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

نشریه فنی:

روش‌های کنترل جوانه‌زنی غده‌ها و پیازها پس از برداشت در دورهٔ نگهداری

سیدحمیدرضا ضیاءالحق و فریبا بیات

سال انتشار: ۱۴۰۵

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

نشریهٔ فنی:

روش‌های کنترل جوانه‌زنی غده‌ها و پیازها پس از برداشت در دورهٔ نگهداری

تهیه و تدوین:

سیدحمیدرضا ضیاءالحق و فریبا بیات

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

سال انتشار:

۱۴۰۵

وزارت جهاد کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

نوع نوشتار: نشریهٔ فنی

عنوان نوشتار: روش‌های کنترل جوانه‌زنی غده‌ها و پیازها پس از برداشت در دورهٔ نگهداری

نگارندگان: سیدحمیدرضا ضیاءالحق، فریبا بیات

ویراستار: محمدرضا داهی

صفحه‌آرا: شبنم جباری

طراح جلد: سمیه وطن‌دوست

ناشر: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

شمارگان: محدود

نوبت چاپ: اول

سال انتشار: ۱۴۰۵

مسئولیت صحت مطالب با نگارندگان است.

شماره ثبت ٦٩٣٣٢ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به تاریخ ١٤٠٥/٠٣/٠٣

مخاطبان نشریه

مروجان و کارشناسان پهنه‌ها، کشاورزان و انبارداران

هدف‌های آموزشی

شما خوانندهٔ گرامی در این نشریه با:

- چالش‌های مرتبط با جوانه‌زنی، و روش‌های مؤثر برای کنترل آن

آشنا خواهید شد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱- مقدمه ۱

۲- فرایند جوانه‌زنی ۲

۳- عوامل مؤثر بر جوانه‌زنی ۳

۳-۱- هورمون‌ها ۴

۳-۲- شرایط انبارداری ۴

۳-۳- زمان برداشت ۸

۳-۴- التیام دهی ۸

۳-۵- رقم ۱۱

۴- روش‌های کنترل جوانه‌زنی ۱۱

۴-۱- تیمارهای شیمیایی ۱۱

۴-۲- تیمارهای فیزیکی ۱۷

۴-۳- تیمارهای زیستی ۲۱

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۲۳

۶- منابع ۲۵

۱- مقدمه

غده‌ها (مانند سیب‌زمینی) و پیازها (مانند پیاز خوراکی و سیر) از محصولات کشاورزی راهبردی[1] هستند که نقشی مهم در تأمین امنیت غذایی و اقتصاد جهانی دارند. این محصولات به‌دلیل ارزش غذایی بالا، تنوع کاربرد، و امکان نگهداری طولانی‌مدت، در بسیاری از کشورها به‌عنوان منابع اصلی کربوهیدرات و مواد مغذی شناخته می‌شوند. سیب‌زمینی چهارمین محصول غذایی مهم جهان پس از گندم، برنج و ذرت، سهم قابل‌توجهی در تأمین کالری روزانهٔ جمعیت جهانی دارد (فائو[2]، ۲۰۲۳). این محصول، جایگاه ویژه‌ای در سبدغذایی، بوم‌نظام‌های زراعی و امنیت غذایی کشور دارد. مدیریت‌های قبل و پس از برداشت از مهم‌ترین مدیریت‌های راهبردی برای تأمین این میزان سیب‌زمینی از طریق افزایش عملکرد در واحد سطح، کاهش ضایعات و تولید پایدار هستند (محمدی، ۱۴۰۲). نیاز جهانی به پیاز به‌دلیل رشد تقاضا در سال‌های اخیر به‌طور متوسط ۳٫۲۶ درصد در سال افزایش یافته است (گائو[3]، ۲۰۲۳). علاوه‌براین، غده‌ها و پیازها به‌دلیل تنوع زیستی و مقاومت در برابر شرایط نامساعد محیطی، در کشاورزی پایدار و مدیریت منابع طبیعی نقش کلیدی دارند. این محصولات به‌ویژه در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جایگزین مناسب برای محصولاتِ با نیاز بالا به آب و زمین شناخته می‌شوند.

نگهداری غده‌ها و پیازها پس از برداشت یکی از مراحل حساس در زنجیرهٔ تولید این محصولات است که تأثیر مستقیم بر کیفیت و ارزش اقتصادی آنها دارد. یکی از چالش‌های اصلی در این مرحله، جوانه‌زنی است که به کاهش کیفیت، افزایش ضایعات، و کاهش قابلیت مصرف می‌انجامد. جوانه‌زنی باعث تغییرات بیوشیمیایی در محصول می‌شود، از جمله کاهش نشاسته و افزایش قندهای ساده که می‌تواند طعم و ارزش غذایی محصول را تحت تأثیر قرار دهد (العمار[4] و همکاران، ۲۰۱۷).

1. Strategic
2. FAOSTAT
3. Gau
4. Alamar

عوامل متعددی از جمله دما، رطوبت، و شرایط محیطی بر کیفیت انبارداری غده‌ها و پیازها تأثیر می‌گذارند. استفاده از روش‌های نوین تیماردهی پس از برداشت، مانند تیمارهای شیمیایی، فیزیکی و زیستی می‌تواند به‌طور مؤثری جوانه‌زنی را کنترل و کیفیت محصول را حفظ کند.

در این نشریه، به بررسی چالش‌های مرتبط با جوانه‌زنی، و روش‌های مؤثر برای کنترل آن پرداخته می‌شود. هدف این است که اطلاعات علمی و کاربردی در اختیار کشاورزان، کارشناسان و مروجان کشاورزی قرار گیرد تا آنها با بهره‌گیری از این دانش بتوانند کیفیت و بهره‌وری محصولات خود را بهبود بخشند.

۲- فرایند جوانه‌زنی

جوانه‌زنی در غده‌ها و پیازها فرایند پیچیدهٔ فیزیولوژیکی است که تحت تأثیر عوامل ژنتیکی، محیطی و هورمونی قرار دارد. این فرایند با پایان دوره خواب آغاز می‌شود و منجر به رشد جوانه‌ها می‌شود.

غده‌ها و پیازها پس از برداشت وارد دوره‌ای از خواب می‌شوند که طی آن رشد جوانه‌ها متوقف می‌شود، به‌طوری‌که جوانه‌زنی آنها حتی در شرایط مطلوب و آرمانیِ رشد نیز تحریک نمی‌شود. دورهٔ خواب با تعداد روزهای پس از برداشت تا شروع جوانه‌زنی پیازها و غده‌ها اندازه‌گیری می‌شود. اگر این فاصله بیشتر شود، پیازها برای مدت‌زمان طولانی‌تری در انبار نگهداری می‌شوند و از نظر اقتصادی برای پیازها و غده‌های خوراکی اهمیت بسیاری دارد. دورهٔ خواب واقعی پیازها کوتاه است و در اوایل دورهٔ نگهداری در انبار به پایان می‌رسد. در واقع تغییراتی در ترکیبات تنظیم‌کننده‌های رشد در پیازها و غده‌ها رخ می‌دهد که شرایط را برای شکسته شدن خواب و رشد بعدی آنها فراهم می‌کند. در زمان شکسته‌شدن خواب سیر، غلظت مهارکننده‌های رشد کاهش و مقدار تسریع‌کننده‌های رشد افزایش می‌یابد. هورمون‌هایی مانند اسید آبسیزیک (ABA) رشد جوانه‌ها را مهار می‌کند (موتانی[1] و

1. Muthoni

همکاران، ۲۰۱۴). کاهش سطح اسید آبسیزیک و افزایش هورمون‌هایی مانند جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها باعث شکستن خواب و آغاز جوانه‌زنی می‌شود. تولید گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) مانند رادیکال پراکسید هیدروژن نقش مهمی در این فرایند دارد (دوگراماسی[1] و همکاران، ۲۰۲۴).

هنگام جوانه‌زنی، نشاسته به قندهای ساده تبدیل می‌شود که انرژی لازم را برای رشد جوانه‌ها فراهم می‌کند. آنزیم‌هایی مانند آلفا–آمیلاز و پروتئاز به‌ترتیب در تجزیهٔ نشاسته و پروتئین‌ها نقش دارند و باعث افزایش مواد مغذی در جوانه‌ها می‌شوند (جلیل[2] و همکاران، ۲۰۰۷).

حین انبارداری کیفیت پیازها و غده‌ها به‌دلیل فعالیت‌های زیستی ناشی از تنفس و جوانه‌زنی کاهش می‌یابد، برای‌مثال، جوانه‌زنی سیر سبب بروز تغییرات نامطلوبی در محصول می‌شود. این فرایند منجر به تجزیهٔ ترکیبات معطر، کاهش وزن و نرم‌شدن بافت حبه‌های سیر می‌شود. از نظر ظاهری، جوانه‌زنی با شکستن پوسته‌های خارجی و تغییر شکل سوخ‌ها نیز همراه است که این امر نفوذپذیری پوسته‌ها به بخار آب و در نتیجه کاهش رطوبت محصول را به دنبال دارد. با پیشرفت جوانه‌زنی، میزان تنفس سیر افزایش می‌یابد و به تولید بیشتر گرما، دی‌اکسیدکربن و بخار آب منجر می‌شود. نکته قابل توجه این است که میزان گرمای تولید شده در اثر فعالیت‌های زیستی (بر حسب کیلوکالری به ازای هر تن در روز) تقریباً معادل حاصل‌ضرب میزان تولید دی‌اکسیدکربن (میلی‌گرم بر کیلوگرم بر ساعت) در عدد ۶۱ است (بیات، ۱۳۸۳؛ بیات ۱۴۰۲).

