

The Effect of Foliar Application of NAA on Quantitative and Qualitative Properties of 'Red Delicious' Apple (*Malus domestica* L.) Fruit under Climatic Conditions of Zanjan

F. Nekounam^{1*}, A. Salehi¹

1- Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

(*- Corresponding author's Email: Nekounam@znu.ac.ir)

Received: 18 December 2023
Revised: 02 March 2024
Accepted: 13 April 2024
Available Online: 13 April 2024

How to cite this article:

Nekounam, F., & Salehi, A. (2025). The effect of foliar application of NAA on quantitative and qualitative properties of 'Red Delicious' apple (*Malus domestica* L.) fruit under climatic conditions of Zanjan. *Journal of Horticultural Science*, 39(2), 173-186. (In Persian with English abstract).
<https://doi.org/10.22067/jhs.2024.85956.1312>

Introduction

Apple (*Malus domestica* L.) is one of the most popular temperate fruits in the world as well as Iran. One of the challenges in managing apple orchards is excessive fruit formation or excessive fruit drop especially in the pre-harvest stage, which affects the performance and marketable product. Therefore, the control fruit set is required to help regular fruit production. Currently, the application of synthetic auxins as plant growth regulators are successfully practiced and mainly used in various countries, including all aspects of modern apple production to control and manipulate vegetative growth and regulation of flowering, reduce immature fruit drop, fruit maturity, firmness, and manage apple harvest. Among the auxin-type growth regulators, NAA is a synthetic auxin analogue that may down-regulate abscission-related genes and reduce the sensitivity of the abscission zone to ethylene. It has long been used to reduce or totally prevent pre-harvest fruit drops, to preserve fruit flesh firmness, and to prevent starch degradation in apples. Therefore, this experiment was conducted to evaluate the effects of foliar application of NAA at different days after full bloom on controlling fruit drop and enhancing the physical and biochemical attributes of 'Red Delicious' apple fruits. The findings presented here may improve understanding of the impact of this plant growth regulator on apple quality and contribute to developing strategies to reduce postharvest losses.

Materials and Methods

In order to study the effect of NAA on controlling fruit drop, fruit yield and quality, a factorial experiment based on randomized complete blocks design with three replication was conducted under Zanjan climatic conditions during 2023. Ten year-old 'Red Delicious' Standard apple trees grafted on M.9 rootstock were used as plant material. Treatments consisted of different concentration of NAA (15, 30, 50 and 75 mg.L⁻¹) sprayed at different days after full bloom (10, 25 and 40 DAFB). The date of full bloom was 04/22/2023. The fruit growth pattern was based on fruit weight and diameter during DAFB. According to fruit growth pattern, fruit were harvested at physiological maturity stage. Fruit number per replicate, fruit weight, diameter and shape index, fruit firmness, total soluble solids content and taste index were measured. Also, fruit drop percentage, fruit yield as well as fruit efficiency was estimated.

Results and Discussion

Advanced knowledge of apple fruit development from fruitlet to maturity is crucial for optimal prediction of year-to-year yields and fruit quality. Apple fruit growth has been defined as sigmoidal increase in fruit diameter



©2024 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

<https://doi.org/10.22067/jhs.2024.85956.1312>

or fresh weight. Studying two fruit growth patterns based on fruit weight and diameter data showed that fruit weight is a more appropriate indicator for drawing fruit growth patterns, and according to that, the fruits were harvested at the physiological maturity stage. Foliar spray of NAA during different DAFB showed different significant effects on fruit drop and yield efficiency. The highest rate of fruit drop (95.7 % and 85.9 %) was observed with foliar application of NAA at 10 and 25 DAFB, respectively, but its application at 40 DAFB reduced fruit drop by 46.9% compared to the control, and correspondingly the fruit yield increased by 22% compared to the control treatment. The lowest number and weight of fruits per unit shoot cross sectional area was observed in trees treated with different concentrations of NAA at 10 DAFB. The maximum fruit length (72.3 mm), diameter (75.8 mm), weight (180 g) and fruit volume (240 cm³) were obtained with application of 75 mg L⁻¹ NAA at 10 DAFB. The foliar spray of NAA at 10 DAFB significantly increased the fruit density, flash firmness and TSS. But their use in 25 and 40 DAFB had no significant effect on fruit density and flash firmness, and significantly decreased fruit TSS by 23.9% compared to the control trees. Unlike the TSS, the value of fruit titratable acidity showed a significant increase in all three times of naphthalene acetic acid treatment compared to the control, and as a result, the fruit taste index decreased.

Conclusions

The present study concluded that the positive effects of NAA in controlling fruit drop and improving the yield and fruit quality will be different depending on the time of application and the weather conditions of the region under study. According to the results, the application of NAA at 40 DAFB reduced fruit drop and increased fruit yield efficiency.

Keywords: Days after full bloom; Fruit drop; Fruit growth pattern; Fruit yield; Shape index

تأثیر کاربرد برگی نفتالین استیک اسید بر خصوصیات کمی و کیفی میوه سیب (*Malus domestica* L.) رقم 'رد دلشز' در شرایط آب‌وهوایی زنجان

فاطمه نکونام^{۱*}، افسانه صالحی^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۵

