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

دستنامهٔ فنی :

مدیریت انبارهای فنی سیب‌زمینی

فرزاد گودرزی و سیدحمیدرضا ضیاءالحق

سال انتشار: ۱۴۰۱

AERI

آدرس: کرج، بلوار شهید فهمیده، کدپستی: ۳۱۳۵۹۱۳۵۳۳، مؤسسه تحقیقات فنی ومهندسی کشاورزی
تلفن: ۳۲۷۰۵۳۲۰، ۳۲۷۰۵۲۴۲ و ۳۶۱۵۰۰۰۰(۰۲۶)
دورنگار: ۳۲۷۰۶۲۷۷ (۰۲۶)، آدرس دسترسی: www.aeri.ir(بخش انتشارات الکترونیکی)

بسم الله الرحمن الرحیم

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

دستنامهٔ فنی:
مدیریت انبارهای فنی سیب‌زمینی

تهیه و تدوین:
فرزاد گودرزی و سیدحمیدرضا ضیاءالحق

به‌ترتیب اعضای هیئت علمی مراکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان و استان سمنان (شاهرود)

سال انتشار:
۱۴۰۱

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

نوع نوشتار: دستنامهٔ فنی
عنوان نوشتار: مدیریت انبارهای فنی سیب‌زمینی
نگارندگان: فرزاد گودرزی و سید حمیدرضا ضیاءالحق
ویراستار ادبی: محمدرضا داهی
صفحه‌آرا: سمیه وطن دوست
ناشر: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
شمارگان: محدود
نوبت چاپ: اول
سال انتشار: ۱۴۰۱

مسئولیت صحت مطالب با نگارندگان است.

شماره ثبت ۶۳۰۵۰ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به تاریخ ۱۴۰۱/۱۱/۳۰

مخاطبان دستنامه:

کارشناسان و مروجان کشاورزی فعال در برنامهٔ نظام نوین ترویج،
مدیران، کارشناسان پهنه و مدیران و پرسنل انبارهای فنی سیب‌زمینی

اهداف آموزشی:

شـــما خوانندگان گرامی با اصـــول فنی مدیریت انبارهای ســـیب‌زمینی در زمینه‌های:

- پایش و کنترل سازهٔ انبار
- بارگیری و تخلیهٔ انبار
- تهویهٔ انبار و سامانه‌های تهویه و سرماساز
- پایش و مدیریت دما و رطوبت نسبی انبار
- پایش و مهار جوانه‌زنی سیب‌زمینی در انبار
- مصرف انرژی در انبار
- ایمنی کار در انبار

آشنا خواهید شد.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
ساختمان انبار	۲
عوامل فیزیولوژیکی موثر در انبارداری سیب‌زمینی	۹
پایش و کنترل بیماری‌های انباری	۱۵
آماده سازی و ضدعفونی پیش از بارگیری انبار	۱۸
بارگیری انبار	۲۴
تهویهٔ انبار	۳۲
خشک کردن	۳۷
التیام‌دهی غده‌ها	۴۳
پایش و کنترل چگالش رطوبت در انبار	۴۸
سرد کردن	۵۴
پایش و تنظیم رطوبت نسبی انبار	۵۹
کارایی و مصرف انرژی انبار	۶۳
ترکیب هوای انبار	۶۷
پایش و مهار جوانه‌زنی سیب‌زمینی	۷۲
گرمایش انبار	۷۹
نظارت بر انبار و تضمین کیفیت محصول انبار شده	۸۳
سلامت و ایمنی حین کار	۸۷
هزینه‌های انبارداری	۹۲
نمونه‌برداری	۹۵
تخمین مساحت معینی از سطح سیب‌زمینی	۹۶
مدیریت انبار متناسب با نوع مصرف نهایی سیب‌زمینی	۹۷
جدول نقطهٔ شبنم و کاربرد آن در مدیریت انبار سیب‌زمینی	۱۰۴
بیماری‌ها و عیوب رایج سیب‌زمینی	۱۰۸
منابع	۱۱۰

مقدمه

ذخیره‌سازی یکی از بخش‌های اصلی زنجیرهٔ تأمین و توزیع سیب‌زمینی است. بدون انبارداری مناسب، پاسخ‌گویی مستمر و باکیفیت به نیاز مصرف‌کنندگان در زمان‌های خارج از فصل برداشت ناممکن است. با این حال باید گفت ذخیره‌سازی کاری است حساس و اجرای موفق آن به نحوهٔ مدیریت خطرها و هزینه‌ها در انبار بستگی دارد. در نهایت رضایت مشتری از کیفیت محصول دریافتی و رغبت به پرداخت قیمت پیشنهادی برای دریافت آن محصول، میزان کارآمدی فرایند ذخیره‌سازی را نشان خواهد داد. بنابراین، حصول اطمینان از کارآمدی سامانهٔ انبارداری، بخشی حیاتی از چرخهٔ تولید سیب‌زمینی است. شرط حضور و بقا در بازار رقابتی، کاهش هزینه‌های تمام شده تولید محصول است. این هدف، فقط از راه افزایش بهره‌وری و به حداقل رساندن هزینه در همهٔ بخش‌های زنجیره تأمین، از جمله انبارداری محقق می‌شود. برای این منظور، پایش همه اجزای سامانهٔ انبارداری از جمله آماده‌سازی انبار و دستگاه‌های آن، بارگیری صحیح، اطمینان از عملکرد بهینهٔ سامانهٔ تهویه، کنترل دما و رطوبت، بهینه‌سازی جریان هوا و به حداقل رساندن نشت هوا دارای اهمیت است.

این دستنامه فنی، راهنمایی‌های لازم را برای سپری کردن و مدیریت دورهٔ انبارداری موفق ارائه می‌دهد. لازم است یادآوری شود کیفیت ماندگاری سیب‌زمینی علاوه بر شرایط انبار، تحت تاثیر شرایط تولید و مدیریت مزرعه و حمل و نقل نیز قرار دارد. برای مثال نوع رقم، شرایط برداشت و طول دورهٔ خواب غده‌ها از جمله ویژگی‌هایی است که بر کیفیت انبارداری سیب‌زمینی تاثیر می‌گذارد. این دستورالعمل هنگامی کاملاً اثر بخش خواهد بود که سیب‌زمینی ورودی به انبار نیز از سلامت و کیفیت مناسبی برخوردار باشد. تاکید می‌شود که ناکارآمدی بخش انبارداری به نابودی همهٔ زحمات و تلاش‌های زنجیره تولید می‌انجامد.

ساختمان انبار

درزبندی و عایق‌کاری صحیح انبار و شکل آن باعث می‌شود تا سیب‌زمینی در محیطی با کمترین نوسان دما و رطوبت نگهداری شود و تحت تأثیر تغییرات روزانه شرایط محیطی قرار نگیرد (شکل ۱). در چنین انباری حفظ رطوبت نسبی در محدودهٔ ۹۰ تا ۹۵ درصد که کاهش وزن غده در آن به حداقل می‌رسد آسان‌تر است. همچنین سیب‌زمینی ذخیره شده از آسیب‌های ناشی از چگالش (کندانس) رطوبت حفظ خواهد شد. ذخیره‌سازی سیب‌زمینی در انبار به شکل گونی، جعبهٔ چوبی (پالت) یا فله صورت می‌گیرد (کارگیل[1]، ۱۹۸۹). با احتساب هزینه‌های تأمین ادوات بارگیری و تخلیهٔ محصول در انبار، سرمایه لازم برای احداث انبار برای نگهداری مناسب سیب‌زمینی به شکل فله بیشتر است از انباری که در آن محصول درون جعبهٔ چوبی نگهداری می‌شود. اما هنگامی که هزینه خرید جعبه‌های چوبی نیز در محاسبه لحاظ شود، تأسیس انبار فله ارزان‌تر خواهد بود. هزینهٔ لازم برای سرمایه‌گذاری و احداث انبار نگهداری سیب‌زمینی به شکل گونی، بین این دو قرار می‌گیرد. توده‌های فلهٔ سیب‌زمینی به سادگی تهویه و به خوبی نگهداری می‌شوند. اما اگر ارتفاع توده بیش از ۴ متر یا میزان تهویهٔ مکانیکی بیشتر یا کمتر از حد مورد نیاز باشد مشکلات زیادی در کیفیت محصول ایجاد می‌شود. تهویهٔ مناسب و ایجاد جریان هوای یکنواخت در انبارهای جعبه‌ای کار پیچیده‌تری است. با این همه، در این انبارها دسته‌بندی، جداسازی و جابه‌جا کردن محصول با سهولت بیشتری اجرا می‌شود. بسته به اندازه، سن و کیفیت جعبه‌ها، می‌توان آنها را تا ارتفاع ۸ متر روی هم قرارداد (شکل ۱). بسته‌بندی به شکل گونی علاوه بر مناسب‌بودن هزینه‌ها، از نظر ارزیابی مستمر و جابه‌جایی و تهویه نیز کاملا مناسب

1.Cargill

است (شکل ۲) و از این رو یکی از بهترین شکل‌های نگهداری سیب‌زمینی در انبار به حساب می‌آید (کارگیل، ۱۹۸۹).

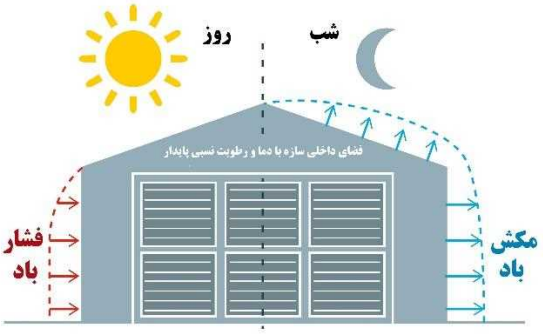
شکل ۱- ارتفاع ذخیره‌سازی سیب‌زمینی در جعبه چوبی
منبع: (https://potatoes.news)

شکل ۲- استفاده از گونی برای انبار سیب‌زمینی

- **تهویه**

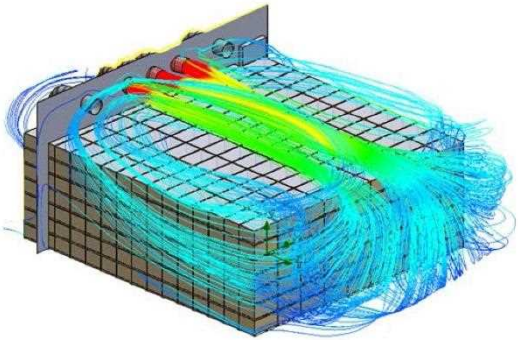
تهویهٔ کنترل شدهٔ انبار، علاوه بر تخلیهٔ گرمای ناشی از تنفس محصول، سبب خشک و خنک شدن آن نیز می‌شود. برای این کار استقرار پنکه در محل مناسب اهمیت زیادی دارد. پنکه‌ها باید با ایجاد جریان هوای آشفته (غلیانی) قادر به عبور

دادن هوا از شکاف‌های بین پالت‌ها، فضای بین گونی‌ها، و غده‌های سیب‌زمینی در انبار به بهترین شکل ممکن باشند. تودهٔ سیب‌زمینی انبار شده می‌تواند به کمک هوای تازه بیرون انبار یا سامانه‌های سردکننده مکانیکی خنک شود. هنگام نیاز به یکنواخت‌کردن دمای نقاط مختلف انبار یا انتشار مواد شیمیایی برای کنترل جوانه‌زنی یا مبارزه با آفات و بیماری‌های انباری، هوای داخل انبار، بدون خنک کردن به گردش درمی‌آید. یکنواختی جریان هوا در این شرایط بسیار مهم است. در انبار مناسب، توزیع جریان هوا در همه نقاط متعادل و یکنواخت است. هوادهی یکنواخت در این انبارها با استفاده از دمنده‌های مناسب، کانال‌های اصلی با مقطع مخروطی و تعبیهٔ صحیح کانال‌های جانبی در سراسر انبار حاصل می‌شود (امراگی[1] و همکاران، ۲۰۲۱). شکل ۴ نمایی از شبیه‌سازی رایانه‌ای را در طراحی سامانهٔ تهویه انبار مدرن نمایش می‌دهد.



شکل ۳- طراحی سازه انبار به شکل پاکت نامه اثر شرایط بیرونی را بر محصول انبار شده به حداقل می‌رساند (نویسندگان).

1. Emragi



شکل ٤- شبیه‌سازی رایانه‌ای، آگاهی ما را از وضعیت جریان هوا در انبارهای نگهداری افزایش داده است

منبع: (امراگی و همکاران، ۲۰۲۱)

- **عایق‌کاری**

عایق‌کاری انبار سیب‌زمینی اثر مهمی بر حفظ کیفیت محصول انبار شده دارد. با توجه به گرمای تولید شده توسط غده‌ها در انبار بزرگ سیب‌زمینی، حفظ دمای انبار در محدودهٔ بالاتر از صفر درجه سلسیوس دشوار نیست. با این همه، ورود یا ایجاد هرگونه گرمای اضافی درون انبار نگهداری محصول باید به وسیلهٔ سامانهٔ تهویه هوا یا به کمک ادوات سرد کننده (سرماسازها) از انبار خارج شود؛ در این صورت مازاد هزینهٔ برق مصرفی انبار، سبب افزایش هزینه‌های کلی انبارداری می‌شود. علاوه بر پیامدهای مربوط به افزایش هزینه، استفادهٔ بیش از اندازه از سامانهٔ تهویه برای تخلیهٔ گرمای مازاد انبار، همواره باعث هدررفتن رطوبت غده‌ها و افت وزنی و پلاسیدگی بیشتر آنها می‌شود. بنابراین، نقش عایق‌کاری انبار در کاهش مشکلات ناشی از تبادل گرما و سرما بین درون و بیرون انبار بسیار پر اهمیت است. در کنار عایق‌کاری، استفاده از رنگ‌های روشن و سطوح بازتاب

دهندۀ نـور در نمـای بیرونـی انبـار، جـذب نـور خورشـید و انتقـال گرمـای ناشـی از آن را بـه داخـل انبـار کـاهش مـی‌دهـد (کارگیـل و همکـاران، ۱۹۸۹؛ امراگـی و همکـاران، ۲۰۲۱).

تقریبـاً همـه عـایق‌هـا بـا افـزایش انـدک میـزان رطوبـت، دچـار کـاهش شـدید عملکـرد می‌شوند. پـس، در منـاطق بـا آب و هـوای مرطـوب، تنهـا راه حفـظ عملکـرد عـایق‌هـای حرارتـی انبارهـا، محافظـت از آنهـا در برابـر رطوبـت بـا اسـتفاده از تلـه‌هـای بخـار آب (شکل ۵) و عایق‌های رطـوبتی اسـت. چنانچـه ضـخامت یـا نـوع عـایق بـه کـار رفتـه در انبـار نامناسـب باشـد یـا بـه دلیـل جـذب رطوبـت، کـارایی عـایق کـاهش یابـد، در آن صـورت احتمـال خطـر چگـالش (کنـدانس) رطوبـت روی سـطوح داخلـی انبـار و خـیس شـدن محصـول درون انبـار بـه شـدت افـزایش خواهـد یافـت. سـطح سـیب‌زمینـی‌هـای خیس شده محل مناسبی برای رشـد انـواع قـارچ‌هـا، بـاکتری‌هـا و سـایر عوامـل بیمـاری و آفات انباری اسـت. بـه همـین دلیـل در سـاخت انبارهـای جدیـد سـیب‌زمینـی، اسـتفاده از صـفحه‌هـای ترکیبـی فلـز/ پلـی‌ایزوسـیانورات بـا ضـخامت حـداکثر۱۲۰ میلـی‌متـر بـه عنوان عایق حرارتی بـین دیـواره‌ای مـوثر رواج زیـادی یافتـه اسـت و کـاربرد عـایق‌هـای با جنس پلی‌اورتان و استایروفوم را با تردیـد مواجـه کـرده اسـت. در هـر حـال، همـه ایـن عـایق‌هـا نیـز بایـد همـراه بـا عـایق‌هـای رطـوبتی مناسـب ماننـد پرایمـری، سـیلری، پلیمری، سیمان پایـه، قیـر پایـه و نماسـیل بـه کـار گرفتـه شـوند (پرینگـل[1] و همکـاران، ۲۰۰۹).

1. Pringle

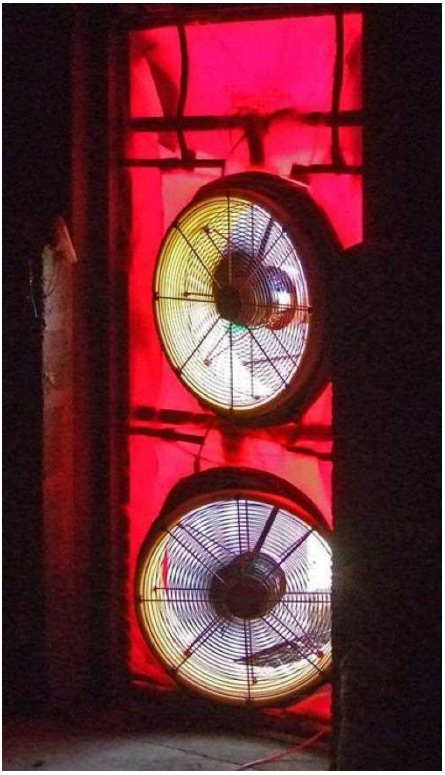
شکل ۵- تله بخار آب

منبع: (https://www.pipekala.com)

- **نشت هوا**

وجود هر نوع درز و شکاف در دیوار، در و پنجرهٔ انبار که تبادل کنترل‌نشدهٔ هوای داخل و بیرون انبار را ممکن کند باعث کاهش اثربخشی انبار می‌شود. این نوع تبادل ناخواسته هوای داخل و بیرون انبار، دما و رطوبت درون انبار را از محدوده مطلوب برای نگهداری سیب‌زمینی دور می‌کند که حاصل آن پلاسیدگی و کاهش رطوبت محصول و خیس شدن سطح توده انبارشده (ناشی از چگالش رطوبت روی سطح محصول) خواهد بود. تنظیم دوبارهٔ دما و رطوبت درون انبار نیازمند افزایش زمان فعالیت سامانهٔ تهویه یا تبرید و در نهایت افزایش مصرف انرژی در انبار (افزایش هزینه انبارداری) خواهد بود (کارگیل و همکاران، ۱۹۸۹). برای ارزیابی سازهٔ انبارها در برابر نشت هوا، آزمایش ویژه‌ای وجود دارد. در این آزمایش با استفاده از یک سامانه دمنده (شکل ۶) بین هوای داخل و خارج انبار اختلاف فشاری برابر ۵۰ پاسکال ایجاد می‌شود. پس از آن، میزان افت فشار هوای درون انبار در اثر نشت آن از ساختمان بر حسب مترمکعب بر ساعت و به ازای هر متر مربع سطح انبار اندازه‌گیری می‌شود. مقدار افت فشار هوا در انبار نوساز با درزبندی

مناسب باید کمتر یا مساوی $۳m^3/h.m^2$ باشد. البته این استاندارد سخت‌گیرانه و ایده‌ال محسوب می‌شود و حتی ساختمان‌های خوب نیز ممکن است قادر به کسب این حدنصاب نباشند. کسب حدنصاب کمتر یا مساوی $۱۰m^3/h.m^2$ نیز قابل قبول درنظر گرفته می‌شود (کانینگتون و ماسون[1]، ۱۹۹۷).



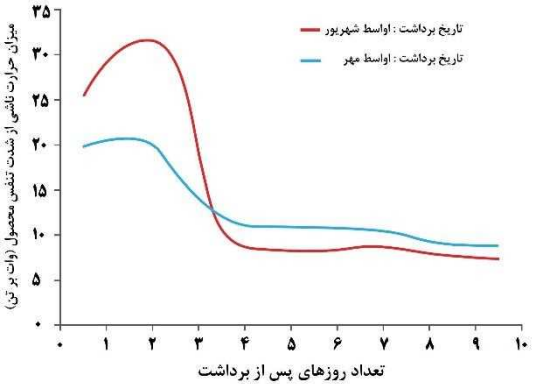
شکل ٦- نشت هوای انبار از راه وارد کردن هوای پر فشار به داخل سازه و سنجش تغییرات فشار هوای درون انبار اندازه‌گیری می‌شود. منبع: (کارگیل و همکاران، ۱۹۸۹)

1. Cunnington and Mawson

عوامل فیزیولوژیکی موثر در انبارداری سیب‌زمینی

- **تنفس**

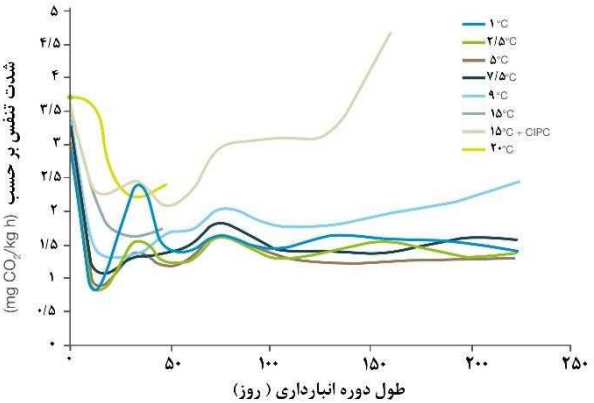
غده‌های سیب‌زمینی برداشت شده بافت‌های زنده‌ای هستند که همچنان تنفس می‌کنند و نسبت به شرایط محیطی خود واکنش نشان می‌دهند. غده‌ها انرژی لازم برای تنفس را از قند حاصل از تجزیهٔ نشاسته ذخیره‌ای خود تامین می‌کنند. سیب‌زمینی هنگام تنفس با مصرف اکسیژن و آزاد کردن مقداری دی اکسیدکربن و تولید گرما بر هوای انبار تاثیر می‌گذارد. شدت تنفس غده‌ها بلافاصله پس از برداشت در بالاترین حد خود است، اما پس از چند روز به سرعت کاهش می‌یابد و تا پایان هفتهٔ اول بعد از برداشت تا میزان شدت تنفس پایه تنزل پیدا می‌کند. تنفس در محصولاتی که به صورت نارس برداشت شده‌اند در ابتدا شدیدتر از تنفس محصولاتی است که پس از رسیدگی کامل برداشت می‌شوند (شکل ۷).



شکل ۷- اثر تکمیل دورهٔ رسیدگی سیب‌زمینی بر تغییرات شدت تنفس آن در ۱۰ روز نخست پس از برداشت.

(هارپر و همکاران، ۲۰۱۷)

میـزان تـنفس پایـهٔ غـده‌هـای سـیب‌زمینـی در اوایـل دورهٔ انبـارداری تـابع دمـای انبـار است، اما از ماه سوم انبارداری به بعد، شدت تـنفس غـده‌هـا کمتـر تحـت تـاثیر دمـا قـرار مـی‌گیـرد. در هـر حـال، در محـدوده دمـای ۳ تـا ۵ درجـه سلسـیوس غـده‌هـای سیب‌زمینی کمترین شدت تنفس را دارند (شکل۸) (هارپر و همکاران[1]، ۲۰۱۷).



شکل ۸- اثر دمای انبار بر شدت تنفس سیب‌زمینی طی دوره انبارداری. منبع: (هارپر و همکاران، ۲۰۱۷)

- **تبخیر**

تنفس سبب اتـلاف بخـش انـدکی از رطوبـت سـیب‌زمینـی مـی‌شـود. عامـل عمـده افت رطوبت محصول، تبخیر رطوبـت از سـطح غـده اسـت. بـه همـین دلیـل، التیـام زخـم و آسیب‌های سطحی غـده بـه منظـور تـرمیم و کـاهش نفوذپـذیری پوسـت سـیب‌زمینـی همراه با کنترل جوانه‌زنی غـده‌هـا در کـاهش پلاسـیدگی و افـت رطـوبتی غـده‌هـا بسـیار

1. Harper

موثر است. در کنار این موارد، باید دقت داشت که افت رطوبت محصول انبارشده تابعی از میزان رطوبت نسبی و سرعت جریان هوای انبار است و با کاهش رطوبت نسبی و افزایش سرعت تهویه انبار، افت رطوبت محصول افزایش می‌یابد (پرینگل و همکاران، ۲۰۰۹). در انبار با عایق‌کاری و درزبندی ایده‌آل، پس از گذشت مدتی کوتاه از ذخیرهٔ سیب‌زمینی، رطوبت نسبی هوای انبار در محدوده تقریبی ۹۸-۹۴ درصد به تعادل می‌رسد. در شرایط فقدان دستگاه رطوبت‌ساز برای افزودن رطوبت به هوای انبار، رطوبت هوا عمدتاً از تبخیر سطحی رطوبت سیب‌زمینی تأمین می‌شود. رطوبت نسبی انبارهای دارای نشت زیاد هوا، معمولا به چنین حدی از رطوبت نسبی نمی‌رسد و نقطهٔ تعادلی رطوبت برای آنها بسیار پایین‌تر و افت رطوبت محصول ذخیره شده در آنها نیز قابل توجه خواهد بود، مگر آنکه رطوبت نسبی هوا در چنین انبارهایی با دستگاه رطوبت‌ساز (شکل ۹) تأمین شود (گودرزی و سیدان، ۱۴۰۱).

شکل ۹- دستگاه رطوبت‌ساز در انبار محصولات کشاورزی

منبع: (https://tidapars.com)

- **دوره خواب غده‌ها**

غده‌های تازه برداشت معمولاً تا مدتی جوانه نمی‌زنند، حتی اگر شرایط برای رشد جوانه مطلوب باشد. دوره‌ای که رشد جوانه‌ها به شکل فیزیولوژیکی مهار می‌شود، دوره "خواب غده" نامیده می‌شود. هنگامی که در ۵۰ درصد غده‌های سیب‌زمینی جوانه‌هایی به طول۳ میلی‌متر یا بیشتر ظاهر شود، دوره خواب غده پایان یافته و به اصطلاح خواب آن شکسته شده است. عوامل موثر بر طول دورهٔ خواب عبارت‌اند از: رقم سیب‌زمینی، دما و رطوبت هوا در مزرعه و شرایط دما و نور در انبار ذخیره‌سازی. طول دورهٔ خواب در ارقام مختلف سیب‌زمینی متفاوت است. روش موثر برای کاهش خسارت جوانه‌زنی سیب‌زمینی در انبار، انتخاب ارقام با دورهٔ خواب طولانی‌تر برای انبارداری بلندمدت است. تنظیم دمای انبار در محدودهٔ ۳ تا ۵ درجه سلسیوس تا حدی سبب به تعویق‌افتادن جوانه‌زنی در غده‌ها می‌شود. محصول تولیدی در تابستان‌های گرم و خشک، دورهٔ خواب کوتاه‌تری خواهند داشت. گرما و خشکی شدید هوا می‌تواند به تحریک جوانه‌زنی غده‌ها حتی در مزرعه و قبل از برداشت محصول منجر شود، در حالی که سیب‌زمینی‌های تولید شده در آب و هوای خنک، دوره خواب طولانی‌تری دارند. غرقاب کردن مزرعهٔ آماده برداشت، یا شستشوی محصول برداشت شده باعث تحریک شکستن خواب غده می‌شود (گودرزی و سیدان، ۱۴۰۱؛ موتونی و همکاران[1]، ۲۰۱۴).