۳- عوامل مؤثر بر جوانه‌زنی

۳-۱- هورمون‌ها

هورمون‌ها نقشی کلیدی در تنظیم جوانه‌زنی پیازها و غده‌ها دارند. اسید آبسیزیک (ABA) هورمون گیاهی شناخته شده‌ای است که در کلروپلاست گیاه تولید و در تمامی

1. Doğramacı
2. Jaleel

بافت‌های محصول طی مراحل رشد انباشته می‌شود (گاب و مک‌تاویش[1]، ۲۰۰۲). اسید آبسیزیک مهارکنندهٔ اصلی جوانه‌زنی است که سطح آن در دورهٔ خواب بالا می‌رود. جیبرلین‌ها نیز موجب تحریک رشد جوانه‌ها می‌شوند و نقش مهمی در شکستن خواب دارند. سیتوکینین‌ها در تقسیم سلولی و رشد جوانه‌ها نقش دارند (مانی و همکاران، ۲۰۱۵؛ دوگراماسی و همکاران، ۲۰۲۴).

طی نگهداری در انبار، غلظت اسید آبسیزیک به‌تدریج کاهش می‌یابد و در آستانهٔ جوانه‌زنی پیازها به کمترین مقدار خود می‌رسد. در تمامی ارقام پیاز غلظت این ترکیب حین دورهٔ انبارداری به‌صورت نمایی کاهش می‌یابد. بیشترین کاهش در ۸۰ روز اول انبارداری رخ می‌دهد. روند کلی کاهش اسید آبسیزیک در همهٔ ارقام مشابه است، ولی در زمان برداشت ارقامی با عمر انباری کوتاه، نسبت به ارقام با ماندگاری بالا، معمولاً غلظت اولیه اسید آبسیزیک پایین‌تری است (چاپ[2] و همکاران، ۲۰۰۶).

۳-۲- شرایط انبارداری

شرایط انبارداری غده‌ها و پیازها تأثیر قابل‌توجهی بر رفتار جوانه‌زنی آنها پس از برداشت دارد. عوامل کلیدی شامل دما، رطوبت و مدت زمان انبارداری می‌توانند به‌طور مؤثری خواب را طولانی یا جوانه‌زنی را تحریک کنند که در زیر به این موارد اشاره می شود.

دما: دماهای پایین‌تر در انبارداری (مانند ۱۰ درجهٔ سلسیوس)، نسبت به دماهای بالاتر (مانند ۲۳ درجهٔ سلسیوس)، به‌طور مؤثری جوانه‌زنی را متوقف می‌کنند. برای‌مثال، جوانه‌زنی غده‌های سیب‌زمینیِ نگهداری‌شده در دمای ۱۰ درجهٔ سلسیوس پس از ۲۴ هفته به‌طور کامل متوقف می‌شود، در حالی‌که در سیب‌زمینی‌های نگهداری‌شده در دمای ۲۳ درجهٔ سلسیوس، بسته به رقم، جوانه‌زنی در مدت ۶ تا ۱۴ هفته رخ می‌دهد (موریگی[3] و همکاران، ۲۰۲۱). پیاز اگر در دمای ۱۰ تا ۲۰ درجهٔ سلسیوس نگهداری شود، جوانه می‌زند که یکی

1. Gubb and MacTavish
2. Chope
3. Murigi

از دلایل مهم ضایعات پیاز در انبار خواهد بود. دلیل اصلی جوانه‌زنی پیاز در انبارها در تابستان در مناطق جنوبی کشور، دمای بالاست. میزان جوانه‌زنی پیاز با افزایش دمای نگهداری بیشتر می‌شود. بررسی‌ها حاکی از آن است که در انبارهای سنتیِ فاقد کنترل دما، ممکن است جوانه‌زنی پیاز تا ۲۷ درصد در ماه برسد، در حالی‌که در سردخانه با دمای ۱ تا ۲ درجهٔ سلسیوس، این میزان ۱ تا ۲ درصد است. جوانه‌زنی پیازها در انبارهایی با دمای حدود ۱۰ درجهٔ سلسیوس و رطوبت نسبی ۵۰ تا ۶۰ درصد بیش از دو برابر جوانه‌زنی پیازهایی است که در سردخانه با دمای ۴ درجهٔ سلسیوس و رطوبت ۶۵ تا ۷۵ درصد نگهداری می‌شوند.

به‌طور معمول، رطوبت بالا باعث رشد ریشه و دمای زیاد انبار منجر به رشد ساقه می‌شود. تشکیل جوانه‌ها در سطح خارجی پیاز (شکل ۱ سمت راست) به‌عنوان عیب یا ضایعات در نظر گرفته می‌شود، ولی جوانه‌زنی داخلی (شکل ۱ سمت چپ) نقص محسوب نمی‌گردد (ضیاءالحق، ۱۴۰۱).

شکل ۱– جوانهٔ خارجی پیاز در انتهای دورهٔ انبارداری (سمت راست) و جوانهٔ داخلی (سمت چپ) (ضیاءالحق، ۱۴۰۱)

بعد از شکسته‌شدن خواب فیزیولوژیک سیر، دمای بهینه برای جوانه‌زنی آن ۵ تا ۱۰ درجهٔ سلسیوس است که حدود ۵ درجهٔ سلسیوس پایین‌تر از دمای مناسب برای جوانه‌زنی پیاز است. با شروع جوانه‌زنی سیر، میزان تنفس آن نیز افزایش می‌یابد. دمای مناسب برای

نگهداری سیر ۱- تا صفر درجه سلسیوس است. با نگهداری سیر در دمای ۴ تا ۵ درجهٔ سلسیوس جوانه‌زنی سیر و افت وزنی ناشی از آن افزایش می‌یابد (بیات، ۱۴۰۲).

در سیب‌زمینی نیز پس از پایان دورهٔ خواب، جوانه‌های آن رشد خود را آغاز می‌کنند و سرعت این فرایند تحت تأثیر دمای محیط قرار دارد.

کاهش دمای محل نگهداری یکی از راه‌های مؤثر برای جلوگیری از جوانه‌زنی محسوب می‌شود. در دمای پایین، ابتدا خواب غده‌ها طولانی‌تر می‌شود و پس از آن رشد جوانه‌ها با سرعت کمتری ادامه می‌یابد. برای مهارکردن جوانه‌زنی بدون استفاده از ترکیبات ضدجوانه‌زنی، لازم است دمای انبار به‌طور پیوسته بین ۲ تا ۳ درجهٔ سلسیوس تنظیم شود. با این همه، نگهداری طولانی‌مدت سیب‌زمینی در این دما موجب شکسته شدن نشاسته و ایجاد طعم شیرین می‌شود، این تغییرات علاوه بر تأثیرگذاری بر طعم، موجب نرم شدن بافت و تغییر نامطلوب رنگ محصول پس از سرخ شدن خواهد شد. به همین دلیل، در انبارهایی که سیب‌زمینی برای فراوری یا مصرف خانگی ذخیره می‌شود، استفاده از دمای پایین راهکاری است بلندمدت برای مهار جوانه‌زنی که ممکن است سبب شیرین شدن سیب‌زمینی شود. در این موارد، ترکیب روش‌های شیمیایی یا طبیعی ضدجوانه‌زنی با دمای متعادل‌تر بین ۳ تا ۶ درجهٔ سلسیوس توصیه می‌شود. با افزایش دمای نگهداری به ۱۳ تا ۱۵/۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۴ تا ۶ هفته پیش از مصرف‌کردن، قندها دوباره به نشاسته تبدیل می‌شود و این مشکل برطرف خواهدشد. با این حال، بهترین گزینه برای کنترل این فرایند آن است که سیب‌زمینی را برای مدت طولانی در انبار نگهدری نکرد و آن را پیش از جوانه‌زدن به بازار یا محل مصرف ارسال کرد (گودرزی و ضیاءالحق، ۱۴۰۱).

