Journal of Research in Horticultural Science
پژوهش در علوم باغبانی
Vol. 4, No. 1 Spring and Summer 2025 (89–109)
جلد ۴، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۴ (ص ۱۰۹-۸۹)
10.22092/rhsj.2025.363508.1077
مقاله علمی پژوهشی
تارنمای مجله: https://rhsj.areeo.ac.ir

زنگ‌زدگی (زنگار) در میوه درختان: علل و مدیریت

مانی جباری*[1]، میترا جباری [2]

۱- گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، ایران.

۲- گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۶/۱۸

چکیده

زنگ‌زدگی، نوعی اختلال در پوست میوه است که از ترک‌های میکروسکوپی در کوتیکول و تشکیل بعدی پریدرم ناشی می‌شود. پوست میوه از گوشت و دانه‌ها در برابر محیط خارجی محافظت و مسئول ظاهر میوه است. در بسیاری از محصولات باغی، زنگ‌زدگی، ظاهر میوه و در نتیجه ارزش تجاری میوه را کاهش می‌دهد. در مقایسه با پوست اولیه میوه، که معمولاً رنگی مشخص و براق دارد، پوست ثانویه (پریدرم) میوه، قهوه‌ای مایل به قرمز، کدر و کمی خشن می‌باشد. این پوست ثانویه شامل سلول‌های با دیواره‌های سلولی زیرین، یک فلوژن و یک فلودرم است. پوست میوه‌های زنگ‌زده (ثانویه) خواص مکانیکی مشابهی با پوست‌های غیر زنگ‌زده (اولیه) دارند. با این حال، پوست میوه‌های زنگ‌زده نسبت به بخار آب نفوذپذیرتر می‌باشند، بنابراین میوه‌های زنگ‌زده از اتلاف آب در مرحله پس از برداشت، کاهش درخشندگی، افزایش چروکیدگی و کاهش وزن آسیب می‌بینند. عوامل باغی که باعث ایجاد زنگ‌زدگی می‌شوند عبارتند از: رطوبت سطح، آسیب مکانیکی، دمای انجماد، آفات و بیماری‌ها و مواد شیمیایی کشاورزی که از طریق افزایش بروز ریزترک‌های کوتیکولی ایجاد می‌گردد. ریزترک‌ها، خواص سد کننده کوتیکول را مختل می‌کند. غلظت‌های بالای O_2 و کم CO_2 و پتانسیل‌های آب منفی بیشتر، محلول‌پاشی جیبرلین، سیتوکینین یا بور و کیسه‌کردن میوه (حذف رطوبت سطح) برای کاهش زنگ‌زدگی استفاده می‌شود. از دیدگاه اصلاحی، ژنوتیپ‌هایی که سلول‌های اپیدرمی کوچک و یکنواخت‌تر دارند کمتر مستعد ابتلا به زنگ‌زدگی هستند. زنگ‌زدگی معمولاً یک ویژگی نامطلوب است که باعث کاهش ماندگاری میوه‌ها و نامطلوب شدن ظاهر آنها برای مصرف‌کنندگان می‌شود

واژگان کلیدی: جیبرلین، زنگ‌زدگی، سیتوکینین، کوتیکول.

Russeting in Fruit Trees: Causes and Management

Mani Jabbari[1*], Mitra Jabbari[2]

1- Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Birjand University, Iran.

2- Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.

Received: September 2023 Accepted: September 2025

Abstract

Russeting is a disorder of the fruit skin that results from microscopic cracks in the cuticle and the subsequent formation of the periderm. The fruit skin protects the flesh and seeds from the external environment and is responsible for the appearance of the fruit. In many horticultural crops, russeting reduces the appearance of the fruit and, consequently, the commercial value of the fruit. Compared with the primary skin of the fruit, which is usually of a distinct and shiny color, the secondary skin (periderm) of the fruit is reddish-brown, dull, and slightly rough. This secondary skin consists of cells with underlying cell walls, a phlogen, and a phlogoderm. The skin of rusted (secondary) fruits has similar mechanical properties to those of non-rusted (primary) skins. However, the skin of rusted fruits is more permeable to water vapor, so rusted fruits suffer from postharvest water loss, reduced luster, increased shriveling, and weight loss. Horticultural factors that cause russeting include: surface moisture, mechanical damage, freezing temperatures, pests and diseases, and agricultural chemicals. This is caused by an increase in the incidence of cuticular microcracks. Microcracks disrupt the barrier properties of the cuticle. High O2 and low CO2 concentrations and more negative water potentials, spraying with gibberellins, cytokinins, or boron, and bagging the fruit (removal of surface moisture) are used to reduce rust. From a breeding perspective, genotypes with smaller, more uniform epidermal cells are less susceptible to russeting. Russeting is usually an undesirable trait that reduces the shelf life of the fruit and makes its appearance undesirable to consumers.

Keywords: Gibberellins, Cuticle, Cytokinins, Russeting.

*نویسنده مسئول: mani.jabbari.mp@gmail.com

۱- مقدمه

پوست میوه در معرض طیف گسترده‌ای از تنش‌های زیستی و غیرزیستی قرار می‌گیرد، بنابراین به عنوان یک سد دفاعی از بافت‌های میوه در برابر از دست دادن آب (Becker *et al*.,1986)، تبادل گازهای تنفسی O_2، CO_2، اتیلن و اشعه ماوراء بنفش (Yeats and Rose, 2013; Krauss *et al*., 1997)، و آفات و بیماری (Serrano *et al*., 2014; Reina-Pinto and Yephremov, 2009) عمل می‌کند.

سطح اولیه اندام گیاهی، از ترکیبات مختلفی تشکیل شده است. در قسمت بیرونی، یک کوتیکول پلیمری وجود دارد که روی یک ساختار سلولی که معمولاً از یک لایه سلولی اپیدرمی تشکیل شده است، قرار گرفته و خود بر روی یک تا چند لایه از سلول‌های زیر پوستی قرار دارد. در بیشتر محصولات، اپیدرم و هیپودرم مسئول خواص مکانیکی پوست هستند، در حالیکه کوتیکول مسئول حفظ خواص پوست است (Knoche and Lang, 2017; Khanal and Knoche, 2017). همچنین پوست اولیه میوه در ظاهر و جذابیت میوه برای مصرف‌کنندگان نقش دارد (Winkler *et al*., 2022). موم‌های اپی‌کوتیکولار روی کوتیکول مسئول درخشندگی پوست هستند و رنگدانه‌های موجود در کوتیکول و لایه‌های زیرین سلولی رنگ متمایز پوست میوه را تشکیل می‌دهند (Piringer and Heinze, 1954: Lancaster, 1992).

با این حال، پوست تعداد قابل توجهی از انواع میوه‌های تجاری تا حدی یا بطور کامل توسط مناطقی از سطح لایه ثانویه پوشیده شده است که به عنوان زنگ‌زدگی یاد می‌کنند (Khanal *et al*., 2019; Faust and Shear, 1972). سطح ثانویه، زمانی تشکیل می‌شود که سطح اولیه به دلایل مختلفی از بین برود. دلایل بالقوه شامل فرآیندهای داخلی طبیعی آنتوژنز (به عنوان مثال، فشار رشد) یا عوامل خارجی مانند آسیب مکانیکی، شیمیایی یا شرایط محیطی مانند یخزدگی است (Khanal and Knoche, 2017). لایه پریدرم برای بازیابی پوست اولیه آسیب دیده در میوه تشکیل می‌شود. نسبت سطح پوست میوه متاثر از زنگ زدگی از لکه‌های کوچک در نواحی خاصی از سطح میوه تا یک لایه یکنواخت در کل میوه، متغیر است (Winkler *et al*., 2022).

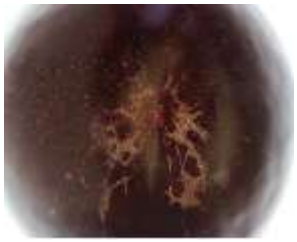
از نقطه نظر باغبانی، ظاهر قهوه‌ای مایل به قرمز زنگار، معمولاً برای مصرف کننده جذاب نیست، بنابراین، زنگ‌زدگی به عنوان یک اختلال در سطح میوه در بسیاری از گونه‌های میوه و در همه ارقام با پوست صاف به حساب می‌آید. در بسیاری از ارقام حساس به زنگار، زنگ‌زدگی به صورت عادی پذیرفته شده است. کل پوست میوه در اکثر ارقام/گونه‌های کیوی زنگ زده است. به طور مشابه، زنگ‌زدگی در ارقام سیب "Reinette" و در ارقام گلابی مانند Bosc، Conference و Gold La France طبیعی و قابل قبول در نظر گرفته می‌شود، که دومی یک رقم زنگ‌زده از رقم غیر زنگ زده La France است (Charoenchongsuk *et al*., 2018). به همین ترتیب، در گلابی آسیایی، ارقام با پوست صاف، ارقام کاملاً زنگ‌زده شناخته شده‌اند. زنگ‌زدگی پوست میوه به عنوان یک شاخص مثبت از کیفیت میوه دیده می‌شود (Gerchikov *et al*., 2008).

۲- وقوع و علائم

علائم زنگ‌زدگی بین گونه‌های مختلف میوه مشابه است. ظاهر خشن، قهوه‌ای مایل به قرمز و چوب پنبه‌ای مشخصه یک سطح زنگ‌زده است (جدول ۱). ناحیه سطح میوه تحت تأثیر زنگ‌زدگی می‌تواند متفاوت باشد. زنگ‌زدگی ناشی از فشار رشد یا قرار گرفتن در معرض رطوبت زیاد یا شبنم در سطح‌های بزرگ و یکنواخت رخ می‌دهد و ممکن است کل سطح میوه را بپوشاند. زنگ‌زدگی محدود به حفره ساقه به احتمال زیاد نتیجه طولانی مدت رطوبت و رشد بالا است. زنگ‌زدگی در پاسخ به زخم مکانیکی (خراشیدگی یا ساییدگی در اثر تماس با میوه یا برگ یا ساقه) به خوبی مشخص می‌شود و محدود به منطقه تماس مستقیم فیزیکی است. زنگ‌زدگی ناشی از محلول‌پاشی مواد شیمیایی در مناطقی از سطح میوه که در آن قطرات جمع شده و بعداً در طول خشک شدن بیش از حد ماندگار می‌شوند، رخ می‌دهد (Winkler *et al*., 2022). میوه‌های کوچکی که در طی مراحل اولیه رشد میوه که حساس به زنگ‌زدگی با محلول‌پاشی نهاده‌های کشاورزی تماس پیدا می‌کنند ممکن است کاملاً زنگ‌زده شوند (Thalheimer, 2019).

جدول ۱- علائم، علل و مدیریت زنگ زدگی.