- **التیام زخم‌ها**

غده سیب‌زمینی–که در مراحل مختلف برداشت، بسته‌بندی، و حمل و جابه‌جایی دچار آسیب‌های فیزیکی از قبیل زخم، سایش و ... شده است – تلاش

1. Muthoni

می‌کند آسیب وارد شده به خود را ترمیم کند. این کار ابتدا با ایجاد لایه‌ای مقاوم در برابر از دست‌دادن رطوبت و افزایش سرعت تقسیم سلولی در محل آسیب دیده صورت می‌گیرد. سرعت التیام یافتن غده، که در جلوگیری از ورود بیماری به غده نیز مهم است، تحت تأثیر عواملی مانند دما، رطوبت نسبی و سرعت تهویه انبار قرار دارد. به طور کلی دمای بین ۱۵ تا ۲۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی بالاتر از ۹۴ تا ۹۶ درصد باعث کاهش دورهٔ بهبودی زخم‌های غده سیب‌زمینی می‌شود. بر همین اساس، سیب‌زمینی‌هایی که دیرتر برداشت می‌شوند به دلیل مواجه شدن با هوای سرد پاییزه برای طی‌کردن موفق دوره التیام دهی نیازمند مراقبت‌های حمایتی بیشتری هستند. گرم کردن هوای انبار با ادوات گرماساز از مهم‌ترین این مراقبت‌هاست (اولسن[1] و همکاران، ۲۰۱۱).

• مدیریت مقدار قند احیا در غده‌های سیب‌زمینی

سیب‌زمینی متناسب با نوع رقم، شرایط مزرعه، و دمای انبار نگهداری، حاوی مقادیری گلوکز و فروکتوز (معروف به قندهای احیا) است. وجود مقادیر زیاد هر یک از این قندها در غده، شاخص کیفی نامطلوبی در فراوری سیب‌زمینی به حساب می‌آید، زیرا باعث کاهش کیفیت و تیره شدن رنگ سیب‌زمینی سرخ‌شده یا پخته می‌شود. در کنار این دو قند، هنگامی که مقدار قندهای سادهٔ گلوکز و فروکتوز غده‌ها بسیار پایین و اندازه‌گیری آنها دشوار یا با خطای زیاد همراه باشد، سنجش میزان ساکارز در غده‌های انبار شده نیز می‌تواند معیاری برای تعیین کیفیت سیب‌زمینی مناسب فراوری باشد (گودرزی، ۱۳۹۵).

1. Olsen

نگهداری سیب‌زمینی در دماهای کمتر از ۳ درجه سلسیوس باعث شیرین شدن آن می‌شود. زیرا با کاهش دمای انبار، تجزیهٔ نشاسته و تبدیل و تجمع آن در غده به شکل قند ساده تسریع می‌شود. بنابراین، دمای نگهداری سیب‌زمینی‌هایی که قرار است در بخش صنایع فراوری مصرف شوند نباید از آستانهٔ لازم برای تجمع قند احیا در غده‌ها (حدود ۶ تا ۸ درجه سلسیوس) کمتر باشد. یک روش موثر در رفع این مشکل، نگهداری غده‌ها در دمای ۳ تا ۵ درجه سلسیوس طی دوره انبارداری و سپس افزایش دمای انبار تا سطح ۸ تا ۱۰ درجه سلسیوس طی ۸ تا ۱۰ روز انتهایی دورهٔ انبارداری و قبل از انتقال محصول به واحدهای فراوری است. افزایش دمای انبار در تسریع روند تبدیل قند سادهٔ سیب‌زمینی به نشاسته موثر است. نباید فراموش کرد که این شیوه برای حذف قند ناشی از پیرشدن و جوانه زنی غده‌های سیب زمینی کارایی ندارد (گودرزی، ۱۳۹۵).

- **سبزشدن غده**

هنگامی که غده‌های سیب‌زمینی در معرض نور قرار می‌گیرند سلول‌های پوست غده شروع به تولید رنگدانهٔ سبز کلروفیل می‌کنند و سطح غده به رنگ سبز درمی آید. کلروفیل بی ضرر است، اما غده‌های سبز به دلیل دارا بودن مقادیر بالایی از ترکیب سمی سولانین، از خانوادهٔ گلیکوآلکالوئیدها، نباید مصرف شوند. مشاهده و بازرسی مداوم محصول نیازمند وجود نور کافی در فضای انبار است اما برای جلوگیری از سبز شدن غده‌های انبار شده قرار گرفتن آنها در معرض نور باید به حداقل برسد (اولسن و همکاران، ۲۰۱۱).

پایش و کنترل بیماری‌های انباری

- **پایش و کنترل بیماری**

پایش و کنترل بیماری یک ویژگی مهم در مدیریت انبارهای سیب‌زمینی است. تعداد کمی از بیماری‌ها منشأ انباری دارند. منشأ اکثر بیماری‌های گیاهی، خاک و بذر کشت شده است. برخی بیماری‌ها، صرف‌نظر از اینکه منشأ آنها کجا باشد، می‌توانند در انبار به پیشرفت خود ادامه دهند و باعث از بین رفتن جزئی یا کلی محصول و کاهش کیفیت و بازارپسندی آن شوند. بنابراین، برای کنترل بیماری لازم است محصول انبار شده به طور مداوم بازرسی شود. میزان گسترش بیماری در انبار به سه عامل بستگی دارد:

- مقدار عامل بیماریزا: مقدار اسپورها یا باکتری‌های بیماری‌زا که همراه غده وارد انبار می‌شوند.
- عوامل محیطی: رطوبت و دمای هوای انبار و وجود مواد غذایی لازم برای فعالیت عامل بیماری.
- مقاومت طبیعی غده در برابر عامل ایجاد بیماری.

در کنار مقاومت ژنتیکی غده به بیماری، وجود لایه‌ای پوستی کامل و سالم در سطح غده‌ها نیز در مقاومت محصول در برابر بیماری موثر است. به همین دلیل ضرورت دارد محصولی برای نگهداری بلندمدت راهی انبار شود که علاوه بر داشتن مقاومت ژنتیکی مناسب در برابر بیماری، در شرایط مناسبی تولید و برداشت شده باشد. به همین دلیل، بازدید دوره‌ای دقیق مزرعه قبل از برداشت و کنترل توده محصول پیش از ورود به انبار اهمیت بسیار زیادی دارد. شکل‌های ۱۲ و ۱۳

بیماری‌های مهم سیب‌زمینی و عوامل موثر در کنترل آنها را معرفی می‌کند (پیترز[1] و همکاران، ۲۰۰۸؛ هاید[2]، ۱۹۹۲).

	لکه نقره ای	خال سیاه	لکه پوستی	پوسیدگی خشک	گانگره	پوسیدگی صورتی	پوسیدگی نرم
سلامت غده بذری	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔
تناوب بلند مدت زراعی	✔	✔	✔			✔	
فصل رشد کوتاه	✔	✔			✔		✔
برداشت زودهنگام	✔	✔	✔		✔	✔	✔
حساسیت ذاتی رقم			✔	✔	✔	✔	✔
کاهش آسیب فیزیکی غده			✔	✔	✔	✔	✔
برداشت خشک	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔

شکل ۱۰- مراقبت‌ها و راهکارهای قبل از انبارداری که بر کنترل بیماری‌های گیاهی در انبار ذخیره‌سازی سیب‌زمینی موثرند. منبع: (پیترز و همکاران، ۲۰۰۸)

	لکه نقره ای	خال سیاه	لکه پوستی	پوسیدگی خشک	گانگره	پوسیدگی صورتی	پوسیدگی نرم
التیام دهی			✔	✔	✔		
سرد کردن فوری	✔	✔				✔	✔
سرد کردن شدید	✔	✔				✔	✔
نگهداری در دمای کم	✔	✔		✔		✔	✔
کاهش آسیب فیزیکی				✔	✔	✔	✔
ضد عفونی کردن انبار	✔		✔	✔			
ضد عفونی ادوات انبار	✔		✔	✔		✔	✔

شکل ۱۱- مراقبت‌ها و راهکارهای حین انبارداری که بر کنترل بیماری‌های گیاهی در انبار ذخیره‌سازی سیب‌زمینی موثرند.
منبع: (هاید، ۱۹۹۲)

1. Peters
2. Hide

حتی در صورت استفاده از بذر سالم نیز همواره احتمال وجود عامل بیماری در مزرعه و انتقال آن به انبار همراه با تودهٔ سیب‌زمینی وجود دارد. پس ضرورت دارد گام‌های احتیاطی لازم برای جلوگیری از گسترش بیماری در انبار به شکل دقیق و به شرح زیر برداشته شود (اولسن و همکاران، ۲۰۱۱):

- از تشکیل کامل پوست بر سطح غده‌های سیب‌زمینی ورودی به انبار اطمینان حاصل شود.
- با برنامه‌ریزی مناسب، زمان صرف شده برای برداشت و به دنبال آن، دورهٔ بارگیری انبار کوتاه شود. باز بودن طولانی مدت درِ انبار و افزایش دفعات تردد در آن، شانس نفوذ و گسترش آلودگی در انبار را زیاد می‌کند.
- جریان هوای انبار بهینه شود تا فرایند تخلیه رطوبت مازاد، التیام دهی و سردکردن محصول به خوبی طی شود.
- با پایش و کنترل مناسب دما و رطوبت نسبی و گردش هوای انبار، از چگالش آب بر سطوح مختلف انبار و محمولهٔ ذخیره شده جلوگیری شود.
- پیش از آغاز بارگیری، سطوح انبار و اداوات مستقر در آن به خوبی ضدعفونی شوند.

آمـــاده‌ســـازی و ضـــدعفونی پـــیش از بارگیری انبار

بازرســی ســالانهٔ ساختمان‌هـا، وسـایل و ماشـــین‌آلات گـــامی مهـم در آمـاده‌سـازی انبار است. بهتـر اسـت ایـن کـار همزمـان بـا نظافـت، شستشـو بـا آب تمیـز و ضـدعفونی انبـار (بـا محلـول ۶۰ درجـــه سلســـیوس هیپوکلریـت‌سـدیم بـا غلظـت ۱۰۰ تـا ۲۰۰ پی‌پـی‌ام بـرای سـطوح کاشی و ۱۰۰۰ تا ۵۰۰۰ پی‌پـی‌ام بـرای سـطوح بتنـی بـه مـدت حـدود ۱۰ تـا ۱۲ دقیقـه) و چنـد هفتـه پـیش از بـارگیری اجـرا شـود و بـه آخـرین فرصـت‌هـای پـیش از ورود محصول به انبار موکول نشود. تا آخـرین لحظـه پـیش از بـارگیری انبـار ایـن مراقبـت‌هـا پیگیـری شـود. در بازرسـی‌هـا بـه دنبـال نشـانه‌هـای آسـیب‌دیـدگی در سـازه انبـار، تأسیسات و ادوات باید بـود و مرمـت آنهـا بـه‌موقـع صـورت گیـرد تـا از نفوذناپـذیر بـودن انبار اطمینان حاصل شود (مظاهری و همکاران، ۱۳۸۴).

یادآوری

برای کاهش آسیب عوامل بیماری در انبار:

- ✓ با انتخاب ارقام مقاوم، حساسیت میزبان را کاهش دهید.
- ✓ عامل تلقیح را حذف کنید.
- ✓ شرایط محیطی انبار را به طور مستمر پایش کنید.

اقدامات موثر در کنترل بیماری در انبار ذخیره‌سازی:

- ✓ جداسازی اندام هوایی سیب‌زمینی از محصول و جلوگیری از ورود آنها به انبار.
- ✓ حصول اطمینان از ایجاد پوست ضخیم روی غده‌ها.
- ✓ به حداقل رساندن آسیب وارده به محصول در مراحل مختلف پس از برداشت.
- ✓ حجم محصول ورودی به انبار مناسب باشد.
- ✓ سطح محصول موجود در انبار خشک باشد و چگالش رطوبت روی آنها رخ ندهد.
- ✓ کاستن از دما و سرد کردن هوای انبار بدون تاخیر اجرا شود.

- **پراکندگی و حذف اسپورها**

نظافت و مرمت سالانه، خطرهای ناشی از شیوع بیماری در انبار را به حداقل می‌رساند. تهویه اقدامی ضروری برای تنظیم و تعادل‌بخشی به دما، رطوبت نسبی، و غلظت گازهای تنفسی در هوای انبار است. با این حال، این عملیات به طور ناخواسته گرد و غبار حاوی اسپورهای بیماری‌زا را در سراسر انبار منتشر می‌کند. پس، تبادل آلودگی بین محموله‌های مختلف سیب‌زمینی در انبار گریز ناپذیر است. فعالیت پرسنل و ماشین‌آلات (کامیون، لیفتراک و ...) در داخل انبار هم عامل جابه‌جایی گرد و غبار موجود در کف انبار و انتشار بیشتر آن است. ابر حاصل از برخاستن گرد و غبار، روی سطح محصولات انبار شده می‌نشیند، جایی که خطر چگالش رطوبت (کندانس) و تامین آب مورد نیاز برای شروع جوانه‌زنی اسپورها بسیار بیشتر است. جارو زدن کف انبار با جاروی‌های برسی، زباله‌ها و ذرات گرد و غبار سنگین‌تر را در امتداد زمین حرکت می‌دهد، در حالی که ابری از ذرات سبک‌تر ایجاد و به هوا بلند می‌کند که حاوی بخش عمده‌ای از اسپورهاست. استفاده از جاروبرقی (شکل ۱۲) این مزیت را دارد که هنگام نظافت سطح انبار از طریق مکش، گرد و غبار موجود روی سطح را به درون مخزن خود می‌کشد و از طریق صافی‌های کارآمد موجود در درون دستگاه، علاوه بر گرد و خاک، بیشتر اسپورها را هم از محیط انبار خارج می‌کند. بنابراین، استفاده از جاروبرقی بسیار بهتر از به-کارگیری جاروی دستی است (گریتل[1] و همکاران، ۲۰۱۶).

1. Grittle

شکل ۱۲- توصیه به استفاده از جارو برقی برای نظافت انبار
منبع: (گریتل و همکاران، ۲۰۱۶)

- **ضد عفونی انبار**

پاکسازی فضای انبار از گرد و غبار و غده‌های باقی‌مانده از فصل پیشین انبارداری، به حذف بخش زیادی از عوامل ایجاد و گسترش بیماری در انبار کمک می‌کند. در اغلب مواقع همین راهکارها برای کنترل آلودگی در بیشتر محصولات زراعی انبار شده کافی است. با این همه، اگر بیماری پوسیدگی مرطوب در فصل قبل ایجاد مشکل کرده است، تمیز کردن جعبه‌ها، پالت‌ها و گونی‌هایی که محصول درون آنها نگهداری می‌شود و نیز تمیز کردن مناطق حساس و دور از دسترس انبار به کمک بخار داغ توصیه می‌شود.

اگر برای ذخیرهٔ محصولات با سطح سلامت بالا، حذف کل اسپورهای زنده از انبار ضرورت داشته باشد، می‌توان از مواد ضدعفونی کننده استفاده کرد. اجرای این

برنامه در انبارهایی بسیار مهم است که در آنها پوسیدگی نرم باکتریایی یا بیماری‌های قارچی مانند پوسیدگی خشک مشاهده شده است. بیشتر مواد ضد عفونی کننده، بدون تمیز کردن مقدماتی انبار و خارج کردن گرد و غبار و مواد زاید از انبار (شکل ۱۳)، اثر بخشی چندانی ندارند زیرا در تماس با مواد آلی موجود در انبار غیرفعال می‌شوند. اطمینان حاصل شود که مواد ضد عفونی کنندهٔ مورد استفاده در داخل انبار، که ممکن است با محصول تماس پیدا کنند، مجوز استفاده در صنایع غذایی داشته باشند و در بازارهای مقصد نیز کاربرد آنها ممنوع نباشد (کارگیل و همکاران، ۱۹۸۹).

- **جعبه‌ها**

قرار دادن جعبه‌ها و پالت‌ها در فضای آزاد خارج از انبار و در معرض تابش نور خورشید باعث می‌شود تا نور فرابنفش آفتاب بتواند اسپورهای زنده را از بین ببرد. بیشتر از چهار جعبه یا پالت خالی روی هم چیده نشود. اگر جعبه‌ها در ردیف‌های جفتی کنار هم چیده می‌شوند، وجود کمی فاصله بین ردیف‌ها به تابش نور به همه سطوح جعبه‌ها کمک می‌کند، هرچند قرار گرفتن در معرض تابش نور خورشید می‌تواند عمر جعبه‌ها را تا ۴۰ درصد کاهش دهد. پالت‌های فلزی چنین مشکلی ندارند. همه ساله بخشی از پالت‌ها و جعبه‌های موجود در انبارها به پایان عمر مفید خود می‌رسند و نیازمند جایگزینی هستند. در بازرسی‌ها دقت کافی شود برای کسب اطمینان از شناسایی همهٔ پالت‌ها و جعبه‌های فرسوده و معیوب. خطر استفاده از پالت‌ها و جعبه‌هایی که وضعیت سلامت آنها مورد تردید است و نزدیک به فرسودگی هستند جدی گرفته شود؛ بهتر است تعویض شوند زیرا اگر محمولهٔ

ذخیره شده در یکی از آنها خراب شود مشکلات زیادی برای سلامت کل محصول انبار شده و سامانه‌های تهویه ایجاد می‌کند (پرینگل و همکاران، ۲۰۰۹).

- **بازدید و تعمیرات دوره‌ای**

تمیز نگه داشتن سامانه‌های تهویه و سرماساز مانند پنکه‌ها و کویل‌های تهویه و تبرید و کانال‌های جریان هوا به طولانی‌تر شدن عمر مفید سامانه و بهبود کارایی آنها کمک می‌کند. اجرای بازدیدهای دوره‌ای منظم سامانه‌های برودتی، تهویه و مراقبتی توسط متخصصان خبره باعث حصول اطمینان از عملکرد مطمئن و صحیح انبار در دورهٔ انبارداری و طولانی‌شدن عمر مفید تجهیزات خواهد شد. به‌ویژه آنکه سامانه‌های سرماساز پیچیده‌تر از آن هستند که توسط افراد غیرمتخصص تعمیر شوند.

شکل ۱۳- قبل از بارگیری انبار، کلیه زباله‌ها و مواد زائد برجای مانده از فصل قبل از انبار خارج شود. منبع: (اولسن و همکاران، ۲۰۱۱)

طبق مقررات جدید، تعویض برخی گازهای مورد استفاده در سرماسازها و بررسی وضعیت نشت آنها برای به حداقل رساندن آسیب به لایهٔ ازن ضروری است. بنابراین مطمئن‌بودن از سازگاری این سامانه‌ها با قوانین زیست‌محیطی اهمیت بالایی دارد (گریتل و همکاران، ۲۰۱۶).

- **حسگرهای انبار**

مدیر انبار باید اطمینان حاصل کند که دمای توده محصول در سراسر انبار تقریباً یکنواخت است تا خطر چگالش (کندانس رطوبت) را به حداقل برساند. این کار نیازمند به‌کارگیری حسگرهای دقیق دما و رطوبت است که قادر به شناسایی اختلاف دما با دقت ۰/۵درجه سلسیوس باشند. بنابراین، پایش منظم و کالیبره‌کردن صحیح حسگرها اهمیت زیادی دارد تا اطمینان حاصل شود هرگونه اختلاف دمای اندازه‌گیری شده توسط حسگرها واقعی است و ناشی از خطای دستگاه نیست. حسگرهایی که نشانه‌ای از آسیب در کابل یا بدنه یا خود دستگاه در آنها دیده می‌شود به سرعت تعویض شوند. این موضوع شامل کابل‌های انتقال داده نیز می‌شود. زیرا فشردگی یا کشیدگی بیش از اندازه کابل‌ها با ایجاد تغییر در مقاومت الکتریکی آنها باعث ایجاد خطا در داده‌های دریافت شده خواهد شد (پرینگل و همکاران، ۲۰۰۹). در هر دو نوع انبار پالتی و فله‌ای سیب‌زمینی، حسگرها باید در بخش‌های بالا، کف و میانی تودهٔ محصول نصب شوند. بهتر است حسگرهای مستقر در بخش بالایی و پایینی تودهٔ ذخیره شده به شکل افقی (به موازات سطح توده) و در کمترین فاصله از سطح توده نصب شوند (شکل۱۴) تا آنکه به شکل عمودی در بالای توده آویزان شوند (گریتل و همکاران، ۲۰۱۶؛ پرینگل و همکاران، ۲۰۰۹).

شکل ١٤- نحوه صحیح قرارگیری حسگر دما در سطح توده سیب‌زمینی انبار شده. منبع: (پرینگل و همکاران، ۲۰۰۹)

بارگیری انبار

- **دریافت محموله**

نحوهٔ بارگیری انبار باید به دقت و پیش از آغاز دورهٔ برداشت برنامه‌ریزی شود. محموله‌های مشابه از نظر کیفیت، طول تقریبی دوره انبارمانی و کشش بازار، در کنار هم نگهداری شوند. این راهکارها با مدیریت

یادآوری

در بازرسی انبار:

- ✓ کارایی دمنده‌ها را آزمایش کنید.
- ✓ سرویس‌کاران معتبر را برای تعمیر به کار بگیرید.
- ✓ اطمینان حاصل کنید که گاز ادوات سرماساز سازگار با قوانین محیطزیستی است.

برای ضد عفونی انبار:

- ✓ قبل از استفاده از ترکیبات ضدعفونی کننده، تمام گرد و غبار داخل انبار را برطرف کنید.
- ✓ برای زدودن گرد و غبار از جاروبرقی استفاده کنید نه جاروی دستی.
- ✓ ضد عفونی را تنها پس از تمیز کردن کامل انبار آغاز کنید.

در مورد حسگرها:

- ✓ سالانه آنها را بازبینی و کالیبره کنید.
- ✓ کابل‌های شکسته یا کشیده را تعمیر یا تعویض کنید.
- ✓ حساسیت حسگرها را اندازه‌گیری کنید.

انبار را بهبود می‌بخشد و بازدهی انبارداری را افزایش می‌دهد.

- **برداشت**

محصولات باید به شکلی برداشت شوند که تا حد ممکن عاری از آسیب-دیدگی، خاک، بقایای گیاهی و موارد خارجی زائد باشند. محصول ورودی به انبار حداکثر طی یک یا دو ساعت اول تهویه شود تا رطوبت مازاد سطح غده خشک و از انبار خارج شود. جابه‌جایی هوای انبار با هوای بیرون مانع از ایجاد چگالش رطوبت بر سطح غده‌های سیب‌زمینی و خیس شدن مجدد سطح آنها می‌شود. تهویه، گرمای حاصل از تنفس سریع غده‌های تازه برداشت شده را خارج می‌کند. در غیر این صورت، این هوای گرم در بخش‌های فوقانی و خنک‌تر تودهٔ سیب‌زمینی سبب چگالش رطوبت و خیس شدن سطح محصول در آن نواحی خواهد شد. محصول خیس شده به شدت مستعد آسیب‌دیدگی، فساد میکروبی و شکسته شدن خواب است (گریتل و همکاران، ۲۰۱۶).

- **سرعت بارگیری**

بهتر است بارگیری و ورود محصول به انبار در مدت یک هفته و حداکثر دوهفته تکمیل شود. این کار در حفظ شرایط بهینه نگهداری سیب‌زمینی‌ها و در نهایت حفظ کیفیت محصول بسیار موثر است. اگر تکمیل بارگیری انبار در این بازه زمانی عملی نباشد، توصیه می‌شود فضای انبار با پرده‌های برزنتی موقتاً به بخش‌های کوچک‌تر تقسیم شود و تهویهٔ هر قسمت، بلافاصله پس از تکمیل ظرفیت آغاز شود. این کار به اعمال مدیریت بهتر بر محصول انبارشده و کاهش هزینه‌های تهویه کمک می‌کند. با تکمیل هر بخش می‌توان پردهٔ جدا کننده را

جمع‌آوری کرد و فضا را به وضعیت یکپارچه پیشین برگرداند. خوشبختانه طراحی انبارهای جدید به شکلی است که فضای انبار به چند سلول یا اتاق مجزا تقسیم شده است و هر سلول می‌تواند به شکل مستقل بارگیری و برنامهٔ تهویه مخصوص به خود را داشته باشد (گریتل و همکاران، ۲۰۱۶).