چکیده

این پژوهش به منظور مطالعه تأثیر سطوح مختلف نفتالین استیک اسید بر میزان ریزش میوه و شاخص‌های کمی و کیفی میوه سیب (*Malus domestica* L.) رقم 'رد دلشز' در شرایط آب‌وهوایی زنجان، در سال ۱۴۰۲ انجام شد. درختان مورد آزمایش ۱۰ ساله و پیوندی روی پایه‌های رویشی 'M9' بودند. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سطوح مختلف نفتالین استیک اسید (صفر، ۱۵، ۳۰، ۵۰ و ۷۵ میلی گرم در لیتر) و سه زمان محلول‌پاشی (۱۰، ۲۵ و ۴۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها) بودند. بررسی دو الگوی رشد میوه براساس داده‌های وزن و قطر میوه نشان داد که وزن میوه، شاخص مناسب‌تری برای رسم الگوی رشد میوه است و طبق آن میوه‌ها در مرحله بلوغ فیزیولوژیکی برداشت شدند. نتایج نشان داد که سطوح نفتالین استیک اسید تأثیر معنی‌داری بر درصد ریزش میوه و کارایی عملکرد نداشتند، اما زمان محلول‌پاشی اثرات معنی‌دار متفاوتی را نشان داد. بیشترین درصد ریزش میوه (به ترتیب ۹۵/۷ و ۸۵/۹ درصد) با محلول‌پاشی برگی نفتالین استیک اسید، به ترتیب در ۱۰ و ۲۵ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها مشاهده شد، ولی کاربرد آن در ۴۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها باعث کاهش ۴۶/۹ درصد ریزش میوه نسبت به درختان شاهد گردید و متناسب با آن، عملکرد میوه نیز به طور میانگین ۲۲ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. کمترین تعداد و وزن میوه در واحد سطح مقطع شاخه با کاربرد غلظت‌های مختلف نفتالین استیک اسید در ۱۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها مشاهده شد. بیشترین طول (۷۲/۳ میلی‌متر)، قطر (۷۵/۸ میلی‌متر)، وزن (۱۸۰ گرم) و حجم میوه (۲۴۰ سانتی‌متر مکعب) در درختان محلول‌پاشی شده با ۷۵ میلی گرم بر لیتر نفتالین استیک اسید در ۱۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها حاصل شد. کاربرد نفتالین استیک اسید در زمان ۱۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها باعث افزایش معنی‌دار چگالی میوه، سفتی بافت و محتوای مواد جامد محلول میوه شد، اما کاربرد آن‌ها در زمان‌های ۲۵ و ۴۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها تأثیر معنی‌داری بر چگالی و سفتی بافت میوه نداشتند و باعث کاهش ۲۳/۹ درصد محتوای مواد جامد محلول میوه نسبت به شاهد شد. برخلاف مواد جامد محلول، میزان اسیدیته قابل تیتراسیون میوه در هر سه زمان محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید، افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد و در نتیجه شاخص طعم میوه کاهش یافت. در کل می‌توان نتیجه گرفت که اثرات مثبت نفتالین استیک اسید در کنترل ریزش میوه و بهبود عملکرد و کیفیت میوه بسته به زمان مصرف و شرایط آب‌وهوایی منطقه مورد مطالعه متفاوت خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: الگوی رشد میوه، روزها بعد از شکوفایی کامل گل‌ها، ریزش میوه، شاخص شکل، عملکرد میوه

مقدمه

سیب با نام علمی *Malus domestica* L. یکی از مهم‌ترین میوه‌های دانه‌دار در سراسر جهان محسوب می‌شود (Netsawang, et al., 2023). ایران با سطح زیر کشت ۱۳۱ هزار هکتار و تولید

سالانه ۲/۲ میلیون تن سیب، مقام ششم جهانی در تولید سیب را دارا است، اما با این وجود از نظر عملکرد، با متوسط ۱۷ تن در هکتار جایگاه مناسبی در سطح جهان ندارد (FAOSTAT, 2022) و این بیانگر ضرورت توجه بیشتر به بهبود سیستم‌های مدیریتی باغات در راستای افزایش تولید و عملکرد میوه است. برای افزایش تولید محصول با کیفیت و یکنواخت، باید درصد تشکیل میوه کنترل شود و یکی از چالش‌ها در مدیریت باغات سیب، تشکیل میوه زیاد و یا ریزش زیاد میوه به‌خصوص در مرحله قبل از برداشت است که

۱- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
(Email: Nekounam@znu.ac.ir)
* - نویسنده مسئول:
<https://doi.org/10.22067/jhs.2024.85956.1312>

عملکرد و بازارپسندی محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی یک راهکار مناسب برای افزایش عملکرد در محصولات باغبانی است. تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی نقش مهمی در تشکیل و نمو گل، تشکیل و رشد میوه، انتقال مواد فتوسنتزی به میوه‌های در حال توسعه ایفا می‌کنند (Cortens & Cline, 2020). پیشنهاد شده است که تعادل بین محرک‌ها و بازدارنده‌های رشد گیاه، ریزش و رسیدن میوه را کنترل می‌کند.

اکسین نقش بسیار مهمی در کنترل ریزش میوه دارد. نشان داده شده است که استفاده از اکسین‌های مصنوعی باعث کاهش ریزش میوه قبل از برداشت سبب می‌شود (Cortens & Cline, 2020). در حال حاضر، کاربرد اکسین‌های مصنوعی یا بازدارنده‌های اتیلن به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه با موفقیت انجام می‌شود و عمدتاً در کشورهای مختلف، جنبه‌های تولید مدرن سبب برای کنترل و دستکاری رشد رویشی و تنظیم گل‌دهی، کاهش ریزش میوه نابالغ (ریزش قبل از برداشت)، سفتی و مدیریت برداشت سبب استفاده می‌شود. این ترکیبات همچنین می‌توانند کیفیت و رشد میوه را بهبود بخشند و در عین حال با ایجاد تأخیر در رسیدن، به بهبود عمر پس از برداشت و کیفیت نهایی میوه برای بازارپسندی بهتر کمک کنند (Abdel-Sattar et al., 2023). محلول‌پاشی نفتالین استیک‌اسید (NAA) در مرحله ریزش خرداد ماه میوه، تناوب‌باردهی را کاهش داده و اندازه و کیفیت میوه را در گونه‌های مختلف و ارقام متفاوت درختان میوه بهبود می‌بخشد (Singh & Chahil, 2020). کاربرد NAA در مرحله ریزش خرداد در نارنگی 'ماندارین' ارقام 'کینو' و 'ویلکینگ'، رشد میوه، درصد تنک‌کنندگی میوه، قند میوه، وزن، حجم، قطر و طول میوه را افزایش داد. این تنک‌کننده شیمیایی به‌طور معنی‌داری اندازه میوه را با افزایش نسبت برگ به میوه بهبود داد (Singh & Chahil, 2020). کاربرد ۳۵۰ میلی‌گرم در لیتر NAA، مقدار محصول را در نارنگی 'ماندارین' رقم 'کینو' ناشی از تنک میوه‌چه‌ها کاهش داد، اما متعاقب آن رشد رویشی، قدرت درخت، اندازه و کیفیت میوه را افزایش داد (Safaei-Nejad et al., 2015). کاربرد برگی ۵۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر NAA در اواسط خرداد ماه، باعث کاهش ۹۰ درصدی ریزش جوانه‌های گل و کاهش سال‌آوری در پسته شد (Kumar et al., 2021). حاجی‌لو و همکاران (Hajilou et al., 2016) گزارش نمودند که محلول‌پاشی برگی نفتالین استیک‌اسید در دو رقم هلو در غلظت‌های ۲۰ تا ۶۰ میلی‌گرم در لیتر حدود ۱۴ روز بعد از شکوفایی گل‌ها تأثیر معنی‌داری بر تنک میوه و بهبود خصوصیات کیفی میوه داشت.