میوه	علائم	علل	مدیریت
سیب	زنگ‌زدگی به صورت پوست خشن و قهوه‌ای (Tukey, 1959; Legay *et al*., 2016)، اغلب در حفره‌های ساقه (Skene, 1982) و کاسه گل (Curry, 2012)، حساسیت بالا در طول رشد اولیه میوه (Faust and Shear, 1972; Skene, 1982; Wertheim, 1982; Taylor, 1978; Simons and Chu, 1978).	رطوبت (Knoche and Grimm, 2008; Winkler *et a*l., 2014; Chen *et al*., 2020; Khanal *et al*., 2021)، آسیب توسط آفت‌کش‌ها، تنظیم کننده‌های رشد، سورفکتانت‌ها و سایر مواد (Jones *et al*., 1994; Sánchez *et al*., 2001; Wójcik *et al*., 2019; Palmer *et al*., 2003; Brown *et al*., 1998; Teviotdale and Viveros, 1999; Momol *et al*., 1999; Marchioretto *et al*., 2019; Peck *et al*., 2017; Bound, 2010; Creasy and Swartz, 1981; Stopar, 2008; Noga and Bukovac, 1986; Richardson *et al*., 1986; Stopar and Hladnik, 2020; Alegre and Alins, 2007; Bound, 2001; Bound and Jones, 2004; Taylor, 1975; Maas, 2006; McLaughlin and Greene, 1984; Jones *et al*., 1991; Bangerth and Schröder, 1994; El-Khoreiby *et al*., 1990)، یخ‌زدگی (Simons and Chu, 1978; Thalheimer, 2019)، قارچ‌ها (Daines *et al*., 1984; Heidenreich *et al*., 1997; Gildemacher *et al*., 2006; Goffinet *et al*., 2006; Gildemacher *et al*., 2004)، ویروس‌ها (Li *et al*., 2020; Wood, 1972; Welsh and May, 1967)، حشرات (Easterbrook and Fuller, 1986; Duso *et al*., 2010).	محلول‌پاشی با تنظیم کننده‌های رشد (Curry, 2012; Wertheim, 1982; Taylor, 1978; 1975; McLaughlin and Greene, 1984; McArtney *et al*., 2007; Knoche *et al*., 2011; Fogelman *et al*., 2009; Eccher, 1978; Eccher and Boffelli, 1981; Wertheim, 1986; Steenkamp *et al*., 1984; Bubán *et al*., 1993; Eccher, 1983; Sharma *et al*., 2020)، کلرید کلسیم و پوشش‌ها (Moon *et al*., 2016)، محرک‌های زیستی آلی/ معدنی (Basak and Bielicki, 2010)، اسید کلروژنیک (Wang *et al*., 2014)، استفاده از حشره-کش‌ها برای جلوگیری از آسیب حشرات (Duso *et al*., 2010)، توری سایه انداز (Dayioglu and Hepaksoy, 2016)، کیسه کردن (Tukey, 1959; Creasy and Swartz, 1981; Moon *et al*., 2016; Yuan *et al*., 2019).

	کیسه کردن (Amarante *et al*., 2002; Lin *et al*., 2012; Zhang *et al*., 2021; Lin *et al*., 2008; Seo *et al*., 2010)، محلول‌پاشی با GA4+7 یا مانکوزب + گوگرد (Yuri and Castelli, 1998) یا کائولن + مانکوزب (Sugar *et al*., 2005).	رطوبت سطح (Shi *et al*., 2019; Asin *et al*., 2011; Sugar *et al*., 2015)، قارچ‌کش‌ها، رقیق کننده‌ها و تنظیم کننده‌های رشد (Asin *et al*., 2011; Sugar *et al*., 2015; Sugar and Basile, 2008; Maas Civolani, 2012; *et al*., 2010; Greene, 2012)، حشرات (Sanchez *et al*., 2020; Westigard, 1973)، باکتری‌ها (Lindow *et al*., 1998)، قارچ‌ها (Serdani *et al*., 2005; Spotts and Cervantes, 2002).	زنگ‌زدگی به صورت لکه‌های پوستی کدر مایل به قهوه ای، بیشتر در کاسه گل نسبت به گردن میوه، حساسیت بالا میوه در طول رشد اولیه (Scharwies *et al*., 2014)، حساسیت رقم (Macnee *et al*., 2020).	گلابی
	زینب در برابر کنه مرکبات (Fisher, 1957; Johnson *et al*., 1957; Johnson, 1960).	کنه، تریپس و سایر حشرات مکنده (Fisher, 1957; Johnson *et al*., 1957; McCoy, 1996)، آسیب مکانیکی ناشی از باد، تگرگ، تماس با شاخه‌ها (Smoot *et al*., 1971; Winston, 1921).	زنگ‌زدگی به صورت بافت خشن، قهوه‌ای مایل به سیاه، تغییر رنگ مایل به خاکستری (McCoy, 1996).	مرکبات
	کاپتافول، زیرام برای کنترل اسکب (Michailides, 1991).	محلول‌پاشی با ترکیبات مسی (Michailides, 1991)، رطوبت بالا و آسیب مکانیکی در اثر باد، ساییدگی توسط برگ، شاخه و میوه‌های مجاور (Michailides, 1991; Michailides and Ogawa, 1988)، اسکب (Corbin *et al*., 1968).	زنگ‌زدگی روی میوه نارس به صورت راه‌های طولی و در میوه بالغ: خشن، قهوه‌ای رنگ، سطح میوه خشک شده (Michailides, 1991).	آلوها
	سایه کردن با استفاده از توری برای کاهش سرعت رشد در مرحله تقسیم سلولی (Avidan and Klein, 1998; Barone *et al*., 2011).	تنش رشدی (Wang *et al*., 2007; Avidan and Klein, 1998)، دمای بالا (Avidan and Klein, 1998).	زنگ‌زدگی به صورت نوارهای قهوه ای عمیق، تقریباً به عرض ۱ میلی‌متر (Wang *et al*., 2007; Avidan and Klein, 1998).	ازگیل ژاپنی

	استفاده از ارقام غیرحساس (Demers *et al*., 2007)، محلول‌پاشی ترکیبات کلسیم + بور (Jobin-Lawler *et al*., 2002; Huang and Snapp, 2004).	کنه‌های زنگ (Duso *et al*., 2010; Kamau *et al*., 1992)، تنش رشد (Bakker, 1988; Ehret *et al*., 2008; Demers *et al*., 2007)، رطوبت سطح میوه (Huang and Snapp, 2004).	زنگ‌زدگی به صورت سطح بی‌رنگ چوب پنبه‌ای خشن (Huang and Snapp, 2004).	گوجه فرنگی
	محلول‌پاشی با GA3، GA3 + CPPU (Xu *et al*., 2019)، حشره‌کش‌ها (Duso *et al*., 2010)، کلسیم (Huang *et al*., 2021).	سورفکتانت‌ها (Sholberg and Boule, 2009)، قارچ‌کش‌ها (Goffinet and Pearson, 1991)، حشرات (Araya *et al*., 2014; Duso *et al*., 2010)، سطح رطوبتی (De Villiers, 1926)	لکه‌های قهوه‌ای زنگار (Rose *et al*., 1939)	انگور
	کیسه کردن (Mathooko *et al*., 2011)	رطوبت سطح میوه، شب‌های سرد (Athoo *et al*., 2020)	لکه‌های نامنظم قهوه‌ای رنگ زبر (Athoo *et al*., 2020)	انبه
	محلول‌پاشی GA3، CPPU (Sharma and Belsare, 2011; Sahu and Sharma, 2019)، اسید استیل سالیسیلیک[1] (Drogoudi *et al*., 2021)، گوگرد (Ebeling and Pencem, 1949).	رطوبت بالا (Drogoudi *et al*., 2021; Sharma and Belsare, 2011)، گرما (Joshi *et al*., 2021)، نوسان دما در طول بلوغ (Drogoudi *et al*., 2021)، کنه انار (Ebeling and Pence, 1949).	چوب پنبه‌ای شدن سطح میوه (Drogoudi *et al*., 2021)	انار

[1] Acetylsalicylic acid

برخی از اختلالات پوستی میوه وجود دارد که می‌توان آنها را با زنگ‌زدگی اشتباه گرفت. این اختلالات می‌توانند شباهت بصری به زنگ‌زدگی داشته باشند. با این حال، تفاوت آنها با زنگ‌زدگی در این است که پریدرم رشد نمی‌کند (جدول ۲).

جدول ۲- اختلالات سطح میوه که تا حدی شباهت‌هایی با زنگ‌زدگی دارند.

	مدیریت	علت	علائم	میوه	نابسامانی
	کاهش مدت رطوبت سطح، برای ارقام‌های حساس، بدون ذخیره سازی یا صرفاً در حالت خنک (Winkler *et al.*, 2014; Grimm *et al.*, 2012).	ترک‌های ریز ناشی از رطوبت در اواخر فصل (Winkler *et al.*, 2014; Grimm *et al.*, 2012).	لکه‌های نامنظم کوچک، گرد و قهوه‌ای (Grimm *et al.*, 2012)	سیب	لکه پوستی[۲]
		نامشخص	راه راه‌های سفید (Beach *et al.*, 1905)، مایل به سفید (Weber and Zabel, 2011)، بدلیل تشکیل فضاهای در زیر اپیدرم (Byers, 1977).	سیب	پوست روسری[۳]
	کیسه کردن (Daniells *et al.*, 1992)، کاهش تعداد برگ‌ها (Daniells *et al.*, 1994).	تنش رشد (Williams *et al.*, 1989)، تنش آبی (Williams *et al.*, 1990).	نکروز پوست قبل از برداشت، رنگ برنزی (Williams *et al.*, 1990).	موز	برنزه شدن یا لکه بلوغ

۳- آناتومی پوست میوه

از نظر گیاه‌شناسی، پوست میوه زنگ زده، نمایانگر پریدرمی متشکل از فلوم[۴]، فلوژن و فلودرم است (Knoche and Lang, 2017; Macnee *et al.*, 2020). فلوم بیرونی‌ترین و فلودرم درونی‌ترین لایه و فلوژن لایه مریستمی ورقه مانند است. فلوژن در لایه سلولی زیر پوستی با تمایززدایی از سلول‌های زیر پوستی تشکیل می‌شود (Bell, 1937; Meyer, 1944). تقسیم سلولی پریکلینال در فلوژن، لایه‌هایی از سلول‌های فلوم ایجاد می‌کند که در آن هر سلول از یک لایه از تقسیم یک سلول مادر زیرین فلوژن منشأ می‌گیرد (Knoche and Lang, 2017). سلول‌های فلوم دارای دیواره-

[2] Skin Spots
[3] Scarf Skin
[4] Phellem

های سلولی زیرین هستند. هنگامی که لایه‌های سلول‌های فلوم به سطح می‌رسند، با هوا در تماس هستند. در اینجا، دیواره‌های سلولی زیری قهوه‌ای می‌شوند و این سوبرین است که مسئول رنگ مات و قرمز/قهوه‌ای سطح میوه زنگ‌زده می‌باشد (Schreiber *et al*., 2005). با توجه به ویژگی چربی دوست سوبرین، دیواره‌های سلولی زیری، مانع قابل توجهی برای از دست دادن آب هستند (Franke *et al*., 2007). با توجه به موارد فوق، مشهود است که در مراحل اولیه تشکیل پریدرم، پریدرم ممکن است هنوز توسط یک کوتیکول، سلول‌های اپیدرمی و برخی از سلول‌های زیر پوستی پوشیده شود. پریدرم با ادامه رشد به سطح می‌رسد و بقایای پوست میوه اولیه پاره می‌شود و از بین می‌رود (Winkler *et al*., 2022).