رطوبت: رطوبت نسبی مناسب برای نگهداری پیازها ۶۵ تا ۷۰ درصد است، رطوبت‌نسبی بالاتر می‌تواند جوانه‌زنی را با تأمین رطوبت لازم برای رشد آسان کند. برعکس، رطوبت پایین می‌تواند پیازها را خشک و جوانه‌زنی را متوقف کند، اما در این صورت کیفیت محصول

ذخیره‌شده کاهش می‌یابد (نبی[1] و همکاران، ۲۰۱۳). اگر رطوبت‌نسبی محیط نگهداری سیر بیش از ۷۰ تا ۷۵ درصد باشد، به‌دلیل مرطوب بودن پالت‌های نگهداری محصول، علاوه‌بر جوانه‌زنی، ریشه‌زنی نیز مشاهده خواهد شد (شکل ۲). در صورت مناسب بودن شرایط محیطی از نظر رطوبت، ریشه‌زنی زودتر از جوانه‌زنی آشکار می‌شود (بیات، ۱۴۰۲)

شکل ۲- جوانه‌زنی و ریشه‌زنی حبهٔ سیر در انبار (عکس از بیات، ۱۴۰۲)

مدت زمان نگهداری: انبارداری طولانی‌مدت معمولاً منجر به شکستن خواب می‌شود. برای مثال، پیازهایی که برای مدت طولانی نگهداری می‌شوند، سرعت جوانه‌زنی بیشتری را نشان می‌دهند، زیرا خواب آنها طی زمان کاهش می‌یابد (چاپ و همکاران، ۲۰۱۲). پیاز نگهداری‌شده در سردخانه، طی دو ماه اول ساقه و ریشه تولید نمی‌کند. اما پس از این مدت، نگهداری پیاز در انبار نیازمند دقت بیشتری است (ضیاءالحق، ۱۴۰۱).

با افزایش مدت نگهداری، خواب سیر می‌شکند و جوانه‌زنی درونی در سوخ‌های سیر شروع می‌شود، جوانه‌های درونی رشد می‌کنند و در بیرون از حبه نیز آشکار می‌شوند (شکل۳). با آشکار شدن جوانه‌های بیرونی، بازارپسندی سیر به‌شدت کاهش می‌یابد.

1. Nabi

نور: پیازها و غده‌ها باید در انباری تاریک و دور از نور نگهداری شوند تا هم از سبز شدن رنگ بافت محصول و تجمع سولانین در سیب‌زمینی و هم از تحریک و رشد جوانه‌زنی در آنها جلوگیری شود.

۳-۳- زمان برداشت

تأخیر در برداشت سیر سبب تغییر رنگ و آفتاب‌سوختگی سوخ‌ها می‌شود و طی نگهداری، حبه‌ها زودتر شروع به جوانه‌زنی می‌کنند و عمر انباری سیر را کاهش می‌دهند (بیات،۱۴۰۲). برداشت دیرهنگام یا زودهنگام سبب جوانه‌زنی سریع‌تر سوخ پیاز در انبار می‌شود و کیفیت پوست نیز کاهش می‌یابد (رضایی و همکاران، ۱۳۹۹).

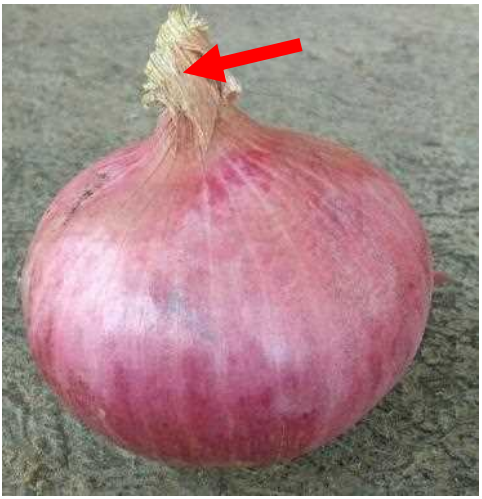
شکل۳- جوانه‌زنی درونی (سمت راست) و برونی (سمت چپ) حبهٔ سیر در انبار (بیات، ۱۴۰۲)

۳-٤- التیام‌دهی

التیام‌دهی مناسب پیش از انبارداری می‌تواند کیفیت و عمر پیازها و غده‌ها را افزایش دهد. پیاز را باید پس از برداشت تا خشک شدن و بسته شدن گردن آن، در مزرعه نگه داشت (شکل ۴). پیازهای التیام‌دهی‌شده معمولاً سرعت جوانه‌زنی کمتری دارند و کیفیت کلی بهتری در طول انبارداری نشان می‌دهند (نبی و همکاران، ۲۰۱۳). در التیام‌دهی مصنوعی، سوخ‌های سیر حین نگهداری در انبار کمتر دچار افت وزنی و جوانه‌زنی می‌شوند و ماندگاری سیر در این روش بیشتر است (بیات، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۸). درحالی‌که در التیام‌دهی مزرعه‌ای افت وزنی، چروکیدگی و جوانه‌زنی سوخ‌های سیر حین نگهداری در انبار بیشتر است (بیات، ۱۴۰۲).

التیام‌دهی طبیعی پیاز و سیر بدون استفاده از تجهیزات گرمایشی و تنها با بهره‌گیری از شرایط محیطی است و می‌تواند در مزرعه یا خارج از آن صورت گیرد. در این روش، سوخ‌ها پس از برداشت به‌صورت ردیفی روی خاک، در کیسه‌های توری، روی قفسه‌ها، یا به شکل دسته‌های آویزان در محل سایه‌دار قرار می‌گیرند تا در جریان هوای آزاد خشک شوند. هدف اصلی، خشک شدن گردن و پوسته‌های بیرونی و ترمیم زخم‌های سطحی است. وجود تهویهٔ مناسب برای جلوگیری از کپک‌زدگی و پوسیدگی ضروری است و نباید کیسه‌ها روی هم انباشته شوند. مدت زمان التیام‌دهی، بسته به شرایط اقلیمی، بین یک تا سه هفته متغیر است. این روش کم‌هزینه و ساده است، اما به شرایط آب‌وهوایی وابسته است و در رطوبت بالا یا بارندگی خطر فساد افزایش می‌یابد (بیات، ۱۴۰۵).

در التیام‌دهی مصنوعی، برای فرایند خشک‌کردن و ترمیم زخم‌های پیاز و سیر از هوای گرم کنترل‌شده و تجهیزات تهویه استفاده می‌شود. محصول در اتاقک، آلونک یا سازه‌ای بسته قرار می‌گیرد و گرما توسط بخاری یا سامانهٔ حرارتی (معمولاً نزدیک کف) تأمین می‌شود تا به‌طور یکنواخت در میان توده محصول توزیع گردد. برای حفظ رطوبت نسبی مناسب می‌توان کف را مرطوب کرد یا از خنک‌کننده‌های تبخیری بهره برد. وجود فاصله بین جعبه‌ها و به‌کارگیری فن برای گردش هوا ضروری است. این روش، نسبت به روش طبیعی، سرعت و یکنواختی بیشتری دارد و وابستگی آن به شرایط جوی کمتر است، اما هزینهٔ آن بالاتر است و به تجهیزات بیشتر نیاز دارد و باید از خشک‌شدن بیش از حد سوخ‌ها جلوگیری شود (بیات، ۱۴۰۵).



شکل ٤ – بسته‌شدن گردن پیاز پس از التیام‌دهی (ضیاءالحق، ١٤٠١)

التیام‌دهی غده‌های سیب‌زمینی فرایندی است که بلافاصله پس از برداشت برای ترمیم زخم‌ها و کاهش پوسیدگی اجرا می‌شود. در این روش، غده‌ها به مدت حدود ۱۰ تا ۱۴ روز در محیطی با دمای به‌نسبت بالا (حدود ۱۵ تا ۲۰ درجه سلسیوس) و رطوبت نسبی زیاد (حدود ۸۵ تا ۹۵ درصد) نگهداری می‌شوند. تهویهٔ مناسب برای تأمین اکسیژن و جلوگیری از تجمع دی‌اکسیدکربن ضروری است. در این شرایط، لایه‌ای محافظ از جنس پریدرم (چوب‌پنبه‌ای) روی زخم‌ها تشکیل می‌شود که از نفوذ عوامل بیماری‌زا و کاهش آب جلوگیری می‌کند. نور باید کم باشد تا از سبز شدن غده‌ها جلوگیری شود. پس از تکمیل‌شدن مرحلهٔ التیام‌دهی، دما به‌تدریج برای انبارداری کاهش می‌یابد. این فرایند موجب افزایش دوام انباری، کاهش ضایعات و حفظ کیفیت خوراکی و بذری سیب‌زمینی می‌شود (گودرزی و ضیاءالحق، ۱۴۰۱).

۳-۵- رقم

در شرایط نگهداری یکسان، سیر صورتی نسبت به سیر سفید، زودتر جوانه می‌زند و از این‌رو ماندگاری کمتری دارد (بیات، ۱۳۸۳). سیب‌زمینی‌های دارای پوست قرمز و بسیاری از ارقام پوست‌سفید مانند مارفونا و بمبا، نسبت به ارقامی مانند اگریا و جیلی، سریع‌تر جوانه می‌زنند (گودرزی، ۱۳۹۸). در مورد پیاز نیز نشان داده شده است که رقم در میزان جوانه‌زنی در انبار تأثیر دارد. برای مثال، نشان داده شده است که در شرایط نگهداری یکسان رقم سوئیت‌اسپانیش، نسبت به رقم درچهٔ اصفهان، کمتر دچار جوانه‌زنی می‌شود (ملک، ۱۳۹۰).

٤- روش‌های کنترل جوانه‌زنی

کنترل جوانه‌زنی در غده‌ها و پیازها یکی از مهم‌ترین مراحل مدیریت پس از برداشت است که به حفظ کیفیت و کاهش ضایعات کمک می‌کند. روش‌های مختلفی برای کنترل جوانه‌زنی وجود دارد که به سه دستهٔ اصلی تقسیم می‌شوند: تیمارهای شیمیایی، تیمارهای فیزیکی و تیمارهای زیستی. این روش‌ها به‌طور دقیق و کاربردی شرح داده می‌شوند.