یکی از نقاط ضعف NAA، اثر منفی آن بر رشد میوه است، زیرا کاربرد آن ممکن است باعث افزایش اندازه میوه نشود، حتی اگر

واکنش تنک شدن رخ داده و بار محصول به‌طور قابل توجهی کاهش یابد (Stopar & Lokar, 2003). برخی گزارش‌ها نشان می‌دهد که غلظت‌های بالاتر یا کاربردهای دیر هنگام NAA باعث کاهش اندازه میوه می‌شود (Bound, 2001). استوپار و همکاران (Stopar et al., 2007) نشان دادند کاربرد نفتالین استیک‌اسید در سیب گلاباً با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر در مرحله ۱۰ میلی‌متری قطر میوه باعث افزایش اندازه میوه شد بدون اینکه تأثیر چشمگیری بر تنک میوه‌ها داشته باشد.

تنظیم‌کننده رشد نفتالین‌استیک‌اسید مانند سایر تنظیم‌کننده‌های رشد بسته به خصوصیات ژنتیکی گونه و رقم، شرایط آب‌وهوایی منطقه و فصل، وضعیت نیتروژن گیاه و دیگر عوامل در غلظت‌ها و زمان‌های خاص می‌تواند بهترین تأثیر را داشته باشد و در صورت نامناسب بودن غلظت کاربردی ممکن است اثرات نامطلوبی بر شرایط رشدی، باردهی درخت و خصوصیات کمی و کیفی میوه داشته باشد (Cortens & Cline, 2020). بنابراین لازم است بسته به اطلاعات موجود در مورد غلظت و زمان کاربرد این تنظیم‌کننده رشد گیاهی در هر گونه گیاهی، بهترین غلظت و زمان کاربرد در شرایط محیطی، گونه و رقم مورد نظر تعیین شود. بدین منظور، این پژوهش با هدف بررسی اثرات محلول‌پاشی سطوح مختلف نفتالین استیک‌اسید در زمان‌های مختلف رشد میوه بر عملکرد درخت، اندازه و کیفیت میوه سبب رقم ردلشز در شرایط آب‌وهوایی زنجان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۴۰۲ در باغ سبب دانشگاه زنجان روی رقم تجاری سبب 'رد دلشز' انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و یک درخت در هر تکرار به اجرا در آمد. عامل اول شامل غلظت‌های مختلف نفتالین استیک‌اسید (شرکت مرک آلمان) در پنج سطح (صفر، ۱۵، ۳۰، ۵۰ و ۷۵ میلی‌گرم در لیتر) و عامل دوم زمان محلول‌پاشی در سه سطح (۱۰، ۲۵ و ۴۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها) بود. زمان شکوفایی کامل گل‌ها دوم اردیبهشت ماه بود. باغ سبب مورد مطالعه در منطقه‌ای با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۹ دقیقه غربی و با ارتفاع ۱۶۵۹/۴ متر از سطح دریا قرار دارد. داده‌های هواشناسی سال جاری ثبت‌شده در ایستگاه هواشناسی دانشگاه زنجان و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش به‌ترتیب در جداول ۱ و ۲ آورده شده است. درختان مورد آزمایش ۱۰ ساله پیوندی روی پایه‌های رویشی 'M9' با فاصله کشت ۴×۳ بودند. مدیریت باغ از نظر آبیاری، نحوه کوددهی و هرس برای تمامی درختان یکسان بود.

جدول ۱- میانگین مشخصه‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک دانشگاه زنجان در دوره رشد (۱۴۰۲)

Table 1- Average climatic parameters of Zanjan Synoptic station during the growth season (2023)

دمای حداکثر سالیانه Maximum temperature (°C)	میانگین دمای حداقل سالیانه Minimum temperature (°C)	میانگین دمای سالیانه Temperature (°C)	میانگین رطوبت نسبی Average relative humidity (%)	بارندگی Rainfall (mm)
20.5	5.9	13.2	50.8	220.3

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 2. Physical and chemical properties on the site of experimental field.