۴- فیزیولوژی پوست میوه

خواص فیزیولوژیکی پوست میوه با زنگ‌زدگی تغییر می‌کند. برای میوه یک رقم خاص سیب، نفوذ بخار آب در ناحیه زنگ زده پوست، بیشتر از یک منطقه غیر زنگ‌زده است (Athoo *et al*., 2020; Khanal *et al*., 2019). علاوه بر این، یک ناحیه غیر زنگ‌زده از سطح اولیه یک رقم سیب حساس به زنگ‌زدگی دارای نفوذ بخار آب بالاتری نسبت به ناحیه غیر زنگ‌زده یک رقم غیرحساس به زنگ‌زدگی است (Khanal *et al*., 2021). به احتمال زیاد بدلیل بروز بیشتر ترک‌های ریز در کوتیکول ارقام حساس به زنگ‌زدگی در مقایسه با ارقام غیرحساس به زنگ زدگی است. نفوذپذیری بخار آب بیشتر منجر به اتلاف آب بیشتر در طول ذخیره سازی و در نتیجه کاهش جرم بیشتر و چروکیدگی بیشتر می‌شود. به این ترتیب، میوه‌های زنگ‌زده در مقایسه با میوه‌های غیر زنگ‌زده، پتانسیل ذخیره‌سازی و ماندگاری کوتاه‌تری دارند (Winkler *et al*., 2022).

خواص مکانیکی پوست میوه بین سطوح میوه زنگ‌زده و غیرزنگ‌زده کمی متفاوت است. حداکثر تنش و حداکثر مقاومتی که پوست میوه می‌تواند بدون آسیب، تحمل کند، برای پوست‌های غیر زنگ‌زده و زنگ‌زده مشابه است (Khanal *et al*., 2013). انعطاف‌پذیری بالاتر، پریدرم را به یک، ترمیم کننده بسیار مناسب برای سطح میوه تبدیل می‌کند تا با گسترش مداوم در طول رشد، بدون افزایش بیش از حد در برابر تنش مقابله کند (Khanal *et al*., 2013; Considine and Brown, 1981).

۵- عوامل زنگ‌زدگی

زنگ‌زدگی به عوامل متعددی مرتبط می‌باشد، انتخاب رقم در تشکیل زنگار در سیب (Khanal *et al*., 2013)، گلابی (Scharwies *et al*., 2014)، ازگیل ژاپنی[5] (Avidan and Klein, 1998; Wang *et al*., 2007)، گوجه‌فرنگی (Bakker, 1988; Ehret *et al*., 2008; Demers and Dorais, 2007) و خربزه[6] (Meissner, 1952; Keren-Keiserman *et al*., 2015) دیده می‌شوند. در طول رشد، پوست میوه تحت فشار مماسی قابل توجهی قرار می‌گیرد، که ناشی از افزایش حجم میوه است (Knoche and Lang, 2017). فشار رشد بیش از حد در تشکیل زنگ‌زدگی از مشاهدات زیر حاصل می‌شود. ۱- حساسیت به زنگ‌زدگی در طول رشد اولیه میوه بیشتر است (Faust and Shear, 1972; Skene, 1982; Wertheim, 1982; Taylor, 1978; Simons and Chu, 1978; Eccher and Hajnajari, 2006). در طول توسعه اولیه میوه، میزان رشد نسبی سطح، حداکثر است، که منجر به حداکثر میزان عکس‌العمل می‌شود (Creasy, 1980). ۲- ناحیه کاسه گل در ارقام حساس گلابی بیشتر از ناحیه گردن زنگ‌زده است که هر دو این ناحیه دارای نرخ رشد سطح نسبی بالاتری نسبت به ناحیه گردن هستند (Scharwies *et al*., 2014). ۳- اغلب حفره ساقه میوه سیب زنگ‌زده است. که در اینجا، به دلیل شعاع کوچک انحنای سطح میوه، میزان تنش حداکثر است (Considine and Brown, 1981).

دوره‌های طولانی قرار گرفتن سطوح میوه در معرض رطوبت، چه به صورت شبنم یا به صورت غلظت بالای بخار آب

[5] Loquat (*Eriobotrya Japonica* Lindl.)
[6] Melons (*Cucumis Melo*)

(رطوبت نسبی بالا)، به عنوان عاملی در زنگ‌زدگی شناخته شده است. نمونه‌های معمولی عبارتند از زنگ‌زدگی در سیب، گلابی، آلو، گوجه‌فرنگی، خربزه، انگور و انبه (جدول ۱). رطوبت سطح بویژه در مراحل اولیه رشد میوه، زمانی که حساسیت به زنگ‌زدگی زیاد است، مهم می‌باشد (Khanal *et al*., 2021). رشد میوه در شرایط خنک، بارانی و رطوبت بالا، تشکیل زنگار را در سیب (Creasy, 1980; Barcelo-Vidal *et al*., 2013) و گلابی (Shi *et al*., 2019; Asin *et al*., 2011; Sugar *et al*., 2015) تحریک می‌کند. آسیب مکانیکی سطح میوه، نیز محرکی برای زنگ‌زدگی است. آسیب مکانیکی ممکن است در اثر ترکیبی از باد و تماس میوه با شاخه و برگ یا میوه ایجاد شود. همچنین تگرگ به پوست میوه آسیب می‌رساند و باعث زنگ‌زدگی می‌شود (Smoot *et al*., 1971; Winston, 1921; Michailides, 1991; Michailides and Ogawa, 1988). آفات و بیماری‌ها باعث ایجاد زنگ‌زدگی در چندین میوه می‌شوند. نمونه‌هایی از این آفات شامل کنه زنگ مرکبات (McCoy, 1996; Fisher, 1957; Johnson *et al*., 1957) و کنه زنگ گوجه‌فرنگی (Kamau *et al*., 1992; Duso *et al*., 2010) است.

قرار گرفتن میوه در دمای سرد و انجماد، منجر به تشکیل زنگار می‌شود. مشخصه زنگار ناشی از یخبندان در سیب عبارتند از حفره ساقه به سمت پایین تا صفحه استوایی در امتداد یک طرف میوه یا حلقه‌های زنگ‌زدگی که کاملاً میوه را احاطه کرده‌اند (Simons and Chu, 1978; Thalheimer, 2019). استفاده از نهاده‌های شیمیایی کشاورزی ممکن است باعث افزایش، عدم تأثیر یا کاهش زنگ‌زدگی شود. ترکیباتی که باعث ایجاد زنگ‌زدگی می‌شوند عبارتند از: گوگرد آهک، هیدروکسید مس[7] و رقیق کننده‌هایی مانند تیوسولفات آمونیوم[8] یا اتفون[9] (Goffinet and Pearson, 1991; Civolani, 2012; Sugar and Basile, 2008; Sugar *et al*., 2015; Asin *et al*., 2011; Bound and Jones, 2004; Bound, 2001; Alegre and Alins, 2007; Stopar and Hladnik, 2020; Richardson *et al*., 1986; Stopar, 2008; Bound, 2010; Peck *et al*., 2017; Marchioretto *et al*., 2019; Momol *et al*., 1999; Teviotdale and Viveros, 1999; Brown *et al*., 1998; Palmer *et al*., 2003; Wójcik *et al*., 2019; Sánchez *et al*., 2001; Jones *et al*., 1994). گزارش شده است که سورفکتانت[10]هایی مانند Tween 20 یا Citowett که اغلب در فرمولاسیون‌های نهاده‌های شیمیایی کشاورزی استفاده می‌شوند، باعث ایجاد زنگ‌زدگی در برخی از محصولات میوه‌ای می‌شوند (Creasy and Swartz, 1981; Stopar, 2008; Noga and Bukovac, 1986). به نظر می‌رسد یک عامل مهم، مرحله رشد و نمو در زمان کاربرد مواد شیمیایی کشاورزی باشد. کاربردهایی که در دوره‌های حساسیت بالا به زنگ‌زدگی انجام می‌شوند (مثلاً در مراحل اولیه رشد میوه) به احتمال زیاد باعث ایجاد زنگ‌زدگی می‌شوند. در همین حال، ترکیبات شیمیایی مشابه زمانی که در مراحل بعدی که حساسیت کمتر است بکار می‌روند، ممکن است هیچ تأثیری بر تشکیل زنگار نداشته باشند. علاوه بر این، شرایط محیطی، مانند دماهای بالا، که به جذب سریع مواد شیمیایی کشاورزی کمک می‌کند، احتمال بیشتری برای ایجاد زنگ‌زدگی دارند. جذب سریع ممکن است منجر به بارگذاری بیش از حد سلول‌های تماس شده و در نتیجه واکنش فیتوتوکسیک شود. این امر بویژه در مناطقی از سطح میوه که در آن قطرات محلول‌پاشی جمع می‌شوند، رخ می‌دهد. قطرات به هم می‌پیوندند و با خشک شدن قطرات، رسوبات شیمیایی بسیار غلیظ تشکیل می‌شوند. سپس، هنگامی که غلظت بحرانی فراتر رفت، سلول‌ها از بین می روند (Winkler *et al*., 2022).

۶- مکانیسم زنگ‌زدگی

ترک‌های میکروسکوپی در کوتیکول، به اصطلاح میکروترک‌ها، نقش کلیدی در شکل‌گیری زنگ‌زدگی دارند (Faust and Shear, 1972). ترک‌های ریز با چشم غیرمسلح نامرئی یا به سختی قابل مشاهده هستند و به ضخامت کوتیکول

[7] Copper hydroxide
[8] Ammonium thiosulphate
[9] Ethephon
[10] Surfactants

محدود می‌شوند و در عمق لایه‌های سلولی زیرین انتشار نمی‌یابند (Peschel and Knoche, 2005). ارقام با رشد بالا عامل اصلی ترک‌های ریز در کوتیکول هستند. با افزایش حجم میوه، پوست میوه در حال رشد در معرض فشار مماسی مداوم است و از این رو، سطح میوه در طول رشد افزایش می‌یابد (Knoche and Lang, 2017). در لایه‌های سلولی اپیدرمی و زیرپوستی، افزایش سطح پوست با ترکیبی از تقسیم سلولی (سلول‌های بیشتر) و گسترش سلولی (سلول‌های بزرگ‌تر) انجام می‌شود. علاوه بر این، برخی از سلول‌های اپیدرمی شکل خود را تغییر می‌دهند (Bell, 1937; Meyer, 1944; Khanal *et al*., 2020; Maguire, 1998). تغییر شکل سلول به این معنی است که نواحی دیواره‌های سلولی از هم جدا می‌شوند و جهت خود را تغییر می‌دهند تا بخشی از دیواره سلولی در حال گسترش را تشکیل دهند (Maguire, 1998). از آنجایی که کوتیکول یک پلیمر غیر زنده است، نمی‌تواند تقسیم شود، اما در عوض با انبساط سطح زیرین، در امتداد کشیده می‌شود و باعث می‌شود که کوتیکول در این ناحیه نسبت به ریزترک‌ها آسیب‌پذیر باشد. این الگوی مشخصه ریزترک‌ها در بالای دیواره‌های سلولی در تعدادی از میوه‌ها از جمله در سیب دیده می‌شود (Maguire, 1998; Knoche *et al*., 2018). رسوب کوتین در سطح داخلی کوتیکول (یعنی در مجاورت دیواره سلولی) رخ می‌دهد (Si *et al*., 2021). بنابراین، لایه‌های بیرونی کوتیکول، قدیمی‌تر و نسبت به لایه‌های داخلی جوان‌تر و کشیده‌تر هستند (Khanal *et al*., 2014).