٤-۱- تیمارهای شیمیایی

تیمارهای شیمیایی یکی از رایج‌ترین روش‌ها برای کنترل جوانه‌زنی هستند. این روش‌ها شامل استفاده از مواد شیمیایی مهارکنندهٔ رشد جوانه‌هاست. درپیش‌گرفتن برخی راهکارها می‌توان میزان مصرف این مواد را کاهش داد. برای مثال، با انتخاب ارقام با دورهٔ خواب طولانی (جدول ۱) یا ارقام با توان تحمل دماهای پایین برای نگهداری بلندمدت می‌توان مصرف ترکیبات ضدجوانه‌زنی را کاهش داد. بهتر است ارقام با طول دورهٔ خواب متفاوت را جدا از یکدیگر در انبار نگهداری کرد. به این ترتیب در صورت ضروری بودن مصرف مواد ضدجوانه‌زنی، تنها توده‌ها و ارقام خاص این ترکیب‌ها را دریافت می‌کنند و ضرورتی ندارد مواد ضدجوانه‌زنی در کل انبار به‌کار رود (گودرزی و ضیاءالحق، ۱۴۰۱).

جدول ۱- ارقام یا انواع غده‌ها و پیازها با دورهٔ خواب متفاوت

محصول	رقم یا نوع	طول دورهٔ خواب
سیب‌زمینی	آگریا، راموس، ساوالان، خاوران، مارفونا، بانبا	بلند
	دوناته، جیلی، سانته، فونتانه، آلمرا، اسپریت	متوسط
	آریندا، کلومبا	کوتاه
پیاز	زرگان، قرمز آذرشهر، روکاردو، استنتور، رابوستا، کُپرا	بلند
	قرمز ری، سفید ساری، بالستورا، هایتون، آگوستا	متوسط
	سفید کاشان ،رادار	کوتاه
سیر	سیرهای گردن‌نرم که اغلب پوست سفید دارند مانند	بلند
	سفیدهمدان، کالیفرنیا ارلی، کالیفرنیا لیت، اینچلیوم‌رد	
	کرئول، طارم	متوسط
	روکامبول، پورسلین	کوتاه

منبع: گودرزی، ۱۴۰۴؛ میدِما، ۱۹۹۴؛ بیات، ۱۴۰۳

مهم‌ترین این ترکیبات شیمیایی عبارت‌اند از:

کلروپروفام (CIPC[1]): این مادهٔ شیمیایی به‌طور گسترده برای مهار جوانه‌زنی در سیب‌زمینی استفاده می‌شود. کلروپروپام با مهار فعالیت‌های متابولیکی در ناحیهٔ جوانه‌ها، رشد آنها را متوقف می‌کند. با این حال، نگرانی‌های زیست‌محیطی و سلامت مصرف‌کنندگان باعث کاهش استفاده از این ماده شده است. کلروپروفام بیشتر به‌صورت گاز گَرم استفاده می‌شود، هرچند نوع پودری آن نیز در دسترس هست. این ماده برای جلوگیری از جوانه‌زنی در سیب‌زمینی‌هایی به‌کار می‌رود که برای فراوری یا مصرف تازه نگهداری می‌شوند. مقدار مناسب برای کنترل جوانه‌زنی در هر تن سیب‌زمینی بین ۴۵ تا ۶۰ گرم کلروپروفام خالص است. با این حال، استفاده از این ترکیب برای سیب‌زمینی‌های بذری کاملاً ممنوع است. تأثیرگذاری این مادهٔ شیمیایی بستگی دارد به دقت و نحوهٔ صحیح کاربرد آن. مهم‌ترین نکته

1. Isopropyl N-(3-chlorophenyl) carbamate ($C_{10}H_{12}ClNO_2$)

در استفاده از کلروپروفام، توجه به میزان باقی‌ماندهٔ آن در سیب‌زمینی مصرفی است که نباید از ۱۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم سیب‌زمینی تازه تجاوز کند. برای رعایت‌کردن این استاندارد، ضروری است سیب‌زمینی حداقل دو ماه پس از آخرین استفاده از کلروپروفام مصرف شود (گودرزی و ضیاءالحق، ۱۴۰۱).

برای استفادهٔ صحیح از کلروپروفام، پس از ورود سیب‌زمینی‌ها به انبار لازم است یک دورهٔ التیام‌دهی به‌مدت ۲ تا ۳ هفته طی شود. در این مدت، هوای انبار باید تهویه شود و جریان هوا در سراسر انبار یکنواخت باشد. همچنین باید سطح مقطع دریچه‌های کانال‌های هوادهی کاهش داده شود و سرعت گردش هوا در کانال‌ها روی ۲ تا ۴ متر بر ثانیه تنظیم گردد. دمای محیط انبار نیز باید بین ۱۰ تا ۱۵ درجهٔ سلسیوس نگه داشته شود. پس از این مراحل، انتشار ۴۰ گرم کلروپروفام خالص به‌ازای هر تن سیب‌زمینی موجود در انبار صورت می‌گیرد. پس از تزریق این ترکیب (شکل ۵)، سیستم تهویه باید به‌مدت حدود ۴ ساعت هوا را در فضای انبار گردش دهد تا هوای انبار کاملاً شفاف و عاری از کدورت شود. تا یک هفته پس از عملیات نیز باید از ورود هوای تازهٔ بیرون به داخل انبار جلوگیری کرد. پس از این دوره، سیستم تهویه به روال عادی خود بازمی‌گردد و شرایط بهینه برای نگهداری محصول فراهم می‌شود. بهترین زمان استفاده از کلروپروفام برای همهٔ ارقام سیب‌زمینی در محدوده هفته‌های سوم تا چهارم پس از برداشت است (گودرزی، ۱۳۹۸).

شکل ۵- تزریق گاز گرم کلروپروفام به انبار سیب‌زمینی (گودرزی و ضیاءالحق، ۱۴۰۱).

مالئیک هیدرازید[1]: بر خلاف دیگر ترکیبات ضدجوانه‌زنی که پس از برداشت به‌کار گرفته می‌شوند، مالئیک هیدرازید پیش از برداشت و در مزرعه استفاده می‌شود. این ماده با مهارکردن تقسیم سلولی در ناحیهٔ جوانه‌ها، جوانه‌زنی را کنترل می‌کند. مالئیک هیدرازید به‌ویژه در پیازها مؤثر است و به‌عنوان روشی اقتصادی شناخته می‌شود (ماتسویاما و اومیدا[2]، ۲۰۱۸). مالئیک‌هیدرازید مؤثرترین و پرکاربردترین بازدارنده جوانه‌زنی شناخته می‌شود که در بسیاری از کشورها برای جلوگیری از جوانه‌زنی و ریشه‌زنی پیاز در دورهٔ نگهداری طولانی‌مدت استفاده می‌شود. این ماده از چروکیدگی پیازها در انبار نیز جلوگیری می‌کند. بهترین نتیجه زمانی حاصل خواهد شد که در مرحلهٔ خوابیدن ۵۰ درصد برگ‌های پیاز، با دوز ۲٫۲ کیلوگرم در هکتار محلول‌پاشی شود. کاربرد زودتر سبب تولید پیازهای پف‌کرده می‌شود و کاربرد دیرهنگام نیز تأثیر کمی دارد. در تحقیقات مختلف، استفاده از دوزهای دیگر نیز بررسی شده است. برای‌مثال، نشان داده شده است که محلول‌پاشی دو هفته پیش از

1. Maleic hydrazide
2. Matsuyama & Umeda

برداشت با غلظت ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام ضمن نداشتن تأثیر منفی بر گیاه، به‌خوبی از جوانه‌زنی پیاز در انبار جلوگیری می‌کند و کاهش تبخیر آب را نیز به‌همراه دارد. پیازهای تیمار شده با غلظت ۲۵۰۰ پی‌پی‌ام در مرحلهٔ ریزش یک‌سوم برگ‌ها، حتی پس از ۵ ماه انبارداری، جوانه نمی‌زنند. با این حال، به‌دلیل احتمال سرطان‌زایی این ماده، استفاده از آن در حال حاضر با محدودیت‌هایی همراه شده است (ضیاءالحق، ۱۴۰۱). جوانه‌زنی سیر را می‌توان با کاربرد ۳۰۰۰ پی‌پی‌ام مالئیک‌هیدرازید، سه هفته پیش از برداشت متوقف کرد (بیات، ۱۴۰۲).