بافت Texture	ظرفیت زراعی FC (%)	مواد آلی Organic matter (%)	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH	کلسیم کربنات CaCO ₃ (%)	فسفر P (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم K (mg.kg ⁻¹)	نیترژن N (%)
لوم رس و ماسه‌دار Sandy clay loam	13	1.14	1.32	8.07	27.5	15	145	0.07

صفات مورد ارزیابی

درصد ریزش میوه و کارایی عملکرد

برای تعیین درصد ریزش میوه‌ها، از هر واحد آزمایشی سه شاخه با قطر، اندازه و قدرت رشدی یکسان انتخاب شد و تعداد میوه‌ها در هر شاخه قبل از محلول‌پاشی، سه هفته بعد از آن و در زمان برداشت شمارش شدند و با استفاده از معادله (۱) درصد ریزش میوه محاسبه شد. همچنین کارایی عملکرد براساس شاخص‌های وزن میوه و تعداد میوه در سطح مقطع شاخه (معادله ۲) محاسبه شدند.

$$(۱) \quad \text{درصد ریزش میوه} = \frac{\text{تعداد میوه ریزش یافته}}{\text{تعداد میوه شمارش شده}} \times ۱۰۰$$

$$(۲) \quad \text{کارایی عملکرد} = \frac{\text{وزن میوه یا تعداد میوه در شاخه}}{\text{سطح مقطع شاخه}}$$

طول، قطر و شکل میوه

میوه‌ها براساس منحنی رشد میوه در مرحله رسیدن فیزیولوژیکی میوه (۱۳۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها) برداشت شدند. برای رسم منحنی رشد میوه، سه درخت سیب رقم رد دلشیز با ویژگی‌های ریخت‌شناختی مشابه درختان تیمار شده انتخاب شد. از زمان تشکیل میوه، ۱۲ میوه از چهار جهت جغرافیایی و از یک ارتفاع مشخص و از شاه‌گل با فاصله هفت روز در طول فصل رشد برداشت شده و با اندازه‌گیری وزن و قطر میوه‌ها منحنی رشد میوه رسم گردید (Zadravec et al., 2014) (شکل ۱). ۱۰ میوه از هر واحد آزمایشی به‌صورت تصادفی برداشت شد و سپس نمونه‌ها برای اندازه‌گیری صفات کمی و کیفی به آزمایشگاه انتقال داده شدند. طول و قطر میوه‌ها با استفاده از دستگاه کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر (۱۰ میوه از هر تکرار) اندازه‌گیری شد. شاخص شکل میوه نیز

براساس معادله (۳)، به‌صورت نسبت طول میوه بر قطر میوه محاسبه شد:

$$(۳) \quad \text{شاخص شکل میوه} = \frac{\text{طول میوه}}{\text{قطر میوه}}$$

وزن، حجم، چگالی و سفتی بافت میوه

وزن میوه با استفاده از ترازوی حساس با دقت ۰/۰۱ و حجم میوه به‌روش غوطه‌ورسازی در آب (۱۰ میوه در هر تکرار) تعیین شد. همچنین با استفاده از این دو صفت و طبق معادله (۵) چگالی میوه‌ها نیز محاسبه شد.

$$(۴) \quad \text{چگالی میوه} = \frac{\text{جرم میوه}}{\text{حجم میوه}}$$

آزمون سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه سفتی‌سنج با پروب هشت میلی‌متری، بر روی پنج میوه در هر تکرار از دو سمت مقابل هم و بعد از برداشتن پوست انجام گرفت. سفتی بافت براساس بیشترین نیروی لازم برای نفوذ میله (تا محل مشخص‌شده) در میوه بر حسب نیوتن بیان شد.

مواد جامد محلول کل (TSS)، میزان اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) و شاخص طعم میوه

برای اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون میوه از روش تیتراسیون با سدیم هیدروکسید (سود) ۰/۱ نرمال استفاده شد و با استفاده از معادله (۵)، اسیدیته قابل تیتراسیون محاسبه شد. مواد جامد محلول کل میوه توسط دستگاه رفاکتومتر دیجیتالی اندازه‌گیری و به‌صورت درجه بریکس بیان شد. در نهایت شاخص طعم میوه با استفاده از معادله (۶) محاسبه شد.

$$(۵) \quad \text{اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)} = \frac{\text{نرمالیت سود} \times \text{آلی و آلان اسید مالیک} \times \text{حجم سود مصرفی}}{(\text{حجم آب میوه خالص} \times 1000) \times 100}$$

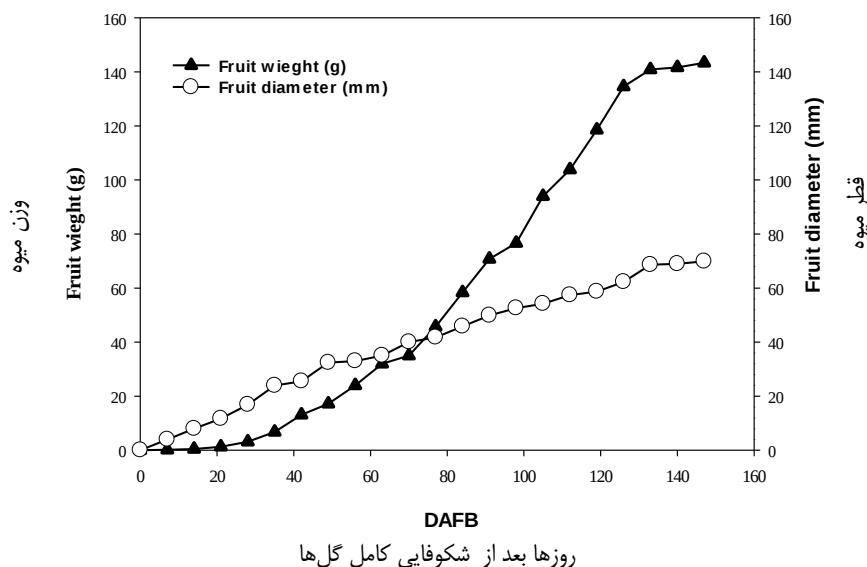
$$(۶) \quad \text{میزان اسیدینه قابل تیتراسیون میوه} = \frac{\text{مجموع مواد جامد محلول}}{\text{شاخص طعم میوه}}$$

در نهایت، آنالیز داده‌ها توسط نرم‌افزار آماری SAS 9.3، مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن و رسم نمودارها به کمک نرم‌افزار Sigma plot 12.0 انجام گرفت.