ناهمگنی زمانی و مکانی در انبساط میوه، در طول رشد عامل دیگر و در نتیجه موجب ترک ریز درکوتیکول است. ناهمگونی ممکن است، به دلیل اندازه سلول‌های نامنظم و متغیر در اپیدرم باشد (Meyer, 1944; Khanal *et al*., 2020; Eccher, 1975). علاوه بر این، ساختارهای اپیدرم مانند ممکن است سفتی کوتیکول را تغییر دهند. بنابراین، ریزترک‌های کوتیکولی ممکن است با تریکوم و عدسک همراه باشند (Konarska, 2014). علاوه بر این، ناهمگونی سلولی ممکن است از آسیب‌های ناشی از آفات، بیماری‌ها، نهاده‌های شیمیایی کشاورزی یا آسیب ناشی از انجماد ناشی شود. رطوبت باعث ایجاد ترک‌ریز و متعاقب آن زنگ‌زدگی می‌شود که یا به صورت فاز مایع روی سطح میوه یا به صورت رطوبت بالا رخ می‌دهد. در حالی که این اثرات، محرک برای تعدادی از گونه‌های محصولات میوه مانند سیب، انگور و گیلاس به خوبی ثبت شده است (Straube *et al*., 2021; Daines *et al*., 1984; Chen *et al*., 2020; Thalheimer, 2018).

محرک‌های بالقوه عبارتند از: (۱) کاهش پتانسیل آب بافت (منفی‌تر) در نتیجه افزایش تعرق از طریق ریزترک و/یا (۲) افزایش غلظت O_2 داخلی و/یا کاهش غلظت CO_2 داخلی است (Straube *et al*., 2021; Chen *et al*., 2020). در انگور، غلظت O_2 درست در زیر کوتیکول کمتر از اتمسفر محیط است و با افزایش فاصله از سطح کاهش می‌یابد (Xiao *et al*., 2018). در سیب، نتایج مشابه‌ی گزارش شده است (Ho *et al*., 2010) و در سیب‌زمینی، تشکیل پریدرم و سوبرین با غلظت O_2 کم و CO_2 بالا مهار می‌شود (Wigginton, 1974; Lipton, 1967).

۷- مدیریت زنگ‌زدگی

رویکردهای مختلفی برای کاهش یا حذف زنگ‌زدگی بررسی شده است: (۱) محلول‌پاشی با جیبرلین‌ها و سایر تنظیم کننده‌های رشد گیاهی (PGRs)، (۲) کاربرد کودهای برگی و سایر ترکیبات، (۳) حذف رطوبت با استفاده از کیسه کردن میوه و ..... (۴) ارقام مقاوم.

۷-۱- کاربرد تنظیم کننده‌های رشد گیاهی[11] PGRs

جیبرلین‌های (GA3) و (GA4+7) برای بهبود سطح پوست و کاهش زنگ‌زدگی در ارقام حساس به زنگ‌زدگی سیب، گلابی، انگور و انار استفاده می‌شوند (جدول ۱). به طور

[11] Plant Growth Regulators

معمول، چهار مرحله محلول‌پاشی به میزان ۱۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک در فواصل ۱۰ روزه از زمان ریزش گلبرگ‌ها، زنگ‌زدگی را بطور قابل توجهی کاهش می‌دهد. اسید جیبرلیک در کاهش تشکیل زنگ‌زدگی به چندین مورد عمل می‌کند. ۱- اسید جیبرلیک منجر به سلول‌های اپیدرمی یکنواخت‌تر و کوچکتر می‌شود (Curry, 2012). ۲- اسید جیبرلیک باعث کاهش ریزترک‌های ناشی از رطوبت در سیب «گلدن دلیشز» حساس به زنگ‌زدگی می‌شود (Knoche *et al*., 2011). کاربردهای اسید جیبرلیک هیچ تأثیری بر جرم کوتیکول، محتوای موم یا استحکام مکانیکی کوتیکول میوه سیب ندارد (Knoche *et al*., 2011).

اغلب، اسید جیبرلیک با سیتوکینین، بنزیل آدنین (BA[12])ترکیب می‌شود. در این ترکیب، تصور می‌شود که بنزیل آدنین، اثرات نامطلوب خاصی را که اسید جیبرلیک ممکن است، روی گلدهی داشته باشد جبران کند (McLaughlin and Greene, 1984; Eccher, 1983). علاوه بر این، GA4+7 به علاوه بنزیل آدنین اندازه میوه را افزایش و شکل میوه را تغییر می‌دهد. نسبت طول به عرض میوه به ویژه در ناحیه کاسه گل افزایش و در نتیجه میوه دارای لوب‌های کاسه گل گسترده‌تری است (Eccher, 1983; Jindal *et al*., 2004). اگر بنزیل آدنین، به تنهایی اعمال شود، زنگ‌زدگی افزایش می‌یابد (Greene, 2012; McLaughlin and Greene, 1984). در انگور، اسید جیبرلیک به علاوه سیتوکینین N-(2-chloro-4-pyridyl)-N'-phenylurea (CPPU) باعث ایجاد زنگ‌زدگی می‌شود، اما اسید جیبرلیک به تنهایی تأثیر کمی بر زنگ‌زدگی دارد (Hou *et al*., 2018). تصور می‌شود که فورکلروفنورون یا CPPU تقسیم سلولی را تحریک و در نتیجه میوه‌ها، تعداد بیشتری سلول کوچک‌تر دارند (Flaishman *et al*., 2005; Kano, 2015). کاربرد تنظیم کننده‌های رشد گیاهی مختلف، که موجب کاهش زنگ زدگی در میوه‌جات شده‌اند، توسط محققین، گزارش شده است (Xu *et al*., 2019; Sahu and Sharma, 2019; Sharma and Belsare, 2011; Sharma *et al*., 2020; Eccher, 1983; Yuri and Castelli, 1998; Bubán *et al*., 1993; Taylor, 1975; McArtney *et al*., 2007; Steenkamp *et al*., 1984; Curry, 2012; Taylor, 1978; Wertheim, 1986; Knoche *et al*., 2011; McLaughlin and Greene, 1984; Eccher and Boffelli, 1981; Eccher, 1978; Wertheim, 1982).

۷-۲- محلول‌پاشی کودها و سایر ترکیبات

کمبود بور (B[13]) باعث تعدادی از اختلالات میوه، از جمله زنگ‌زدگی می‌شود (Ganie *et al*., 2013). در انبه، محلول‌پاشی با بور به همراه کلسیم باعث ایجاد دیواره‌های سلولی ضخیم‌تر و فضاهای بین سلولی کوچکتر می‌شود. در نتیجه، سلول‌ها متراکم‌تر خواهد بود، در نتیجه سفتی میوه بیشتر و پشتیبانی بهتر برای کوتیکول فراهم می‌شود (Muengkaew *et al*., 2018). نقش بالقوه بور، در زنگ‌زدگی شامل اثرات بر سنتز دیواره سلولی، لیگنیکاسیون و ساختار دیواره سلولی است (Broadley *et al*., 2012). همچنین بور به حفظ انبساط دیواره سلولی کمک می‌کند. در گیاهان دارای کمبود بور، دیواره‌های سلولی کشسانی کمتر و سفت‌تر می‌شوند (Ganie *et al*., 2013). این باعث می‌شود که دیواره‌های سلولی راحت‌تر ترک بخورند و/یا سلول‌ها تحت کشش در امتداد لاملاهای میانی خود از یکدیگر جدا شوند. جداسازی سلول‌های اپیدرمی و/یا هیپودرمی، بستر حمایت سلولی برای کوتیکول را ضعیف می‌کند و باعث افزایش ریزترک کوتیکول می‌شود (Winkler *et al*., 2022). به دنبال کاربرد بور در انار هیچ تاثیری بر روی زنگ‌زدگی وجود نداشت (Sharma and Belsare, 2011). با این حال، بور به تنهایی یا در ترکیب با کلسیم باعث کاهش زنگ‌زدگی در گوجه‌فرنگی شد (Huang and Snapp, 2004; Jobin-Lawler *et al*., 2002). چندین مطالعه کاهش ریزترک میوه را به دنبال کاربرد بور، با یا بدون کلسیم گزارش کرده‌اند (Ferri *et al*., 2008; Ghanbarpour *et al*., 2019; Singh *et al*., 2020; Kavvadias *et al*., 2012).

[12] Benzyladenine
[13] Boron

اسید کلروژنیک[14] بکار رفته در طول رشد اولیه میوه، تشکیل زنگ‌زدگی را در سیب «گلدن دلیشز» کاهش داد که مکانیسم اساسی، مهار سنتز لیگنین است (Wang *et al*., 2014). در مطالعات دیگر، کالمودولین[15] و پوشش‌های میوه‌ای مختلف اعمال شده‌اند و گزارش شده است که این پوشش‌ها باعث کاهش زنگ‌زدگی می‌شوند (Moon *et al*., 2016). در [17] برای اسکب در آلو (Michailides, 1991) است. کاهش بروز زنگ‌زدگی به دنبال استفاده از قارچ‌کش‌هایی مانند مانکوزب[18] مشاهده شده است. این اثر بدلیل کاهش جمعیت گونه‌های قارچی است که باعث ایجاد زنگ‌زدگی می‌شوند (Yuri and Castelli, 1998).

۷-۳- کیسه کردن میوه

کیسه کردن میوه، یک اقدام موفق برای مهار زنگ‌زدگی است (Seo *et al*., 2010; Lin *et al*., 2008; Zhang *et al*., 2021; Lin *et al*., 2012; Yuan *et al*., 2019; Moon *et al*., 2016; Creasy and Swartz, 1981; Mathooko *et al*., 2011; Tukey, 1959; Amarante *et al*., 2002). کیسه کردن با خشک نگه داشتن سطح میوه از زنگ‌زدگی جلوگیری می‌کند. با این حال، انتخاب یک ماده مناسب برای کیسه کردن میوه بسیار مهم است، زیرا مواد کیسه باید از تماس سطح میوه و از رطوبت بالا در میکروکلیمای میوه محصور شده، جلوگیری کند (Winkler *et al*., 2022). یک محیط با رطوبت بالا، احتمالاً با افزایش ریزترک کوتیکولی (Knoche *et al*., 2011)، در داخل کیسه، شدت زنگ‌زدگی را افزایش می‌دهد (Thalheimer, 2019).

علاوه بر این، میوه بسته‌بندی شده، نباید بیش از حد گرم شود (Racsko and Schrader, 2012). خواص طیفی مواد کیسه‌ای بر مقدار و طول موج نوری که به سطح میوه می رسد، تأثیر می‌گذارد (Chonhenchob *et al*., 2011).