- **شرایط محصول**

نمونه‌برداری از سطح مزرعه باعث شناسایی انواع آفات و بیماری‌های در حال فعالیت می‌شود؛ نگهداری نمونه غده‌های برداشت شده از مزرعه برای چند روز در دمای حدود ۲۱ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی بیش از ۸۵ درصد منجر به شناسایی آفات و بیماری‌های بالقوه موجود در مزرعه خواهد شد. به این ترتیب امکان تصمیم‌گیری برای پذیرفتن یا نپذیرفتن محموله برای ورود به انبار قبل از برداشت محصول از مزرعه و با کمترین ریسک طغیان آلودگی در انبار فراهم می‌شود. برای جلوگیری از آلودگی، محموله‌های دارای آلودگی یا باران خورده باید به شکل مجزا (ترجیحاً در سالن‌های جداگانه) انبار شوند. محموله‌های سیب‌زمینی با ۱ تا ۲ درصد آلودگی، باید در جعبه‌ها یا پالت‌های جداگانه نگهداری و به مدت ۴ تا ۵ هفته به طور مداوم هوادهی شوند تا زمانی که بخش‌های واجد آلودگی غده‌ها با لایهٔ محافظ (لایهٔ کالوز) محصور شود. محصولاتی با بیش از ۲ درصد پوسیدگی نباید وارد انبار شوند. این قبیل محصولات باید سریعاً و پس از جداسازی غده‌های آلوده، به بازار مصرف عرضه شوند. در حالت ایده‌آل، دمای محموله در حال ورود به انبار باید بین ۱۲ تا ۲۰ درجه سلسیوس باشد. در چند روز اول ورود محصول به انبار، بهتر است در زمان‌هایی که اختلاف دمای هوای بیرون انبار و محصول انبار شده کمتر از ۴ درجه سلسیوس است نسبت به جابه‌جایی هوای انبار با هوای تازهٔ

بیرون اقدام شود تا رطوبت مازاد در سطح محصول حذف شود. هنگام تهویه انبار با هوای گرم‌تر از دمای محصول، دمای نقطه شبنم به طور مداوم کنترل شود تا از ایجاد چگالش رطوبت روی سطوح داخل انبار یا بخش‌های خنک محصول جلوگیری شود. در صورت بروز چگالش رطوبت و خیس شدن سطح محصول، برای جلوگیری از گسترش بیماری در انبار سطوح خیس شده به سرعت خشک شوند. این کار به سادگی و از طریق به گردش درآوردن هوای انبار (تهویه داخلی) به منظور یکنواخت کردن دما و رطوبت نسبی سراسر فضای انبار امکان پذیر است (کانینگتون و همکاران، ۱۹۹۷؛ گریتل و همکاران، ۲۰۱۶).

- **پیشگیری از آسیب‌دیدگی**

ایجاد آسیب مکانیکی در غده‌های سیب‌زمینی در زمان بارگیری و جابه‌جایی نیز باید به کمترین مقدار برسد. استفاده از نوار نقاله (شکل۱۵) و کارگران ماهر آموزش دیده در این امر بسیار موثر است.

شکل ۱۵- استفاده از نوار نقاله سیار برای کاهش آسیب و تسریع در جابه‌جایی تودهٔ سیب‌زمینی
منبع:(https://www.agriexpo.online)

قارچ‌ها و بیماری‌ها از راه زخم و نقاط آسیب دیده در سطح پوست به غده حمله می‌کنند. روشن است که محصول آسیب‌دیده نمی‌تواند به عنوان محصولی مرغوب و با قیمت مناسب در بازار به فروش برسد. برای پایش چگونگی آسیب‌دیدگی غده‌ها، وضعیت خسارت باید به شکل روزانه بررسی شود، عوامل ایجاد آسیب به سرعت شناسایی و پیش از ایجاد خسارت گسترده در تودهٔ محصول رفع شوند. روش‌های استاندارد برای ارزیابی خسارت غده‌ها وجود دارد. یکی از کارآمدترین این روش‌ها، "محفظه گرم سیب‌زمینی[1]" نام دارد (شکل ۱۶). در این شیوه، نمونه‌های سیب‌زمینی به مدت ۱۲ ساعت در محفظه‌ای با دمای ثابت ۳۰ درجه سلسیوس و رطوبت‌نسبی ۹۷ درصد قرار می‌گیرند. بلافاصله پس این مدت، غده‌ها به منظور شناسایی خسارت کوفتگی و دیگر آسیب‌های فیزیکی یا بیولوژیکی موجود در غده بررسی می‌شوند(پرینگل و همکاران، ۲۰۰۹).

شکل ۱۶- استفاده از محفظهٔ گرم سیب‌زمینی تصویری روشن از وضعیت آتی آلودگی محموله در انبار را نمایان می‌کند.

منبع: (https://martinlishman.com/potato-hot-box)

1.Potato Hot Box

قرارگرفتن غده در این محفظه، در مقایسه با انبار سرد، به پیشرفت سریع‌تر تغییرات فیزیکوشیمیایی یا بیولوژیک کمک می‌کند. به این ترتیب تغییرات و نشانه‌های خسارت‌های احتمالی، که قرار است پس از چند هفته در غده‌های سیب‌زمینی نمایان شود، در مدت چند ساعت نمایان می‌شود و به اتخاذ تصمیم صحیح در مورد توده مورد بررسی کمک می‌کند(پرینگل و همکاران، ۲۰۰۹).

• انباشت و چیدن جعبه در انبار

نحوهٔ انباشت گونی‌ها، جعبه‌ها یا پالت‌ها نقش مهمی در دستیابی به توزیع یکنواخت جریان هوا و دمای محصول در سراسر انبار دارد. در انبارهای با سامانهٔ تهویه "توزیع شبکه‌ای" (دارای کانال‌های منشعب فرعی)، طراحی اولیه نحوهٔ قرارگیری گونی‌ها، جعبه‌ها و یا ارتفاع توده فله در انبار به کمک شبیه‌سازی و مدل‌های جریان هوا صورت می‌گیرد و پس از آن برای بهینه‌سازی و اصلاح جریان هوا در انبار، نقشهٔ اولیه چیدمان با استفاده از پوشش‌های کمکی اصلاح می‌شود. در انبارهای با سامانه‌های تهویهٔ "پرتابی روباز" کانال‌های فرعی توزیع هوا وجود ندارد و هوای خروجی از سامانهٔ تهویه مستقیماً وارد فضای آزاد انبار می‌شود. جریان هوای ایجاد شده توسط این سامانهٔ تهویه، همواره از مسیری با کمترین مقاومت حرکت می‌کند. بنابراین نحوهٔ قرارگیری گونی‌ها و جعبه‌های حاوی سیب‌زمینی باید به‌گونه‌ای باشد که هوا تا عمق ۴۰ سانتی‌متری آنها اجباراً نفوذ کند (شکل ۱۷). در این سامانهٔ تهویه، هوا در برخی گوشه‌های انبار و به ویژه جایی که جریان هوای شیب‌دار به سمت دمندهٔ مرکزی وجود داشته باشد به خوبی جابه‌جا نمی‌شود. توجه شود که هر چه مسیر گردش هوا از دمنده به فضای انبار و بازگشت آن به سمت دمنده کوتاه‌تر باشد کارایی سامانهٔ تهویه کمتر خواهد بود.

شکل ۱۷- بارگیری محمولهٔ سیب‌زمینی در جعبه‌های چوبی و قرارگیری اصولی آن در انبار با سامانهٔ تهویهٔ روباز
منبع: (پرینگل، ۱۹۹۲)

برای بهینه‌سازی جریان هوای دمیده شده در این نوع سامانه‌های تهویه، استفاده از پرده‌های جداکننده فضا در انبار توصیه می‌شود (شکل ۱۸). این کار می‌تواند دسترسی نواحی انتهایی و گوشه‌های انبار را به هوای تازه تا دو برابر افزایش دهد. این افزایش در کارایی سامانهٔ تهویه و توزیع هوا به ویژه هنگامی که در انبار از ترکیبات ضد جوانه‌زنی استفاده شده باشد اهمیت دوچندانی خواهد داشت، زیرا کارایی ترکیبات مهارکنندهٔ جوانه‌زنی به توزیع یکنواخت هوا در انبارها وابسته است که با چنین اقداماتی بهبود می‌یابد (پرینگل، ۱۹۹۲). در انبارهایی که سالن با طول بلند دارند، سامانه‌های تهویهٔ "پرتابی روباز" بدون کانال‌های فرعی توزیع هوا، علاوه بر توزیع هوای تازه، به یکنواخت کردن دمای توده محصول انبار شده نیز کمک می‌کنند. به این ترتیب خطر چگالش رطوبت روی سطح محصول

(به‌ویژه در نواحی با دمای پایین‌تر از دمای متوسط انبار) تا حد زیادی برطرف می‌شود.

شکل ۱۸- پرده جدا کنندهٔ فضا در انبار با سامانهٔ تهویهٔ روباز

منبع: (پرینگل، ۱۹۹۲)

یادآوری

برنامه‌ریزی:

- ✓ پیش از برداشت، برای بارگیری صحیح انبار طرح‌ریزی کنید.
- ✓ کیفیت و سلامت محصولات مرغوب را با انبارداری اشتراکی به خطر نیندازید.

شرایط محصول:

- ✓ اطمینان حاصل کنید که محصول شرایط خوبی دارد و پوست‌گیری آن کامل شده است.

انباشت پالت با جعبه‌ها :

- ✓ با جلوگیری از گردش کوتاه هوا در انبار، هزینه‌های انرژی مصرفی در بخش تهویهٔ انبار را کاهش دهید.
- ✓ جعبه یا پالت‌ها را بیش از ظرفیت پر نکنید.

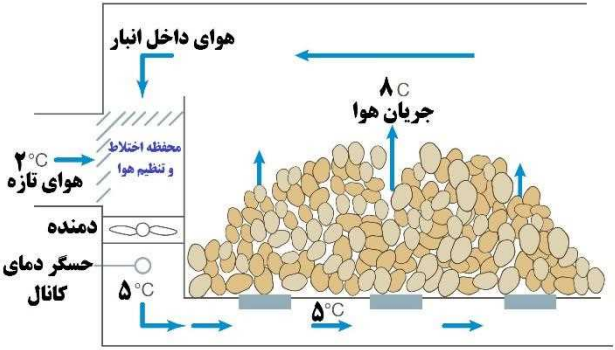
تهویه

تهویه یک فرایند اساسی در ذخیره‌سازی است، حرکت هوا از لابه لای تودهٔ سیب‌زمینی وظیفهٔ مهم تنظیم شرایط محیطی محصول را بر عهده دارد. جریان هوا این کار را با خشک کردن رطوبت سطحی غده‌ها، سرد یا گرم کردن، مرطوب کردن یا انتقال ترکیبات شیمیایی به مجاورت غده‌های سیب‌زمینی برعهده دارد. اجرای درست برخی از این فرآیندهای کلیدی مانند خشک کردن رطوبت سطحی و سرد کردن اولیهٔ غده‌ها نیازمند اتخاذ استراتژی‌های خاصی است که در بخش‌های بعدی در بارهٔ آنها صحبت می‌شود. با وجود این، در بسیاری از انبارهای سیب‌زمینی هنوز هم برای خنک کردن محصول از هوای بیرون انبار (با دمای مناسب) استفاده می‌شود. از آنجا که هوای محیط نیازی به خنک کردن مکانیکی ندارد، هزینهٔ اجرای آن حدود یک چهارم هزینه خنک کردن با وسایل برقی سرماساز است (امراگی و همکاران، ۲۰۲۱).

- **اختلاط هوا**

نصب سامانهٔ اختلاط هوای درون و بیرون انبار (شکل ۱۹) امکان تنظیم حداقل دمای هوای ورودی به کانال‌های توزیع هوا را متناسب با دمای توده ذخیره شده فراهم می‌کند. در انبارهای جدید، این ویژگی به عنوان اولین و اقتصادی‌ترین روش تنظیم دمای انبار، کاربرد وسیعی دارد. در این سامانه، با تغییر در میزان بازبودن دریچهٔ اختلاط هوای گرم داخل و هوای خنک بیرون انبار، امکان تولید هوای مناسب برای تهویهٔ انبار که اختلاف دمای آن با دمای محصول انبار شده بیشتر از ۴ درجه سلسیوس نباشد فراهم خواهد شد (هافمن[1] و همکاران، ۲۰۰۷).

1. Hoffmann



شکل ۱۹- سامانهٔ اختلاط هوا، برای استفاده از هوای خنک بیرون در تهویه انبار. منبع: (هافمن و همکاران، ۲۰۰۷)

- **میزان و دبی (شدت جریان) تهویه در انبار سیب‌زمینی**

انبارهای فله

در انبارهای فله فرض بر آن است که تقریباً تمام هوایی که از دمنده خارج می‌شود از لابه‌لای محصول عبور می‌کند. بر این اساس دبی محاسبه شده برای تهویه در انبارهای فله ۰/۰۲ متر مکعب بر ثانیه به ازای هر تن محصول اعلام شده است. اما با در نظر گرفتن ویژگی‌های کیفی سیب‌زمینی و به منظور جلوگیری از افت وزنی شدید و پلاسیدگی غده‌ها در عمل دبی ۰/۰۴ متر مکعب بر ثانیه به ازای هر تن محصول اعمال می‌شود. به این ترتیب گرمای انبار در مدت زمان کوتاه‌تری تخلیه می‌شود و افت وزنی غده‌ها کمتر خواهد بود. ورود معکوس‌کننده‌ها یا اینورترهای مقرون به صرفه فرکانس متغیر به بازار، امکان تنظیم سرعت دمنده‌ها را فراهم کرده است. به این ترتیب می‌توان دمنده‌ها را مطابق برنامهٔ تهویه انبار در سرعت‌های متفاوتی به کار گرفت. این کار صرفه‌جویی قابل توجهی در مصرف انرژی انبار به دنبال دارد. برای مثال، کاهش ۸۰ درصد در سرعت دمنده،

مصرف انرژی را در حدود ۵۰ درصد پایین می‌آورد. استفاده از دمنده‌های با سرعت متغیر بهبود چشمگیری در اثربخشی فعالیت‌هایی مانند انتشار ترکیبات کنترل کنندهٔ جوانه‌زنی سیب‌زمینی در انبار ایجاد می‌کند، زیرا اجرای این عملیات در شرایط بهینه نیازمند جابه‌جایی هوای داخل انبار با دبی ۰/۰۰۳۵ تا ۰/۰۰۶ مترمکعب در ثانیه است. فراهم کردن این جریان ملایم هوا، تنها با استفاده از دمنده‌های جریان متغیر و کاهش موقت ۷۰ تا ۸۰ درصد در سرعت دمنده ممکن خواهد بود. با این حال، باید دقت شود که کاهش سرعت جریان هوا از حداقل میزان لازم برای غلبه بر افت فشار جریان در حال عبور کمتر نباشد مگر آنکه ابعاد کانال‌های عبور جریان هوا متناسب با کاهش سرعت جریان هوا کوچک‌تر شود. اگر این حالت برقرار نشود، تهویه در همه نقاط انبار یکنواخت نخواهد بود و هوای بخش‌هایی از انبار دست نخورده باقی خواهد ماند. در این نقاط، محصول با خطر جدی افت کیفیت و فساد روبه‌رو خواهد شد (هارپر و همکاران، ۲۰۱۷؛ امراگی و همکاران، ۲۰۲۱؛ هافمن و همکاران، ۲۰۰۷).

انبارهای غیر فله

به طور معمول، دبی جریان هوا برای انبارهایی که سیب‌زمینی در آنها به شکل گونی یا در جعبه و پالت نگهداری می‌شود برابر ۰/۰۲ مترمکعب در ثانیه به ازای هر تن محصول در نظر گرفته می‌شود. در انبارهای با سامانهٔ تهویهٔ "پرتابی روباز" جریان هوا ضمن حرکت در فضای خالی انبار و اطراف گونی یا جعبه‌ها، هوای این نقاط را خنک می‌کند. اما این جریان هوا فشار کافی برای نفوذ موثر به درون توده محصول درون بسته‌بندی ندارد. به همین دلیل خنک شدن محصول درون بسته‌بندی کند و از طریق انتقال طبیعی و همرفت پیش می‌رود، هر چند ایجاد جریان آشفته ناشی از جابه‌جایی هوای سرد و گرم درون انبار تا حدی به

بهبود سرعت خنک شدن محصول کمک می‌کند. این نوع سامانهٔ تهویه با دبی پایین بیشتر به منظور کمک به توزیع یکنواخت هوا در سراسر انبار به‌کار گرفته می‌شود و بازدهی چندانی برای حذف گرمای انبار و تنظیم یکنواخت دما در سراسر تودهٔ سیب‌زمینی انبار شده ندارد (هارپر و همکاران، ۲۰۱۷).

- **سامانهٔ تهویهٔ جابه‌جایی مثبت**

برای تسریع در اجرای عملیات خشک کردن و خنک کردن تودهٔ سیب‌زمینی در انبار، استفاده از سامانه‌های تهویهٔ جابه‌جایی مثبت توصیه می‌شود، که در آن هوا به اجبار (تحت نیروی دمنده) از لابه لای تودهٔ سیب‌زمینی عبور می‌کند. این روش تهویه برای سیب‌زمینی‌های با بسته‌بندی متراکم، درجه‌بندی نشده، آلوده به بیماری و حاوی مواد خارجی مانند خاک و بقایای گیاهی، یا سیب‌زمینی‌های خیس و مرطوب بسیار مناسب است. تهویهٔ جابه‌جایی مثبت برای انتشار یکنواخت کلروپروفام در انبار و کاهش نوسان دما در نقاط مختلف انبار (در نتیجه، کم‌کردن خطر کندانس رطوبت) کاربرد فراوانی دارد. در انبارهای جدید ذخیره‌سازی به طور فزاینده‌ای از سامانه‌های تهویه مثبت استفاده می‌شود. زیرا با به کارگیری این نوع سامانهٔ تهویه، امکان افزایش ظرفیت انبارها بدون نگرانی از بروز مشکل غیریکنواختی تهویه انبار به راحتی میسر خواهد بود، به ویژه اگر با طرح "مکش جانبی" به عنوان مسیر انتخابی برای گردش هوا در انبار همراه شود (شکل ۲۰) (پرینگل، ۱۹۹۲).

در انبارهای دارای سامانهٔ تهویهٔ "پرتابی روباز" فضای خالی حدفاصل سقف انبار و سطح فوقانی محصول انبار شده مملو از هوای خنک می‌شود و دما در آن نواحی کمتر از سایر نقاط انبار خواهد بود. پس، سطوح بیرونی (و به ویژه فوقانی) تودهٔ

مستقر در انبار سردتر و بخش‌های مرکزی آن گرم‌تر خواهد بود. این اختلاف دما باعث می‌شود تا جابه‌جایی هوای گرم لابه لای محصول با هوای سرد انبار تنها ناشی از اختلاف دمای دو نقطه و به طریق جابه‌جایی طبیعی و با سرعت اندک صورت گیرد. خنک شدن محصول در چنین شرایطی زمان‌بر خواهد بود. نتیجه آن است که غدهٔ سیب‌زمینی در زمان‌های طولانی‌تری ناگزیر به تحمل گرما و تنفس با سرعت بالا خواهد بود. همچنین در زمان‌های خاموش بودن دمنده‌های سامانهٔ تهویه، همواره احتمال چگالش رطوبت روی سطوح بالایی تودهٔ ذخیره شده وجود خواهد داشت. این سامانه اگر چه در مقایسه با روش تهویهٔ جابه‌جایی مثبت کارایی بالایی ندارد، اما کماکان قادر است حداقل‌های مورد نیاز را برای تهویه انبار تامین کند. با وجود این اشکالات، به دلیل کم هزینه بودن و استقرار کانال‌ها و دیگر تاسیسات این نوع تهویه در فضای فوقانی و بدون استفاده انبار (منطقه خرپا یا زیر سقف)، کماکان از این روش تهویه استقبال می‌شود (هارپر و همکاران، ۲۰۱۷).

شکل ۲۰- مکش جانبی، گزینه‌ای مفید در طراحی سامانه‌های تهویه جابه‌جایی مثبت در انبارهای سیب‌زمینی است.

منبع: (هارپر و همکاران، ۲۰۱۷)

برای بهبود عملکرد سامانه تهویهٔ "پرتابی روباز" باید توزیع هوا در فضای انبار تا حد امکان یکنواخت شود. تحقیقات جدید نشان داده است که تنها ۱۵ درصد هوای خروجی از دمنده به نقاط دور انبار می‌رسد و حجم عمده هوای در حال گردش با انتخاب کوتاه‌ترین مسیر و چرخش در فضای آزاد انبار، دوباره به سمت دمنده بازمی‌گردد. این وضعیت، اشکال اصلی این‌گونه سامانه‌های تهویه است (امراگی و همکاران، ۲۰۲۱).

خشک کردن

شرط اول ذخیره‌سازی موفقیت‌آمیز سیب‌زمینی، خشک کردن رطوبت سطحی مازاد آن، قبل از خراب شدن، و حصول اطمینان از خشک ماندن و نگهداری محصول در بهترین شرایط ممکن طی دورهٔ انبارداری است.

یادآوری

تهویه:

- ✓ از ورود هوای کافی به انبار برای خشک کردن کامل رطوبت اضافی سطح سیب‌زمینی‌ها مطمئن شوید.
- ✓ دبی (شدت جریان) هوایی در حدود ۰/۰۳۵ متر مکعب در ثانیه به ازای هر تن محصول انبار شده همراه با فشار استاتیک ۳۷۵ پاسکال در انبارهای فله و ۲۵۰ پاسکال برای جریان هوای برگشتی به دمنده‌ها در انبارهای غیر فله، برای اطمینان از ورود هوای کافی به انبار لازم است.

سامانهٔ تهویه هوای جابجایی مثبت را انتخاب کنید و کارایی آن را ارتقاء دهید:

- ✓ سامانه‌هایی که هوا را مجبور به عبور از فضای لابه لای محصول می‌کنند، بهترین عملکرد را دارند.
- ✓ دبی هوای در حال گردش توسط سامانه تهویه را بهینه کنید.
- ✓ با به کارگیری طرح مکش جانبی و گردش اجباری هوا در کل فضای انبار و محموله، کارایی سامانه تهویه را افزایش دهید.

- **رطوبت آزاد**

هنگامی که محصول تازه برداشت شده وارد انبار می‌شود، رطوبت از طریق خاک مرطوب چسبنده به آن به انبار راه پیدا می‌کند. رطوبت نسبی هوای مجاور سطح آب آزاد حدود ۱۰۰ درصد است. اگر رطوبت نسبی هوا تا میزان در حال تعادل با رطوبت سیب‌زمینی (۹۴ تا ۹۶ درصد) کاهش یابد، رطوبت مازاد انبار از بین می‌رود. اگرچه این کاهش ۴ درصدی در رطوبت نسبی هوای انبار به نظر ناچیز و کم اهمیت می‌رسد، اما همین کاهش ناچیز در رطوبت نسبی، کلید نگهداری مناسب محصول است که هم سطح غده‌ها مرطوب و مستعد فساد نباشد و هم محصول دچار پلاسیدگی و کاهش بازار پسندی نشود. محصولی که در وضعیت نارس برداشت شده باشد، مستعد جذب رطوبت مازاد چگالش یافتهٔ موجود در انبار خواهد بود. چنین محصولی در انبار شدت تنفس بالاتری دارد. پس، خارج کردن رطوبت جذب شده در سطح غده‌ها و گرمای تولید شدهٔ ناشی از تنفس آنها از انبار نیازمند تهویهٔ بیشتر و طولانی‌تری خواهد بود (کارگیل و همکاران، ۱۹۸۹).

- **ظرفیت نگهداری آب در هوا**

هوای گرم نسبت به هوای سرد ظرفیت نگهداری رطوبت بیشتری دارد. یک متر مکعب هوا با دمای ۲۰ درجه سلسیوس می‌تواند ۱۷/۵ گرم آب را در خود نگهدارد. با کاهش دمای همین هوا به ۱۰ و ۴ درجه سلسیوس، ظرفیت نگهداری رطوبت در آن به ترتیب به ۹/۵ و ۶/۴ گرم کاهش می‌یابد. بنابراین، سرعت خشک شدن محصولات زراعی در هوای نسبتا گرم شهریور و اوایل مهر ماه بسیار بیشتر از سرعت خشک کردن همان محصول در هوای سرد اواخر مهر و اوایل آبان ماه خواهد بود. از آنجا که محصولات در چند روز اول پس از برداشت، شدت تنفس

بالاتری دارند و گرمای بیشتری تولید می‌کنند پس هوای انبار نیز گرم‌تر خواهد بود؛ و نتیجه آنکه در این مدت، سرعت خشک شدن محصولات انبار شده سریع‌تر می‌شود (گودرزی و سیدان، ۱۴۰۱).

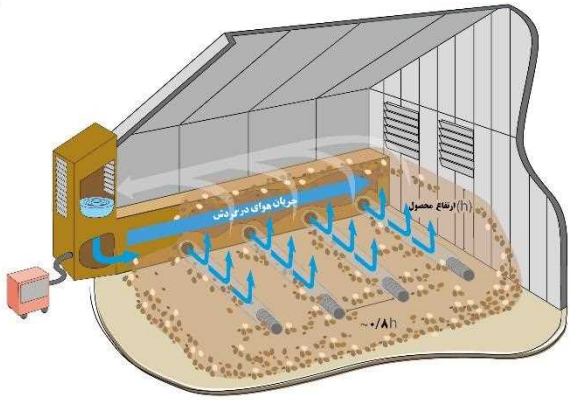
- **سرعت خشک شدن**

اگر جعبه یا تودهٔ سیب‌زمینی از پایین به بالا تهویه شود، ابتدا غده‌های مستقر در بخش‌های پایینی به سرعت خشک می‌شوند، اما غده‌های بخش‌های بالاتر با سرعت بسیار کمتری خشک می‌شوند زیرا با هوایی در تماس‌اند که به دلیل جذب رطوبت از غده‌های لایه‌های پایینی به محدوده اشباع نزدیک شده‌است و ظرفیت جذب رطوبت کمتری دارد. به این ترتیب با توده‌ای روبه‌رو خواهیم بود که بخش‌های ابتدایی آن خشک شده و بخش‌های میانی و فوقانی آن کماکان مرطوب باقی مانده است. در این حالت، یک مرز خشک شدن درون توده تشکیل می‌شود. بسته به شدت و دمای جریان هوا، چندین روز طول می‌کشد تا مرز خشکی در سراسر توده پیشروی کند و غده‌های بخش‌های بالاتر توده نیز رطوبت مازاد خود را از دست بدهند. سرعت خشک شدن محصول انبار شده به موارد زیر بستگی دارد (امراگی و همکاران، ۲۰۲۱؛ پرینگل و همکاران، ۲۰۰۹):

- میزان جریان هوا، که به نوبهٔ خود به ظرفیت دمنده و نشت هوا از سامانه بستگی دارد.
- دمای هوا، که بر ظرفیت جذب رطوبت توسط هوا اثر می‌گذارد.
- رطوبت نسبی هوا، که میزان جذب آب توسط هوا را تعیین می‌کند.
- مقدار رطوبت موجود در سطح غده‌های سیب‌زمینی و ناخالصی‌های همراه آن.