نتایج و بحث

الگوی رشد میوه

براساس نتایج حاصل از برازش الگوی رشد میوه با استفاده از داده‌های هفتگی وزن و قطر میوه (شکل ۱) الگوی سیگموئید ساده رشد میوه سیب رقم رد دلشیز به خوبی قابل مشاهده است. منحنی سیگموئید ساده از دو مرحله اصلی رشدی تشکیل شده است که در نمودار حاصل از تغییرات وزن میوه به خوبی قابل مشاهده است. مرحله اول رشد میوه که تا حدود ۴۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها است،



شکل ۱- الگوی رشد میوه سیب رقم رد دلشیز براساس وزن و قطر میوه در طول روزهای بعد از شکوفایی کامل گل‌ها

Figure 1- The fruit growth pattern of apple cv. 'Red delicious' based on the fruit weight and diameter over days after full bloom (DAFB)

اسید، به ترتیب در ۱۰ و ۲۵ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها به دست آمد. به عبارتی، کاربرد نفتالین استیک اسید در مرحله اول (۱۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها) باعث افزایش ۱۸/۹ درصدی و در مرحله دوم (۲۵ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها) باعث افزایش ۹/۳ درصدی ریزش میوه نسبت به شاهد شد. ولی کاربرد آن، ۴۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها باعث کاهش ۴۶/۹ درصدی ریزش میوه نسبت به شاهد شد (شکل ۲). نتایج به دست آمده در این پژوهش با یافته‌های سایر محققان در این زمینه هم‌خوانی دارد (Safaei-Nejad et al.,

تأثیر نفتالین استیک اسید بر درصد ریزش میوه و کارایی عملکرد

براساس نتایج حاصل (شکل ۲)، محلول‌پاشی برگ‌ی غلظت‌های مختلف نفتالین استیک اسید تأثیر معنی‌داری بر درصد ریزش میوه و کارایی عملکرد نداشتند، ولی کاربرد نفتالین استیک اسید در زمان‌های مختلف بعد از شکوفایی کامل گل‌ها، اثرات معنی‌دار متفاوتی را نشان دادند. براساس نتایج مقایسه میانگین، بیشترین درصد ریزش میوه (۹۵/۷ درصد و ۸۵/۹ درصد) با محلول‌پاشی برگ‌ی نفتالین استیک

کربوهیدرات کافی نیز در گیاه وجود ندارد، اما بعد از پایان تقسیم سلولی و در مراحل نهایی رشد میوه، ماده‌سازی بیشتر شده و عرضه کافی مواد غذایی به میوه‌ها صورت می‌گیرد و تأثیر تنک‌کننده‌ها کمتر می‌شود (Robinson et al., 2013).

متناسب با تغییرات ریزش میوه، کارایی عملکرد نیز تحت تأثیر قرار گرفت. کمترین تعداد و وزن میوه در واحد سطح مقطع شاخه با اعمال غلظت‌های مختلف نفتالین استیک اسید در ۱۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها حاصل شد (کاهش متوسط ۸۷/۵ درصدی عملکرد نسبت به شاهد) و بعد از آن کاهش ۵۹/۶ درصدی عملکرد با محلول پاشی غلظت‌های مختلف تنظیم‌کننده رشد مذکور، ۲۵ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها مشاهده شد. همان‌طور که بیان شد، کاربرد نفتالین استیک اسید، ۴۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها باعث کاهش معنی‌دار ریزش میوه شد و متناسب با آن عملکرد میوه نیز به‌طور میانگین ۲۲ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت، اما بین غلظت‌های مختلف و شاهد تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۲-B-C).

تأثیر نفتالین استیک اسید بر طول، قطر و شاخص شکل میوه

براساس نتایج حاصل (شکل ۳)، محلول پاشی غلظت‌های مختلف نفتالین استیک اسید در زمان‌های مختلف تأثیر معنی‌داری بر طول و قطر میوه داشت. با توجه به نتایج در زمان محلول پاشی ۱۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها، با افزایش غلظت نفتالین استیک اسید، طول و قطر میوه‌ها نیز افزایش یافت، به‌طوری‌که میوه‌های تیمار شده با غلظت ۷۵ میلی گرم در لیتر نفتالین استیک اسید بیشترین طول (۷۲/۳ میلی متر) و قطر (۷۵/۸ میلی متر) را در مقایسه با شاهد (۵۹/۸ میلی متر طول و ۶۳/۴ میلی متر قطر) داشتند. با محلول پاشی در مرحله دوم (۲۵ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها) طول و قطر میوه افزایش یافت، اما بین غلظت‌های مختلف تنظیم‌کننده رشد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. کاربرد برگی ۱۵ و ۳۰ میلی گرم بر لیتر نفتالین استیک اسید در ۴۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها تأثیر معنی‌داری بر افزایش طول (به ترتیب ۱۶/۵ و ۱۳/۸ درصد نسبت به شاهد) و قطر میوه (به ترتیب ۹/۶ و ۷/۸ درصد نسبت به شاهد) داشت، اما کاربرد نفتالین استیک اسید در غلظت‌های بالاتر (۵۰ و ۷۵ میلی گرم بر لیتر) تأثیر مثبتی بر طول و قطر میوه نشان نداد (شکل ۳-A و B).