عملکرد مالئیک هیدرازید به شرایط آب‌وهوایی و کیفیت پوشش گیاهی مزرعه وابسته است. تأثیر مهارکنندهٔ مالئیک هیدرازید زمانی قابل‌توجه است که دورهٔ ذخیره‌سازی کوتاه و احتمال جوانه‌زنی غده‌ها اندک باشد. می‌توان از این ترکیب به‌عنوان روشی پیشگیرانه پیش از استفاده از دیگر روش‌های کنترل جوانه‌زنی بهره برد. مالئیک هیدرازید به‌صورت محلول‌پاشی برگی در مزرعه سیب‌زمینی و حدود ۳ تا ۵ هفته پیش از حذف شاخ‌وبرگ، با مقدار تقریبی ۲٫۵ تا ۳٫۳۶ کیلوگرم در هکتار مصرف می‌شود. در این صورت، باقی‌ماندهٔ این ترکیب در غده‌ها حدود ۱۲ میلی‌گرم در کیلوگرم سیب‌زمینی خواهد بود که این مقدار برای حداکثر مهار جوانه‌زنی در انبارداری بلندمدت کافی است. مالئیک هیدرازید با مهارکردن تقسیم سلولی در مریستم جوانه و افزایش دورهٔ خواب غده، جوانه‌زنی سیب‌زمینی را در دوره نگهداری به‌طور مؤثری به تأخیر می‌اندازد (کانینگتون[1]، ۲۰۱۹). میزان باقی‌ماندهٔ مالئیک هیدرازید در سیب‌زمینی مصرفی نباید از ۵۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم سیب‌زمینی تازه تجاوز کند (گودرزی، ۱۳۹۸).

اتیلن: اتیلن گازی مؤثر در مهار جوانه‌زنی سیب‌زمینی‌های ذخیره‌شده در دمای زیر ۵ درجهٔ سلسیوس است و برخلاف کلروپروفام، محدودیتی برای باقی‌ماندهٔ آن در محصول وجود ندارد. با این حال، اثر ضدجوانه‌زنی آن دائمی نیست و پس از خروج غده‌ها از انبار، تأثیر آن کاهش می‌یابد. این گاز هورمونی است گیاهی که شدت تنفس غده‌ها و غلظت

1. Cunnington

دی‌اکسیدکربن را در هوای انبار افزایش می‌دهد، بنابراین کنترل میزان اتیلن و رابطهٔ آن با دی‌اکسیدکربن ضروری است. برای جلوگیری از آثار نامطلوب، غلظت اتیلن باید به‌تدریج تا ۱۰ پی‌پی‌ام افزایش یابد و در همین سطح حفظ شود. واکنش ارقام مختلف سیب‌زمینی به اتیلن متفاوت است، بنابراین مدیران انبار باید تصمیمات خود را بر اساس نوع سیب‌زمینی تنظیم کنند (گودرزی و ضیاءالحق، ۱۴۰۱).

اسید جیبرلیک (GA3): نشان داده شده است که اسید جیبرلیک دورهٔ خواب غده‌های یام را طولانی می‌کند و جوانه‌زنی را به تأخیر می‌اندازد. در روش مرسوم، انتهای غده در محلول اسید جیبرلیک با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر به‌مدت یک ساعت غوطه‌ور می‌شود. روش‌های جدید شامل کاربرد موضعی اسید جیبرلیک روی زخم انتهای غده همراه با خمیر خاک مرطوب (۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) یا نشاسته ژلاتینه‌شده (حدود ۸۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) است که با مصرف اسید جیبرلیک کمتر، خواب غده را به‌طور مؤثر افزایش می‌دهند. بهترین زمان کاربرد، بلافاصله پس از برداشت است. اسید جیبرلیک با اثرگذاری بر بافت‌های مریستمی ناحیهٔ زخم انتهایی غده، آغاز و شدت جوانه‌زنی را به‌تعویق می‌اندازد، سرعت تنفس و ذخایر نشاسته و نیتروژن را کاهش می‌دهد و در نتیجه مصرف مواد ذخیره‌ای و کاهش وزن غده کندتر می‌شود. اثر اسید جیبرلیک وابسته به ایجاد زخم برای نفوذ مؤثر و زمان کاربرد (بلافاصله پس از برداشت) است. این روش، افزون‌بر افزایش طول دورهٔ خواب و به‌تعویق انداختن جوانه‌زنی، موجب کاهش افت وزن و حفظ کیفیت تغذیه‌ای غده‌ها می‌شود. با این حال، کارایی آن به زمان کاربرد و گونهٔ گیاهی وابسته است و برای دستیابی به اثر مطلوب، ایجاد زخم در محل تیمار ضروری است (شانن[1] و همکاران، ۲۰۰۳).

متیل‌سیکلوپروپن[2]: تیمار پیازها با غلظت ۱ میکرولیتر بر لیتر ۱-متیل‌سیکلوپروپن (1-MCP) به‌مدت ۲۴ ساعت، رشد جوانه‌ها را در دماهای نگهداری ۴ و ۱۲ درجهٔ سلسیوس به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد، در حالی‌که در دمای ۲۰ درجهٔ سلسیوس اثر مهارکنندگی

1. Tschannen
2. 1-methylcyclopropene

بر جوانه‌زنی مشاهده نمی‌شود. ۱-متیل‌سیکلوپروپن با اتصال به گیرنده‌های هورمون اتیلن در بافت پیاز، از فعال شدن مسیر سیگنال‌دهی اتیلن جلوگیری می‌کند. از آنجاکه اتیلن یکی از عوامل کلیدی آغاز جوانه‌زنی و رشد است، مهار پیام آن موجب به‌تعویق افتادن جوانه‌زنی می‌شود. مهار مسیر اتیلن همچنین باعث کاهش شدت تنفس و کاهش مصرف ذخایر کربنی در پیاز می‌شود و در نتیجه انرژی کمتری برای شروع و تداوم رشد جوانه‌ها در دسترس قرار می‌گیرد. بر این اساس، ۱-متیل‌سیکلوپروپن از طریق مهارکردن پاسخ به اتیلن و کاهش مصرف ذخایر کربنی، جوانه‌زنی پیاز را به تأخیر می‌اندازد؛ با این حال، اثربخشی آن در دماهای پایین‌تر بیشتر است (چاپ و همکاران، ۲۰۰۷).

پراکسید هیدروژن: پراکسید هیدروژن نیز یکی از ترکیبات دارای خاصیت مهار جوانه‌زنی شناخته می‌شود. این ماده با ایجاد آسیب در بافت جوانه یا جوانه‌های در حال رشد، پیش از آن‌که امکان طویل شدن و ادامهٔ رشد را پیدا کنند، فرایند جوانه‌زنی را محدود می‌کند. به نظر می‌رسد پراکسید هیدروژن از طریق اثر منفی بر بافت مریستمی که پس از پایان دورهٔ خواب طبیعی در غده فعال می‌شود، مانع از آغاز و تداوم رشد جوانه‌ها می‌گردد (کِلینکوف[1] و همکاران،۲۰۰۳).

سایر ترکیبات شیمیایی: از جمله این مواد می‌توان به اِتفون[2]، کربومات‌ایزوپروپیل‌ان-فنیل‌سی‌آی‌پی[3] و اتیلن اشاره کرد (ضیاءالحق، ۱۴۰۱).

٤-۲- تیمارهای فیزیکی

روش‌های فیزیکی به‌دلیل استفاده نکردن از مواد شیمیایی، به‌عنوان روش‌های پایدار و ایمن شناخته می‌شوند. مهم‌ترین این روش‌ها عبارت‌اند از:

1. Kleinkopf
2. Ethephon
3. carbamate isopropyl N-phenyl -CIP

پرتودهی: تابش گاما یکی از روش‌های مؤثر برای مهار جوانه‌زنی است. این روش با ایجاد تغییرات در DNA سلول‌های جوانه، رشد آن‌ها را متوقف می‌کند. تابش گاما به‌ویژه برای پیازها و سیب‌زمینی‌ها مؤثر است.

پرتوهای یونیزه نقش بسیار مؤثری در جلوگیری از جوانه‌زنی پیاز در انبار دارند. این روش با تأثیر بر جوانه‌های داخلی پیاز، دوره رکود را طولانی‌تر می‌کند و فرایند جوانه‌زنی را به تعویق می‌اندازد. تحقیقات نشان می‌دهد که پرتودهی گاما با دوز ۰/۱۵ کیلوگِری، به‌ویژه در ارقام روزبلند مانند قرمز آذرشهر، سفیدکاشان، درچه اصفهان و سفید قم، سبب کاهش چشمگیر درصد جوانه‌زنی در شرایط دمایی ۱۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۷۰ درصد می‌شود. میزان این تأثیرگذاری در ارقام مختلف پیاز متفاوت است (ضیاءالحق، ۱۴۰۱).

استفاده از پرتوتابی گاما با دوز ۶۰ تا ۹۰ گِری می‌تواند جوانه‌زنی سیر را حتی بهتر از انبارداری سرد مهار کند و ماندگاری آن را تا حدود یک سال افزایش دهد. بهترین زمان برای پرتودهی سیر سفید و صورتی، ۳۰ تا ۴۵ روز پس از برداشت یا حداکثر در ۸ هفته اول نگهداری است. این روش نه‌تنها از جوانه‌زنی جلوگیری می‌کند، بلکه فعالیت عوامل بیماری‌زایی مانند قارچ‌ها را نیز حین انبارداری کاهش می‌دهد و می‌تواند جایگزینی مناسب برای قارچ‌کش‌ها در مراحل پس از برداشت باشد. دوز مناسب پرتوتابی به شرایط نگهداری بستگی دارد: برای انبار سرد (دمای ۱- تا صفر درجه سلسیوس) دوز ۵۰ گِری پرتو بتا و برای انبار معمولی دوز ۷۵ گِری کافی است تا کیفیت سیر حفظ شود. تحقیقات نشان می‌دهد حتی دوزهای پایین‌تر مانند ۲۵ گِری پرتو بتا در دورهٔ خواب و ۱۰ گِری پرتو گاما پس از این دوره نیز می‌توانند جوانه‌زنی و تقسیم سلولی را به‌طور محسوسی کاهش دهند (بیات و ذوالفقاریه، ۱۳۹۰؛ بیات، ۱۳۹۴؛ بیات، ۱۴۰۲). در شکل ۶، اثر پرتوتابی بر کیفیت سیرهای نگهداری‌شده مشاهده می‌شود.