جاهایی که زنگ‌زدگی عمدتاً توسط آفات، حشرات یا قارچ‌ها ایجاد می‌شود، محلول‌پاشی مناسب، در کاهش زنگ‌زدگی موفقیت آمیز خواهد بود. نمونه‌های گزارش شده شامل کاربرد زینب[16] برای کنه مرکبات (Fisher, 1957; Johnson *et al*., 1957; Johnson, 1960) یا کاپتافول یا زیرام

برداشتن کیسه باید با احتیاط و گام به گام انجام شود، برای مثال، با استفاده از کیسه‌های چند لایه (Racsko and Schrader, 2012). سایر مزایای کیسه‌بندی قبل از برداشت شامل: کاهش بروز آفتاب سوختگی (Abdel Gawad-Nehad *et al*., 2017; Sarkomi *et al*., 2019)، آلودگی به آفات و خسارت تگرگ (Buthelezi *et al*., 2021) است. با این حال، کیسه کردن میوه، کار سختی است، بنابراین برای اقتصادی بودن آن به محصولی با ارزش بالا، بازار گران قیمت و/یا هزینه کار کم نیاز دارد (Winkler *et al*., 2022).

۷-۴- ارقام مقاوم

انتخاب ارقام مقاوم در درازمدت، یک رویکرد اصلاحی برای کنترل زنگ‌زدگی خواهد بود، زیرا حساسیت به زنگ‌زدگی یک صفت کنترل شده ژنتیکی است (Macnee *et al*., 2021; Petit *et al*., 2017; Falginella *et al*., 2015; Legay *et al*., 2015). ارقام حساس سیب به زنگ‌زدگی، دارای سلول‌های بزرگتر و اندازه سلول‌های متغیرتر در هر دو قسمت اپیدرم و هیپودرم دارند (Khanal *et al*., 2020; Eccher, 1975). که منجر به سفتی بیشتر و انعطاف کمتر در هنگام شکستگی در طول رشد اولیه میوه می‌شوند، در زمانی که حساسیت زنگ‌زدگی بالا است (Khanal *et al*., 2020). هنگامی که در معرض یک فشار رشد مماسی قرار می‌گیرند، سلول‌های پوستی با اندازه و شکل نامنظم منجر به افزایش تنش بیشتر می‌شوند. مقایسه ارقام حساس به زنگ و

[14] Chlorogenic Acid
[15] Calmodulin
[16] Zineb
[17] Captafol Or Ziram
[18] Mancozeb

غیرحساس هیچ تفاوت ثابتی را در خواص کوتیکولی نشان نمی‌دهد (Khanal *et al*., 2013).

۸- نتیجه‌گیری

کیفیت ظاهری میوه، یکی از مهمترین خصوصیات آن است. کیفیت خوب، مصرف‌کنندگان را به راحتی جذب و ارزش میوه را افزایش می‌دهد. زنگ‌زدگی میوه، یکی از عواملی است که بر کیفیت ظاهری میوه تأثیر می‌گذارد. زنگ‌زدگی پوست میوه اغلب منجر به کاهش کیفیت بخش قابل توجهی از محصول می‌شود که چنین کاهش کیفیتی می‌تواند سودآوری تولید میوه را به طور جدی کاهش دهد. زنگ‌زدگی، یک اختلال فیزیولوژیکی مهم است که می‌تواند باعث از دست رفتن رطوبت پس از برداشت می‌شود و در نتیجه بر ماندگاری، ذخیره‌سازی و حمل و نقل تأثیر می‌گذارد. این پدیده از تعامل پیچیده عوامل مختلف زیستی و غیرزیستی ناشی می‌شود. در میان عوامل غیرزیستی، شرایط محیطی مانند نور، دما و رطوبت نسبی و همچنین عدم تعادل مواد مغذی و کاربرد مواد شیمیایی کشاورزی مهم هستند، در حالی که عوامل زیستی شامل تأثیر مخمرها، قارچ‌ها، ویروس‌ها و باکتری‌ها می‌شوند. در حالی که زنگ‌زدگی تا حدودی توسط عوامل گونه‌ای و ژنتیکی تعیین می‌شود. کوتیکول یک مانع ضد آب طبیعی است که از یک شبکه کوتین پلیمریزه شده با موم تشکیل شده است و از میوه در برابر فشارهای خارجی محافظت می‌کند و به حفظ ماندگاری پس از برداشت کمک می‌کند. هنگامی که کوتیکول ترک می‌خورد، یک لایه چوب پنبه‌ای روی پوست میوه تشکیل می‌شود. در نتیجه، ساختار کوتیکول مختل می‌شود و منجر به کاهش استحکام پوست می‌شود که بر جابجایی و فرآوری پس از برداشت تأثیر می‌گذارد. زنگار و ترک‌های کوتیکولی ممکن است قهوه‌ای شدن گوشت را به دلیل اکسیداسیون و همچنین نرم شدن بافت داخلی به دلیل از دست دادن تکیه‌گاه خارجی تسریع کنند. روش‌های جلوگیری از زنگ‌زدگی شامل کیسه‌کردن، مدیریت مواد مغذی، استفاده از هورمون‌های گیاهی (BA و GA) و سایر اقدامات است. با این حال، برای درک مکانیسم زنگ‌زدگی باید مطالعات بیشتری انجام شود تا بتوان از زنگ‌زدگی در مراحل اولیه رشد میوه جلوگیری کرد.

تضاد و تعارض منافع- نویسنده هر گونه تعارض و تضاد منافع اعم از تجاری و غیر تجاری و شخصی را که در ارتباط مستقیم یا غیر مستقیم با اثر منتشر شده است رد می‌نمایند.

فهرست منابع

Abdel Gawad-Nehad, M.A., EL-Gioushy, S.F., & Baiea, M.H.M. (2017). Impact of different bagging types on preventing sunburn injury and quality improvement of Keitt mango fruits. *Middle East Journal of Agriculture Research*, *6*, 484–494.

Alegre, S., & Alins, G. (2007). The flower thinning effect of different compounds on organic ‘Golden Smoothee (R)’ apple trees. *Acta Horticulturae*, *737*, 67–69.

Amarante, C., Banks, N.H., & Max, S. (2002). Preharvest bagging improves packout and fruit quality of pears (*Pyrus communis*). *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, *30*, 93–98.

Araya, J.E., Merino, C., Santibanez, F., & Sazo, L. (2014). Ring spots by feeding of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on white table grapes. *Revista Colombiana de Entomología*, *40*, 1–6.

Asin, L., Torres, E., & Vilardell, P. (2011). Orchard cooling with overtree microsprinkler irrigation to increase fruit russet on ‘Conference’ pear. *Acta Horticulturae*, *909*, 557–564.

Athoo, T.O., Khanal, B.P., & Knoche, M. (2021). Low cuticle deposition rate in ‘Apple’ mango increases elastic strain, weakens the cuticle and increases russet. PLoS ONE, *16*, e0258521.

Athoo, T.O., Winkler, A., & Knoche, M. (2020). Russeting in ‘Apple’ mango: Triggers and mechanisms. *Plants*, *9*, 898.

Avidan, B., & Klein, I. (1998). Physiological disorders in loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.). I. Russeting. *Advances in Horticultural Science*, *12*, 190–195.
Bakker, J.C. (1988). Russeting (cuticle cracking) in glasshouse tomatoes in relation to fruit growth. *Journal of Horticultural Sciences*, *63*, 459–463.
Bangerth, F., & Schröder, M. (1994). Strong synergistic effects of gibberellins with the synthetic cytokinin N-(2-Chloro-4-Pyridyl)-N- Phenylurea on parthenoscarpic fruit set and some other fruit characteristics of apple. *Plant Growth Regulation*, *15*, 293–302.
Barcelo-Vidal, C., Bonany, J., Martin-Fernandez, J.A., & Carbo, J. (2013). Modelling of weather parameters to predict russet on 'Golden Delicious' apple. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *88*, 624–630.
Barone, F., Farina, V., & Lo Bianco, R. (2011). Growth, yield and fruit quality of 'Peluche' loquat under windbreak nets. *Acta Horticulturae*, *887*, 155–159.
Basak, A., & Bielicki, P. (2010). Effect of novel organic/mineral biostimulators on fruit quality parameters in apple. *Acta Horticulturae*, *873*, 295–302.
Beach, S.A., Booth, N.O., & Taylor, O.M. (1905). The Apples of New York; J.B. Lyon: Albany, GA, USA, Volume 1.
Becker, M., Kerstiens, G., & Schönherr, J. (1986). Water permeability of plant cuticles: Permeance, diffusion and partition coefficients. *Trees*, *1*, 54–60.
Bell, H.P. (1937). The origin of russeting in the Golden Russet apple. *Canadian Journal of Research*, 15, 560–566.
Bound, S.A. (2010). Alternate thinning chemicals for apples. *Acta Horticulturae*, *884*, 229–236.
Bound, S.A. (2001). The influence of endothal and 6-benzyladenine on crop load and fruit quality of red 'Delicious' apple. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *76*, 691–699.
Bound, S.A., & Jones, K.M. (2004). Ammonium thiosulphate as a blossom thinner of 'Delicious' apple, 'Winter Cole' pear and 'Hunter' apricot. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, *44*, 931–937.
Broadley, M., Brown, P., Cakmak, I., Rengel, Z., & Zhao, F. (2012). Function of Nutrients: Micronutrients. In Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, 3rd ed.; Marschner, P., Ed.; Academic Press: San Diego, CA, USA, pp. 191–248.
Brown, G.S., Kitchener, A.E., & Barnes, S. (1998). Calcium hydroxide sprays for the control of black spot on apples—Treatment effects on fruit quality. *Acta Horticulturae*, *513*, 47–52.
Bubán, T., Rátz, M., & Oláh, L. (1993). Improved fruit shape and less russeting of apples by using gibberellins. *Acta Horticulturae*, *329*, 137–139.
Buthelezi, N.M.D., Mafeo, T.P., & Mathaba, N. (2021). Preharvest bagging as an alternative technique for enhancing fruit quality: A review. *HortTechnology, 31*, 4–13.
Byers, M.A. (1977). A scarf skin-like disorder of apples. *HortScience*, 12, 226–227.
Charoenchongsuk, N., Matsumoto, D., Itai, A., & Murayama, H. (2018). Ripening characteristics and pigment changes in russeted pear fruit in response to ethylene and 1-MCP. *Horticulturae*, *4*, 22.
Chen, Y.H., Straube, J., Khanal, B.P., Knoche, M., & Debener, T. (2020). Russeting in apple is initiated after exposure to moisture ends-I. Histological evidence. *Plants*, *9*, 1293.
Chonhenchob, V.; Kamhangwong, D.; Kruenate, J.; Khongrat, K.; Tangchantra, N.; Wichai, U.; & Singh, S.P. (2011). Preharvest bagging with wavelength selective materials enhances development and quality of mango (*Mangifera indica* L.) cv. Nam Dok Mai #4. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *91*, 664–671.
Civolani, S. (2012). The past and present of pear protection against the pear psylla, *Cacopsylla pyri* L. In Insecticides—Pest Engineering; Perveen, F., Ed.; IntechOpen: London, UK.
Considine, J., & Brown, K. (1981). Physical aspects of fruit growth: Theoretical analysis of distribution of surface growth forces in fruit in relation to cracking and splitting. *Plant Physiology*, *68*, 371–376.
Corbin, J.B., Lider, J.V., & Roberts, K.O. (1968). Controlling prune russet scab. *California Agriculture*, *22*, 6–7.

