentza, R., Chaido, B., A. 2001. Residue Levels of Chlorpropham in Individual Tubers and Composite Samples of Postharvest-Treated Potatoes. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 49 (2): 710–4. doi:10.1021/jf000018t. PMID 11262017.

Lewis, M. D., Thornton,M.K., and Kleinkopf, G. E. 1997. Commercial Application of CIPC Sprout Inhibitor to Storage Potatoes. Cooperative Extension System, Agricultural Experiment Station. Aidaho University, USA.

Park, L., Duncan, H., Briddon, A., Jina, A., Cunnington, A. and Saunders, S. 2010. Review and development of the CIPC application process and evaluation of environmental issues. AHDB-Potato Council. Available from: http://www.potato.org.uk/sites/default/files/%5Bcurrentpage%3Aarg%3A%3F%5D/20095%20CIPC%20Final%20Report%20R243_0.pdf. Accessed 21 september 2018.

Slininger, P. J., Schisler, D. A., and Burkhead, K. D. 2003. Postharvest biological control of potato sprouting by fusarium dry rot suppressive bacteria. Biocontrol Science Technology,13(5):477-494.