شکل٦- کنترل جوانه‌زنی سیر با فرایند پرتوتابی (حبه‌های پایین تصویر) در مقایسه با حبه‌های پرتوندیده (بالای تصویر)، پس از ده ماه نگهداری در انبار (عکس از بیات، ۱۴۰۲)

فشار بالا: در این روش، غده‌های سیب‌زمینی برای مدتی کوتاه (۵ تا ۱۰ دقیقه) تحت فشار هیدرواستاتیک بالا (حدود ۱۰۰ مگاپاسکال) در دمای محیط قرار می‌گیرند. مطالعات نشان داده است که این تیمار قادر است جوانه‌زنی سیب‌زمینی را حداقل به‌مدت ۶ هفته مهار کند. سازوکار فشار بالا به‌طور عمده نسبت داده می‌شود به اختلال در فرایندهای فیزیولوژیک و متابولیک مرتبط با آغاز رشد جوانه، به‌گونه‌ای که فشار می‌تواند با مهار سنتز پروتئین‌ها، کاهش فعالیت‌های متابولیکی و ایجاد تغییر در ساختارهای سلولی، مصرف ذخایر غذایی و رشد مریستم جوانه را محدود کند. از این رو، استفاده از فشار بالا به‌عنوان روشی غیرحرارتی و بدون استفاده از مواد شیمیایی، گزینه‌ای نوین و بالقوه برای کنترل جوانه‌زنی غده‌ها در دوره نگهداری محسوب می‌شود (ساراویا و رودریگز[1]، ۲۰۱۱).

پلاسمای سرد: نشان داده شده است که استفاده از پلاسمای سرد در شدت‌های پایین (کمتر از ۲ دقیقه) جوانه‌زنی را تحریک می‌کند، اما استفاده از شدت‌های بالاتر پلاسمای سرد می‌تواند جوانه‌زنی را به تأخیر اندازد یا متوقف کند. هنگامی‌که از هوا به‌عنوان گاز عامل در پلاسمای سرد استفاده می‌شود، مجموعه‌ای قوی از رادیکال‌های آزاد حاوی گونه‌های واکنش‌پذیر اکسیژن مانند اکسیژن اتمی، آنیون سوپراُکسید، اکسیژن یگانه، رادیکال‌های

1. Saraiva & Rodrigues

هیدروکسیل و اُزن و گونه‌های واکنش‌پذیر نیتروژن مانند نیتروژنِ برانگیخته‌شده، نیتروژنِ اتمی، اکسید نیتریک و دی‌اکسید نیتریک، علاوه‌بر فوتون‌های یو.وی.، یون‌های مثبت و منفی و الکترون‌های آزاد تولید می‌شوند که در کنار هم باعث فرایندهای اکسیداسیون قوی در لیپیدها و پروتئین‌های موجود در غشای سلولی می‌شوند که می‌توانند از جوانه‌زنی جلوگیری کنند. البته این روش هنوز تجاری نشده و نیاز به تحقیقات بیشتری دارد (ضیاءالحق و اشرفی، ۱۴۰۱).

دماهای پایین: همان‌گونه که در بخش شرایط انبارداری به‌طورکامل توضیح داده شد، نگهداری غده‌ها و پیازها در دماهای پایین (صفر تا ۴ درجهٔ سلسیوس) می‌تواند دورهٔ خواب را طولانی کند و جوانه‌زنی را به تأخیر اندازد (مانی و همکاران، ۲۰۱۵).

اتمسفر کنترل‌شده: تحقیقات نشان داده‌است که اتمسفر کنترل‌شده، به‌عنوان روشی سازگار با محیط‌زیست، می‌تواند جایگزینی مناسب برای روش‌های شیمیایی از جمله استفاده از مالئیک‌هیدرازید در جلوگیری از جوانه‌زنی پیاز باشد. در این روش، ترکیب هوای انبار از نظر میزان اکسیژن، دی‌اکسیدکربن و نیتروژن تنظیم می‌شود و انبار باید کاملاً عایق باشد تا از نفوذ گازهای خارجی جلوگیری شود. پس از پر کردن انبار، درِ آن بسته می‌شود و گازهای موردنیاز به داخل تزریق می‌شوند. در این روش، علاوه‌بر کنترل دما و رطوبت، غلظت گازها نیز به‌طور دقیق توسط حسگرهای حساس اندازه‌گیری و در صورت نیاز تنظیم می‌شود. بهترین ترکیب پیشنهادی برای نگهداری سیر و پیاز، اتمسفری با ۵ درصد دی‌اکسیدکربن و ۳ درصد اکسیژن در دمای ۱ درجهٔ سلسیوس است، هرچند نتایج مطلوب‌تری در غلظت‌های بسیار پایین‌تر این گازها حاصل می‌شود. جالب توجه این است که ترکیب ۳ درصد دی‌اکسیدکربن و ۰٫۵ درصد اکسیژن اثری مشابه اثر مالئیک‌هیدرازید دارد و به‌طور کامل از جوانه‌زنی پیاز جلوگیری می‌کند (آدامیکی[1]، ۲۰۰۴). در مورد سیب‌زمینی نیز ترکیب ۳ درصد

1. Adamicki

اکسیژن و ۱۲ درصد دی‌اکسیدکربن در دمای ۷ درجهٔ سلسیوس میزان تنفس و وزن سیب‌زمینی را کاهش می‌دهد و جوانه‌زنی آن را به تأخیر می‌اندازد (پینِرو و همکاران، ۲۰۰۹).

سوزاندن ته سوخ پیاز: این روش به‌طور سنتی برای جلوگیری از جوانه‌زنی پیاز استفاده می‌شود (شکل ۷) و می‌تواند جایگزین محلول‌پاشی با مالئیک‌هیدرازید شود. این روش برای نگهداری پیاز در خانه قابل اجراست، در مقیاس‌های بالا به نیروی کارگری زیادی نیاز خواهد بود، این روش هزینهٔ کارگری را افزایش می‌دهد. در تحقیقی، این روش با روش محلول‌پاشی با مالئیک‌هیدرازید مقایسه و نشان داده شد که متوسط طول و تعداد جوانه‌ها در روش سوزاندن ته پیازها کمتر از متوسط طول و تعداد جوانه‌ها در روش محلول‌پاشی یا نمونه‌های بدون هیچ‌گونه تیمار (شاهد) است (بهبهانی، ۱۳۷۴).

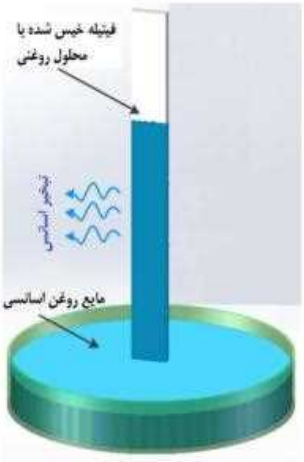
شکل ۷– سوزاندن ریشه‌های پیاز برای جلوگیری از جوانه‌زنی در خانه (عکس از بیات، ۱۴۰۱)

٤-۳- تیمارهای زیستی

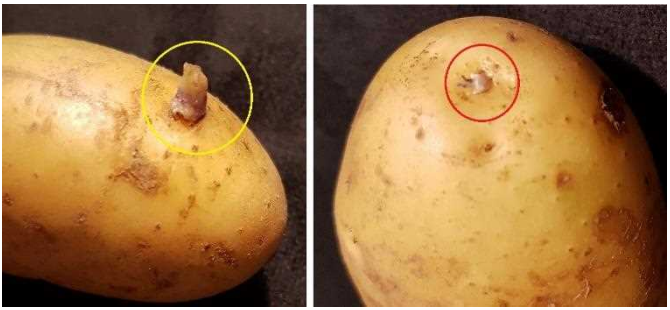
روش‌های زیستی شامل استفاده از مواد طبیعی و میکروارگانیسم‌ها برای کنترل جوانه‌زنی هستند.

روغن‌های طبیعی: روغن‌های و عصاره‌های گیاهی مانند اسانس زیره، اسانس نعنا و اسانس اکالیپتوس می‌توانند به‌طور مؤثر جوانه‌زنی را مهار کنند. این روغن‌ها با ایجاد تغییرات در غشای سلولی جوانه‌ها، رشد آن‌ها را متوقف می‌کنند (ماتسویاما و اومیدا، ۲۰۱۸).