- **هوادهی با سامانهٔ تهویهٔ جابه‌جایی مثبت**

پیشتر گفته شد که استفاده از سامانهٔ تهویهٔ جابه‌جایی مثبت در انبار سیب‌زمینی کارایی بالاتری دارد. در این نوع سامانهٔ تهویه، جریان هوا به اجبار از لابه‌لای غده‌های ذخیره شده عبور می‌کند. در انبارهای فله، فرض بر آن است که تقریباً تمام هوای در حال جریان از فضای موجود در لابه‌لای محصول عبور می‌کند (شکل ۲۱). در حالی که در سامانه‌های ذخیره‌سازی گونی یا جعبه، حداقل ۵۰ درصد هوا به طور معمول از طریق شکاف بین جعبه‌ها فرار می‌کند و مسیر لابه‌لای غده‌ها را برای عبور انتخاب نمی‌کند. برای رفع این اشکال و بهبود کارایی سامانهٔ تهویه ضرورت دارد جریان هوا به عبور عرضی از لابه‌لای محتویات جعبه‌ها، پالت‌ها یا گونی‌ها مجبور شود. این کار با نصب و استفاده از دیواره مکش جانبی شدنی خواهد بود (شکل ۲۲)، به ویژه در انبارهایی که بیش از ۸ جعبه در هر ردیف و ۶ جعبه در ارتفاع آن قرار داده شده است. دیوار مکش جانبی در حقیقت سطح مشبکی است که سوراخ‌های پیش‌بینی شده برای عبور هوا بر روی آن به شکلی تعبیه شده که جریان هوا را ناگزیر از عبور از لابه‌لای غده‌های سیب‌زمینی می‌کند و به این ترتیب اعماق مختلف توده ذخیرهٔ شده سیب‌زمینی به شکل مناسبی تهویه می‌شود (هافمن و همکاران، ۲۰۰۷).



شکل ۲۱- تهویهٔ تودهٔ فلهٔ سیب‌زمینی از طریق کانال‌های منشعب مستقر در کناره و زیر توده (سامانه شبکه‌ای)
منبع: (هافمن وهمکاران، ۲۰۰۷)

- **شدت جریان هوای لازم برای خشک کردن مؤثر محصول**

همیشه از بیشترین شدت جریان هوا برای خشک کردن استفاده شود. سامانه‌های غیر مداوم برای خشک کردن بسیار مناسب‌ترند، زیرا در هر زمان هوا می‌تواند روی حجم محدودی از محصول متمرکز شود. حداقل دبی جریان هوای لازم برای تهویهٔ موثر و خشک کردن کامل رطوبت سطحی سیب‌زمینی در انبارهای فله حدود ۰/۰۳ تا ۰/۰۴ متر مکعب در ثانیه به ازای هر تن محصول است. این مقدار در انبارهای غیر فله، که محصول درون گونی یا جعبه انبار می‌شوند، به ۰/۰۸ متر مکعب در ثانیه به ازای هر تن سیب‌زمینی افزایش می‌یابد (هافمن و همکاران، ۲۰۰۷).

یادآوری

خشک کردن را به تاخیر نیندازید:

- ✓ محصول مرطوب نیازمند هوادهی با ۱۰۰ درصد توان سامانهٔ تهویه است.
- ✓ خشک کردن سریع، سبب کاهش خطر فساد محصول می‌شود.
- ✓ سامانهٔ تهویهٔ جابه‌جایی مثبت بهترین نتایج را به دنبال دارد.

از معکوس‌کننده برای تنظیم متناوب دور دمنده استفاده کنید:

- ✓ پس از خشک شدن سطح غده‌ها، برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی، سرعت فن را کاهش دهید.
- ✓ کاهش سرعت دمنده‌ها تا ۸۰ درصد سرعت بیشینه، هزینهٔ تهویه را به نصف کاهش می‌دهد.
- ✓ خشک کردن را فقط تا زمان حذف کامل رطوبت سطحی غده‌ها ادامه دهید.
- ✓ خشک کردن بیش از حد باعث کاهش وزن محصول انبار شده و پلاسیدگی غده‌ها می‌شود.

شکل ۲۲- دیواره‌های مکش تعبیه شده در انبار سیب‌زمینی برای تضمین تهویه لابه‌لای کل محصول

منبع: (امراگی و همکاران، ۲۰۲۱)

التیام‌دهی غده‌ها

- **نیازمندی‌های التیام‌دهی:**

ترمیم آسیب‌ها و زخم‌های سطحی غده‌ها که از آن به عنوان" التیام دهی" یاد می‌شود یکی از راهکارهای حیاتی برای نگهداری اصولی سیب‌زمینی است. روش‌های ماشینی برداشت و جابه‌جایی، منجر به ایجاد اجتناب‌ناپذیر برخی آسیب‌های مکانیکی یا کوفتگی در غده‌ها می‌شود. برای جلوگیری از آثار منفی این آسیب‌ها بر کیفیت ذخیره‌سازی بلندمدت محصول، مانند افت وزنی و گسترش بیماری‌های انباری، التیام و بهبود این آسیب‌ها در ابتدای دورهٔ انبارداری ضرورت دارد. در بخش‌هایی از سطح غده که پوست زخمی و آسیب‌دیده است امکان نفوذ قارچ و باکتری به بخش‌های عمقی و گوشت غده فراهم می‌شود. رشد این ریز زنده‌ها در این نواحی، فساد و افت کیفی محصول انبار شده را در پی خواهد داشت. غدهٔ سیب‌زمینی دارای مکانیسم دفاعی طبیعی برای درمان این زخم‌هاست. این مکانیسم منجر به تشکیل لایه‌ای چوب‌پنبه‌ای بین سلول‌های سطح آسیب‌دیده و نواحی زیر آن می‌شود و مانعی طبیعی در برابر نفوذ عوامل بیماری به بخش‌های سالم زیرین ایجاد می‌کند. سلول‌های جدید در آن نواحی سدی غیر قابل نفوذ در برابر عوامل فساد شکل می‌دهند. دما، بیشترین تاثیر را در سرعت ترمیم زخم دارد (جدول ۱). دما در تسریع التیام زخم‌های محصول تازه‌برداشت شده، نسبت به محصولات قدیمی‌تر (مانند غده‌هایی که برای مدت طولانی در انبار نگهداری شده‌اند)، اثر بیشتری دارد. رطوبت در این بین نقش کمتری در سرعت بخشیدن به بهبود زخم دارد. میزان افت رطوبت در غده‌های تازه برداشت شدهٔ زخمی ۱۰۰ برابر بیشتر است تا در غده‌های سیب‌زمینی سالم. بنابراین، کاهش وزن توده طی چند روز اول پس از برداشت گریزناپذیر است. هرچه سرعت بهبود زخم‌های سطحی

غده‌ها بیشتر باشد، اتلاف رطوبت و کاهش وزن تودهٔ انبار شده کمتر خواهد شد (هارپر و همکاران، ۲۰۱۷).

تصمیم‌گیری در مورد اجراشدن یا اجرانشدن التیام‌دهی سیب‌زمینی به شرایط بازار و پتانسیل گسترش بیماری بستگی دارد. برای مثال، در جاهایی که احتمال تشدید بیماری لکه پوستی یا گانگره در سیب‌زمینی وجود دارد، لازم است غده‌ها برای مدت زمان طولانی در محیطی با دمای بالاتر نگهداری شوند. حال آنکه در بازارهایی که در آنها به وجود سطوح خفیف بیماری لکه سیاه یا لکه نقره‌ای روی سطح محصول اهمیت داده نمی‌شود، امکان حذف فرایند التیام‌دهی وجود دارد. با حذف‌شدن التیام دهی، گسترش بیماری‌های سرمادوست مانند لکه پوستی سیب‌زمینی در انبار افزایش می‌یابد. بیماری‌های گرمادوست مانند لکه نقره‌ای و لکه سیاه در انبارهایی که به شکل سنتی تهویه شده‌اند و گرم‌تر هستند بیشتر گسترش می‌یابند و نگهداری بلندمدت محصول را با مشکل مواجه می‌کنند (مرتضوی و همکاران، ۱۴۰۰؛ پیترز و همکاران، ۲۰۰۸).

جدول ۱- ارتباط دمای انبار با طول دوره التیام‌دهی سیب‌زمینی

دمای غده (درجه سلسیوس)	طول دوره التیام‌دهی اولیه (روز)	طول دوره التیام‌دهی کامل (روز)
کمتر از ۵	۷-۱۴	۲۱-۴۲
۱۰	۴	۷-۱۴
۲۰	۱-۲	۳-۶

- **التیام‌دهی خشک**

در عملیات التیام‌دهی خشک، محصول به محض ورود به انبار توسط هوایی با دمای مناسب (بین ۱۲ تا ۱۶ درجه سلسیوس) تهویه می‌شود. به‌این ترتیب علاوه بر خشک شدن رطوبت سطحی غده‌ها و تخلیهٔ گرمای مازاد انبار، بهبود زخم غده‌ها نیز به طور همزمان و با سرعت اتفاق می‌افتد. به نظر می‌رسد در مقایسه با تهویهٔ محصول به روش طبیعی، روش التیام‌دهی خشک توسعه بیماری‌های انباری را به میزان چشمگیری کاهش می‌دهد. از آنجا که در این مرحله، خنک کردن محصول تا دماهای کمتر از ۱۰ درجه سلسیوس مدنظر نیست، کنترل تهویه معمولاً به صورت دستی انجام می‌شود. در این حالت، سامانه کنترل اتوماتیک تهویه غیر فعال می‌شود و فقط ترموستات حساس به یخ‌زدگی فعال باقی می‌ماند تا از تنزل ناخواسته دمای انبار به کمتر از صفر درجه سلسیوس ممانعت کند. هدف از تهویه هوا در مرحله التیام‌دهی خشک، تخلیه تمام رطوبت موجود در سطح غده‌های سیب‌زمینی و سپس خشک نگه داشتن آن است. انتخاب شرایط دما و رطوبتی هوای مورد استفاده برای تهویه انبار در این مرحله دارای اهمیت زیاد است. زیرا نامناسب بودن دما و رطوبت هوای مورد استفاده می‌تواند باعث چگالش مجدد رطوبت روی محصول شده و عملیات خشک کردن رطوبت سطحی محصول را با اشکال روبرو کند. خیس شدن مجدد غده‌ها می‌تواند بیماری‌های قارچی را در انبار گسترش دهد (هافمن و همکاران، ۲۰۰۷؛ اولسن و همکاران، ۲۰۱۱).

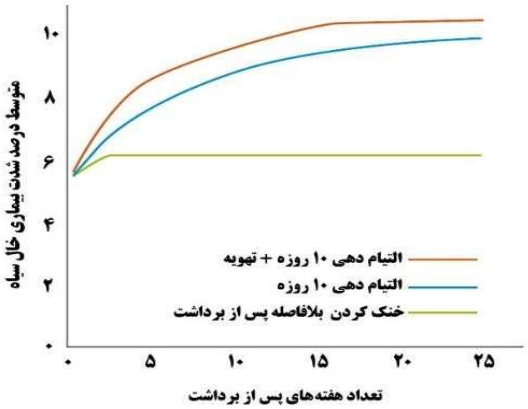
- **تهویه هوا**

اگر شرایط لازم برای التیام‌دهی خشک محصول انبار شده با کمک هوای تازه بیرون انبار فراهم نباشد، ضرورت دارد که دمای نقاط مختلف انبار با حساسیت و

دقت بیشتری پایش و از پدید آمدن اختلاف دما در نقاط مختلف انبار آن جلوگیری شود. یکنواخت‌کردن دما و رطوبت نسبی در سراسر انبار از طریق جابه‌جایی منظم و مداوم هوای درون انبار قابل دستیابی است. توجه شود که ساعات شب و زمان بسته‌بودن انبار، زمان مناسب‌تری برای جابه‌جاکردن هوای درون انبار است.

- **کاهش دمای محصول**

به محض بهبود زخم غده‌ها و خشک شدن رطوبت سطحی تودهٔ سیب‌زمینی درون انبار و به ویژه توده‌هایی که آخر از همه وارد انبار شده‌اند، باید دمای محصول را تا دمای توصیه شده برای نگهداری کاهش داد. کاهش دمای زودهنگام انبار برای حفظ بازارپسندی برخی محصولات (مانند غده‌های درگیر با بیماری لکه سیاه) بسیار مناسب است (شکل ۲۳). دقت شود که وجود اختلاف دمای محدود بین نقاط مختلف انبار –که ممکن است باعث کاهش سرعت خنک شدن انبار شود– مشکل بزرگی ایجاد نمی‌کند، اما وجود اختلاف دمای بیشتر می‌تواند باعث تراکم رطوبت در نقاط سردتر توده (مانند بخش‌های حاشیه‌ای) و خیس شدن دوباره سطح غده‌ها در این نواحی شود.



شکل ۲۳- تاثیر نحوهٔ اجرای عملیات التیام‌دهی
بر گسترش بیماری خال سیاه سیب‌زمینی در انبار نگهداری منبع: (پیترز و همکاران، ۲۰۰۸)

برای جلوگیری از خیس‌شدن مجدد غده‌ها در نقاط خنک‌تر انبار، دمای هوایی که برای خنک‌کردن انبار به کار می‌رود باید بین ۱ تا ۴ درجه سلسیوس کمتر از دمای محصول درون انبار باشد. از به کارگیری هوایی با دمای کمتر، که اختلاف دمای بین هوای ورودی و محصول را به بالاتر از ۴ درجه سلسیوس افزایش دهد، اجتناب شود. سرعت کاهش دمای انبار نیز نباید بیشتر از ۰/۵ درجه سلسیوس در روز باشد (هارپر و همکاران، ۲۰۱۷).

برای جلوگیری از خیس‌شدن مجدد غده‌ها در نقاط خنک‌تر انبار، دمای هوایی که برای خنک کردن انبار به کار می‌رود باید بین ۱ تا ۴ درجه سلسیوس کمتر از دمای محصول درون انبار باشد. از به کارگیری هوایی با دمای کمتر که اختلاف دمای بین هوای ورودی و محصول را به بالاتر از ۴ درجه سلسیوس افزایش دهد اجتناب شود. سرعت کاهش دمای انبار نیز نباید بیشتر از ۰/۵ درجه سلسیوس در روز باشد (هارپر و همکاران، ۲۰۱۷).

یادآوری

التیام غده‌ها:

- ✓ تشکیل لایهٔ محافظ روی زخم‌های سطحی غده‌ها نیازمند به کارگیری ترکیب صحیح زمان و دماست.

مدیریت یکپارچه:

- ✓ اجرای عملیات التیام‌دهی همزمان با کاهش دمای محصول.
- ✓ در دما و رطوبت بالاتر، بهبود زخم‌ها سریع‌تر است، اما خطر چگالش رطوبت نیز بیشتر می‌شود.

موارد زیر احتمال بروز خطر را بالا می‌برد:

- ✓ تاخیر در برداشت محصول.
- ✓ سرد بودن بیش از اندازهٔ هوای ورودی به انبار.
- ✓ انبار کردن ارقام حساس به بیماری.

پایش و کنترل چگالش رطوبت در انبار

- **چگالش رطوبت چگونه شکل می‌گیرد؟**

چگالش رطوبت یکی از نگرانی‌های مهم در انبارهای سیب‌زمینی است. در انبار درزبندی شده و نفوذ ناپذیر در برابر هوا، سیب‌زمینی می‌تواند تنها ظرف چند ساعت به طور طبیعی رطوبت نسبی انبار را به محدوده مناسب (حدود ۹۰ درصد یا بالاتر) برساند. اگر در چنین رطوبت نسبی بالایی سطح غده‌ها یا سطوح داخلی انبار سردتر از هوا باشد، چگالش رطوبت روی سطح محصول یا زیر سقف انبار رخ می دهد. رطوبت چگالش شده، مانند آب مقطر است و می‌تواند به راحتی توسط میکروارگانیسم‌های موجود در سطح پوست غده یا زخم‌ها و یا توسط جوانه‌های سیب‌زمینی استفاده شود. مقدار آب ایجاد شده در یک ساعت چگالش رطوبت در انبار، برای گسترش بیماری‌هایی مانند لکه‌پوستی یا انواع پوسیدگی‌های غدهٔ سیب

زمینی کافی است. هوای گرم، نسبت به هوای خنک، رطوبت بیشتری را به شکل بخار آب در خود نگه می‌دارد. رطوبت نسبی راهی برای بیان میزان آب موجود در حجم معینی از هوا نسبت به حداکثر مقدار آب قابل حمل توسط همان حجم هوا در دمای معین است. بنابراین اگر حداکثر توانایی نگهداری آب در ۱ متر مکعب هوای ۴ درجه سلسیوس ۶/۴ گرم باشد، چنین هوایی در رطوبت نسبی۵۰ درصد، ظرفیت نگهداری ۳/۲ گرم آب را خواهد داشت (هافمن وهمکاران، ۲۰۰۷). دمای هوا و رطوبت نسبی با هم مرتبط هستند. با افزایش دما، ظرفیت حمل رطوبت هوا افزایش و رطوبت نسبی هوا کاهش می‌یابد. در مقابل، اگر هوا سرد شود، ظرفیت نگهداری رطوبت توسط هوا کاهش و رطوبت نسبی آن افزایش می‌یابد. در صورت ادامه سرد شدن هوا، افزایش رطوبت نسبی تا ۱۰۰ درصد ادامه پیدا می‌کند. با کاهش بیشتر دما، هوا دیگر قادر به نگهداری رطوبت بیشتر نیست و مازاد رطوبت خود را به شکل قطره‌های آب روی سطوح سردتر اطراف تخلیه می‌کند. دمایی که در آن تخلیه رطوبت هوا (چگالش رطوبت) آغاز می‌شود به نقطهٔ شبنم معروف است. چگالش رطوبت هنگامی اتفاق می‌افتد که هوای گرم و مرطوب با سطح سرد برخورد کند و دمای هوا به زیر نقطه شبنم برسد. تماس هوای خنک با سیب‌زمینی‌های گرم‌تر از خود، خطر چگالش رطوبت را در پی ندارد. در انبار سیب‌زمینی، چگالش رطوبت در یکی از حالات زیر می‌تواند رخ دهد:

- هوای اطراف سیب‌زمینی‌ها گرم‌تر از دمای سطح غده‌ها باشد.
- دمای سطح سیب‌زمینی کمتر از دمای نقطهٔ شبنم هوا باشد.

به عنوان قاعده کلی، اختلاف دمای بیش از ۳/۹ درجه سلسیوس بین هوای گرم و محصول خنک باعث چگالش رطوبت در سطح محصول درون انبار خواهد شد. اما در بعضی از شرایط و برای مثال در دماهای خیلی سرد، تنها ۱ درجه سلسیوس

تفاوت دما، برای ایجاد چگالش رطوبت در انبار کافی است (هافمن همکاران، ۲۰۰۷).

- **کنترل چگالش رطوبت**

اولین و مهم‌ترین راه برای کنترل چگالش رطوبت در انبار، به حداقل رساندن اختلاف دما بین نقاط مختلف انبار است. هنگام برداشت و بارگیری انبار، باید تلاش شود دمای هوای داخل انبار نزدیک به دمای محصول درون انبار باشد. در زمان‌هایی که دمنده‌های انبار خاموش هستند خطر ایجاد اختلاف دما در نقاط مختلف انبار و چگالش رطوبت بیشتر است. در انبارهای فله، حسگرهای دما در اعماق ۱۰ و ۳۰ سانتی‌متری توده محصول قرار داده شوند. در شرایط مطلوب، اختلاف دما در این دو عمق نباید بیشتر از ۰/۵ درجه سلسیوس باشد. استفاده از گرمکن‌های سقفی به کاهش اختلاف دما در نقاط مختلف انبار و به ویژه نقاط زیر سقف کمک زیادی می‌کند. اگر دمای محصول ذخیره شده بالاتر از نقطهٔ شبنم هوای انبار باشد، برای تهویه از هوایی استفاده شود که دمای آن بیشتر از دمای محصول درون انبار است تا خطر چگالش رطوبت کاهش یابد. توصیه می‌شود برآوردی از دمای شبنم هوای انبار در اختیار باشد تا محاسبه این دما آسان شود. در بخش **"جدول نقطهٔ شبنم و کاربرد آن در مدیریت انبار سیب‌زمینی"** توضیحات تکمیلی ارائه شده است. با درزگیری شکاف‌های موجود در سازه انبار و بسته نگه‌داشتن درهای انبار، از چگالش رطوبت ناشی از نشت هوای گرم به داخل انبار جلوگیری شود. این کار به ویژه هنگامی اهمیت بیشتری دارد که هوای بیرون انبار گرم و مرطوب است (کارگیل و همکاران، ۲۰۰۹).

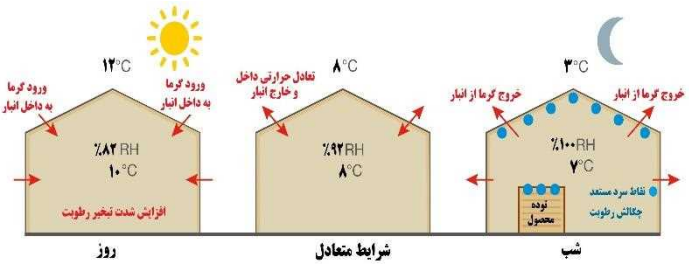
- **چگالش رطوبت روی سطوح داخلی سازه انبار**

چگالش رطوبت و تشکیل قطره‌های آب بر سطوح داخلی انبار اغلب مشکلاتی برای محصول انبار شده ایجاد می‌کند. شکل‌گیری قطره‌های آب روی سطح داخلی سقف انبار به چکه کردن آب، روی سیب‌زمینی انبار شده می‌انجامد و تودهٔ سیب‌زمینی مرطوب به راحتی در معرض خطر شیوع انواع پوسیدگی و انواع بیماری‌های انباری قرار می‌گیرد. چگالش رطوبت روی دیوارها فقط در انبارهای فله مشکل‌ساز است، جایی که جریان آب ایجاد شده می‌تواند به زیر تودهٔ محصول راه پیدا کند. چگالش رطوبت روی سطوح داخلی انبار ممکن است به دلایل زیر ایجاد شود:

- عایق‌کاری انبار ناکافی است یا آنکه قبلا مناسب بوده اما اکنون به دلیل جذب رطوبت خراب شده است.

- جریان هوای داخل انبار به سمت سقف کافی نیست و هوای محدودهٔ سقف انبار که گرم‌تر و مرطوب‌تر از هوای سایر نقاط انبار است می‌تواند به کانون ایجاد چگالش تبدیل شود.

- سرد شدن ناگهانی هوا یا نوسان دما طی شبانه روز که باعث خروج حرارت از انبار و سرد شدن آن می‌شود، در حالی که تغییری در مقدار بخار آب موجود در درون انبار ایجاد نشده است (شکل ۲۴). این وضعیت شرایط هوای انبار را به نقطهٔ شبنم (رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد) و خطر ایجاد چگالش نزدیک می‌کند (هافمن و همکاران، ۲۰۰۷).



شکل ۲۴- نوسان شبانه‌روزی دما عامل اساسی در چگالش رطوبت درون انبار است. منبع: (نویسندگان)

با سرد شدن هوا، به ویژه هنگامی که دمای هوای بیرون انبار بیش از ۶ درجه سلسیوس کمتر از دمای درون انبار شود، نسبت به بروز نشانه‌های چگالش رطوبت درون انبار (برای مثال در قسمت زیرین سقف) و چکه کردن رطوبت مراقبت بیشتری شود. چکه کردن آب ناشی از چگالش رطوبت روی سطوح عایق کاری شده‌ای که به علت آسیب‌دیدگی کارایی خود را از دست داده اند بسیار رایج است. برای برطرف کردن این نقص‌ها باید افراد خبره به کار گرفته شوند. ضخامت عایق سقف در انبارهای سرد مجهز به خنک‌کنندهٔ گازی باید حداقل ۷۵ میلی‌متر و در انبارهایی که با هوای محیط خنک می‌شوند باید ۵۰ میلی‌متر باشد. بنابراین، عایق بخش‌هایی از انبار که ضخامتی کمتر از این مقدار دارند یا دچار آسیب‌دیدگی شده‌اند، قبل از شروع فعالیت انبار ترمیم یا تعویض شود (اولسن و همکاران، ۲۰۱۱). عایق‌بندی بهتر انبار و جابه‌جایی منظم هوای موجود در فضای خالی زیر سقف انبار، خطر چگالش رطوبت را کاهش می‌دهد. در هر حال، گرم‌کردن فضای زیر سقف، به ویژه در انبارهایی که سیب‌زمینی را با هدف فراوری در دمای بالاتر از ۶ درجه سلسیوس نگهداری می‌کنند یا آنکه به دلایل دیگر مستعد چگالش رطوبتی در فصول سرد سال هستند، بهترین راه برای جلوگیری از چگالش است

(شکل۲۵). روش موثر در این‌باره، ماشینی یا اتوماتیک کردن سامانهٔ گرمکن انبار با هدف فعال شدن خودکار آن در زمان‌هایی است که اختلاف دمای هوای نزدیک سقف انبار و تودهٔ سیب‌زمینی انبار شده از ۱ درجه سلسیوس فراتر می‌رود (اولسن و همکاران، ۲۰۱۱).

یادآوری

چگالش رطوبت در انبار، محصول ذخیره شده را به سرعت مستعد فساد می‌کند:

- ✓ وقوع چگالش رطوبت در انبار حتی در زمانی کوتاه نیز برای گسترش بیماری کافی است.
- ✓ برای پرهیز از خیس شدن محصول، دمای نقاط مختلف انبار را با دقت و حساسیت پایش و کنترل کنید.
- ✓ در هوای سرد، بازدید دوره‌ای انبار را افزایش دهید.
- ✓ از سامانهٔ گرم کننده سقفی برای کنترل مطلوب چگالش رطوبت انبار استفاده کنید.
- ✓ درِ انبار را بسته نگه دارید. برخورد هوای گرم بیرون به سطح سیب‌زمینی‌های خنک شدهٔ درون انبار، خطر چگالش رطوبت را به شدت افزایش می‌دهد.