Creasy, L.L. (1980). The correlation of weather parameters with russet of Golden Delicious apples under orchard conditions. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *105*, 735–738.
Creasy, L.L., & Swartz, H.J. (1981). Agents influencing russet on Golden Delicious apple fruits. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *106*, 203–206.
Curry, E. (2012). Increase in epidermal planar cell density accompanies decreased russeting of 'Golden Delicious' apples treated with Gibberellin A4+7. *HortScience*, *47*, 232–237.
Daines, R., Weber, D.J., Bunderson, E.D., & Roper, T. (1984). Effect of early sprays on control of powdery mildew fruit russet on apples. *Plant Disease*, *68*, 326–328.
Daniells, J.W., Lisle, A.T., & Bryde, N.J. (1994). Effect of bunch trimming and leaf removal at flowering on maturity bronzing, yield, and other aspects of fruit quality of bananas in North Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, *34*, 259–265.
Daniells, J.W., Lisle, A.T., & Ofarrell, P.J. (1992). Effect of bunch covering methods on maturity bronzing, yield, and fruit quality of bananas in North Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, *32*, 121–125.
Dayioglu, A., & Hepaksoy, S. (2016). Effects of shading nets on sunburn and quality of 'Granny Smith' apple fruits. *Acta Horticulturae*, *1139*, 523–528.
De Villiers, F.J. (1926). Physiological studies of the grape. *Union South African Journal of Agricultural Science*, *45*, 38–48.
Demers, D.A., Dorais, M., & Papadopoulos, A.P. (2007). Yield and russeting of greenhouse tomato as influenced by leaf-to-fruit ratio and relative humidity. *HortScienc*, *42*, 503–507.
Drogoudi, P., Pantelidis, G.E., & Vekiari, S.A. (2021). Physiological disorders and fruit quality attributes in pomegranate: Effects of meteorological parameters, canopy position and acetylsalicylic acid foliar sprays. *Frontiers in Plant Science*, *12*, 645547.
Duso, C., Castagnoli, M., Simoni, S., & Angeli, G. (2010). The impact of eriophyoids on crops: Recent issues on *Aculus schlechtendali*, *Calepitrimerus vitis* and *Aculops lycopersici*. *Experimental and Applied Acarology*, *51*, 151–168.
Easterbrook, M.A., & Fuller, M.M. (1986). Russeting of apples caused by apple rust mite *Aculus schlechtendali* (Acarina, Eriophyidae). *Annals of Applied Biology*, *109*, 1–9.
Ebeling, W., & Pence, R.J. (1949). New pomegranate mite: Russeting and cracking of peel characterize injury responsible for much culling. *California Agriculture*, *3*, 11–14.
Eccher, T. (1983). Control of russeting of Golden Delicious apples by growth regulator treatments. *Acta Horticulturae*, *137*, 375–382.
Eccher, T. (1975). Influenza di alcuni fitormoni sulla rugginositá della "Golden Delicious". *Rivista di ortoflorofrutticoltura italiana, 59*, 246–261.
Eccher, T. (1978). Russeting of Golden Deliciois apples as related to endogenous and exogenous gibberellins. *Acta Horticulturae*, *80*, 381–386.
Eccher, T., & Boffelli, G. (1981). Effects of dose and time of application of GA4+7 on russeting, fruit set and shape of 'Golden Delicious' apples. *Scientia Horticulturae*, *14*, 307–314.
Eccher, T., & Hajnajari, H. (2006). Fluctuations of endogenous gibberellin A4 and A7 content in apple fruits with different sensitivity to russet. *Acta Horticulturae*, *727*, 537–543.
Ehret, D.L., Hill, B.D., Raworth, D.A.; & Estergaard, B. (2008). Artificial neural network modelling to predict cuticle cracking in greenhouse peppers and tomatoes. *Computers and Electronics in Agriculture*, *61*, 108–116.
El-Khoreiby, A.M., Unrath, C.R., & Lehman, L.J. (1990). Paclobutrazol spray timing influences apple tree growth. *HortScience*, *25*, 310–312.
Falginella, L., Cipriani, G., Monte, C., Gregori, R., Testolin, R., Velasco, R., Troggio, M., & Tartarini, S. (2015). A major QTL controlling apple skin russeting maps on the linkage group 12 of 'Renetta Grigia di Torriana'. *BMC Plant Biology*, *15*, 150.
Faust, M., & Shear, C.B. (1972). Russeting of apples, an interpretive review. *HortScience*, *7*, 233–235.

Ferri, V.C., Rombaldi, C.V., Silva, J.A., Pegoraro, C., Nora, L., Antunes, P.L., Girardi, C.L., & Tibola, C.S. (2008). Boron and calcium sprayed on 'Fuyu' persimmon tree prevent skin cracks, groove and browning of fruit during cold storage. *Ciencia Rural*, *38*, 2146–2150.
Fisher, F.E. (1957). Control of citrus fruit russet in Florida with zineb. *Phytopathology*, *47*, 433–437.
Flaishman, M.A., Shargal, A., Shlizerman, L., Stern, R.A., Lev-Yadun, S., & Grafi, G. (2005). The synthetic cytokinins CPPU and TDZ prolong the phase of cell division in developing pear (*Pyrus communis* L.) fruit. *Acta Horticulturae*, *671*, 151–157.
Fogelman, E., Redel, G., Doron, I., Naor, A., Ben-Yashar, E., & Ginzberg, I. (2009). Control of apple russeting in a warm and dry climate. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *84*, 279–284.
Franke, R., & Schreiber, L. (2007). Suberin—A biopolyester forming apoplastic plant interfaces. *Current Opinion in Plant Biology*, *10*, 252–259.
Ganie, M.A., Akhter, F., Bhat, M.A., Malik, A.R., Junaid, J.M., Shah, M.A., Bhat, A.H., & Bhat, T.A. (2013). Boron—A critical nutrient element for plant growth and productivity with reference to temperate fruits. *Current Science*, *104*, 76–85.
Gerchikov, N., Keren-Keiserman, A., Perl-Treves, R., & Ginzberg, I. (2008).Wounding of melon fruits as a model system to study rind netting. *Scientia Horticulturae*, *117*, 115–122.
Ghanbarpour, E., Rezaei, M., & Lawson, S. (2019). Reduction of cracking in pomegranate fruit after foliar application of humic acid, calcium-boron and kaolin during water stress. *Erwerbs-Obstbau*, *61*, 29–37.
Gildemacher, P., Heijne, B., Silvestri, M., Houbraken, J., Hoekstra, E., Theelen, B., & Boekhout, T. (2006). Interactions between yeasts, fungicides and apple fruit russeting. *FEMS Yeast Research*, *6*, 1149–1156.
Gildemacher, R., Heijne, B., Houbraken, J., Vromans, T., Hoekstra, S., & Boekhout, T. (2004). Can phyllosphere yeasts explain the effect of scab fungicides on russeting of Elstar apples? *European Journal of Plant Pathology*, *110*, 929–937.
Goffinet, M.C., Burr, T.J., Heidenreich, M.C., & Welsel, M.J. (2006). Developmental anatomy of russet of 'McIntosh' apple fruit induced by the fungus *Aureobasidium pullulans*. *HortScience*, *41*, 983.
Goffinet, M.C., & Pearson, R.C. (1991). Anatomy of russeting induced in concord grape berries by the fungicide chlorothalonil. *American Journal of Enology and Viticulture*, *42*, 281–289.
Greene, D.W. (2012). Influence of abscisic acid and benzyladenine on fruit set and fruit quality of 'Bartlett' pears. *HortScience*, *47*, 1607–1611.
Grimm, E., Khanal, B.P., Winkler, A., Knoche, M., & Köpcke, D. (2012). Structural and physiological changes associated with the skin spot disorder in apple. *Postharvest Biology and Technology*, *64*, 111–118.
Heidenreich, M.C.M., Corral-Garcia, M.R., Momol, E.A., & Burr, T.J. (1997). Russet of apple fruit caused by *Aureobasidium pullulans* and *Rhodotorula glutinis*. *Plant Disease*, *81*, 337–342.
Ho, Q.T., Verboven, P., Verlinden, B.E., Schenk, A., Delele, M.A., Rolletschek, H., Vercammen, J., & Nicolai, B.M. (2010). Genotype effects on internal gas gradients in apple fruit. *Journal of Experimental Botany*, *61*, 2745–2755.
Hou, X., Wei, L., Xu, Y., Khalil-Ur-Rehman, M., Feng, J., Zeng, J., & Tao, J. (2018). Study on russet related enzymatic activity and gene expression in 'Shine Muscat' grape treated with GA3 and CPPU. *Journal of Plant Interactions*, *13*, 195–202.
Huang, J.S., & Snapp, S.S. (2004). The effect of boron, calcium, and surface moisture on shoulder check, a quality defect in fresh market tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *129*, 599–607.
Huang, Y., Wang, P., Wang, X., Wang, J., & Liu, F. (2021). Effects of calcium on the formation of berry russet and phenolic compounds in 'Shine Muscat' grape. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *792*, 012038.
Jindal, K.K., Pal, S., Chauhan, P.S., & Mankotia, M.S. (2004). Effect of promalin and mixtatol on fruit growth, yield efficiency and quality of 'Starking Delicious' apple. *Acta Horticulturae*, *636*, 533–536.