اسانس روغنی نعنا و میخک برای کنترل جوانه‌زنی سیب‌زمینی در انبار استفاده می‌شود، اثر آن موقتی است و نیاز به تکرار منظم انتشار در هوای انبار دارد. این روش هم برای مهار زودهنگام جوانه‌زنی و هم پس از مصرف کلروپروفام کاربرد دارد. برای سیب‌زمینی‌های فله‌ای، اسانس با استفاده از فتیله‌های نخی در مسیر گردش هوا به‌طور یکنواخت منتشر می‌شود تا به‌طور مؤثر در تمام توده ذخیره‌شده پخش گردد (شکل ۸). حفظ غلظت بالای روغن نعنا در هوای انبار ضروری است و باید در فاصله‌های زمانی مشخص، ترجیحاً هر دو تا سه هفته، تجدید شود. مصرف ۹۰ تا ۹۵ گرم روغن نعنا در هر ماه به‌ازای هر تن سیب‌زمینی، (۱۰۰ پی‌پی‌ام)، مقدار مناسبی است (گودرزی و ضیاءالحق، ۱۴۰۱). توصیه می‌شود کاربرد این ترکیبات در انبارهای نگهداری از زمان مشاهده اولین نشانه‌های نیش‌زدن جوانه‌ها (طول جوانه‌ها کمتر از ۲ میلی‌متر) آغاز شود (شکل ۹). در این هنگام کاربرد اسانس‌ها باید به‌سرعت و بدون تأخیر صورت گیرد. تأخیر در زمان استفاده از این ترکیبات مهار ناموفق جوانه‌زنی را به دنبال دارد (گودرزی، ۱۳۹۸).



شکل ۸- نحوهٔ استفاده از اسانس‌های روغنی برای مهار جوانه‌زنی در انبار (گودرزی، ۱۳۹۸)



شکل ۹- تصویر راست: با ظهور اولین جوانه‌ها، کاربرد ترکیبات مهار جوانه‌زنی بدون تأخیر آغاز شود. تصویر چپ: رسیدن طول جوانه به بیش از ۵ میلی‌متر نشانگر تأخیر در کاربرد ترکیبات مهارکننده جوانه‌زنی است (گودرزی و ضیاءالحق ۱۴۰۱)

میکروارگانیسم‌ها: برخی میکروارگانیسم‌ها می‌توانند با تولید ترکیبات بازدارندهٔ رشد، رقابت برای منابع و ایجاد اختلال در تعادل هورمونی، فعالیت مریستم جوانه را کاهش دهند و جوانه‌زنی را به‌طور غیرمستقیم به تأخیر اندازند. این اثرهای زیستی می‌توانند در قالب رویکردهای تلفیقی کنترل جوانه‌زنی مورد توجه قرار گیرند. نشان داده شده است که اثر برخی باکتری‌ها مانند *سدوموناس فلورسانس* و انتروباکتر در مهار جوانه‌زنی سیب‌زمینی مشابه اثر کلروپروفام است (اسلینینگر[1] و همکاران، ۲۰۰۳). همچنین نشان داده شده است که استفاده از قارچ‌های مفید مانند *کاندروستریوم پورپورئوم*[2] می‌تواند جوانه‌زنی را در برخی گیاهان مهار کند (جابیدون[3]، ۱۹۹۸).

۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

با توجه به اهمیت غده‌ها و پیازها در امنیت غذایی و اقتصاد کشاورزی، کنترل جوانه‌زنی طی نگهداری در انبار از اولویت‌های اساسی در مدیریت پس‌ازبرداشت این محصولات محسوب می‌شود. به دنبال جوانه‌زنی، افت وزنی و نرم شدن بافت غده‌ها و پیازها هم مشاهده

1. Slininger
2. *Chondrostereum purpureum*
3. Jobidon

می‌شود که منجر به افزایش ضایعات، کاهش ماندگاری و کاهش ارزش اقتصادی محصول می‌شود. بررسی‌ها نشان می‌دهد که عوامل متعددی از جمله دما، رطوبت، مدت‌زمان انبارداری، نور، رقم و تیمارهای پس‌ازبرداشت بر فرایند جوانه‌زنی تأثیرگذار هستند. انتخاب روش مناسب برای کنترل جوانه‌زنی باید بر اساس نوع محصول، شرایط انبار، مدت زمان نگهداری و محدودیت‌های زیست‌محیطی و بهداشتی باشد.

در میان روش‌های کنترل جوانه‌زنی، تنظیم شرایط محیطی انبار (به‌ویژه دما و رطوبت)، استفاده از ارقام با دورهٔ خواب طولانی، و کاربرد تیمارهای شیمیایی مانند کلروپروپام و مالئیک هیدرازید (در صورت ضرورت و رعایت استانداردهای ایمنی) از مؤثرترین راهکارها به‌شمار می‌روند. با این حال، به‌دلیل نگرانی‌های زیست‌محیطی و سلامت مصرف‌کننده، توصیه می‌شود تا حد امکان از روش‌های غیرشیمیایی و مدیریت صحیح شرایط انبارداری استفاده شود و مصرف ترکیبات شیمیایی به حداقل برسد.

ترکیب راهکارهای مدیریتی، فیزیکی و در صورت ضرورت شیمیایی (که در بخش‌های پیشین توضیح داده شده‌اند)، ضمن رعایت اصول ایمنی و بهداشتی، می‌تواند به بهبود کیفیت و افزایش ماندگاری غده‌ها و پیازها در انبار کمک شایانی کند و نقش مؤثری در کاهش ضایعات و افزایش بهره‌وری اقتصادی داشته باشد. در این ارتباط، رعایت موارد زیر برای کاهش آسیب ناشی از جوانه‌زنی غده‌ها و پیازها درانبار توصیه می‌شود:

– استفاده از ارقام با دورهٔ خواب طولانی و مقاومت بالاتر به جوانه‌زنی، به‌ویژه برای نگهداری بلندمدت.

– حفظ دمای پایین (متناسب با نوع محصول) و رطوبت نسبی کنترل‌شده، تهویهٔ مناسب و جلوگیری از ورود نور مستقیم به انبار.

– التیام‌دهی مناسب غده‌ها و پیازها پیش از انبارداری برای افزایش ماندگاری و کاهش ضایعات.

– برداشت در زمان مناسب و دوری‌کردن از تأخیر یا تعجیل بیش از حد.

– در صورت نیاز به مصرف مواد ضدجوانه‌زنی، استفادهٔ هدفمند و محدود به توده‌ها و ارقام خاص با رعایت استانداردهای باقی‌مانده مجاز و فاصلهٔ زمانی مناسب تا مصرف.

– کنترل منظم شرایط انبار و پایش نشانه‌های اولیهٔ جوانه‌زنی برای تمهیدات اصلاحی به‌موقع.

– بالابردن دانش کشاورزان و مدیران انبار در زمینهٔ روش‌های نوین کنترل جوانه‌زنی و مدیریت بهینه پس از برداشت.

– تفکیک ارقام بر اساس رفتار خواب و نیازهای انبارداری و نگهداری مجزای آنها برای بهینه‌سازی استفاده از منابع و مواد ضدجوانه‌زنی.

حمایت از تحقیقات کاربردی در زمینهٔ روش‌های نوین زیستی و طبیعی کنترل جوانه‌زنی و معرفی نتایج آن به بخش کشاورزی.

– سرمایه‌گذاری در بهینه‌سازی زیرساخت‌های نگهداری شامل تجهیز انبارها به سیستم‌های کنترل دما و رطوبت.

٦- منابع

بهبهانی، ل. ۱۳۷۴. مقایسهٔ دو روش استفاده از مالئیک‌هیدرازید و سوزاندن ته غدهٔ پیاز در افزایش عمر انباری و کنترل جوانه‌زنی پیاز محلی رامهرمز. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ۵۴. ۲۴ صفحه

بیات، ف. ۱۳۸۳. اثر طول مدت و شرایط نگهداری بر افت وزنی و ویژگی‌های کیفی توده‌های سیر استان همدان. *مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی*، ۵(۱۹)، ۴۹-۶۲.

بیات، ف. و ذوالفقاریه، ح. ۱۳۹۰. اثر زمان و دوز (مقدار)های مختلف پرتوتابی الکترون سریع بر تغییرات کمی و کیفی سیر سفید (Allium sativum L.) در مدت نگهداری در انبار. *مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی*، ۱۲(۲)، ۵۱-۶۸.

بیات، ف. ۱۳۹۴. ارزیابی دوزهای مختلف پرتوتابی الکترون سریع بر ترکیب‌های عطر و طعم دهنده و عمر انباری سیر صورتی (Allium sativum L). *نشریهٔ تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی*، ۱۷(۵)، ۷۱-۸۲.

بیات، ف. ۱۳۹۵. تعیین شرایط مناسب برای خشک کردن (کیورینگ) مصنوعی سیر (Allium sativum L).کرج: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، گزارش نهایی پروژهٔ تحقیقاتی، شمارهٔثبت ۵۰۷۵.

بیات، ف. ۱۳۹۸. روش مناسب خشک کردن (التیام‌دهی) طبیعی سیر (Allium sativum L). پس از برداشت آن. *تحقیقات مهندسی صنایع غذایی*، ۲(۱۸)، ۹۱-۱۰۶.