شکل ۲۵- گرم کننده سقفی برای کاهش خطر چگالش رطوبت در انبار سیب‌زمینی. منبع: (اولسن و همکاران، ۲۰۱۱)

سردکردن

سردکردن انبار به کمک ادوات سرماساز مکانیکی، امکان پایش و مدیریت دقیق شرایط دما و رطوبت این فضاها را فراهم می‌کند. بنابراین، در انبارهایی که این کنترل اهمیت بالایی دارد، سامانهٔ سرماساز بخشی اصلی سامانهٔ ذخیره‌سازی به حساب می‌آید. حتی در انبارهایی که نیازی به پایش و کنترل دائم شرایط محیطی ندارند، استفاده از ترکیب هوای خنک بیرون (در زمان‌های مناسب) و سرماسازهای مکانیکی می‌تواند انرژی لازم برای خشک و خنک کردن محصول انبار شده را کاهش دهد و امکان کنترل کم‌هزینه‌تر دمای انبار را (با وجود گرم‌تر بودن هوای خارج انبار نسبت به هوای درون انبار) فراهم کند. برای حفظ مقدار انرژی مصرفی در ذخیره‌سازی طولانی مدت هر تن سیب‌زمینی در سطح ۱۰۰ کیلو وات ساعت، ضرورت دارد عملکرد سامانهٔ سرمایش و تهویه بهینه باشد تا علاوه بر حفظ کیفیت محصول، هزینه‌های انرژی مصرفی انبار نیز به حداقل برسد (نیشاو[1]، ۲۰۰۶).

سامانهٔ سرماساز شامل دو مبدل حرارتی است: تبخیر کننده (اواپراتور) یا مارپیچ‌های (کویل) خنک‌کننده داخل انبار و چگالنده (کندانسور) مستقر در بیرون انبار. این دو بخش توسط مداری حاوی سیال سرد کننده (مبرد) به هم متصل می‌شوند. هوایی که گرمای داخل انبار را جذب کرده است از بخش تبخیر کننده عبور می‌کند و متناسب با توان متراکم‌کننده (کمپرسور)، خنک می‌شود. هوای خنک شده پس از ترک سرماساز دوباره به کمک سامانهٔ تهویه و دمنده‌های موجود در انبار در فضای انبار به گردش درمی‌آید تا انبار را خنک کند. طی این عملیات و با کاهش دمای انبار، اختلاف دمای بین هوای ورودی به سرماساز و هوای خنک

1. Kneeshaw

خروجی از آن کاهش می‌یابد (جدول ۲). دقت شود که این اختلاف از ۲/۵ تا ۳ درجه سلسیوس بالاتر نرود. متراکم‌کننده گرمای جذب شده از داخل انبار را به چگالندهٔ مستقر در بیرون انبار انتقال می‌دهد. در چگالنده‌های قدیمی گرما از طریق فعالیت مداوم چندین دمنده حذف می‌شود. در انواع جدیدتر، معکوس‌کننده‌ها یا اینورترهایی روی دمنده‌ها تعبیه شده است که با کاهش هوشمند زمان فعالیت دمنده، مصرف انرژی توسط سرماساز را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد (نیشاو ، ۲۰۰۶). در یک دههٔ اخیر، الزامات سختگیرانه‌ای در زمینهٔ انطباق سیال (مبرد) مورد استفاده در ادوات سرماساز با قوانین زیست‌محیطی تدوین و اجرایی شده است.

جدول ۲- دمای متداول هوای ورودی و خروجی از سرماساز در انبارهای سیب‌زمینی

دمای هوای در حال ورود به سرماساز	دمای هوای خروجی از سرماساز	اختلاف دمای ورودی و خروجی سرماساز
۱۲	۹	۳
۸	۵/۵	۲/۵
۳/۵	**۱/۵**	۲

سرماسازهای قدیمی که ۲۰ سال یا بیشتر از ساخت آنها گذشته است، احتمالاً حاوی مبردهایی هستند که اکنون دیگر کاربرد آنها مجاز نیست (شکل۲۶). سامانه‌هایی که در آنها از مبردهای گروه HCFC مانند R22 یا R404A استفاده شده باشد که در ردیف سیالات با درجه هشدار بالا هستند ، باید با ادوات جدید و سازگار با محیط زیست جایگزین شوند. سامانه‌های برودتی پیچیده هستند و سالانه

باید توسط سرویس‌کار مجاز بازبینی شوند. با این همه، پیش از استفاده از این سامانه‌ها با بررسی‌های سادهٔ زیر می‌توان از کارکرد درست آنها اطمینان یافت (اولسن و همکاران، ۲۰۱۱):

- گرمکن روغن میل‌لنگ متراکم‌کننده، ۲۴ ساعت قبل از شروع کار روشن شود.
- مارپیچ‌های چگالنده مستقر در خارج انبار، عاری از خاک و اجسام خارجی باشند.
- مبرد خشک و عاری از حباب هوا باشد.
- متراکم‌کننده هنگام کار دمنده‌های چرخشی فعال شود.
- دقت حسگرهای سنجش دما و رطوبت بررسی شود.
- حین فعالیت سامانه، وضعیت فشار بالا و پایین مبرد به‌طور منظم بررسی شود زیرا امکان نشت مبرد از کمپرسور همواره وجود دارد.
- دمنده‌ها حتی زمانی که سامانهٔ خنک کننده فعال نباشد باید امکان فعالیت داشته باشند.

- **کنترل انبار سرد شده**

سامانه‌های کنترل هوای انبار که ساده و قدیمی‌تر هستند، برای سرد کردن انبار فقط از روش مکانیکی استفاده می‌کنند. در انبارهای دارای سامانهٔ تهویه و کنترل پیشرفته‌تر، خنک کردن انبار به شکلی برنامه‌ریزی می‌شود که برای کاهش مصرف انرژی انبار تا حد امکان از هوای خنک شبانه استفاده شود یا اداوات سرماساز بیشتر در ساعات اولیه روز (۱ بامداد تا ۱۰ صبح) به‌کار گرفته شوند که هزینهٔ برق مصرفی ارزان‌تر است (نیشاو ، ۲۰۰۶).

- **یخ‌زدایی**

دمای تبخیر کننده (مارپیچ‌های خنک کننده) حدود ۶ درجه سلسیوس پایین‌تر از دمای محصول درون انبار است. عبور هوا از سطح تبخیر کننده باعث خنک شدن آن می‌شود؛ این کاهش دما تا آنجا خواهد بود که دمای هوای خروجی از تبخیرکننده، بین دمای هوای ورودی و دمای تبخیرکننده به تعادل برسد. در انبارهای سرد با دمای کمتر از ۳ درجه سلسیوس، چگالش رطوبت موجود در هوای انبار بر سطح تبخیرکننده و تولید یخ در آن نواحی بسیار شایع است. بنابراین، نیاز دوره‌ای به یخ‌زدایی سامانه گریزناپذیر است (شکل ۲۷). یخ‌زدایی اغلب هنگام خاموش‌کردن سامانه صورت می‌گیرد. یخ‌زدایی در مواقع مناسب، در افزایش کارایی سامانهٔ سرماساز بسیار موثر است. امروزه حسگرها زمان لازم برای یخ‌زدایی سامانه‌های سرماساز را با دقت تعیین و آن‌را عملی می‌کنند. به این ترتیب، موارد یخ‌زدایی غیر ضروری به حداقل می‌رسد (اولسن و همکاران، ۲۰۱۱).

شکل ۲۶- یک سامانه سرماساز قدیمی.
منبع: (اولسن و همکاران، ۲۰۱۱)

- **یکپارچگی انبار**

درزگیری و نفوذناپذیر کردن انبار هزینه‌های سرمایشی آن را به حداقل می‌رساند. برای دسترسی به انبار در فصل زمستان، تردد از یک درِ کوچک کفایت می‌کند. پس بهتر است سایر درها و دریچه‌ها مسدود و درزگیری شوند. در انبارهای مدرن از پایش‌گرهای حساس به باز شدن استفاده می‌شود. این پایش‌گرها هر در یا دریچه‌ای را که تحت فشار باد باز شده باشند شناسایی و موتور آن به سرعت عمل می‌کند و در را مجدداً می‌بندد (Olsen *et al*, 2011).

یادآوری

سردکردن:

- ✓ سرد کردن انبار در پاییزهای نه چندان خنک یا برای طولانی کردن دوره ذخیره‌سازی اهمیت دارد.

انطباق‌پذیری:

- ✓ از سال ۲۰۲۰ کاربرد ادوات سردکنندهٔ حاوی سیالات زیان‌آور برای محیط زیست ممنوع شده است.
- ✓ سردکردن مکانیکی هزینه‌های انبارداری را به شدت بالا می‌برد.
- ✓ برای کاهش هزینه‌ها، بخشی از برنامهٔ خنک کردن انبار را با استفاده از هوای سرد بیرون اجرا کنید.

صرفه جویی در مصرف انرژی:

- ✓ انبار را به خوبی درزگیری کنید.
- ✓ از عایق‌های کامپوزیت استفاده کنید.
- ✓ از ادوات کنترل هوشمند در انبار استفاده کنید.
- ✓ برنامهٔ یخزدایی سامانه سرماساز را در فقط در زمان نیاز اجرا کنید.
- ✓ سرویس دوره‌ای دستگاه‌ها برای حصول اطمینان از عملکرد خوب انبار ضروری است.

شکل ۲۷- مبدل حرارتی یک سامانهٔ سرماساز نیازمند یخزدایی
منبع: (اولسن و همکاران، ۲۰۱۱)

پایش و تنظیم رطوبت نسبی انبار

- **رطوبت و پلاسیدگی محصول:**

غدهٔ سیب‌زمینی رطوبت بالایی دارد. بیش از ۸۰ درصد وزن سیب‌زمینی را آب تشکیل می‌دهد. با گذشت زمان غده‌های سیب‌زمینی انبارشده از طریق تبخیر با محیط اطراف خود به تبادل رطوبت می‌پردازند و متناسب با رطوبت نسبی هوای انبار، مقادیری از آب خود را از دست می‌دهند. در دمای ۴ درجه سلسیوس، هنگامی که رطوبت نسبی هوای انبار ۹۶ تا ۹۸ درصد باشد، غده‌ها با هوای اطراف خود در تعادل رطوبتی قرار می‌گیرند و رطوبتی را از دست نمی‌دهند یا از اطراف دریافت نمی‌کنند. با کاهش رطوبت نسبی هوا، این تعادل به هم می‌خورد و افت رطوبت غده‌های سیب‌زمینی دوباره آغاز می‌شود. هر چه رطوبت نسبی هوا کمتر باشد شدت افت رطوبت غده‌ها و پلاسیدگی آنها نیز بیشتر خواهد بود. تهویهٔ انبار همواره می‌تواند باعث افت رطوبت محصول انبارشده شود. با جابه‌جایی هوا در انبار، رطوبت موجود در اطراف غده‌ها نیز تخلیه می‌شود و تعادل رطوبتی بین محصول و هوای اطراف آن به هم می‌خورد. برقراری تعادل جدید نیازمند تبخیر مجدد مقداری از رطوبت غده‌ها از طریق پوست غده سیب‌زمینی خواهد بود. در این حالت، اگر

پوست سیب‌زمینی به اندازه کافی ضخیم نباشد یا دارای خراش و آسیب سطحی باشد، رطوبت غده آسان‌تر از دست می‌رود. این راهکارها خطر افت رطوبت ناشی از تهویهٔ انبار را به حداقل می‌رساند (اولسن و همکاران، ۲۰۱۱؛ هافمن و همکاران، ۲۰۰۷):

- **سیب‌زمینی پس از پوست‌گیری کامل برداشت شود.**

این کار برای به حداقل رساندن افت رطوبت غده مهم است. از آنجا که پوست سیب‌زمینی به عنوان تنظیم کننده میزان تبادل رطوبت غده با محیط اطراف عمل می‌کند، مقدار واقعی رطوبت از دست رفته، با زمان تهویه در دورهٔ نگهداری سیب‌زمینی متناسب خواهد بود.

- **زمان تهویهٔ انبار سیب زمینی با تنظیم حجم و دمای هوای مورد استفاده بهینه شود.**

پایشگرهای خودکار تهویه، اجرای این کار را به بهترین شکل میسر می‌کنند، زیرا آنها تهویهٔ انبار را فقط در زمان‌های مورد نیاز و با هوایی به‌کار می‌بندند که شرایط دمایی مناسبی دارد. پلاسیدگی و افت رطوبتی غده‌های سیب‌زمینی در انبارهای با ارتفاع ذخیره‌سازی بیشتر از ۴ متر شدیدتر است. در این انبارها مشاهده آسیب-دیدگی‌های ناشی از فشردگی طولانی مدت محصولات زراعی انبار شده معمول است. در موارد شدید، آسیب ناشی از فشردگی توده در محصولات نگهداری شده در جعبه‌ها نیز قابل مشاهده است، جایی که عمق محصول انبار شده به ندرت بیشتر از ۱ متر است (هافمن و همکاران، ۲۰۰۷).

- **رطوبت‌زنی**

جبران کمبود رطوبت هوای انبار با مه‌پاشی و افزایش رطوبت نسبی آن تا سطح بالاتر از ۹۴ درصد سبب کاهش پلاسیدگی محصول می‌شود (شکل ۲۸).

شکل ۲۸- نمایی از یک دستگاه رطوبت‌زن همراه با صفحات خنک کنندهٔ هوای تازه.
منبع: (امراگی و همکاران، ۲۰۲۱)

کاربرد ادوات رطوبت‌زن در انبارهایی عمومیت بیشتری دارد که دمای نگهداری سیب‌زمینی در آنها بالاتر از ۶ درجه سلسیوس است. یکی دیگر از مزایای رطوبت‌زنی هوای انبار، قابلیت خنک‌کنندگی بیشتر آن است. رطوبت اضافه شده به هوای انبار ، برای تبخیرشدن گرمای محیط را جذب می‌کند و از این راه باعث خنک شدن بیشتر هوا در همان زمان می‌شود. این موضوع بدان معنای است که سامانه‌های تهویه‌ای که از هوای مرطوب استفاده می‌کنند قادرند دمای انبار را تا میزان بیشتری کاهش دهند. این روش کاهش دما که مبنای خنک‌کنندگی کولرهای آبی را نیز تشکیل می‌دهد به نام خنک کردن تبخیری (آدیاباتیک)

شناخته می‌شود. استفاده از سامانه‌های رطوبت‌زن فقط در انبارهایی که به خوبی درزگیری شده‌اند و اختلاف دما در نقاط مختلف آن کمتر از ۰/۶ درجه سلسیوس است قابل توصیه می‌باشد. زیرا با افزایش رطوبت نسبی هوای انبار و نزدیک شدن آن به نقطه اشباع، خطر چگالش رطوبت در نقاط سردتر انبار و ایجاد مشکلات ناشی از آن افزایش پیدا می‌کند. باید توجه داشت که رطوبت‌زنی نمی‌تواند کمبود رطوبت شدید هوای انبار (ناشی از تهویه نادرست یا سامانه برودتی ناکارآمد) را جبران و مشکلات حاصل از آن مانند افت وزنی و پلاسیدگی شدید غده‌های انبار شده را رفع کند. بنابراین، در گام نخست، رفع نقص سامانهٔ تهویه و سرماساز انبار و اصلاح برنامه مدیریت اجرای این عملیات ضرورت دارد (امراگی و همکاران، ۲۰۲۱؛ گریتل و همکاران، ۲۰۱۶). طیف وسیعی از سامانه‌های رطوبت‌زن در جدول ۳ معرفی شده است.

جدول ۳- انواع متداول سامانه‌های رطوبت‌زن

نوع سامانه رطوبت‌زن	ویژگی‌ها
غشایی (سطحی)	اساس این نوع دستگاه‌ها بر قابلیت تبخیر سطحی آب استوار است. به این ترتیب که آب به شکل آبشاری بر سطح لایه‌های غشایی جریان می‌یابد. جریان هوا در مسیر مناسبی بر سطح غشای خیس شده می‌وزد. به این ترتیب بخشی از رطوبت موجود در سطح غشا توسط هوا جذب و حمل می‌شود. تنظیم مقدار رطوبت انتقال یافته به هوا از طریق کنترل مقدار آب در حال جریان، سرعت و مقدار جریان هوا و مساحت خیس شده غشا تنظیم می‌شود.
نوع سامانه رطوبت‌زن	**ویژگی‌ها**
فراصوت (اولتراسونیک)	در این شیوه، به کمک هوای فشرده‌شده ذرات آب شکسته می‌شود. پس از آن، ذرات آب به شکل مه‌پاش و از طریق نازل‌های تعبیه شده در کانال‌های تهویه وارد هوای انبار می‌شود.
صفحات چرخان	در این روش از یک اتومایزر دورانی برای شکستن قطره‌های آب و تبدیل آنها به ذرات بسیار ریز استفاده می‌شود. در ادامه، این ذرات از طریق سامانهٔ تهویه به هوای انبار راه می‌یابند.

کارایی و مصرف انرژی در انبار

- **نظارت بر مصرف انرژی**

طی دوره انبارداری، قسمت عمده انرژی برای سردکردن محصول و کنترل دمای انبار صرف می‌شود.

نظارت دقیق، فاکتور اصلی در مدیریت موفق مصرف انرژی انبار است. ساده ترین و نخستین گام، شناسایی تجهیزات و فعالیت‌های پرمصرف و زمان‌های به کارگیری آنهاستکه گامی است کم هزینه و به مدیران انبار این امکان را می‌دهد تا تجهیزات پر مصرف خود را شناسایی و زمان به کارگیری آنها را مدیریت کنند. گام موثر بعدی، تصمیم‌گیری برای سرمایه‌گذاری منطقی در این نقاط با هدف انتخاب روش‌ها و ادواتی است که انرژی کمتری مصرف می‌کنند.

نظارت بر مصرف انرژی می‌تواند از یادداشت‌برداری منظم و ضبط دستی کنتورهای انرژی تا استفاده از تجهیزات پیشرفته ثبت داده را شامل شود. آنچه اهمیت دارد اطلاع یافتن از روند مصرف انرژی توسط سامانه‌ها و بخش‌های مختلف انبار در زمان‌های مختلف است تا مدیر انبار بتواند متناسب با وضعیت موجود تصمیم مناسب اتخاذ کند. اگر اندازه‌گیری مصرف انرژی انبار به تفکیک بخش‌های مختلف عملی نباشد، می‌توان میزان مصرف انرژی انبار را بر اساس ساعت فعالیت

یادآوری

رطوبت:

- ✓ کنترل دما، کلید اصلی جلوگیری از چگالش رطوبت در انبار است.
- ✓ استقرار محصول در انبارهای استاندارد و درزگیری شده باعث افزایش رطوبت انبار می‌شود.

زمان مناسب برای رطوبت‌زنی:

- ✓ در صورت مشاهده علایم پلاسیدگی، افت وزنی و کاهش رطوبت توده سیب زمینی درون انبار.
- ✓ هنگام نیاز به افزایش زمان تهویه انبار با هوای تازه

سامانه‌های تهویه، سرماساز، روشنایی و ... و توان انرژی مصرفی درج شده روی هر دستگاه برآورد کرد. برای اجرای دقیق‌تر این کار می‌توان از افراد خبره کمک گرفت (نیشاو ، ۲۰۰۶).

- **اصلاح سازه انبار**

نشت هوای گرم بیرون به درون انبار از شکاف‌ها، دریچه‌ها و درهای ساختمان یکی از دلایل اصلی چگالش رطوبت و افزایش مصرف انرژی در انبار است. نقاط عمده نشت هوا را به راحتی می‌توان یافت. کافی است هنگام روز و در حالی که درون انبار تاریک است به دنبال شکاف‌ها و درزهای روشن قابل مشاهده روی دیوار انبار باشید (شکل ۲۹). برخی دیگر از شکاف‌ها و محل‌های نشت، مانند شکاف بین لایه‌های عایق کامپوزیتی، فقط با شناسایی محل‌های خشک در یک روز بادی یا با استفاده از تجهیزاتی مانند دوربین حرارتی قابل شناسایی است (شکل ۳۰). راه‌حل‌های ساده اغلب می‌توانند به کاهش چشمگیر نشت هوا در انبار و در نتیجه کاهش مصرف انرژی کمک کند.

شکل ۲۹- حتی اگر درزبندی دریچه‌های انبار در ظاهر مناسب باشد (بالا)، بازدید آنها در روز و هنگامی که انبار تاریک است شکاف‌ها و درزها را به خوبی آشکار می‌کند (پایین) منبع: (مولفین)

استفاده از معکوس کننده‌ها (اینورترها) در دمنده‌ها و پمپ‌ها

معکوس‌کننده‌ها (اینورترها) متناسب با نیاز انبار، با فراهم کردن امکان تغییر توان عملیاتی دستگاه‌هایی مانند دمنده‌ها، کندانسورها و کمپرسورها کارایی مصرف انرژی آنها را بهبود می‌بخشند. در فصل کاری، هزینهٔ انرژی مصرفی توسط دمنده اغلب معادل هزینه‌ای است که صرف خرید آن شده است. بنابراین، هنگام به‌روز رسانی تجهیزات، هزینهٔ اضافی صرف شده برای به کارگیری فناوری جدید یا موتور کارآمدتر باید بتواند با کاهش هزینهٔ مصرف انرژی جبران شود (نیشاو ، ۲۰۰۶).

کنترل مناسب انبار اصل ضروری در تأمین و حفظ شرایط بهینهٔ ذخیره‌سازی با صرف کمترین هزینهٔ انرژی است. در مقایسه با بسیاری از گزینه‌های سرمایه گذاری، کنترل دقیق ارزانترین روش بهبود کارایی انبار است. برای مثال، امکان تنظیم ادوات پرمصرف سرماساز برای فعالیت در ساعات شب، که تعرفهٔ برق مصرفی ارزان‌تر است، موجب صرفه‌جویی قابل توجه در هزینهٔ انبارداری می‌شود. کاربرد سامانه‌های پیش‌بینی هوا مبتنی بر وب در کنترل انبارها به طور فزاینده‌ای رو به افزایش است تا با آگاهی از وضعیت آتی هوا، عملیات تهویه و سرد کردن انبار تا حد امکان به کمک هوای خنک بیرون اجرا شود و به این ترتیب در مصرف انرژی انبار صرفه‌جویی بیشتری بشود(نیشاو ، ۲۰۰۶).

- **ثبت و نگهداری اطلاعات انبار**

ثبت و حفظ اطلاعات انبار گامی بسیار مهم در بهبود کارایی و مدیریت انبار است. بدون آنها ارزیابی اینکه آیا تغییرات و سرمایه‌گذاری‌ها در انبار واقعا ارزشمند و موثر بوده یا خیر دشوار است. برای مثال، تغییری ساده در طول دورهٔ ذخیره‌سازی

محصول و کاهش یک هفته‌ای آن به راحتی می‌تواند صرفه‌جویی ۲ درصد را در مصرف انرژی به دنبال داشته باشد. توصیه می‌شود در تصمیم‌گیری‌های مهم درباره چگونگی استفاده و مدیریت انبار، هزینهٔ مصرفی انرژی انبار درنظر گرفته شود. در آن صورت پتانسیل واقعی انبار در صرفه‌جویی مصرف انرژی بیشتر نمایان خواهد شد. با افزایش هزینه‌های روزافزون انرژی و پراهمیت شدن مسائل محیط‌زیست و تولید دی‌اکسیدکربن در فعالیت انبارداری، یافتن گزینه‌های موثر در صرفه‌جویی انرژی مانند به‌کارگیری صفحه‌های خورشیدی (شکل ۳۱) در اولویت قرار خواهند گرفت (نیشاو ، ۲۰۰۶).

شکل ۳۰- استفاده از دوربین حرارتی برای شناسایی درز و شکاف موجود در سطوح عایق‌شده انبار

منبع: (نیشاو، ۲۰۰۶)

شکل ۳۱- استفاده از صفحه‌های خورشیدی برای تأمین بخشی از برق مصرفی انبار سیب‌زمینی
منبع: (https://www.southeastfarmer.net/)

ترکیب هوای انبار

- **اکسیژن**

غدهٔ سیب‌زمینی بافت زنده‌ای است که برای ادامهٔ بقا و سالم‌ماندن به اکسیژن نیاز دارد. نیاز غده‌ها به اکسیژن با شدت تنفس آنها ارتباط مستقیم دارد. شدت تنفس در غده‌های تازه برداشت شده یا در حال جوانه‌زنی بالاتر است. علاوه برآن، شدت تنفس غده‌های سیب‌زمینی در انبار

یادآوری

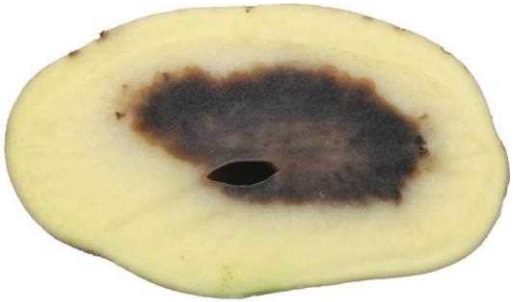
برای افزایش بازدهی انبار:

- ✓ میزان مصرف انرژی را به طور مرتب اندازه‌گیری کنید.
- ✓ کنترل هزینه‌ها را جدی بگیرید.
- ✓ از یخ‌زدایی غیر ضروری سیستم سرماساز پرهیز کنید.
- ✓ ادوات پرمصرف انبار را به معکوس کننده (اینورتر) مجهز کنید.
- ✓ هوشمند سازی انبار را در اولویت قرار دهید.

کنترل نشت هوا و درزبندی کامل انبار :

- ✓ نشت هوا در انبار، هزینهٔ مصرف انرژی را به شدت بالا می‌برد.
- ✓ دیوار و سقف انبار را به خوبی درزگیری کنید.
- ✓ درزگیری کامل اطراف پنجره‌ها و دمنده‌های نصب شده بر دیوار انبار را جدی بگیرید.