Jobin-Lawler, F., Simard, K., Gosselin, A., Papadopoulos, A.P., & Dorais, M. (2002). The influence of solar radiation and boron-calcium fruit application on cuticle cracking of a winter tomato crop grown under supplemental lighting. *Acta Horticulturae*, *580*, 235–239.
Johnson, R.B. (1960). The effect of copper compounds on control of citrus rust mite with zineb. *Journal of Economic Entomology*, *53*, 395–397.
Johnson, R.B., King, J.R., & McBride, J.J. (1957). Zineb controls citrus rust mite. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, *70*, 38–48.
Jones, K.M., Bound, S.A., Oakford, M.J., & Wilson, D. (1994). A strategy for reducing russet in Red Fuji apples while maintaining control of black spot (*Venturia inaequalis*). *Australian Journal of Experimental Agriculture*, *34*, 127–130.
Jones, K.M., Koen, T.B., Bound, S.A., & Oakford, M.J. (1991). Some reservations in thinning 'Fuji' apples with naphthalene acetic acid (NAA) and ethephon. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, *19*, 225–228.
Joshi, M., Schmilovitch, Z., & Ginzberg, I. (2021). Pomegranate fruit growth and skin characteristics in hot and dry climate. *Frontiers in Plant Science*, *12*, 725479.
Kamau, A.W., Mueke, J.M., & Khaemba, B.M. (1992). Resistance of tomato varieties to the tomato russet mite, *Aculops lycopersici* (Massee) (Acarina, Eriophyidae). *Insect Science and Its Application*, *13*, 351–356.
Kano, Y. (2015). Effects of CPPU treatment on fruit and rind development of watermelons (*Citrullus lanatus* Matsum. et Nakai). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *75*, 651–654.
Kavvadias, V., Daggas, T., Paschalidis, C., Vavoulidou, E., & Theocharopoulos, S. (2012). Effect of boron application on yield, quality, and nutritional status of peach cultivar Andross. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *43*, 134–148.
Keren-Keiserman, A., Tanami, Z., Shoseyov, O., & Ginzberg, I. (2015). Differing rind characteristics of developing fruits of smooth and netted melons (*Cucumis melo*). *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *79*, 107–113.
Khanal, B.P., Ikigu, G.M., & Knoche, M. (2019). Russeting partially restores apple skin permeability to water vapour. *Planta*, *249*, 849–860.
Khanal, B.P., Grimm, E., & Knoche, M. (2013). Russeting in apple and pear: A plastic periderm replaces a stiff cuticle. *AoB Plants*, 5, 1-12.
Khanal, B.P., Imoro, Y., Chen, Y.H., Straube, J., & Knoche, M. (2021). Surface moisture increases microcracking and water vapour permeance of apple fruit skin. *Plant Biology*, *23*, 74–82.
Khanal, B.P., & Knoche, M. (2017). Mechanical properties of cuticles and their primary determinants. *Journal of Experimental Botany*, *68*, 5351–5367.
Khanal, B.P., Knoche, M., Bußler, S., & Schlüter, O. (2014) Evidence for a radial strain gradient in apple fruit cuticles. *Planta*, *240*, 891–897.
Khanal, B.P., Le, T.L., Si, Y., & Knoche, M. (2020). Russet susceptibility in apple is associated with skin cells that are larger, more variable in size, and of reduced fracture strain. *Plants*, *9*, 1118.
Khanal, B.P., Shrestha, R., Hückstädt, L., & Knoche, M. (2013). Russeting in apple seems unrelated to the mechanical properties of the cuticle at maturity. *HortScience*, *48*, 1135–1138.
Knoche, M., & Grimm, E. (2008). Surface moisture induces microcracks in the cuticle of 'Golden Delicious' apple. *HortScience*, *43*, 1929–1931.
Knoche, M., Khanal, B.P., Brüggenwirth, M., & Thapa, S. (2018). Patterns of microcracking in apple fruit skin reflect those of the cuticular ridges and of the epidermal cell walls. *Planta*, *248*, 293–306.
Knoche, M., Khanal, B.P., & Stopar, M. (2011). Russeting and microcracking of 'Golden Delicious' apple fruit concomitantly decline due to gibberellin A4+7 application. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *136*, 159–164.
Knoche, M., & Lang, A. (2017). Ongoing growth challenges fruit skin integrity. *Critical Reviews in Plant Sciences*, *36*, 190–215.

Knoche, M., & Peschel, S. (2007). Deposition and strain of the cuticle of developing European plum fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *132*, 597–602.
Konarska, A. (2014). Morphological, histological and ultrastructural changes in fruit epidermis of apple *Malus domestica* cv. Ligol (Rosaceae) at fruit set, maturity and storage. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, *56*, 35–48.
Krauss, P., Markstadter, C., & Riederer, M. (1997). Attenuation of UV radiation by plant cuticles from woody species. *Plant, Cell & Environment*. *20*, 1079–1085.
Lancaster, J.E. (1992). Regulation of skin color in apples. *Critical Reviews in Plant Sciences*,*10*, 487–502.
Legay, S., Guerriero, G., Andre, C., Guignard, C., Cocco, E., Charton, S., Boutry, M., Rowland, O., & Hausman, J.F. (2016). MdMyb93 is a regulator of suberin deposition in russeted apple fruit skins. *New Phytologist*, *212*, 977–991.
Legay, S., Guerriero, G., Deleruelle, A., Lateur, M., Evers, D., André, C.M., & Hausman, J.F. (2015). Apple russeting as seen through the RNA-seq lens: Strong alterations in the exocarp cell wall. *Plant Molecular Biology*, *88*, 21–40.
Li, C.J., Yaegashi, H., Kishigami, R., Kawakubo, A., Yamagishi, N., Ito, T., & Yoshikawa, N. (2020). Apple russet ring and apple green crinkle diseases: Fulfillment of Koch's postulates by virome analysis, amplification of full-length cDNA of viral genomes, in vitro transcription of infectious viral RNAs, and reproduction of symptoms on fruits of apple trees inoculated with viral RNAs. *Frontiers in Microbiology*, *11*, 1627.
Lin, J., Chang, Y.H., Yan, Z.M., & Li, X.G. (2008). Effects of bagging on the quality of pear fruit and pesticide residues. *Acta Horticulturae*, *772*, 315–318.
Lin, J., Wang, Z.H., Li, X.G., & Chang, Y.H. (2012). Effects of bagging twice and room temperature storage on quality of 'Cuiguan' pear fruit. *Acta Horticulturae*, *934*, 837–840.
Lindow, S.E., Desurmont, C., Elkins, R., McGourty, G., Clark, E., & Brandl, M.T. (1998). Occurrence of indole-3-acetic acid-producing bacteria on pear trees and their association with fruit russet. *Phytopathology*, *88*, 1149–1157.
Lipton, W.J. (1967). Some effects of low-oxygen atmospheres on potato tubers. *American Journal of Potato Research*, *44*, 292–298.
Maas, F. (2006). Thinning 'Elstar' apple with benzyladenine. *Acta Horticulturae*. 727, 415–421.
Maas, F.M., Kanne, H.J., & van der Steeg, P.A.H. (2010). Chemical thinning of 'Conference' pears. *Acta Horticulturae*, *884*, 293–304.
Macnee, N., Hilario, E., Tahir, J., Currie, A., Warren, B., Rebstock, R., Hallett, I.C., Chagne, D., Schaffer, R.J., & Bulley, S.M. (2021). Peridermal fruit skin formation in *Actinidia* sp. (kiwifruit) is associated with genetic loci controlling russeting and cuticle formation. *BMC Plant Biology*, *21*, 334.
Macnee, N.C., Rebstock, R., Hallett, I.C., Schaffer, R.J., & Bulley, S.M. (2020). A review of current knowledge about the formation of native peridermal exocarp in fruit. *Functional Plant Biology*, *47*, 1019–1031.
Maguire, K.M. (1998). Factors Affecting Mass Loss of Apples; Massey University: Palmerston North, New Zealand.
Marchioretto, L.D., De Rossi, A., do Amaral, L.O., & Ribeiro, A.M.A.D. (2019). Efficacy and mode of action of blossom thinners on 'Fuji More' apple trees. *Scientia Horticulturae*, *246*, 634–642.
Mathooko, F.M., Kahangi, E.M., Runkuab, J.M., Onyangob, C.A. & Owinob, W.O. (2011). Preharvest mango (*Mangifera indica* L. 'Apple') fruit bagging controls lenticel discolouration and improves postharvest quality. *Acta Horticulturae*, *906*, 55–62.
McArtney, S., Obermiller, J.D., & Green, A. (2007). Prohexadione-Ca reduces russet and does not negate the efficacy of GA4+7 sprays for russet control on 'Golden Delicious' apples. *HortScience*, *42*, 550–554.
McCoy, C.W. (1996). Damage and control of eriophyoid mites in crops: Stylar feeding injury and control of eriophyoid mites in citrus. In Eriophyoid Mites: Their Biology, Natural Enemies and Control; Lindquist, E.E., Sabelis, M.W., Bruin, J., Eds.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, *6*,481–490.

McLaughlin, J.M., & Greene, D.W. (1984). Effects of BA, GA4+7, and daminozide on fruit set, fruit quality, vegetative growth, flower initiation, and flower quality of 'Golden Delicious' apple. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *109*, 34–39.
Meissner, F. (1952). Die Korkbildung der Früchte von Aesculusund Cucumis Arten. *Oesterreichische botanische Zeitschrift*, *99*, 606–624.
Meyer, A. (1944). A study of the skin structure of Golden Delicious apples. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, *45*, 105–110.
Michailides, T.J. (1991). Russeting and russet scab of prune, an environmentally induced fruit disorder: Symptomatology, induction, and control. *Plant disease*, *75*, 1114–1123.
Michailides, T.J., & Ogawa, J.M. (1988). Control and induction of russet scab and wind bruise damage ("wind scab") of French prunes. In Prune Research Reports; Calinfornia Prune Board: San Francisco, CA, USA.
Momol, M.T., Norelli, J.L., & Aldwinckle, H.S. (1999). Evaluation of biological control agents, systemic acquired resistance inducers and bactericides for the control of fire blight on apple blossom. *Acta Horticulturae*, *489*, 553–557.
Moon, Y.J., Nam, K.W., Kang, I.K., & Moon, B.W. (2016). Effects of tree spray of calcium agent, coating agent, GA4+7 + BA and paper bagging on russet prevention and quality of 'Gamhong' apple fruits. Korean International *Journal of Horticultural Science and Technology*, *34*, 528–536.
Muengkaew, R., Whangchai, K., & Chaiprasart, P. (2018). Application of calcium-boron improve fruit quality, cell characteristics, and effective softening enzyme activity after harvest in mango fruit (*Mangifera indica* L.). *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, *59*, 537–546.
Noga, G.J., & Bukovac, M.J. (1986). Impact of surfactants on fruit quality of 'Schattenmorelle' sour cherries and 'Golden Delicious' apples. *Acta Horticulturae*, *179*, 771–778.
Palmer, J.W., Davies, S.B., Shaw, P.W., & Wünsche, J.N. (2003). Growth and fruit quality of 'Braeburn' apple (*Malus domestica*) trees as influenced by fungicide programmes suitable for organic production. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, *31*, 169–177.
Peck, G.M., DeLong, C.N., Combs, L.D., & Yoder, K.S. (2017). Managing apple crop load and diseases with bloom thinning applications in an organically managed 'Honeycrisp'/'MM.111' orchard. *HortScience*, *52*, 377–381.
Peschel, S., & Knoche, M. (2005). Characterization of microcracks in the cuticle of developing sweet cherry fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *130*, 487–495.
Petit, J., Bres, C., Mauxion, J.P., Bakan, B., & Rothan, C. (2017). Breeding for cuticle associated traits in crop species: Traits, targets, and strategies. *Journal of Experimental Botany*, *68*, 5369–5387.
Piringer, A.A., & Heinze, P.H. (1954). Effect of light on the formation of a pigment in the tomato fruit cuticle. *Plant Physiology*, *29*, 467–472.
Racsko, J., & Schrader, L.E. (2012). Sunburn of apple fruit: Historical background, recent advances and future perspectives. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 31, 455–504.
Reina-Pinto, J.J., & Yephremov, A. (2009). Surface lipids and plant defenses. *Plant Physiology and Biochemistry*, *47*, 540–549.
Richardson, P.J., Webster, A.D., & Quinlan, J.D. (1986). The effect of paclobutrazol sprays with or without the addition of surfactants on the shoot growth, yield and fruit quality of the apple cultivars Cox and Suntan. *Journal of Horticultural Sciences*, *61*, 439–446.
Rose, D.H., Bratley, C.O., & Pentzer, W.T. (1939). Market. Diseases of Fruits and Vegetables: Grapes and Other Small Fruits; U.S. Department of Agriculture: Washington, DC, USA.
Sahu, P., & Sharma, N. (2019). Fruit cracking and quality of pomegranate (*Punica granatum* L.) cv. Kandhari as influenced by CPPU and boron. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *8*, 2644–2648.
Sánchez, E., Soto, J.M., Uvalle, J.X., Hernández, A.P., Ruiz, J.M., & Romero, L. (2001). Chemical treatments in "Golden Delicious Spur" fruits in relation to russeting and nutritional status. *Journal of Plant Nutrition*, *24*, 191–202.