بیات، ف. ۱۴۰۲. راهنمای برداشت، التیام‌دهی و نگهداری سیر در انبار. کرج: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. دستنامهٔ فنی، شمارهٔ ثبت ۶۴۲۴۸.

بیات، ف. ارجمند کرمانی، م. و عالم‌خومرام، م. ۱۴۰۳. ارزیابی صفات کیفی، ماندگاری و قابلیت فرآوری کلون‌های امید بخش سیر در مقایسه با توده های مادری آنها. کرج: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، گزارش نهایی پروژهٔ تحقیقاتی، شمارهٔ ثبت ۶۲۵۷۳.

بیات، ف. ۱۴۰۵ (در دست چاپ). در *آماده‌سازی و جابه‌جایی اولیه محصولات کشاورزی در باغ‌ها و مزرعه‌های کوچک‌مقیاس*. ویراستار سیدحمیدرضا ضیاءالحق. کرج. مؤسسته تحقیقات فنی و مهندسی.

رضایی، ح.، سعادت، س.، امیدواری، ش.، رستم‌فرودی، ب.، زمانی، م.، سیدجلالی، س.، نویدی، م.، بصیرت، م.، باقری، ر.، تاکی، ا.، توسلی، ع.، محمدی‌کیا، ر.، شریفی، ک.، عطری، ع.، بهمدی، ه.، مروتی،م.، کریمی، م.، مهدوی، و. ۱۳۹۹. دستورالعمل تولید پیاز گواهی شده. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و دفتر محیط زیست و سلامت غذا. آدرس‌دسترسی: https://cerganic.maj.ir/Dorsapax/userfiles/Sub99/onion1.pdf.

ضیاءالحق، س.ح.، محمدپور، ا. ۱۴۰۱. روش اصولی نگهداری پیاز خوراکی در انبار. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ۶۱۴۶۲. ۲۹ صفحه.

ضیاءالحق، س.ح. (۱۴۰۱). آسیب‌دیدگی‌های پیاز در انبار و روش‌های کنترل آنها. کرج: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. نشریهٔ فنی، شمارهٔ ثبت ۶۲۰۲۰.

ضیاءالحق، س.ح. و اشرفی، ا. ۱۴۰۱. *پیشرفت‌های صورت گرفته در کاربردهای پلاسمای سرد در ایمنی و نگهداری مواد غذایی*. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

گودرزی، ف. ۱۳۹۸. اصول به‌کارگیری کلروپروفام در انبارهای سیب‌زمینی خوراکی. کرج: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. نشریه فنی، شمارهٔ ثبت ۵۵۴۳۸.

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

گودرزی، ف.، ضیاءالحق، س.ح. ۱۴۰۱. مدیریت انبارهای فنی سیب‌زمینی. کرج: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. دستنامهٔ فنی، شمارهٔ ثبت ۶۳۰۵۰.

گودرزی، ف. ۱۴۰۵ (در دست چاپ). سیب‌زمینی. در *شاخص‌های رسیدگی و مراقبت‌های برداشت جلددوم: سبزی‌ها*. ویراستار فریبا بیات. کرج. مؤسسته تحقیقات فنی و مهندسی.

محمدی، ع. ۱۴۰۲. نگرشی بر جایگاه محصول سیب زمینی در امنیت غذایی کشور در افق ۱۴۳۰. *مجله ترویجی علوم کاربردی سیب زمینی*. ۶(۱)، ۲۲-۱۳.

ملک، س. ۱۳۹۲. بررسی تغییرات کیفی دو رقم پیاز منطقه اصفهان در طی مراحل انبارداری. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. شماره ۴۴۴۵۲. ۷۸ صفحه

Adamicki, F., 2004, April. Effects of pre-harvest treatments and storage conditions on quality and shelf-life of onions. In IV International Symposium on Edible Alliaceae 688 (pp. 229-238).

Alamar, M. C., Tosetti, R., Landahl, S., Bermejo, A., & Terry, L. A. (2017). Assuring potato tuber quality during storage: A future perspective. *Frontiers in plant science*, *8*, 2034.

Chope, G. A., Terry, L. A. and White, P. J. (2006). Effect of controlled atmosphere storage on abscisic acid concentration and other biochemical attributes of onion bulbs. *Postharvest Biology and Technology*, 39, 233-242.

Chope, G. A., Terry, L. A. and White, P. J. (2007). The effect of 1- methylcyclopropene (1-MCP) on the physical and biochemical characteristics of onion cv. SS1 bulbs during storage. *Postharvest Biology and Technology*. Postharvest biology and technology. 44(2), 131-140.

Chope, G. A., Cools, K., Hammond, J. P., Thompson, A. J., & Terry, L. A. (2012). Physiological, biochemical and transcriptional analysis of onion bulbs during storage. *Annals of botany*, *109*(4), 819-831.

Cunnington, A. C. (2019). Maleic hydrazide as a potato sprout suppressant. *Sutton Bridge: AHDB*.

Dogramaci, M., Dobry, E. P., Fortini, E. A., Sarkar, D., Eshel, D., & Campbell, M. A. (2024). Physiological and molecular mechanisms associated with potato tuber dormancy. *Journal of experimental botany*, *75*(19), 6093-6109.

Faostat. 2023. Crops and livestock products. Available at: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL. Accessed: 29 May 2025.

Gubb, I.R. and MacTavish, H.S. (2002) Allium Crop Science: Recent Advances, Onion Pre- and Postharvest Considerations. CABI Publishing, Wallingford, 233-265.

Jaleel, C. A., Gopi, R., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Gomathinayagam, M., & Panneersel Vam, R. (2007). Changes in biochemical constituents and induction of early

sprouting by triadimefon treatment in white yam (Dioscorea rotundata Poir.) tubers during storage. *Journal of Zhejiang University Science B*, *8*, 283-288.

Jobidon, R. (1998). Comparative Efficacy of Biological and Chemical Control of the Vegetative Reproduction in Betula papyriferaandPrunus pensylvanica. *Biological Control*, *11*(1), 22-28.

Kleinkopf, G. E., Oberg, N. A., & Olsen, N. L. (2003). Sprout inhibition in storage: current status, new chemistries and natural compounds. *American Journal of Potato Research*, *80*(5), 317-327.

Kukanoor, L. (2005). Post-harvest studies in onion CV (%). N-53. *University of Agricultural Sciences, Dharwad*.

Mani, F., Hannachi, C., Ouerghi, K., Abdi, N., Maazaoui, H., Hmissi, I., ... & Sifi, B. (2015). Physiology of potato sprouting. *Journal of New Sciences*, *17*.

Miedema, P. (1994). Bulb dormancy in onion. I. The effects of temperature and cultivar on sprouting and rooting. *Journal of horticultural science*, *69*(1), 29-39.

Matsuyama, A., & Umeda, K. (2018). Sprout inhibition in tubers and bulbs. In *Preservation of food by ionizing radiation* (pp. 159-213). CRC Press.

Murigi, W. W., Nyankanga, R. O., & Shibairo, S. I. (2021). Effect of storage temperature and postharvest tuber treatment with chemical and biorational inhibitors on suppression of sprouts during potato storage. *Journal of Horticultural Research*, *29*(1), 83-94.

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

Ghulam Nabi, G. N., Abdur Rab, A. R., Muhammad Sajid, M. S., Farhatullah, F., Abbas, S. J., & Imran Ali, I. A. (2013). Influence of curing methods and storage conditions on the post-harvest quality of onion bulbs. *Pakistan Journal of Botany*, 45(2), 455-460.

Nnodu, E., & Alozie, S. (1992). Using gibberellic acid to control sprouting of yam tubers. *Tropical agriculture*, *69*(4), 329-332.

Pinhero, R. G., Coffin, R., & Yada, R. Y. (2009). Post-harvest storage of potatoes. In *Advances in potato chemistry and technology* (pp. 339-370). Academic press.

Przybylak, A., Kozłowski, R., Osuch, E., Osuch, A., Rybacki, P., & Przygodziński, P. (2020). Quality evaluation of potato tubers using neural image analysis method. *Agriculture*, *10*(4), 112.

Saraiva, J. A., & Rodrigues, I. M. (2011). Inhibition of potato tuber sprouting by pressure treatments. *International Journal of Food Science and Technology*, *46*(1), 61-66.

Sharma, P., Sharma, S. R., Dhall, R. K., & Mittal, T. C. (2020). Effect of γ-radiation on post-harvest storage life and quality of onion bulb under ambient condition. *Journal of Food Science and Technology*, *57*, 2534-2544.

Slininger, P. J., Schisler, D. A., Burkhead, K. D., & Bothast, R. J. (2003). Postharvest biological control of potato sprouting by Fusarium dry rot suppressive bacteria. *Biocontrol science and technology*, *13*(5), 477-494.

Tschannen, A. B., Girardin, O., Nindjin, C., Daouda, D., Farah, Z., Stamp, P., & Escher, F. (2003). Improving the application of gibberellic acid to prolong dormancy of yam tubers (Dioscorea spp). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *83*(8), 787-796.

Younis, A. (2024). Natural postharvest treatments to potato tubers stored at different temperatures delayed sprouting and preserved tuber quality. *Egyptian Journal of Botany, 64*(3), 243-257.