تحت تاثیر دمای انبار نیز قرار دارد. در دمای حدود ۸ درجه سلسیوس، که مناسب نگهداری سیب‌زمینی با کاربرد فراوری است، شدت تنفس بالاتر است. به طور معمول در دمای ۳ درجه سلسیوس، غده‌های سیب‌زمینی کمترین شدت تنفس و نیاز به اکسیژن را دارند. کمبود اکسیژن در هوای انبار می‌تواند باعث خفگی غده‌های سیب‌زمینی شود (شکل ۳۲) که با سیاه شدن بخش مرکزی غده‌ها آغاز می‌شود.



شکل ۳۲- عارضه قلب سیاه در غده سیب‌زمینی
منبع: (http://ephytia.inra.fr/en/C/21136/Potato-Black-heart)

با این حال، باید تاکید شود که سیاه شدن داخلی غده‌ها تنها ناشی از کمبود اکسیژن نیست و مسائل دیگری مانند استرس محیطی نیز ممکن است باعث ایجاد این عارضه شود (کانینگتون و ماوسون، ۱۹۹۷).

- **دی‌اکسیدکربن**

تنفس غده‌های سیب‌زمینی منجر به تولید و تجمع دی‌اکسیدکربن در هوای انبار می‌شود. محدوده قابل قبول غلظت دی‌اکسیدکربن در هوای انبار سیب‌زمینی

بین ۰/۳ تا ۰/۵ درصد (معادل ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام) و تقریباً ۱۰ برابر غلظت آن در هوای آزاد است. در انبارهایی که به خوبی درزگیری شده اند تهویه و جایگزینی به موقع هوای انبار با هوای بیرون اهمیت زیادی دارد. تاخیر در این کار می‌تواند غلظت دی‌اکسیدکربن در هوای انبار را تا ۳ درصد افزایش دهد که برای سیب‌زمینی بسیار خطرناک است. در حال حاضر سامانه‌های مورد استفاده در انبارهای جدید به حسگر سنجش دی‌اکسیدکربن نیز مجهز هستند که امکان اندازه‌گیری و تنظیم خودکار ترکیب هوای انبار را فراهم می‌کند. دستگاه‌های قابل حمل اندازه‌گیری دی‌اکسیدکربن (شکل ۳۳) نیز برای کنترل وضعیت هوای انبارها در دسترس‌اند، هرچند نسبتاً گران هستند. لازم است تأکید شود که اولویت اصلی در ذخیره‌سازی محصول سیب‌زمینی منع بارگیری بیش از حد انبار است که ممکن است به افزایش واکنش‌های استرسی محصول منجر شود. به همین ترتیب، در جدیدترین سامانه‌های کنترلی، از سنجش دی‌اکسید کربن هوای انبار به عنوان شاخص ثبات وضعیت محصول استفاده می‌شود. این سامانه‌ها در مواقع لزوم با ارسال اعلان به مدیر انبار یا فعال کردن خودکار سامانهٔ تهویه تلاش می‌کنند تا دی‌اکسیدکربن هوای انبار را همواره در محدودهٔ مجاز حفظ کنند. اگر چنین حسگرهایی برای سنجش سطح دی اکسیدکربن در دسترس نباشد، استفاده از تایمرهای ساده برای فعال‌سازی منظم و خودکار سامانهٔ تهویه نیز می‌تواند روشی جایگزین برای تنظیم مستمر سطح دی‌اکسیدکربن در هوای انبار باشد. آنچه در این‌باره اهمیت دارد آن است که روزانه به مدت چند دقیقه مقداری هوای تازه وارد انبار شود. باید دقت شود که دمای هوای ورودی تا حد امکان به دمای انبار نزدیک باشد تا مشکل سرمازدگی یا چگالش رطوبت در انبار ایجاد نشود (کانیتگتون و ماوسون، ۱۹۹۷؛ امراگیو همکاران، ۲۰۲۱).

شکل ۳۲- دستگاه سنجش دی‌اکسیدکربن قابل حمل
منبع: (https://potatoes.news)

- **اتیلن**

اتیلن هورمون گیاهی و یکی از ترکیبات موجود در هوای انبار است که به‌شکل طبیعی و در مقادیر اندک توسط غده‌های سیب‌زمینی تولید می‌شود. اتیلن می‌تواند به‌عنوان عامل مهارکنندهٔ جوانه‌زنی در غده‌های سیب‌زمینی عمل کند اما هنگام استفاده در انبار، شدت تنفس غده‌ها را به مقدار زیادی بالا می‌برد، پس قادر خواهد بود از راه تغییر در شدت تنفس محصول انبار شده نوسان‌هایی در غلظت گازهای مهم انبار مانند اکسیژن و دی‌اکسیدکربن ایجاد کند. بنابراین، باید هنگام استفاده از اتیلن ترکیب هوای انبار با دقت بیشتری کنترل شود. مشخص شده است که گاز اتیلن با به‌کارگیری فرآیندهایی مانند انتشار بخار گرم کلروپروفام در فضای انبار می‌تواند وارد هوای انبار شود. خارج نکردن این گاز از انبار می‌تواند سبب کاهش کیفیت محصول درون انبار شود (گودرزی، ۱۳۹۸).

- **سایر اجزای گازی**

علاوه بر دی‌اکسیدکربن و اتیلن، ترکیبات گازی دیگری نیز در هوای انبار وجود دارد که با تنفس سیب‌زمینی و گسترش برخی بیماری‌های آن مرتبط است. اگر چه ماهیت بسیاری از گازهای فرار موجود در هوای انبار سیب‌زمینی تا حد زیادی ناشناخته است اما این امید وجود دارد که در آینده بتوان از سنجش ترکیبات شیمیایی هوای انبار برای تشخیص زودرس بیماری‌هایی مانند پوسیدگی نرم استفاده کرد (امراگی و همکاران، ۲۰۲۱).

یادآوری

اکسیژن:

- ✓ غده سیب‌زمینی برای زنده ماندن به اکسیژن نیاز دارد.

دی اکسید کربن:

- ✓ محصول طبیعی حاصل از تنفس غده‌هاست.
- ✓ مقدار آن می‌تواند به میزان قابل توجهی در هوای انبار افزایش یابد.
- ✓ کنترل مقدار آن برای حفظ سلامت محصول و ایمنی کارکنان ضروری است.
- ✓ بالا بودن میزان دی‌اکسیدکربن در انبار می‌تواند نشانگر استرس محصول باشد.
- ✓ ممکن است سبب تیره شدن رنگ محصول سرخ شدهٔ سیب‌زمینی شود.

اتیلن:

- ✓ هورمون گیاهی است.
- ✓ شدت تنفس گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد.
- ✓ ممکن است در اثر به کارگیری فرآیندهای مختلف در انبار تولید شود.

پایش و مهار جوانه‌زنی سیب‌زمینی

هنگام برداشت به‌موقع، غده‌های سیب‌زمینی معمولا در حالت خواب قرار دارند و جوانه‌زدن در آنها (حتی در شرایط مطلوب برای رشد) اتفاق نمی افتد. بسته به رقم و فصل، طول دورهٔ خواب سیب‌زمینی متفاوت است. پس از شکستن خواب غده‌های سیب‌زمینی، جوانه‌ها با سرعتی که تحت کنترل دمای محیط قرار دارد رشد می‌کنند. بنابراین، کاهش دمای محل نگهداری سیب‌زمینی روشی مؤثر برای مهار جوانه‌زنی است. دمای پایین در ابتدا باعث طولانی‌تر شدن دورهٔ خواب غده می‌شود و در ادامه سرعت رشد جوانه‌ها را محدود می‌کند. برای آنکه رشد جوانه‌ها بدون مصرف ترکیبات ضدجوانه‌زنی مهار شود، لازم است دمای انبار نگهداری سیب‌زمینی به طور مداوم بین ۲ تا ۳ درجه سلسیوس باشد. با این حال، سیب‌زمینی‌هایی که در چنین دمایی نگهداری می‌شوند نشاستهٔ آنها شروع به شکسته شدن می‌کند و دچار تغییر نامطلوب شیرین‌شدن می‌شوند. این تغییر، علاوه بر شیرین کردن مزهٔ سیب‌زمینی، باعث نرم شدن بافت و خراب شدن رنگ محصول سرخ شدهٔ آنها نیز می‌شود که همگی تغییراتی نامطلوب به حساب می‌آیند. به همین دلیل در انبارهایی که سیب‌زمینی در آنها با هدف فرآوری یا مصارف خانگی ذخیره شده است، نمی‌توان از دمای پایین برای مهار بلند مدت جوانه‌زنی استفاده کرد. در این انبارها با کاربرد همزمان ترکیبات شیمیایی یا طبیعی ضدجوانه‌زنی و دمای ۳ تا ۶ درجه سلسیوس، جوانه‌زنی کنترل می‌شود. نباید فراموش کرد که در این شرایط، کوتاه کردن دورهٔ انبارداری، نخستین گزینه برای مقابله با جوانه‌زنی به حساب می‌آید. در حال حاضر ترکیبات شیمیایی مهار کننده جوانه‌زنی سیب‌زمینی مانند کلروپروفام (CIPC)، اتیلن، مالیک‌هیدرازید و اسانس روغنی نعنا و میخک به شکل تجاری در دسترس‌اند و کاربرد وسیعی دارند.

کاربرد برخی از این ترکیبات ممکن است در برخی کشورها با محدودیت همراه باشد (گودرزی، ۱۳۹۸؛).

- **روش‌های کاهش مصرف مواد شیمیایی مهارکنندهٔ جوانه‌زنی**

مهم‌ترین گام‌های موثر در کاهش مصرف ترکیبات ضدجوانه‌زنی و کنترل مصرف غیر ضروری آنها عبارت‌اند از:

- انتخاب ارقام با دورهٔ خواب طولانی یا ارقام با توان تحمل دماهای پایین برای نگهداری بلند مدت سیب‌زمینی.
- نگهداری ارقام با طول دورهٔ خواب متفاوت در انبار، جدا از یکدیگر. به‌این ترتیب، در صورت ضروری بودن مصرف مواد ضد جوانه‌زنی، تنها توده‌ها و ارقام مورد نیاز این ترکیب‌ها را دریافت می‌کنند و ضرورتی به کاربرد مواد ضدجوانه‌زنی در کل انبار نخواهد داشت.

- **مهمترین ترکیبات مهارکنندهٔ جوانه‌زنی با کاربرد تجاری**

- **کلروپروفام (CIPC)**

کلروپروفام مهار کنندهٔ اصلی جوانهٔ سیب‌زمینی در انگلستان است. فرم غالب مورد استفاده آن به صورت گاز گرم است؛ هرچند فرم پودری آن هم در دسترس هست (شکل ۳۴). از کلروپروفام می‌توان در نگهداری سیب‌زمینی‌های مورد استفاده برای فراوری یا تازه‌خوری استفاده کرد. برای مهار دائم جوانه‌زنی یک تن سیب‌زمینی، ۴۵ تا ۶۰ گرم کلروپروفام خالص کفایت می‌کند. مصرف این ترکیب در نگهداری

سیب‌زمینی‌های بذری به کلی ممنوع است. اثربخش بودن این مادۀ شیمیایی بستگی زیادی به کاربرد صحیح آن دارد. برای آشنایی با نحوۀ کاربرد اصولی کلروپروفام در انبار سیب‌زمینی به نشریۀ فنی **"اصول به کارگیری کلروپروفام در انبارهای سیب‌زمینی خوراکی"** مراجعه کنید. با این حال توصیه می‌شود کاربرد این ماده به افراد متخصص واگذار شود.

شکل ۳٤- تزریق گاز گرم کلروپروفام به انبار سیب‌زمینی
منبع: (کانینگتون و ماوسون، ۱۹۹۷)

مهمترین نکته در کاربرد کلروپروفام، توجه به میزان باقیماندۀ آن در سیب‌زمینی آماده مصرف است که این مقدار باید از ۱۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم سیب‌زمینی تازه کمتر باشد. برای این منظور لازم است زمان مصرف سیب‌زمینی دست کم ۲ ماه بعد از آخرین زمان مصرف کلروپروفام باشد. خلاصۀ مراحل به‌کارگیری کلروپروفام در انبار در جدول ۴ نشان داده شده است (گودرزی، ۱۳۹۵؛ گودرزی، ۱۳۹۸).

جدول ٤- خلاصه مراحل به‌کارگیری کلروپروفام در انبار سیب‌زمینی خوراکی

مرحله	اقدام
۱	تهیهٔ کلروپروفام و توجه به تاریخ تولید و انقضا.
۲	بازبینی تأسیسات هوادهی انبار و بازسازی و تعمیر آن در صورت نیاز.
۳	ورود محصول به انبار.
٤	سپری کردن دوره التیام دهی (۲ تا ۳ هفته).
٥	تهویهٔ انبار و حصول اطمینان از یکنواخت بودن جریان هوا در سراسر انبار.
٦	کاهش سطح مقطع دریچه‌های کانال‌های هوادهی و تنظیم سرعت گردش هوا در کانال‌ها به میزان ۲ تا ۴ متر در ثانیه.
۷	تنظیم دمای هوای انبار بین ۱۰ تا ۱۵ درجه سلسیوس.
۸	انتشار ۴۰ گرم CIPC خالص به ازای هر تن محصول موجود در انبار.
۹	فعال‌کردن سیستم تهویه‌ها به مدت حدود ۴ ساعت بدون جایگزینی با هوای تازه تا زمان شفاف شدن هوای انبار و برطرف شدن کدورت آن.
۱۰	جایگزینی‌نکردن هوای انبار با هوای تازهٔ بیرون حداقل تا ۱ هفته پس از تزریق گاز کلروپروفام.
۱۱	اجرای برنامهٔ عادی تهویهٔ انبار.

➢ اتیلن

اتیلن، گاز مؤثر در مهار جوانه‌زنی در محصولات ذخیره شده در انبار در دمای کمتر از ۵ درجه سلسیوس است. استفاده از این گاز آسان‌تر از استفاده از کلروپروفام است، زیرا محدودیتی برای باقی‌مانده آن در سیب‌زمینی وجود ندارد. بر خلاف کلروپروفام، اثر ضد جوانه‌زنی اتیلن دائمی نیست و پس از خروج غده‌های سیب‌زمینی از انبار، اثر آن بر مهار جوانه‌زنی بسیار محدود می‌شود. اتیلن هورمونی گیاهی است که شدت تنفس غده را افزایش می‌دهد و حاصل آن افزایش غلظت CO_2 در هوای انبار است. پس، توجه به رابطهٔ اتیلن و غلظت CO_2 انبار

اهمیت زیادی دارد و نیازمند کنترل است. به همین دلیل، ضرورت دارد که غلظت اتیلن انبار به تدریج تا ۱۰ پی پی ام (ده قسمت در میلیون) افزایش داده و در همان سطح نگه داشته شود تا پاسخ تنفسی غده‌ها محدود شود. نباید فراموش شود که پاسخ ارقام مختلف سیب‌زمینی به اتیلن متفاوت است، بنابراین مدیران انبار باید تصمیمات خود را متناسب با ارقام ذخیره شده تنظیم و اصلاح کنند. اطلاعات مورد نیاز در این‌باره معمولاً در شناسنامهٔ ارقام سیب‌زمینی، درج شده است. به دلیل احتمال تیره شدن محصول فراوری شده، مصرف اتیلن برای نگهداری سیب‌زمینی با کاربرد صنعتی رواج کمتری دارد (گودرزی، ۱۳۹۸).

➢ اسانس روغنی نعنا و میخک

اسانس روغنی نعنا و میخک می‌تواند به شکل بخار گرم برای مهار قابل قبول جوانه‌زنی سیب‌زمینی در انبار استفاده شود. اثربخشی آن مشروط به تکرار منظم انتشار آن در هوای انبار است. استفاده از اسانس روغنی نعنا در مهار زودهنگام جوانه‌زنی یا پس از کاربرد کلروپروفام امکان‌پذیر است. پس، برخلاف اثر دائمی کلروپروفام، قدرت جوانه‌زنی غده‌هایی که در معرض روغن‌های معطر فرار قرار داشته‌اند برگشت‌پذیر است. برای سیب‌زمینی‌هایی که به شکل فله انبار شده‌اند، انتشار یکنواخت روغن فرار در فضای انبار با قراردادن فتیله‌های متخلخل نخی در مخزن روغن و استقرار آنها در محلی که در مسیر جریان گردش هوای انبار باشد میسر است. این کار سطح اشباع وسیعی را برای تسریع در انتشار اسانس فرار در سراسر تودهٔ ذخیره شده ایجاد می‌کند. توجه شود که غلظت اسانس روغنی نعنا در هوای انبار همواره در سطح بالایی باشد تا بتواند به شکل موثری از رشد جوانه‌ها جلوگیری کند. برای این منظور انتشار اسانس روغنی نعنا در فاصله‌های زمانی

حداکثر ۱ ماهه و ترجیحاً هر دو یا سه هفته یک‌بار در فضای انبار توصیه می‌شود. مقدار توصیه شده برای مصرف، در جدول ۵ آورده شده است. در هر حال مصرف ۹۰ تا ۹۵ گرم روغن نعنا در هر ماه به ازای هر تن سیب زمینی برای مهار مطلوب جوانه‌زنی محصول کفایت می‌کند (گودرزی، ۱۳۹۸؛ گودرزی و کلوندی، ۱۳۹۷).

➢ مالئیک هیدرازید (MH)

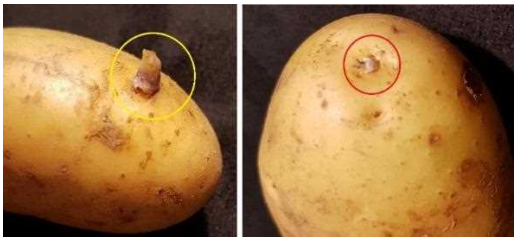
مالئیک هیدرازید، برخلاف دیگر ترکیبات ضدجوانه‌زنی که پس از برداشت به کار گرفته می‌شوند، در مزرعه و قبل از برداشت مصرف می‌شود. مالئیک هیدرازید برای مهار برخی علف‌های هرز هم کاربرد دارد. شرایط آب‌وهوایی و کیفیت سطح سبز مزرعه در کارایی آن موثر است. باید توجه شود که اثر مهارکنندگی مالئیک هیدرازید بر جوانه‌زنی هنگامی موثر است که دوره ذخیره‌سازی کوتاه و احتمال جوانه‌زدن غده‌ها نسبتاً کم باشد. همچنین می‌توان از مالئیک هیدرازید در کنترل زود هنگام جوانه‌زنی و قبل از کاربرد سایر روش‌ها نیز استفاده کرد. میزان باقیمانده مالئیک هیدرازید در سیب‌زمینی آماده مصرف باید از ۵۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم سیب‌زمینی تازه کمتر باشد (گودرزی، ۱۳۹۸).

جدول ۵- مقدار مصرف اسانس روغنی نعنا برای مهار جوانه‌زنی سیب‌زمینی در انبار

دورهٔ زمانی مصرف	مقدار مصرف (ppm)	مصرف وزنی اسانس روغنی (گرم) به ازای هر تن سیب‌زمینی
۳۰ روز یک‌بار	۱۰۰	۹۰-۹۵
۱۴ روز یک‌بار	۵۰	۴۵-۴۷
۲۱ روز یک‌بار	۷۵	۶۷-۷۰
روزانه	۴	۳/۵- ۳/۸

- **برنامهٔ زمانی کاربرد ترکیبات مهارکنندهٔ جوانه‌زنی**

اثربخشی ترکیبات مهار کنندهٔ جوانه‌زنی تحت تاثیر زمان کاربرد آنها قرار دارد. بهترین زمان استفاده از کلروپروفام برای همهٔ ارقام سیب‌زمینی حدود هفته‌های سوم تا چهارم پس از برداشت است (گودرزی، ۱۳۹۵). در مورد سایر ترکیبات جایگزین مهار جوانه‌زنی، مانند اسانس‌های روغنی، نیز زمان دقیق کاربرد مهم است. به دلیل تفاوت طول دورهٔ خواب و زمان شروع جوانه‌زنی ارقام مختلف سیب‌زمینی، نمی‌توان تاریخ یکسانی را برای شروع استفاده اسانس‌های روغنی در انبار سیب‌زمینی اعلام کرد. بهترین زمان استفاده از آنها هنگامی است که خواب غده‌ها در حال شکسته شدن باشد. به دلیل ماهیت عملکردی اسانس‌های روغنی (که از راه تخریب فیزیکی جوانه‌ها عمل می‌کنند) توصیه می‌شود کاربرد این ترکیبات در انبارهای نگهداری از زمان مشاهده اولین نشانه‌های نیش‌زدن جوانه‌ها (هنگامی که طول جوانه‌ها کمتر از ۲ میلی‌متر است) آغاز شود (شکل ۳۵). کاربرد اسانس‌ها در این زمان باید سریع و بدون تاخیر باشد. تاخیر در زمان استفاده از این ترکیبات، مهار ناموفق جوانه‌زنی را به دنبال دارد (گودرزی، ۱۳۹۸).



شکل ۳۵- تصویر راست: با ظهور اولین جوانه‌ها، کاربرد ترکیبات مهار جوانه زنی بدون تاخیر آغاز شود.

تصویر چپ : رسیدن طول جوانه به بیش از ۵ میلی‌متر نشانگر تاخیر در کاربرد ترکیبات مهارکننده جوانه‌زنی است. منبع: (نگارندگان)

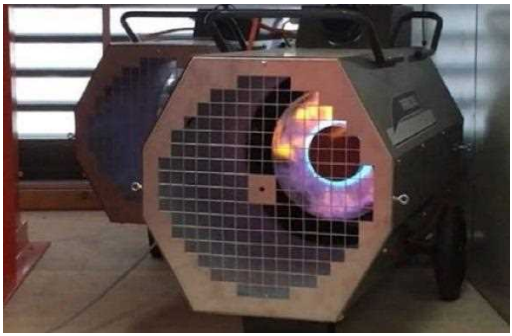
گرمایش انبار

گرم کردن هوای انبار سیب‌زمینی با دو هدف اصلی صورت می‌گیرد:

- ✓ افزایش قابلیت خشک‌کنندگی هوای محیط.
- ✓ گرم کردن محصولات زراعی به منظور امکان حمل و نقل و جابه‌جایی مکانیکی آنها با کمترین آسیب.

- **گرم کردن هوا برای تقویت توان جذب رطوبت**

در این شیوه، با نصب بخاری‌های گازی (شکل۳۶) و از راه افزایش کنترل‌شدهٔ دمای هوای داخل انبار، رطوبت نسبی هوا کاهش داده می‌شود. به این ترتیب قدرت جذب رطوبت هوای درون انبار افزایش می‌یابد. این ویژگی در انبارهای مستقر در مناطق سرد و مرطوب کاربرد زیادی در خشک کردن سریع محصول مرطوب و پایش و مدیریت چگالش در انبار دارد. به کارگیری این روش نیازمند مراقبت دقیق برای کسب اطمینان از انتشار نیافتن ترکیبات حاصل از اشتعال سوخت فسیلی در فضای انبار است (گریتل و همکاران، ۲۰۱۶).



شکل ٣٦- دستگاه هیتر گازی

منبع: (https://potatoes.news)

- **گرم کردن برای کاهش خطر آسیب‌دیدگی محصول**

سیب‌زمینی‌هایی که در دمایی کمتر از ۸ درجه سلسیوس درجه‌بندی می‌شوند مستعد انواع آسیب‌دیدگی‌های مکانیکی از جمله کوفتگی، سایش یا ضرب‌دیدگی هستند. هرگونه زخم ایجاد شده روی پوست سیب‌زمینی، در دمای خنک به کندی بهبود می‌یابد و ممکن است بازارپسندی محصول را کاهش دهد. برای به حداقل رساندن آسیب‌دیدگی غده، تسریع در بهبود زخم‌ها، و به ویژه کاهش سرعت انتشار بیماری‌های انباری، توصیه می‌شود پیش از آغاز درجه‌بندی، سیب‌زمینی‌های با دمای کمتر از ۶ درجه سلسیوس در معرض هوای گرم‌تری قرار گیرند تا دمای آنها افزایش یابد و به حدود ۹ تا ۱۰ درجه سلسیوس برسد. برای گرم‌کردن سیب‌زمینی تا ۱۰ درجه سلسیوس، دمای هوا باید ۱۱ تا ۱۲ درجه سلسیوس باشد. سرعت گرم‌شدن توده، به وضعیت حرکت هوای در حال گردش در لابه لای غده‌ها بستگی دارد. اگر تودهٔ سیب‌زمینی با دمای ۳ درجه سلسیوس در مکانی با دمای ۱۰ درجه سلسیوس قرار داده شود، در شرایط تهویهٔ طبیعی ۴ روز طول می‌کشد تا دمای توده به ۱۰ درجه سلسیوس برسد. اما، اگر سرعت هوای در حال گردش بین توده انبار شده از طریق سامانه تهویه تا حدود ۰/۴ مترمکعب در ثانیه به ازای هر تن محصول افزایش یابد، گرم کردن محصول تا دمای ۹ درجه سلسیوس تنها ۱۰ تا ۱۲ ساعت وقت لازم خواهد داشت. توجه شود اگر دمای محصول کمتر از دمای نقطهٔ شبنم هوای در حال گردش باشد، زمان لازم برای تکمیل کار افزایش می‌یابد، زیرا ابتدا بخار آب موجود در هوا روی محصول چگالش می‌شود و لازم است این رطوبت مازاد تشکیل شده در سطح غده‌ها خشک شود. حرارت لازم برای تبخیر رطوبت از طریق گرفتن گرمای سطح سیب‌زمینی‌ها تأمین می‌شود. پس طبیعی است که سیب‌زمینی‌ها در آغاز مقداری خنک شوند، پس از آن با خشک

شدن سطح غده‌ها، دمای آنها به آرامی بالا می‌رود (گریتل و همکاران، ۲۰۱۶؛ امراگی و همکاران، ۲۰۲۱).