کاربرد غلظت‌های مختلف نفتالین استیک اسید تأثیر معنی‌داری بر شکل میوه نشان نداشت، اما اثر زمان محلول پاشی بر شاخص شکل میوه معنی‌دار شد. براساس نتایج مقایسه میانگین مشاهده شد که کاربرد برگی نفتالین استیک اسید در مرحله ۱۰ روز بعد از شکوفایی کامل باعث کاهش شاخص شکل میوه و پخ شدن نسبی

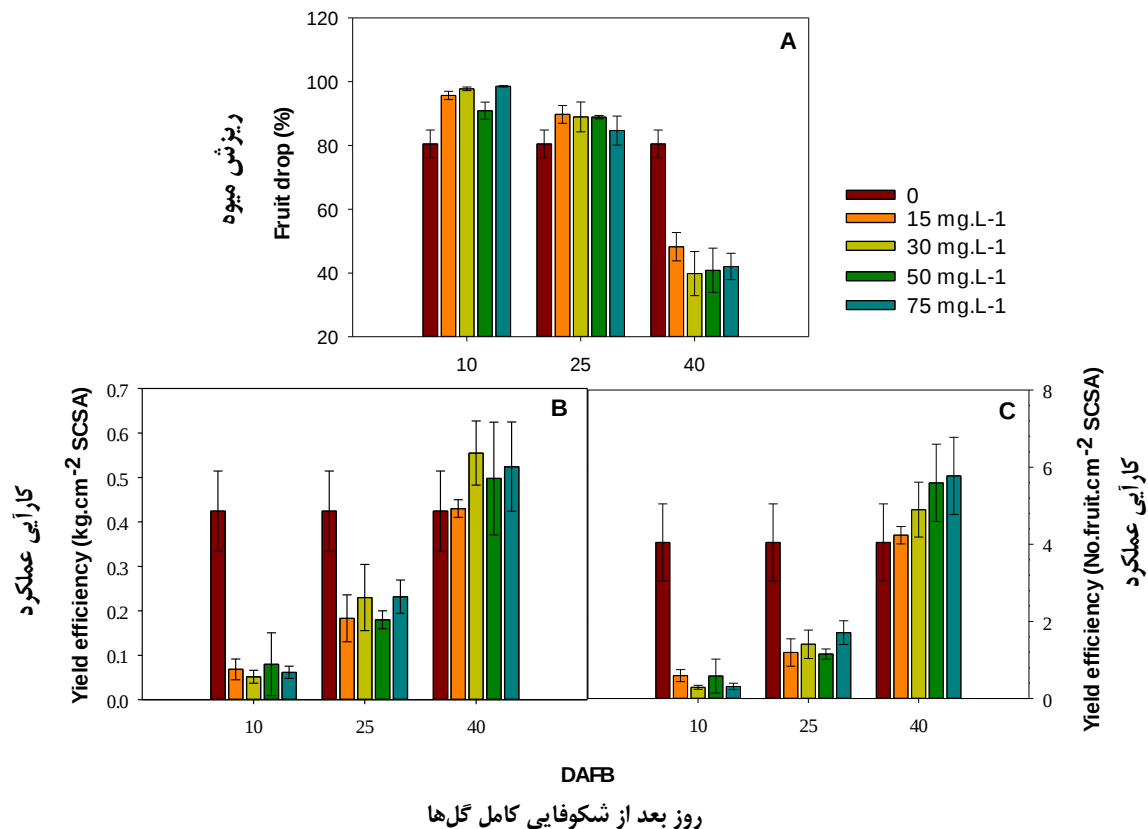
2015; Hajilou et al., 2016; Netsawang et al., 2023; Singh & Chahil, 2020) که گزارش کردند کاربرد تنک‌کننده نفتالین استیک اسید در مراحل اولیه بعد از تشکیل میوه، درصد ریزش میوه را افزایش داد و با کاربرد تنظیم‌کننده رشد در غلظت بالا، درصد ریزش میوه نیز افزایش یافت.

روبینسون و همکاران (Robinson et al., 2019) با مطالعه اثر زمان تنک شیمیایی بر درصد ریزش میوه در سیب گالا به مدت هشت سال بیان داشتند که میوه‌چه‌های سیب در مرحله ریزش گلبرگ حساسیت بسیار کمی به تنک‌کننده‌ها داشتند، میوه‌چه‌های با قطر ۸ الی ۱۲ میلی متر بیشترین حساسیت را به تنک‌کننده‌ها داشته و این حساسیت به‌مرور با افزایش اندازه میوه کاهش یافت، به‌طوری‌که با رسیدن میوه به قطر ۲۵ میلی متر این حساسیت به‌طور کامل از بین رفت. این مشاهدات با یافته‌های پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد، به‌طوری‌که براساس منحنی رشد میوه (شکل ۱)، میوه‌چه‌ها در مرحله اول محلول پاشی (۱۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها) با قطر ۸ الی ۱۰ میلی متر بیشترین حساسیت را به تنک‌کننده‌ها داشتند و در مرحله دوم (۲۵ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها) محلول پاشی بر روی میوه‌های با قطر ۱۴ تا ۱۶ میلی متر، اثر تنک‌کنندگی نسبت به مرحله اول کاهش یافت، اما باز هم درصد ریزش معنی‌داری نسبت به شاهد داشتند؛ در مرحله سوم محلول پاشی (۴۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها) قطر میوه‌ها بین ۲۴ تا ۲۶ میلی متر بود و هیچ تأثیر تنک‌کنندگی از نفتالین استیک اسید مشاهده نشد و برعکس ریزش میوه نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. کاهش معنی‌دار ریزش میوه حاصل از کاربرد سطوح مختلف نفتالین استیک اسید در مرحله سوم می‌تواند ناشی از تأثیر مثبت نفتالین استیک اسید در کاهش ریزش نامطلوب پیش از برداشت میوه باشد.