Sanchez, J.A., Carrasco-Ortiz, A., López-Gallego, E., Ramírez-Soria, M.J., & La Spina, M. (2020). Ants reduce fruit damage caused by psyllids in Mediterranean pear orchards. *Pest Management Science*, *77*, 1886–1892.
Sarkomi, F.H., Moradinezhad, F., & Khayat, M. (2019). Pre-harvest bagging influences sunburn, cracking and quality of pomegranate fruits. *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, *2*, 131–142.
Scharwies, J.D., Grimm, E., & Knoche, M. (2014). Russeting and relative growth rate are positively related in 'Conference' and 'Condo' pear. *HortScience*, *49*, 746–749.
Schreiber, L., Franke, R., & Hartmann, K. (2005). Wax and suberin development of native and wound periderm of potato (*Solanum tuberosum* L.) and its relation to peridermal transpiration. *Planta*, *220*, 520–530.
Seo, H.H., Lee, J.Y., & Jung, H.W. (2010). Fruit appearance improvement by using filter attached paper bags in 'Niitaka' Pears. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, *51*, 73–77.
Serdani, M., Spotts, R.A., Calabro, J.M., & Postman, J.D. (2005). Powdery mildew resistance in Pyrus germplasm. *Acta Horticulturae*, *671*, 609–613.
Serrano, M., Coluccia, F., Torres, M., L'Haridon, F., & Metraux, J.P. (2014). The cuticle and plant defense to pathogens. *Frontiers in Plant Science*, *5*, 274.
Sharma, N., & Belsare, C. (2011). Effect of plant bio regulators and nutrients on fruit cracking and quality in pomegranate (*Punica granatum* L.) 'G-137' in Himachal Pradesh. *Acta Horticulturae*, *890*, 347–352.
Sharma, S., Sharma, N., Sharma, D.P., & Chauhan, N. (2020). Effects of GA4+7 + BA and CPPU on russeting and fruit quality in apple (*Malus × domestica*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, *90*, 74–77.
Shi, C.H., Qi, B.X., Wang, X.Q., Shen, L.Y., Luo, J., & Zhang, Y.X. (2019). Proteomic analysis of the key mechanism of exocarp russet pigmentation of semi-russet pear under rainwater condition. *Scientia Horticulturae*, *254*, 178–186.
Sholberg, P.L., & Boule, J. (2009). Palmolive (R) detergent controls apple, cherry, and grape powdery mildew. *Canadian Journal of Plant Science*, *89*, 1139–1147.
Si, Y., Khanal, B.P., Schlüter, O.K., & Knoche, M. (2021). Direct evidence for a radial gradient in age of the apple fruit cuticle. *Frontiers in Plant Science*, *12*, 730837.
Simons, R.K., & Chu, M.C. (1978). Periderm morphology of mature Golden Delicious apple with special reference to russeting. *Scientia Horticulturae*, *8*, 333–340.
Singh, A., Shukla, A.K., & Meghwal, P.R. (2020). Fruit cracking in pomegranate: Extent, cause, and management—A review. *International Journal of Fruit Science*, *20*, S1234–S1253.
Skene, D.S. (1982). The development of russet, rough russet and cracks on the fruit of the apple Coxs Orange Pippin during the course of the season. *Journal of Horticultural Sciences*, *57*, 165–174.
Smoot, J.J., Houck, L.G., & Johnson, H.B. (1971). Market. Diseases of Citrus and Other Subtropical Fruits; U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service: Washington, DC, USA.
Spotts, R.A., & Cervantes, L.A. (2002). Involvement of *Aureobasidium pullulans* and *Rhodotorula glutinis* in russet of d'Anjou pear fruit. *Plant disease*, *86*, 625–628.
Steenkamp, J., Vanzyl, H.J., & Westraad, I. (1984). A preliminary evaluation of various chemical substances for the control of calyx end russeting in Golden Delicious apples. *Journal of Horticultural Sciences*, *59*, 501–505.
Stopar, M. (2008). Vegetable oil emulsions, NaCl, CH_3COOH and CaSx as organically acceptable apple blossom thinning compounds. *European Journal of Horticultural Science*, *73*, 55–61.
Stopar, M., & Hladnik, J. (2020). Polysorbates 20, 60 and 80 are apple thinning agents. *Acta Horticulturae*, *1295*, 57–62.
Straube, J., Chen, Y.H., Khanal, B.P., Shumbusho, A., Zeisler-Diehl, V., Suresh, K., Schreiber, L., Knoche, M., & Debener, T. (2021). Russeting in apple is initiated after exposure to moisture ends: Molecular and biochemical evidence. *Plants*, *10*, 65.
Sugar, D., & Basile, S.R. (2008). Russet induction in 'Beurre Bosc' and 'Taylor's Gold' pears. *Acta Horticulturae*, *800*, 257–261.

Sugar, D., Powers, K.A., & Basile, S.R. (2005). Mancozeb and kaolin applications can reduce russet of ‘Comice’ pear. *HortTechnology*, *15*, 272–275.
Sugar, D., Villardel, P., & Asin, L. (2015). Relationship of weather factors to russet incidence in ‘Comice’ and ‘Bosc’ pear fruit. *Acta Horticulturae*, *1094*, 533–538.
Taylor, B.K. (1978). Effects of gibberellin sprays on fruit russet and tree performance of Golden Delicious apple. *Journal of Horticultural Sciences*, *53*, 167–169.
Taylor, B.K. (1975). Reduction of apple skin russeting by gibberellin A4+7. *Journal of Horticultural Sciences*, *50*, 169–172.
Teviotdale, B.L., & Viveros, M. (1999). Fruit russetting and tree toxicity symptoms associated with copper treatments of Granny Smith apple trees (*Malus sylvestris* Mill.). *Acta Horticulturae*, *489*, 565–571.
Thalheimer, M. (2019). About the russetting of apples in 2018. *Laimburg journal*, *1*, 1–4.
Tukey, L.D. (1959). Observations on the russeting of apples growing in plastic bags. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, *74*, 30–39.
Wang, L., Li, J., Gao, J., Feng, X., Shi, Z., Gao, F., Xu, X., & Yang, L. (2014). Inhibitory effect of chlorogenic acid on fruit russeting in ‘Golden Delicious’ apple. *Scientia Horticulturae*, *178*, 14–22.
Wang, L., Wang, H.C., Hu, Y.L., & Huang, X.M. (2007). Loquat fruit physiological disorders: Creasing and russeting. *Acta Horticulturae*, *750*, 269–273.
Weber, R.W.S., & Zabel, D. (2011). White haze and scarf skin, two little-known cosmetic defects of apples in northern Germany. *European Journal of Horticultural Science*, *76*, 45–50.
Wei, X., Mao, L., Han, X., Lu, W., Xie, D., Ren, X., & Zhao, Y. (2018). High oxygen facilitates wound induction of suberin polyphenolics in kiwifruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *98*, 2223–2230.
Welsh, M.F., & May, J. (1967). Virus etiology of foliar vein flecking or ring pattern and fruit russeting or blotch on apple. *Canadian Journal of Plant Science*, *47*, 703–708.
Wertheim, S.J. (1986). Chemical thinning of Golden Delicious apple with NAAm and/or carbaryl in combination with a spreader and the anti russeting agent GA4+7. *Acta Horticulturae*, *179*, 659–666.
Wertheim, S.J. (1982). Fruit russeting in apple as affected by various gibberellins. *Journal of Horticultural Sciences*, *57*, 283–288.
Westigard, P.H. (1973). Pest status of insects and mites on pear in Southern Oregon. *Journal of Economic Entomology*, *66*, 227–232.
Wigginton, M.J. (1974). Effects of temperature, oxygen tension and relative humidity on the wound-healing process in the potato tuber. *Potato Research*, *17*, 200–214.
Williams, M.H., Vesk, M., & Mullins, M.G. (1989). Characteristics of the surface of banana peel in cultivars susceptible and resistant to maturity bronzing. *Canadian Journal of Botany*, *67*, 2154–2160.
Williams, M.H., Vesk, M., & Mullins, M.G. (1990). Development of the banana fruit and occurrence of the maturity bronzing disorder. *Annals of Botany*, *65*, 9–19.
Winkler, A., Grimm, E., Knoche, M., Lindstaedt, J., & Köpcke, D. (2014). Late season surface water induces skin spot in apple. *HortScience*, *49*, 1324–1327.
Winkler, A., Athoo, T., & Knoche, M. (2022). Russeting of Fruits: *Etiology and Management. Horticulturae*, *8*, 231.
Winston, J.R. (1921). Tear Stain of Citrus Fruits; U.S. Department of Agriculture: Washington, DC, USA, Volume 924.
Wójcik, P., Filipczak, J., & Wójcik, M. (2019). Effects of prebloom sprays of tryptophan and zinc on calcium nutrition, yielding and fruit quality of ‘Elstar’ apple trees. *Scientia Horticulturae*, *246*, 212–216.
Wood, G.A. (1972). Russet ring and some associated virus disorders of apple (*Malus sylvestris* (L.) Mill) in New England. *New Zealand Journal Agricultural Research*, *15*, 405–412.

Xiao, Z., Rogiers, S.Y., Sadras, V.O., & Tyerman, S.D. (2018). Hypoxia in grape berries: The role of seed respiration and lenticels on the berry pedicel and the possible link to cell death. *Journal of Experimental Botany, 69*, 2071–2083.

Xu, Y.S., Hou, X.D., Feng, J., Khalil-Ur-Rehman, M., & Tao, J.M. (2019). Transcriptome sequencing analyses reveals mechanisms of eliminated russet by applying GA3 and CPPU on 'Shine Muscat' grape. *Scientia Horticulturae*, *250*, 94–103.

Yeats, T.H., & Rose, J.K. (2013). The formation and function of plant cuticles. *Plant Physiology*, *163*, 5–20.

Yuan, G., Bian, S., Han, X., He, S., Liu, K., Zhang, C., & Cong, P. (2019). An integrated transcriptome and proteome analysis reveals new insights into russeting of bagging and non-bagging "Golden Delicious" apple. *International Journal of Molecular Sciences*, *20*, 4462.

Yuri, J.A., & Castelli, R. (1998). Pear russet control with gibberellins and other products, in cv. Packham's Triumph. *Acta Horticulturae*, *475*, 303–310.

Zhang, J., Zhang, Y.F., Zhang, P.F., Bian, Y.H., Liu, Z.Y., Zhang, C., Liu, X., & Wang, C.L. (2021). An integrated metabolic and transcriptomic analysis reveals the mechanism through which fruit bagging alleviates exocarp semi russeting in pear fruit. *Tree Physiology*, *41*, 1306–1318.