- **سامانه‌های گرمایش**

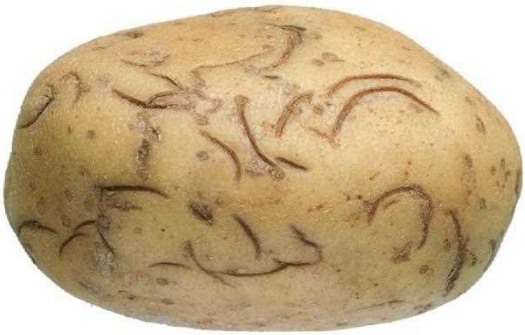
هوای گرم را می‌توان به یکی از دو روش مکش یا دمش وارد انبار کرد. در سامانه‌های دمش، منبع گرمایی باعث افزایش دمای هوای ورودی به دمنده تا حدود ۱۰ درجه سلسیوس می‌شود. هوا می‌تواند در فضای انبار یا خارج از آن گرم شود. در سامانه‌های مکش (شکل ۳۷)، هوای مکیده شده به لابه‌لای توده محصول، تا دمای ۸ تا ۱۰ درجه سلسیوس گرم می‌شود، پس لازم است هوای اطراف توده انبار شده نیز از قبل تا حدود ۱۰ درجه سلسیوس گرم شود و در همین دما مانده باشد. ساده‌ترین روش گرم کردن محمولهٔ انبار شده، نگهداری آنها در انباری با دمای ۸ تا ۱۰ درجه سلسیوس است. به این ترتیب طی مدت ۴ روز توده به طور طبیعی تا دمای مورد نظر گرم می‌شود. موفقیت در این روش گرم‌کردن نیازمند آن است که فضای خالی انبار دست کم ۴ برابر حجم هوای مورد نیاز برای جابه‌جایی روزانه باشد. سامانه‌های گرمایش اجباری، که به یکی از روش‌های مکش یا دمش کار می‌کنند، قادرند تودهٔ انبار شده را طی یک شب گرم‌کنند. فضای خالی مورد نیاز این سامانه‌ها در انبار، نصف روش گرم‌کردن طبیعی است. در این سامانه‌ها، بازیابی رطوبت سطح غده در مدت ۲۴ ساعت تکمیل می‌شود (کارگیل و همکاران، ۱۹۸۹).

شکل ۳۷- سامانه گرمکن مکشی

منبع: (https://potatoes.news)

- **ترک‌خوردگی ناخنی**

هنگام تهویهٔ محصول با هوای گرم، پوست غده رطوبت خود را از دست می‌دهد. این امر باعث می‌شود که خاصیت انعطاف‌پذیری پوست غده‌ها کمتر شود و در هنگام جابه‌جایی یا درجه‌بندی، حساسیت بیشتری به آسیب‌های مختلف پیدا کنند. یکی از بارزترین این آسیب‌ها، ترک‌ها و خراش‌های ناشی از برخورد ناخن انگشتان کارگران با پوست غده است (شکل۳۸). برای رفع این مشکل لازم است در انبارهای دارای سامانه‌های گرم‌کردن سریع، قبل از درجه‌بندی و جابه‌جایی دستی غده‌ها، زمان ۲۴ ساعته لازم برای بازیابی دوبارهٔ رطوبت پوست غده‌ها در نظر گرفته شود (گودرزی و سیدان، ۱۴۰۱).



شکل ۳۸- آسیب‌ها، ترک‌ها و خراش‌های ناخنی روی سیب‌زمینی
منبع: (https://onlinelibrary.wiley.com)

نظارت بر انبار و تضمین کیفیت محصول انبارشده

- **ثبت منظم اطلاعات انبار**

ثبت و ضبط اطلاعات روزانه گامی مهم در مدیریت موفق انبار است. این اطلاعات، انواع رخدادهای انبار را دربر می‌گیرد مانند: تاریخ بارگیری، استفاده از مواد شیمیایی، نتایج بازرسی منظم انبار برای کنترل کندانس، نوسان‌های دما و رطوبت، پلاسیدگی، یا مشاهده نوع و شدت بیماری‌ها در انبار. بهتر است سوابق بلند مدت انبار و یادداشت برنامه‌های روزانه آن در یک محل نگهداری نشوند مگر اینکه سامانه‌ای برای پیوند این دو تنظیم شده باشد. برنامه‌ها و سامانه‌های نوین نظارتی به مدیر انبار کمک می‌کند تا سوابق انبار را آسان‌تر نگهداری کند و این موارد را برای هذف‌های تضمین کیفیت و قابلیت ردیابی محصول در آینده به‌کار گیرد (العمار[1] و همکاران، ۲۰۱۷).

1. Alamar

- **نظارت بر انبار**

پارامترهای مهم انبار مانند دما، رطوبت نسبی و نوسان روزانه آن باید به دقت بررسی و ثبت شود. در این میان، اطلاعات دما اهمیت بیشتری دارد. همچنین، لازم است به اطلاعات مربوط به زمان فعال بودن سخت افزارها و ادوات سنجش مستقر در انبار توجه شود. در حال حاضر بسیاری از سامانه‌های پایش و کنترل انبار امکان ورود اطلاعات را به صورت الکترونیکی فراهم می‌کنند. آنچه اهمیت دارد اطمینان یافتن از این موضوع است که خروجی داده‌ها به شکل کاملاً ساده، واضح، و قابل درک تفسیر شده باشد تا کاربر بتواند به خوبی و به راحتی از آن استفاده کند. این اقدام احتمال تصمیم‌گیری اشتباه در مدیریت انبار را کاهش می‌دهد. علاوه بر نظارت معمول، باید شیوه‌هایی نیز برای ارزیابی منظم محصول انبار شده و پایش بازارهای هدف به کار گرفته شود. نمونه‌برداری‌ها باید گویای وضعیت واقعی کل توده انبار شده باشد. نکات ایمنی برای دسترسی به نقاط دشوار و پرمخاطرهٔ انبار رعایت شود (العمار و همکاران، ۲۰۱۷).

- **تضمین کیفیت**

تولید و ذخیرهٔ سیب‌زمینی به طور فزاینده‌ای تابع روش‌های کنترل و تضمین کیفیت محصول است. وجود نظام مدیریتی کارآمد در سامانهٔ تولید یا انبارداری به شناسایی سریع نقاط ضعف و رفع آنها کمک می‌کند. کلیهٔ داده‌های انبار، اعم از نوسان‌های دما و رطوبت نسبی در نقاط مختلف ، وضعیت بیماری و آفات احتمالی منتشرشده ، مواد شیمیایی به کار رفته، برنامهٔ تهویه و دیگر گام‌های برداشته‌شده در انبار باید به طور کامل ثبت و نگهداری شوند. نگهداری سوابق و اطلاعات فرایند تولید و انبارداری محصول، نقطهٔ قوت در زمینهٔ مدیریت صحیح به حساب

می‌آید. سامانه‌های ثبت اطلاعات باید امکان تلفیق داده‌های موجود و تحلیل یکپارچهٔ آنها را فراهم کند تا عوامل بروز مشکلات احتمالی به سرعت شناسایی و رفع شود. کلیهٔ کارهای اجراشده نیز باید در برگه‌های مربوطه ثبت و نگهداری شوند (العمار و همکاران، ۲۰۱۷).

- **شناسنامه بذر**

از آنجا که بسیاری از بیماری‌های زراعی منشأ بذری دارند، توجه به شناسنامه بذر و جزئیات درج شده در آن به شکل روزافزونی در حال گسترش است. در کنار اهمیت اطلاعات تاریخ کاشت و برداشت مزرعه، منشأ غده‌ها و ارزیابی وضعیت بیماری تودهٔ بذری سیب‌زمینی پیش از درجه‌بندی نیز ضروری است. از این رو توصیه می‌شود برای توده‌های بذری سیب‌زمینی حتما شناسنامه حاوی اطلاعات زیر تهیه و همراه با تودهٔ بذری ارسال شود (العمار و همکاران، ۲۰۱۷):

- ✓ رقم، اندازه و کلاس بذری همراه با سایر اطلاعات به‌نژادی.
- ✓ تاریخ کاشت، برداشت و سایر اطلاعات به‌زراعی.
- ✓ محل کاشت.
- ✓ نوع و سطح بیماری یا آفات احتمالی موجود در محموله.
- ✓ تیمارهای شیمیایی اعمال شده روی محصول.
- ✓ دمای محصول در زمان برداشت و حمل و نقل و ثبت نوسان‌های آن.

همچنین فهرستی از کارهای ضروری که لازم است در مقصد و هنگام دریافت محموله توسط کشاورز انجام شود، ضمیمهٔ شناسنامهٔ بذر شود.

- **بازدید و تعمیر دوره‌ای دستگاه‌های انبار**

خراب شدن دستگاه‌ها در زمان فعالیت انبار، خطر کاهش کیفیت محصول را به شدت بالا می‌برد. سرویس منظم، بازدید دوره‌ای و تعمیر اساسی آنها قبل از بارگیری انبار، خطر بروز خرابی حین بهره‌برداری را کاهش می‌دهد. توصیه می‌شود همه دستگاه‌های کلیدی هر سال سرویس و بررسی شوند. اگر دریافت خدمات از سوی سازندهٔ اصلی وسایل امکان‌پذیر نیست، دستگاه‌های ثبت دما را باید با دماسنج دستی مرجع و قابل اطمینان کالیبره کرد.

سوابق سرویس و نگهداری دستگاه‌های انبار به شکل مناسبی ثبت و نگهداری شوند. هنگام بروز مشکل و در صورت نیاز به اثبات کارکرد درست وظایف قانونی و فنی توسط مدیر انبار در مراجع قانونی یا در

یادآوری

قابلیت ردیابی:

- ✓ یک دفتر ثبت وقایع کلیدی برای هر محموله ایجاد کنید.
- ✓ داده‌های روزانه دما و رطوبت انبار و ساعت‌های فعالیت سامانهٔ تهویه را ثبت کنید.
- ✓ مشخصات و جزئیات کاربرد هر نوع ماده شیمیایی در انبار را یادداشت کنید.
- ✓ اطلاعات بازدید، تعمیر و نگهداری تجهیزات انبار را ثبت کنید.

شناسنامه بذر:

- ✓ ویژگی‌های کلیدی بذر را ثبت و به دقت نگهداری کنید.
- ✓ سطح بیماری قابل مشاهده در تودهٔ بذری، قبل از درجه‌بندی، سنجیده و ثبت شود.
- ✓ جزئیات به کارگیری قارچ‌کش‌ها برای سالم‌سازی بذر ثبت شود.

صورت بروز مشکلات کیفی در محصول انبار شده که می‌تواند به قصور در اجرای وظایف پیمانکاری نسبت داده شود، وجود این داده‌ها می‌تواند نشانه‌ای از اعمال مدیریت مناسب و دقیق در انبار باشد (العمار و همکاران، ۲۰۱۷).

سلامت و ایمنی حین کار

قوانین زیادی در حوزهٔ بهداشت و ایمنی کار وجود دارد که رعایت آنها در انبارهای ذخیره‌سازی الزامی است. صاحبان انبارها، مدیر و مسئولان فنی انبار، کارگران و سایر کارمندان انبار سیب‌زمینی باید امنیت و سلامت خود و دیگران را با رعایت این قوانین حفظ کنند. ساده‌ترین روش برای عملی‌کردن این کار، تکمیل کاربرگ‌های **"ارزیابی احتمال خطر در انبار"** است (العمار و همکاران، ۲۰۱۷).

- **خطرهای موجود در انبارها**

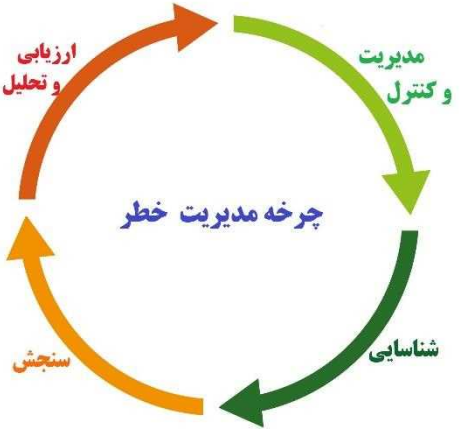
هنگام ارزیابی سطح خطر، بهتر است تا آنجا که ممکن است از پیچیده‌کردن مسائل پرهیز شود تا تدبیرهای پیشنهادی برای بهبود ایمنی به شکل بهتری اجرا و رعایت شوند. بنابراین، سؤالاتی که برای شناسایی خطر مطرح می‌شوند و پرسش دربارهٔ اقدامات لازم‌الاجرا برای کاهش احتمال بروز خطر، باید ساده و بدون ابهام باشند. باید به خاطر داشت:

- به‌خطرانداختن ایمنی و سلامت افراد، دستگاه‌ها و محصول انبار شده از طریق اجرا نکردن وظایف پیشگیرانه (تنها با هدف صرفه‌جویی در وقت یا هزینه)، به‌کلی ناپذیرفتنی و ممنوع است.
- ارزیابی خطر به عنوان بخشی از قوانین بهداشت و ایمنی کار، الزام قانونی است.

تهیه، ارزیابی و ثبت عوامل احتمالی خطر در هر انبار نسبتاً ساده است. فهرستی از خطرهای با احتمال وقوع بالا در انبار سیب‌زمینی عبارت‌اند از:

- ✓ انباشتن محصول به شکل بسته‌بندی یا فله بیش از ظرفیت انبار.
- ✓ اشتباه در استفاده از ترکیبات شیمیایی، از جمله آفت‌کش‌ها و مهارکننده‌های جوانه‌زنی.
- ✓ برق گرفتگی و شوک الکتریکی.
- ✓ لغزش و گیر افتادن در تله‌ها.
- ✓ تجمع دی اکسیدکربن.
- ✓ تک نفره کار کردن.
- ✓ حرکت وسیلهٔ نقلیه.
- ✓ کارکردن در ارتفاع.

جنبهٔ مهم فرایند مدیریت خطر در انبار، بازخوردی است که از مواجهه با خطرها حاصل می‌شود (شکل ۳۹). بنابراین اگر یک خطر مشخص، پس از شناسایی و سنجش، کماکان احتمال وقع بالایی داشته باشد، می‌توان آن را دوباره ارزیابی کرد و گام‌های بعدی را برای به حداقل رساندن احتمال وقوع آن بر داشت (العمار و همکاران، ۲۰۱۷).



شکل ۳۹- چرخه مدیریت خطر و ریسک

- **کارکردن در ارتفاع**

ذخیره‌کردن سیب‌زمینی فعالیتی کوتاه مدت نیست و بنابراین یکی از اصلی‌ترین عوامل بروز خطر حین کار در انبار، از کارکردن بلندمدت روی نردبان برای دسترسی به نقاط مرتفع انبار یا دستگاه‌های نصب شده در ارتفاع بیش از ۲ متری انبار ناشی می‌شود. استفاده از نردبان برای دسترسی منظم به نقاط بالاتر از ۲ متر قانونی نیست. برای دسترسی به نقاطی با ارتفاع بلندتر ۲ متر باید از وسیله‌ای جایگزین (مانند بالابر یا نردبان‌های پله‌ای) استفاده شود (شکل۴۰). هنگام قرار-گرفتن کاربر در بالای توده، لازم است سد فیزیکی در آن محدوده ایجاد شود تا از کاربر در برابر خطر سقوط احتمالی محافظت کند (العمار و همکاران، ۲۰۱۷).

شکل ٤٠- کار در ارتفاع در انبار سیب‌زمینی

با رعایت اصول ایمنی منبع: (https://potatoes.news)

- **کار انفرادی**

صرف‌نظر از راهکارهای درنظرگرفته شده برای حفظ سلامتی و ایمنی پرسنل، پدیده‌های تصادفی یا غیرمترقبه کماکان می‌تواند سلامت و ایمنی کارکنان را با خطر مواجه کند. فعالیت در انبارهای سیب‌زمینی به صورت انفرادی خطری بالقوه محسوب می‌شود. توجه شود که تلفن‌های همراه در داخل انبارها ممکن است به‌خوبی کار نکنند، بنابراین اگر تنها کار می‌کنید، یکی از گزینه‌های زیر را در نظر بگیرید:

- ✓ به کسی بگویید که کجا می‌روید و چه مدت آنجا خواهید بود.

- ✓ نشانه‌های لازم را روی درها قرار دهید تا به دیگران هشدار دهید که شخصی در انبار مشغول کار است.
- ✓ از سامانه برچسب یا دستگاه ردیابی استفاده کنید.

- **تجمع دی‌اکسیدکربن**

سیب‌زمینی ساختاری است زنده و طبعاً برای تنفس نیازمند مصرف اکسیژن و دفع دی‌اکسیدکربن است. باید توجه شود اگر سیستم تهویه منظم نباشد یا به‌موقع کارنکند، هوای انبارهایی که به خوبی درزبندی شده‌اند و امکان تبادل هوای انبار با هوای تازه بیرون به شکل کنترل نشده محدود شده است، خطر افزایش سطح دی‌اکسیدکربن تا مقادیر خطرناک ۳ درصد یا بالاتر وجود دارد. پس در هنگام فعالیت درون این انبارها، به نشانه‌های غلظت بالای دی‌اکسیدکربن از جمله تند و سخت شدن تنفس و سرگیجه توجه کنید. جدول ۶ آستانهٔ قابل تحمل دی‌اکسیدکربن در انبار سیب‌زمینی را نشان می‌دهد (گریتل و همکاران، ۲۰۱۶).

جدول ٦- آستانهٔ دی‌اکسیدکربن قابل تحمل برای کاربران در انبار

واحد سنجش دی‌اکسیدکربن	مدت در معرض بودن قابل تحمل	
	۸ ساعت در روز	۱۵ دقیقه
درصد	۰/۵	۱/۵
پی پی ام	۵۰۰۰	۱۵۰۰۰

- **پایش و کنترل آفات**

مکـان در نظـر گرفتـه شـده بـرای ذخیـرۀ محصـولات کشـاورزی بایـد بـه سـامانۀ پـایش و کنتـرل آفـات مجهـز باشـد. بـرای جلـوگیری از نفـوذ و دسترسـی جونـدگان و پرنـدگان بـه محصـول درون انبـار، دیـوارههـا و سـقف انبـار بایـد بـه خـوبی درزگیـری شـوند. مکـانهـای احتمـالی تجمـع مـوش و جونـدگان را از بـین ببریـر و سـالمسـازی کنیـد. اگـر از ترکیبـات شـیمیایی ضـدجونـدگان اسـتفاده مـیشـود بایـد ضـوابط ایمنـی، زیستمحیطـی و مقـررات مربـوط بـه کـاربرد مسـئولانه ایـن ترکیبـات بـه دقـت رعایـت شود (گریتل و همکاران، ۲۰۱۶)..

هزینههای انبارداری

مانند هـر فعالیـت تجـاری دیگـر، در مـدیریت انبارهـای سیبزمینـی نیـز شـناخت هزینـههـای واقعـی ایـن فعالیـت اهمیـت زیـادی دارد. بخشـی از هزینههـای ذخیـرهسـازی کـاملاً روشـن و ملمـوس است، امـا بخـش دیگـری از آن کمتـر در معـرض دیـد قـرار دارد. سـطح برخـی از فعالیـتهـا در دورۀ انبـارداری سیبزمینـی بایـد متناسـب بـا بـازار هـدف درنظرگرفتـهشـده بـرای محصـول طراحـی و

یادآوری

فعالانه تمام عوامل ایجاد خطر در انبار را زیر نظر داشته باشید:

- شناسایی کنید
- ارزیابی و تحلیل کنید
- اندازهگیری کنید
- مدیریت کنید

نسبت به مسائل مهم مرتبط با ایمنی پرسنل هشیار باشید:

- کار در ارتفاع
- تجمع دیاکسیدکربن
- کار انفرادی
- ایمنی مواد غذایی
- برقگرفتگی
- حرکت خودروها و ادوات

عملیاتی شود. لازمهٔ این کار آگاهی از ویژگی‌های مورد انتظار بازار مقصد از محصول است. این اطلاعات به مدیر انبار کمک می‌کند تا از صرف هزینه برای برداشتن گام‌های غیرضروری و خارج از سطح انتظار بازار هدف پرهیز کند و به این ترتیب هزینه‌های انبارداری را کاهش دهد.

نظارت و ارزیابی مستمر ویژگی‌های کیفی محصول درون انبار در دورهٔ ذخیره‌سازی و داشتن‌اطمینان از برآورده شدن انتظار خریدار از مواجههٔ ناگهانی مدیر انبار با تغییرات ناخواسته در ویژگی‌های محصول انبار شده و افزایش هزینه‌های اجتناب‌ناپذیر انباری (اقدامات اضطراری) جلوگیری می‌کند.

- **هزینه‌های ثابت و متغیر**

به طور کلی هزینه‌های انبارداری به دو بخش ثابت و متغیر (جاری) دسته‌بندی می‌شوند. هزینه‌های ثابت عمدتاً ناشی از وجود انبار است و هزینه‌های متغیر (جاری) به دلیل استفاده از انبار ایجاد می‌شوند.

➢ **نمونه‌هایی از هزینه‌های ثابت انبارداری:**

استهلاک تأمین هزینه‌های سرمایه‌گذاری بخش مهمی از هزینه‌های ثابت انبارداری و شامل موارد زیر است:

- ✓ ساختمان انبار.
- ✓ واحدهای جنبی برای سرویس‌دهی به انبار.
- ✓ منبع تغذیه برق اختصاصی.
- ✓ دستگاه‌های تهویه و سرماسازها.

- ✓ جعبه‌ها و پالت‌ها.
- ✓ هزینه‌های مالی برای پوشش وام مورد استفاده برای سرمایه‌گذاری و تأمین بهره وام.
- ✓ تعمیر و نگهداری ساختمان.
- ✓ بیمه ساختمان.

دورهٔ استهلاک معمولی برای سازه ساختمان‌ها ۲۰ تا ۳۰ سال، دمنده‌ها و سامانه‌های سرماساز ۱۰ تا ۱۵ سال، و برای جعبه‌های چوبی۸ تا ۱۰ سال در نظر گرفته می‌شود.

➢ نمونه‌هایی از هزینه‌های متغیر انبارداری:

- ✓ هزینه برق مصرفی.
- ✓ بارگیری و تخلیه انبار.
- ✓ تمیز کردن و نظافت انبار.
- ✓ تامین و به کارگیری مواد شیمیایی.
- ✓ بازدید، تعمیر و نگهداری دستگاه‌ها.
- ✓ بیمه محصول.
- ✓ پایش، مراقبت و مدیریت مستمر محصول.

✓ هزینهٔ ناشی از تلفات انبارداری، مانند افت وزنی، افت کیفی یا خراب شدن محصول در انبار.

✓ هزینهٔ فرصت ناشی از تاخیر در پرداخت هزینهٔ خدمات انبارداری از سوی صاحب محصول.

مصرف انرژی در انبارهای سیب‌زمینی متناسب با میزان دستی یا ماشینی بودن فعالیت‌ها در انبار، راندمان انرژی انبار و مدیریت انبار بسیار متغیر است و می‌تواند از ۰/۰۹ تا ۰/۲۷ کیلو وات ساعت در تن به ازای هر روز انبارداری نوسان داشته باشد. بنابراین، برای برآورد دقیق هزینه‌های جاری انبارداری بهتر است میزان انرژی مصرفی توسط دستگاه‌ها و یا فعالیت‌های مختلف در محل انبار اندازه‌گیری شود. (اولسن و همکاران، ۲۰۱۱).

نمونه‌برداری

گام اولیه و مهم در تصمیم‌گیری در زمینهٔ پذیرش یا رد محمولهٔ سیب‌زمینی برای ورود به انبار، نمونه‌برداری مناسب از تودهٔ سیب‌زمینی است. برای انتخاب اندازهٔ مناسب نمونه‌برداری از توده محصول، تعیین آستانهٔ

یادآوری

نسبت به مدیریت هزینه‌ها هشیار باشید:

- ✓ ذخیره‌سازی موفق به مدیریت صحیح هزینه‌ها بستگی دارد.
- ✓ در سنجش هزینه‌های متغیر مانند انرژی (برق، گاز و ...) جدی و دقیق باشید.
- ✓ هزینه‌های مالی و هزینه فرصت نادیده گرفته نشوند.

قابل‌پذیرش عیوب محصول، که محموله در مقادیر بالاتر از آن مردود و مرجوع شود، ضروری است. در جدول۷ حداقل تعداد غده‌های مورد نیاز برای رد محموله (با ۹۵ درصد اطمینان) برای طیف وسیعی از آستانه‌ها نشان داده شده است. تخمین دقیق‌تر از سطح بیماری، آفت زدگی یا نقص (با دقت ۹۹ درصد)، نیاز به سه برابر نمونه‌برداری از غده‌ها در آستانهٔ انتخابی دارد. نمونه‌ها باید به شکلی انتخاب شوند که نمایندهٔ کل تودهٔ محصول باشند (العمار و همکاران، ۲۰۱۷).

جدول۷ – حداقل تعداد غدهٔ لازم برای نمونه برداری به منظور تشخیص نقص با احتمال ۹۵ درصد اطمینان

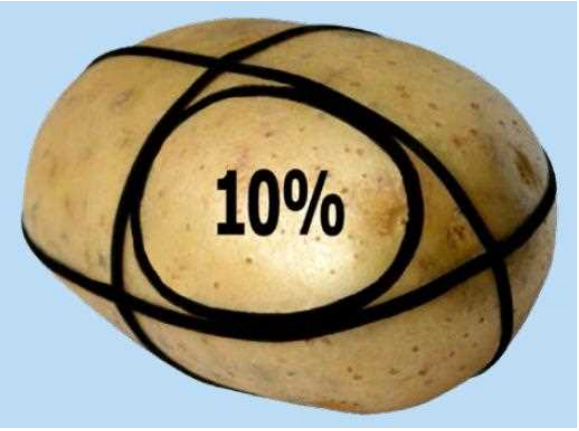
حداکثر آستانهٔ مجاز نقص	کمترین تعداد غدهٔ لازم برای ارزیابی نقص
۱	۱۵ غده
۲	۳۰ غده
۵	۶۰ غده
۱۰	۱۵۰ غده
۲۰	۳۰۰ غده

تخمین مساحت معینی از سطح سیب‌زمینی

ارزیابی برخی ویژگی‌های مرتبط با سلامت سیب‌زمینی مستلزم تخمین صحیح درصد مشخصی از سطح غده است؛ آگاهی از روش ساده و در عین حال نسبتا دقیق که ما را قادر به برآورد سطح مشخصی از رویهٔ یک غده سیب‌زمینی کند، بسیار مفید خواهد بود. یک راه ساده برای جدا کردن۱۰ درصد از سطح غدهٔ سیب‌زمینی، استفاده از روش زیر است:

به کمک ماژیک دور قطر بزرگ، کوچک و محور عرضی سیب‌زمینی سه بیضی رسم کنید. به این ترتیب سطح سیب‌زمینی به ۸ بخش تقسیم می‌شود. مساحت

دایرۀ محصور در هر یک از این بخش‌های ۸ گانه، معرف حدود ۱۰ تا ۱۱ درصد سطح سیب‌زمینی خواهد بود (شکل ۴۱).