در باغ سیب مورد مطالعه، ریزش پیش از برداشت زیاد باعث کاهش عملکرد در واحد سطح مقطع شاخه شد، اما محلول پاشی دیر هنگام نفتالین استیک اسید باعث کاهش این مشکل فیزیولوژیکی شد که با یافته‌های کورتز و کلین (Cortens & Cline, 2020) و رحمان و همکاران (Rehman et al., 2017) هم‌خوانی دارد و این به نقش دوگانه نفتالین استیک اسید مربوط می‌شود، به‌طوری‌که بسته به مرحله کاربرد، نفتالین استیک اسید می‌تواند باعث کاهش یا افزایش ریزش میوه شود. این تفاوت تأثیر در خاصیت تنک‌کنندگی مربوط به تنشی است که این تنک‌کننده در مراحل اولیه رشد میوه ایجاد نموده و باعث ریزش میوه‌چه‌های ضعیف‌تر می‌شود. هر چه محتوای کربوهیدرات در دسترس گیاه کمتر باشد و تعادل مناسب عرضه و تقاضا وجود نداشته باشد، تنک‌کننده‌ها تنش بیشتری بر گیاه وارد نموده و ریزش میوه بیشتر می‌شود. مرحله اول رشد میوه، مرحله تقسیم سلولی است. در این مرحله، میوه‌چه‌ها بسیار حساس هستند و

شکل میوه‌ها شد، به‌طوری‌که باعث تشکیل میوه‌های بزرگ‌تر و پخ‌تری شد، اما نفتالین استیک اسید در دو مرحله دیگر (۲۵ و ۴۰ روز بعد از شکوفایی کامل) باعث افزایش کشیدگی میوه شد (شکل ۳- C و شکل ۴). نتایج به‌دست‌آمده گویای عملکرد متناقض نفتالین استیک اسید است که با نتایج مطالعات پیشین در این زمینه هم‌خوانی دارد، که گزارش کردند نفتالین استیک اسید با وجود خاصیت تنک‌کنندگی تأثیری در افزایش اندازه میوه نداشت (Stopar & Lokar, 2003) یا بدون تأثیر بر تنک، اندازه میوه‌ها را افزایش داده است (Stopar et al., 2007). حتی در تعدادی از مطالعات به مشکل کوتولگی میوه در سیب رقم رد دلشیز در اثر کاربرد برگ‌ی تنک‌کننده نفتالین استیک اسید اشاره شده است (Robinson et al., 2013; Robinson et al., 2019). با این وجود، طبق نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش و یافته‌های سایر محققان مشخص می‌شود که زمان اعمال تیمار و شرایط آب‌وهوایی در هر مرحله محلول‌پاشی عامل مهمی است که بر نحوه تأثیر این ترکیب تنک‌کننده مؤثر خواهد بود.

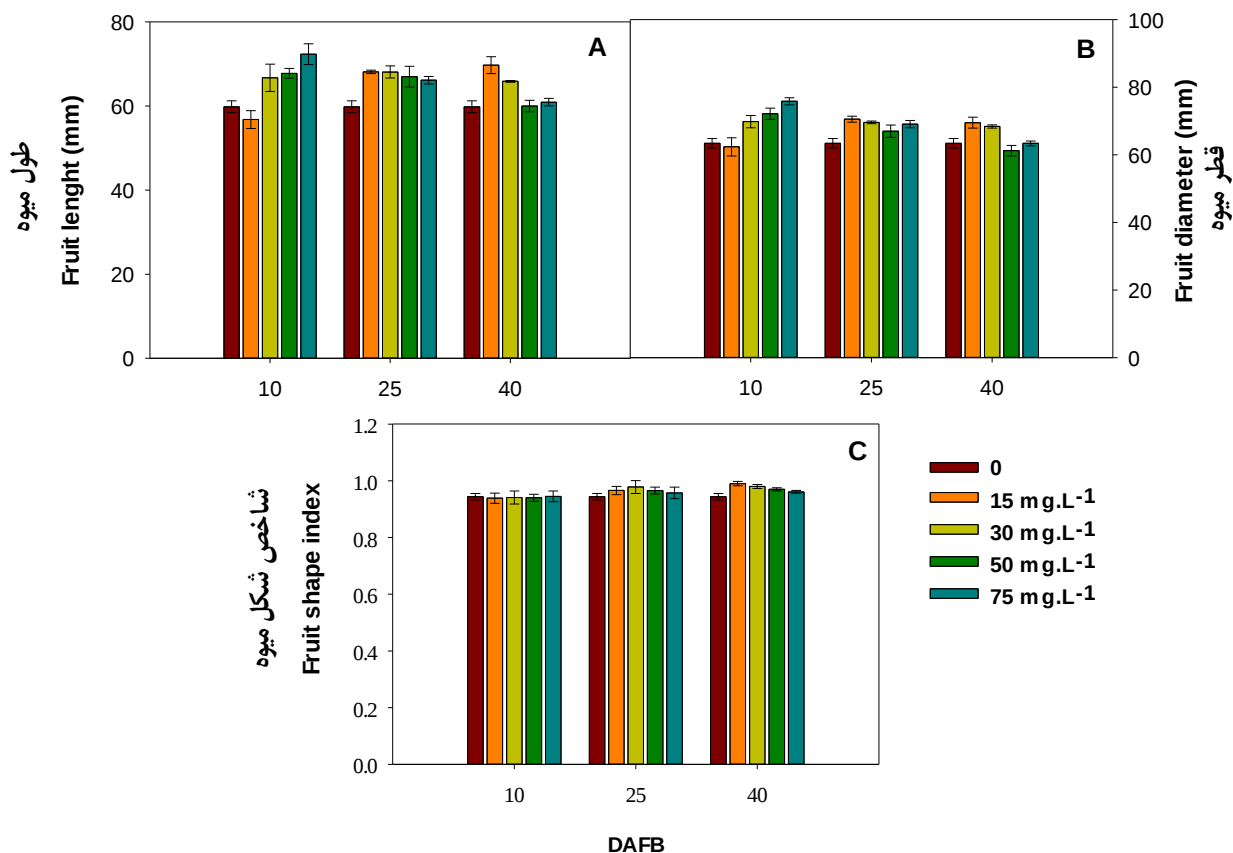
شکل میوه‌ها شد، به‌طوری‌که باعث تشکیل میوه‌های بزرگ‌تر و پخ‌تری شد، اما نفتالین استیک اسید در دو مرحله دیگر (۲۵ و ۴۰ روز بعد از شکوفایی کامل) باعث افزایش کشیدگی میوه شد (شکل ۳- C و شکل ۴). نتایج به‌دست‌آمده گویای عملکرد متناقض نفتالین استیک اسید است که با نتایج مطالعات پیشین در این زمینه هم‌خوانی دارد، که گزارش کردند نفتالین استیک اسید با وجود خاصیت تنک‌کنندگی تأثیری در افزایش اندازه میوه نداشت (Stopar & Lokar, 2003) یا بدون تأثیر بر تنک، اندازه میوه‌ها را افزایش داده است (Stopar et al., 2007).