شکل ٤١ – جداسازی ۱۰ درصد از سطح رویه غده سیب‌زمینی با رسم خطوط بیضی‌شکل

مدیریت انبار متناسب با نوع مصرف نهایی سیب‌زمینی

سیب‌زمینی ذخیره شده، پس از خروج از انبار، به یکی از این سه روش مصرف می‌شود:

- استفاده به عنوان بذر.
- تولید محصولات فراوری شده.
- تازه‌خوری و استفاده خانوار.

بر همین اساس، نگهداری مناسب هر یک از این سه گروه سیب‌زمینی، نیازمند راهکارهای متفاوتی است که به نوع مصرف نهایی محصول بستگی دارد. مهمترین

این راهکارها برای هر یک از گروه‌های سه گانه سیب‌زمینی در جدول‌های ۸ تا ۱۰ آورده شده است (گودرزی و سیدان، ۱۴۰۱ ؛ العمار و همکاران، ۲۰۱۷).

جدول ۸- نکات مهم در مدیریت انبارداری سیب‌زمینی‌های مورد استفاده در واحدهای فراوری

انتظار واحد فراوری از محصول دریافتی	• مصرف ترکیبات مهار کننده جوانه‌زنی در انبار، در کمترین مقدار ممکن باشد. • درصد پوسیدگی غده‌ها و لکه‌های روی پوستی (که تلفات پوست گیری را بالا می‌برد) پایین باشد.	• رنگ محصول سرخ شده یکنواخت و قابل قبول باشد. • مادهٔ خشک غده‌ها برای فراوری مناسب باشد. • غده‌ها جوانه‌زده نباشند.
اصول مدیریت مزرعه	• قبل از آنکه دمای خاک به زیر ۸ درجه سلسیوس برسد، برداشت محصول رسیده را شروع و به پایان برسانید. • توجه به راهکارهای به‌زراعی (مانند مدیریت سطح سبز مزرعه، انتخاب بذر، تراکم کاشت و تغذیه مناسب) برای تولید محصول مرغوب با کمیت، کیفیت، و ماندگاری بالاتر.	
اصول مدیریت انبار پیش از آغاز دورهٔ نگهداری محصول	• پس از برداشت و در دورهٔ التیام دهی، دمای انبار در محدودهٔ ۱۰ تا ۱۵ درجه سلسیوس حفظ شود تا از بهبود کامل آسیب‌دیدگی‌های فیزیکی غده اطمینان حاصل شود. • پس از اتمام دورهٔ التیام دهی، دمای انبار به تدریج و به آرامی (حدود ۰/۵ درجه سلسیوس در روز) کاهش داده شود. • برای کاهش خطر تجزیهٔ نشاسته و شیرین شدن سیب‌زمینی، در هفته‌های اول نگهداری و تا حدی که وضعیت توده از نظر سطح گسترش بیماری و جوانه‌زنی اجازه می‌دهد، دمای انبار در محدودهٔ ۱۰ تا ۱۳ درجه سلسیوس حفظ شود. • وضعیت جوانه‌زنی و کیفیت رنگ سرخ شده سیب‌زمینی انبار شده به طور منظم پایش شود.	

اصول مدیریت انبار در دورهٔ نگهداری محصول	• دمای انبار نگهداری متناسب با نوع کاربری محصول، رقم و طول دوره انبارداری در محدوده ۶ تا ۱۱ درجه سلسیوس تنظیم شود. محدودهٔ پایینی دما برای ذخیره سازی بلندمدت (۶ تا ۹ ماه) مناسب است. در نگهداری کوتاه‌مدت سیب زمینی، دمای انبار در محدودهٔ بالایی این دامنهٔ دمایی نگه‌داشته شود. • برای جلوگیری از تجمع CO_2 در انبار، تهویه و کنترل روزانهٔ هوای انبار لازم است. • کنترل و جلوگیری از جوانه‌زدن غده‌ها در انبار با انتخاب ارقام مناسب و ترکیبات مهارکنندهٔ جوانه‌زنی ضرورت دارد. (جوانه زدن، با شکستن نشاسته سیب زمینی به قند ساده، بر کیفیت محصول سرخ شده تأثیر منفی می‌گذارد.) استفاده از ترکیبات مهارکنندهٔ جوانه‌زنی (مانند کلروپروفام و اسانس معطر نعنا یا میخک) برای ذخیره‌سازی طولانی‌مدت سیب‌زمینی لازم است. • در به کارگیری ترکیبات مهار کنندهٔ جوانه‌زنی، از دستورالعمل‌های موجود به دقت پیروی شود تا باقیمانده این ترکیبات در سیب‌زمینی از حد مجاز فراتر نرود. نگهداری بلند-مدت محصول در انبار با دمای کمتر از حد توصیه‌شده می‌تواند منجر به شیرین شدن غده و کاهش کیفیت رنگ محصول سرخ‌شده (چیپس، خلال و ...) شود که بر کیفیت رنگ سیب‌زمینی سرخ‌شدهٔ تولیدشده از آن تأثیر منفی خواهد گذاشت.
اصول مدیریت انبار در مرحلهٔ تخلیه و تحویل محصول	کیفیت نامناسب رنگ سیب‌زمینی سرخ‌شده در این مرحله معمولاً نتیجهٔ یکی از دو دلیل زیر است: • شیرین شدن سیب‌زمینی در اثر نگهداری در دمای کمتر از ۵ درجه سلسیوس. این وضعیت ناشی از تجمع قندهای ساده در بافت محصول است. نگهداری یک تا دو هفته‌ای محصول در دمای ۱۲ تا ۱۵ درجه سلسیوس با افزایش شدت سوخت و ساز غده می‌تواند از راه سوزاندن قندهای ساده موجود در غده، این وضعیت را تا حدی برطرف کند. میزان اثربخشی این روش، متناسب با رقم و مدت و شرایط انبارداری بسیار متغیر است • شیرین شدن سیب‌زمینی ناشی از پیر شدن غده و شروع جوانه‌زنی آن که تقریباً قابل برگشت نیست.

جدول ۹- نکات مهم در مدیریت انبارداری سیب‌زمینی‌های با کاربری تازه‌خوری (مصارف خانگی/ تهیه غذا و رستوران‌ها)

انتظار مصرف کننده از محصول دریافتی	• غده سالم و بدون آسیب فیزیکی باشد. • غده جوانه زده و پلاسیده نباشد.	• باقیمانده ترکیبات مهار کننده جوانه‌زنی در سیب‌زمینی، در حداقل ممکن باشد. • غده فاقد نشانه‌های بیماری و آفت زدگی باشد.
اصول مدیریت مزرعه	• برداشت پس از پوست‌گیری کامل غده‌ها و رسیدن به اندازهٔ مورد نظر آغاز شود. • برداشت در کوتاهترین زمان ممکن باشد تا خطر گسترش آلودگی در توده به حداقل برسد. • هنگام برداشت هوا بارانی نباشد و خاک مزرعه گاو رو باشد. • هنگام برداشت و خروج محصول از مزرعه، کمترین آسیب‌دیدگی و سایش به غده‌ها وارد شود.	
اصول مدیریت انبار قبل از شروع دورهٔ نگهداری محصول	• چگونگی فرایند التیام‌دهی و کاهش دمای محصول بستگی دارد به مقصد نهایی محصول و احتمال پیشرفت بیماری در توده. • به طور کلی، اجرای عملیات التیام‌دهی برای ترمیم آسیب‌دیدگی‌های فیزیکی یا لکه‌های پوستی غده‌های سیب‌زمینی تازه برداشت شده ضرورت دارد. در صورت وجود نگرانی ناشی از گسترش بیماری پوسیدگی نقره‌ای یا لکه سیاه پوستی می‌توان این مرحله را حذف کرد. • در مرحلهٔ التیام‌دهی، کاهش دمای محصول بیشتر از روزی ۰/۵ درجه سلسیوس نباشد. • جلوگیری از چگالش رطوبت در انبار بسیار مهم است	

اصول مدیریت انبار طی دورهٔ نگهداری محصول	• دمای انبار متناسب با رقم، بازار مصرف، طول دورهٔ انبارداری و ظرفیت خنک‌کنندگی انبار بین ۲ تا ۵ درجه سلسیوس متغیر است. • در انبارهای با دمای بالاتر، استفاده از مهار کنندهٔ جوانه‌زنی ضرورت دارد. • اتیلن، اسانس نعنا و کلروپروفام از این ترکیبات مهار کننده جوانه‌زنی هستند که کاربرد آنها حتماً باید زیر نظر کارشناس باشد.
اصول مدیریت انبار در مرحلهٔ تخلیه و تحویل محصول	• قبل از تخلیهٔ انبار، دمای محصول را به آرامی به بالای ۸ درجه سلسیوس برسانید. این کار باعث کاهش آسیب‌دیدگی فیزیکی محصول می‌شود. • محصول گرم شده برای رسیدن به تعادل دمایی باید به مدت یک روز در دمای جدید باقی بماند. این کار باعث می‌شود پوست غده‌ها خاصیت ارتجاعی بیشتری پیدا کند و در برابر ایجاد آسیب های پوستی و ترک خوردگی‌های معروف به جای ناخن (Thumbnail) بیشتر مقاومت کند.

جدول ۱۰- نکات مهم در مدیریت انبارداری سیب‌زمینی‌های با کاربری بذری

انتظار مصرف کننده از محصول دریافتی	• فاقد جوانه باشند • اندازهٔ غده‌ها مناسب بذر باشد (دارای قطر ۳ تا ۵ سانتی‌متر باشند)	• فاقد بیماری باشند یا میزان بیماری اندک باشد.
اصول مدیریت مزرعه	• غده‌های با پوست کامل و آمادهٔ برداشت، با کمترین مقدار آسیب‌دیدگی برداشت شوند. رطوبت اضافی محصول برداشت شده با استفاده از دستورالعمل موجود حذف شود. • هنگام بارگیری یا تخلیهٔ انبار، محصول خشک‌شده با ترکیبات مجاز ضد قارچ ضدعفونی شود.	
اصول مدیریت انبار پیش از آغاز دورهٔ نگهداری محصول	• سیب‌زمینی بذری معمولا به التیام دهی خشک نیاز دارد. • برای کاهش خطر ایجاد چگالش رطوبت در انبار و خیس شدن محصول، بارگیری انبار تا حد امکان سریع باشد. محموله‌های با ارقام و شرایط متفاوت دمایی، رطوبتی و فیزیولوژیکی کنار یکدیگر انبار نشوند. در صورتی که رعایت‌نشدن این شرایط، اجتناب ناپذیر باشد، با تهویهٔ مثبت منظم، خطر ایجاد چگالش رطوبت در انبار کاهش یابد. • به علت ضرورت دسترسی مداوم به محموله‌ها در دورهٔ ذخیره‌سازی، از نشانه‌های راهنمای خاموش و روشن‌شونده برای نشانه‌گذاری محموله‌ها استفاده شود.	
اصول مدیریت انبار در دورهٔ نگهداری محصول	• جلوگیری از رشد جوانه (نه مهار برگشت‌ناپذیر و دائمی آن) در غده‌های بذری بسیار مهم است. مهار جوانه‌زنی از اواخر دی ماه به بعد مستلزم استفاده از یخچال و حفظ دمای محیط نگهداری محصول در دمای ۳ درجه سلسیوس تا شروع دوره کشت است. • مدیریت جریان هوا در انبار نگهداری غده‌های بذری تا حدی متفاوت از مدیریت تهویهٔ توده‌های سیب‌زمینی خوراکی است، زیرا غده‌های بذری ابعاد کوچک‌ترند و توده فشرده‌تری دارند. • هنگام فعالیت پرسنل در داخل انبار، (برای مثال هنگام درجه‌بندی محصول) از بسته بودن درهای اصلی سالن سرد مطمئن باید بود. بسته بودن درها خطر چگالش رطوبت و خیس شدن محصول را کاهش می‌دهد.	

اصول مدیریت انبار در مرحلهٔ تخلیه و تحویل محصول	• پیش از تخلیهٔ انبار، دمای محصول را به آرامی به بالای ۸ درجه سلسیوس برسانید. این کار باعث کاهش آسیب‌دیدگی فیزیکی محصول می‌شود. • محصول گرم شده برای رسیدن به تعادل دمایی باید به مدت یک روز در دمای جدید باقی بماند. این کار باعث می‌شود پوست غده‌ها خاصیت ارتجاعی بیشتری پیدا کند و در برابر ایجاد آسیب های پوستی و ترک خوردگی‌های معروف به جای ناخن (Thumbnail) بیشتر مقاومت کند.

جدول نقطهٔ شبنم و کاربرد آن در مدیریت انبار سیب‌زمینی

نقطهٔ شبنم دمایی است که در آن رطوبت نسبی هوا به ۱۰۰ درصد می‌رسد و هوا قادر به حفظ بیشتر رطوبت خود نیست. بنابراین بخشی از رطوبت مازاد موجود در هوا (که به شکل بخار آب در هوا وجود دارد) به صورت قطره‌های آب از هوا جدا می‌شود و روی سطوح مختلف انبار به‌ویژه سطوحی می‌نشیند که سردتر از دیگر نقاط انبار باشد. به این وضعیت چگالش یا کندانس رطوبت می‌گویند. بدیهی است تا زمانی که دمای هوای محیط افزایش نیابد، رطوبت نسبی هوا در محدوده ۱۰۰ درصد حفظ می‌شود. نقطهٔ شبنم هوا ارتباط مستقیم با دما و رطوبت نسبی آن دارد. با کمک جدول ۱۱ می‌توان خطر ناشی از چگالش رطوبت در انبار را پیش‌بینی و از وقوع آن جلوگیری کرد. برای آشنایی با روش استفاده از جدول ۱۱ در تعیین نقطه شبنم به مثال‌های زیر توجه کنید (هافمن و همکاران، ۲۰۰۷):

مثال ۱:

اگر رطوبت نسبی هوا در انبار سیب‌زمینی ۷۰ درصد و دمای آن ۱۵ درجه سلسیوس باشد، این هوا در چه دمایی به نقطه شبنم می‌رسد؟

پاسخ: ۹/۷ درجه سلسیوس

مثال ۲:

برای تهویهٔ انبار و جایگزینی آن با هوای تازه، هوای بیرون با دمای ۸ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۸۴ درصد وارد فضای انبار می‌شود. دمای سیب‌زمینی‌های درون انبار ۵ درجه سلسیوس است. آیا خطر چگالش رطوبت و خیس شدن، سیب‌زمینی‌ها را در انبار تهدید می‌کند ؟

پاسخ: جدول تعیین نقطه شبنم نشان می‌دهد که هوایی با دمای ۸ درجه و رطوبت نسبی ۸۴ درصد در دمای ۵/۵ درجه سلسیوس به نقطهٔ شبنم می‌رسد. بنابراین سیب‌زمینی‌ها با دمای ۵ درجه سلسیوس (که پایین‌تر از دمای ۵/۵ درجه سلسیوس) قرار دارد کاملا مستعد چگالش‌اند و در معرض خطر جدی خیس شدن قرار دارند.

جدول ۱۱ – راهنمای تعیین نقطهٔ شبنم در انبار سیب‌زمینی

دمای هوا °C	درصد رطوبت هوا												
	۶۰	۶۲	۶۴	۶۶	۶۸	۷۰	۷۲	۷۶	۸۰	۸۴	۸۸	۹۲	۹۶	۱۰۰
۲۰	۱۲/۱	۱۲/۶	۱۳/۱	۱۳/۶	۱۴	۱۴/۵	۱۴/۹	۱۵/۷	۱۶/۵	۱۷/۳	۱۸	۱۸/۷	۱۹/۴	۲۰
۱۹	۱۱/۲	۱۱/۷	۱۲/۲	۱۲/۶	۱۳/۱	۱۳/۵	۱۳/۹	۱۴/۸	۱۵/۵	۱۶/۳	۱۷	۱۷/۷	۱۸/۴	۱۹
۱۸	۱۰/۳	۱۰/۷	۱۱/۲	۱۱/۷	۱۲/۱	۱۲/۵	۱۳	۱۳/۸	۱۴/۶	۱۵/۳	۱۶	۱۶/۷	۱۷/۴	۱۸
۱۷	۹/۳	۹/۸	۱۰/۳	۱۰/۷	۱۱/۲	۱۱/۶	۱۲	۱۲/۸	۱۳/۶	۱۴/۳	۱۵	۱۵/۷	۱۶/۴	۱۷
۱۶	۸/۴	۸/۸	۹/۳	۹/۷	۱۰/۲	۱۰/۶	۱۱	۱۱/۸	۱۲/۶	۱۳/۳	۱۴	۱۴/۷	۱۵/۴	۱۶
۱۵	۷/۴	۷/۹	۸/۳	۸/۸	۹/۲	۹/۷	۱۰/۱	۱۰/۹	۱۱/۶	۱۲/۴	۱۳/۱	۱۳/۷	۱۴/۴	۱۵
۱۴	۶/۵	۶/۹	۷/۴	۷/۸	۸/۳	۸/۷	۹/۱	۹/۹	۱۰/۷	۱۱/۴	۱۲/۱	۱۲/۷	۱۳/۴	۱۴
۱۳	۵/۵	۶	۶/۴	۶/۹	۷/۳	۷/۷	۸/۱	۸/۹	۹/۷	۱۰/۴	۱۱/۱	۱۱/۷	۱۲/۴	۱۳
۱۲	۴/۶	۵	۵/۵	۵/۹	۶/۳	۶/۸	۷/۲	۸	۸/۷	۹/۴	۱۰/۱	۱۰/۸	۱۱/۴	۱۲
۱۱	۳/۶	۴/۱	۴/۵	۵	۵/۴	۵/۸	۶/۲	۷	۷/۷	۸/۴	۹/۱	۹/۸	۱۰/۴	۱۱
۱۰	۲/۷	۳/۱	۳/۶	۴	۴/۴	۴/۸	۵/۲	۶	۶/۷	۷/۵	۸/۱	۸/۸	۹/۴	۱۰
۹	۱/۷	۲/۲	۲/۶	۳	۳/۵	۳/۹	۴/۳	۵	۵/۸	۶/۵	۷/۱	۷/۸	۸/۴	۹

ادامه جدول ۱۱ – راهنمای تعیین نقطهٔ شبنم در انبار سیب‌زمینی

دمای هوا °C	درصد رطوبت هوا											
	۶۰	۶۲	۶۴	۶۶	۶۸	۷۰	۷۲	۷۶	۸۰	۸۴	۸۸	۹۲	۹۶	۱۰۰
۸	۰/۸	۱/۲	۱/۷	۲/۱	۲/۵	۲/۹	۳/۳	۴/۱	۴/۸	۵/۵	۶/۲	۶/۸	۷/۴	۸
۷	– ۰/۱	۰/۳	۰/۷	۱/۱	۱/۵	۲	۲/۳	۳/۱	۳/۸	۴/۵	۵/۲	۵/۸	۶/۴	۷
۶	– ۱	– ۰/۶	– ۰/۲	۰/۲	۰/۶	۱	۱/۴	۲/۱	۲/۸	۳/۵	۴/۲	۴/۸	۵/۴	۶
۵	– ۱/۸	– ۱/۴	– ۱	– ۰/۷	– ۰/۳	۰	۰/۴	۱/۲	۱/۹	۲/۵	۳/۲	۳/۸	۴/۴	۵
۴	– ۲/۷	– ۲/۳	– ۱/۹	– ۱/۵	– ۱/۲	– ۰/۸	– ۰/۵	۰/۲	۰/۹	۱/۶	۲/۲	۲/۸	۳/۴	۴
۳	– ۳/۵	– ۳/۱	– ۲/۷	– ۲/۴	– ۲	– ۱/۷	– ۱/۳	– ۰/۷	– ۰/۱	۰/۶	۱/۲	۱/۸	۲/۴	۳
۲	– ۴/۳	– ۴	– ۳/۶	– ۳/۲	– ۲/۹	– ۲/۵	– ۲/۲	– ۱/۵	– ۰/۹	– ۰/۳	۰/۲	۰/۸	۱/۴	۲
۱	– ۵/۲	– ۴/۸	– ۴/۴	– ۴/۱	– ۳/۷	– ۳/۴	– ۳	– ۲/۴	– ۱/۸	– ۱/۲	– ۰/۷	– ۰/۱	۰/۴	۱

بیماری‌ها و عیوب رایج سیب‌زمینی

هر گونه تصمیم‌گیری در نحوهٔ برخورد با توده‌های سیب‌زمینی آلوده به انواع آفات و بیماری‌های گیاهی باید با متخصصان گیاهپزشکی مشورت شود. شناخت آلودگی‌هایی که می‌تواند غده‌های سیب‌زمینی را درگیر کند به مسئولان فنی انبار کمک می‌کند تا وظایف خود را بهتر به‌انجام برسانند. در شکل‌های ۴۲ تا ۴۴ برخی از مهم‌ترین بیماری‌ها و نقص‌های قابل مشاهده در انبارهای سیب‌زمینی نمایش داده شده است (پیترز و همکاران، ۲۰۰۸؛ هاید، ۱۹۹۲).

شکل ٤٢- برخی بیماری‌های شایع در سیب‌زمینی
منبع: (هاید، ۱۹۹۲)

شکل ۴۳- برخی بیماری‌های باکتریایی و قارچی شایع در سیب‌زمینی. منبع: (پیترز و همکاران، ۲۰۰۸)

شکل ٤٤- برخی آسیب‌ها و نقص‌های شایع در سیب‌زمینی
منبع: (هاید، ۱۹۹۲)

منابع:

گودرزی، فرزاد. ۱۳۹۵. اثر مقدار و زمان مصرف کلروپروفام بر ویژگی‌های کیفی و باقی‌مانده آن در سیب‌زمینی طی انبارداری. گزارش نهایی شماره ۴۹۲۸۵. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

گودرزی، فرزاد. ۱۳۹۵. عوامل موثر بر میزان قند احیا در سیب‌زمینی. مجله علمی ترویجی زیتون. شماره ۲۳۶.

گودرزی، فرزاد. ۱۳۹۸. روش‌های مهار جوانه‌زنی سیب‌زمینی در انبار. مجله ترویجی علوم کاربردی سیب زمینی. ۲(۲): ۳۶-۲۷.

گودرزی، فرزاد و کلوندی، رمضان. ۱۳۹۷. مقایسه کارایی عصاره نعنا فلفلی و کلروپروفام در کنترل جوانه زنی سیب زمینی در انبار. مجله تولیدات گیاهی دانشگاه چمران اهواز: جلد۴۱ ، شماره۳. دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران.

گودرزی، فرزاد و سیدان، سید محسن. ۱۴۰۱. تعیین سهم عوامل مختلف در ضایعات کمی و کیفی سیب‌زمینی طی دوره پس از برداشت در استان همدان و ارائه راهکارهای اصلاحی. گزارش نهایی (در دست انتشار). سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

مرتضوی، علی.، کاشانی نژاد، مهدی. و ضیاءالحق، حمیدرضا. ۱۴۰۰. میکروبیولوژی مواد غذایی. چاپ یازدهم. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ص. ۲۸۸.

مظاهری تهرانی، مصطفی.، حبیبی، محمدباقر. و ضیاءالحق، حمیدرضا. ۱۳۸۴. اصول رعایت بهداشت در واحدهای صنایع غذایی. انتشارات مرز دانش. تهران.

Alamar, M. C; Tosetti, R; Sandra Landahl, S; Bermejo, A; and Terry, L.A. 2017. Assuring Potato Tuber Quality during Storage: A Future Perspective. Frontiers in Plant Science. 8(2031):1-6.

Cargill, BF; Brook, RC & Forbush, T.D.1989. Potato Storage, Technology and Practice. Proceedings of International Symposium, Michigan State University, 1985, American Society of Agric. Engineers, USA.

Cunnington, A.C & Mawson, K. 1997. Improved storage of potatoes for the pre-pack market. In: Crop Protection & Food Quality, BCPC/ANPP Symposium Proceedings, and September, 1997. BCPC, Farnham.

Emragi, E; Sathuvalli, V; and Jayanty, S.S. 2021. The impact of ventilation conditions on the quality of Rio Grande Russet tubers during long-term cold storage. Journal of Agriculture and Food Research. 3(2):1-8.

Grittle, R; Rickey, P; and Yada, Y. 2016. Postharvest Storage of Potatoes. In: Advances, Pages: 283-314.

Harper, G; Head, L & Stroud, GP. 2017. The effect of temperature on potato tuber respiration. AHDB research report R484. AHDB, Stoneleigh. 28pp.

Hide, GA .1992. Towards integrated control of potato storage diseases In: Production & Protection of Potatoes. Aspects of Applied Biology (33): 197-204.

Hoffmann, T; Maly, P; and Fürll, Ch. 2007. Ventilation of Potatoes in storage. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript FP 06 014. Vol. IX.

Kneeshaw, A. 2006. Energy status report: GB potato storage. Report for the British Potato Council, Oxford.

Muthoni, J., Kabira, J., Shimelis, H., and Melis, R. 2014. Regulation of potato tuber dormancy: A review. Australian Journal of Crop Science. 8(5):754 -759.

Olsen, N; Woodell, L; Hines, S; and Chahine, M. 2011. Potato good agricultural practices audit organizational material. Idaho center for potato research and education. University of Idaho. Available at: http://www.kimberly.uidaho.edu/potatoes/gap.htm.

Peters, JC; Lees, AK; Cullen, DW; Sullivan, L; Stroud GP & Cunnington AC. 2008. Characterization of Fusarium spp. responsible for causing dry rot of potatoes in Great Britain. Plant Pathology 57 262-271.

Pringle, RT. 1992. Store climate in pallet box seed potato stores using positive and non-positive ventilation. Report for KP Agriculture. SAC, Aberdeen.

Pringle, R; Bishop, C & Clayton, R. 2009. Potatoes postharvest. CAB International, Wallingford. 427pp.