شکل ۲- تأثیر محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید در روزهای مختلف بعد از شکوفایی کامل گل‌ها بر درصد ریزش میوه (A)، کارایی عملکرد

براساس وزن میوه در سطح مقطع شاخه (B) و کارایی عملکرد براساس تعداد میوه در سطح مقطع شاخه (C) سیب رقم رد دلشیز

Figure 2- The effects of NAA foliar spray at different days after full bloom (DAFB) on fruit drop (A), yield efficiency based on the fruit number in shoot cross sectional area (SCSA) (B), and yield efficiency based on the fruits weight in the trunk cross sectional area (C) of apple cv. 'Red Delicious'. Values are means with standard errors (n = 3)



روزها بعد از شکوفایی کامل گل‌ها

شکل ۳- تأثیر محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید در روزهای مختلف بعد از شکوفایی کامل گل‌ها بر طول (A)، قطر (B) و شاخص شکل میوه (C) سیب رقم 'رِد دلیشز'

Figure 3- The effects of NAA foliar spray at different days after full bloom (DAFB) on the length (A), diameter (B), and fruit shape index (C) of apple cv. 'Red Delicious'. Values are means with standard errors (n = 3)



شکل ۴- تأثیر محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید در روزهای مختلف بعد از شکوفایی کامل گل‌ها بر شکل میوه سیب رقم 'رِد دلیشز'

Figure 4- The effects of NAA foliar spray at different days after full bloom (DAFB) on the fruit shape of apple cv. 'Red Delicious'

وزن، حجم، چگالی و سفتی بافت میوه

اثر ساده و متقابل غلظت‌ها و زمان‌های مختلف اعمال نفتالین استیک اسید بر وزن و حجم میوه معنی‌دار شد. براساس نتایج مقایسه میانگین مشاهده شد که در زمان ۱۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها، با افزایش غلظت نفتالین استیک اسید، وزن و حجم میوه‌ها افزایش قابل توجهی یافت، به‌طوری‌که بیشترین وزن (۱۸۰ گرم) و حجم میوه (۲۴۰ سانتی‌مترمکعب) در غلظت ۷۵ میلی‌گرم بر لیتر نفتالین استیک-اسید نسبت به شاهد (۱۱۰/۸ گرم وزن و ۲۴۰ سانتی‌مترمکعب حجم) مشاهده شد. در مرحله دوم (۲۵ روز بعد از شکوفایی کامل) نیز تیمارها باعث افزایش وزن و حجم میوه شدند، اما بین غلظت‌های مختلف تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (به‌طور متوسط افزایش ۲۹ درصدی در وزن میوه و ۱۸/۳ درصدی در حجم میوه نسبت به شاهد)، اما کاربرد برگی نفتالین استیک اسید در مرحله سوم (۴۰ روز بعد از شکوفایی کامل) تأثیر معنی‌داری بر وزن و حجم میوه نداشت (شکل ۵- A و B).

براساس نتایج مقایسه میانگین مشاهده شد که تیمار نفتالین استیک اسید در مرحله اول (۱۰ روز بعد از شکوفایی کامل) باعث افزایش معنی‌دار چگالی میوه شد. در مرحله دوم (۲۵ روز بعد از شکوفایی کامل) نیز میوه‌های تیمار شده نسبت به شاهد چگالی نسبتاً بیشتری داشتند، اما تیمارها در مرحله سوم (۴۰ روز بعد از شکوفایی کامل) تأثیر معنی‌داری بر چگالی میوه نداشتند (شکل ۵- C). همین‌طور نتایج مقایسه میانگین حاصل از سفتی بافت میوه نشان داد که کاربرد برگی غلظت‌های مختلف نفتالین استیک اسید، ۱۰ روز بعد از شکوفایی کامل باعث بیشترین افزایش در سفتی بافت میوه نسبت به شاهد شدند، اما تیمارهای اعمال شده در زمان‌های ۲۵ و ۴۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها تأثیر معنی‌داری بر سفتی بافت میوه نداشتند (شکل ۵- D).

اندازه‌گیری مؤلفه‌های کیفی میوه در زمان برداشت توسط استوپار و همکاران (Stopar et al., 2007) نشان داد که سیب‌های تنک شده به‌صورت دستی یا با نفتالین استیک اسید به‌طور قابل توجهی سفت‌تر از نمونه‌های شاهد بودند. در همین راستا، استوپار و همکاران (Stopar & Lokar, 2003) دریافتند که میوه‌های سیب رقم 'جاناگلد' روی پایه 'M9' با محصول کمتر نسبت به درختان با محصول بیشتر، دارای میوه‌های با بافت سفت‌تری بودند، به عبارتی با کاهش تعداد میوه و افزایش نسبت برگ به میوه، به‌خصوص در مراحل اولیه تشکیل میوه، تعداد سلول بیشتری در میوه‌های باقی‌مانده تشکیل شده و چگالی و سفتی بافت میوه افزایش می‌یابد. با توجه به نتایج، همبستگی مثبتی بین چگالی میوه و سفتی بافت میوه وجود داشت (شکل ۵- C و D)، که نتایج تأکید دارند محلول‌پاشی نفتالین

استیک اسید در مراحل اولیه رشد میوه با تأثیر بر فرآیند تقسیم سلولی و افزایش تعداد سلول‌ها در میوه منجر به افزایش چگالی میوه و در نتیجه بهبود سفتی بافت میوه شده است. البته در مرحله دوم (۲۵ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها) با وجود افزایش چگالی میوه، افزایش معنی‌داری در سفتی بافت میوه مشاهده نشد که دلیل احتمالی این مسئله در ادامه مطالعه ذکر خواهد شد.

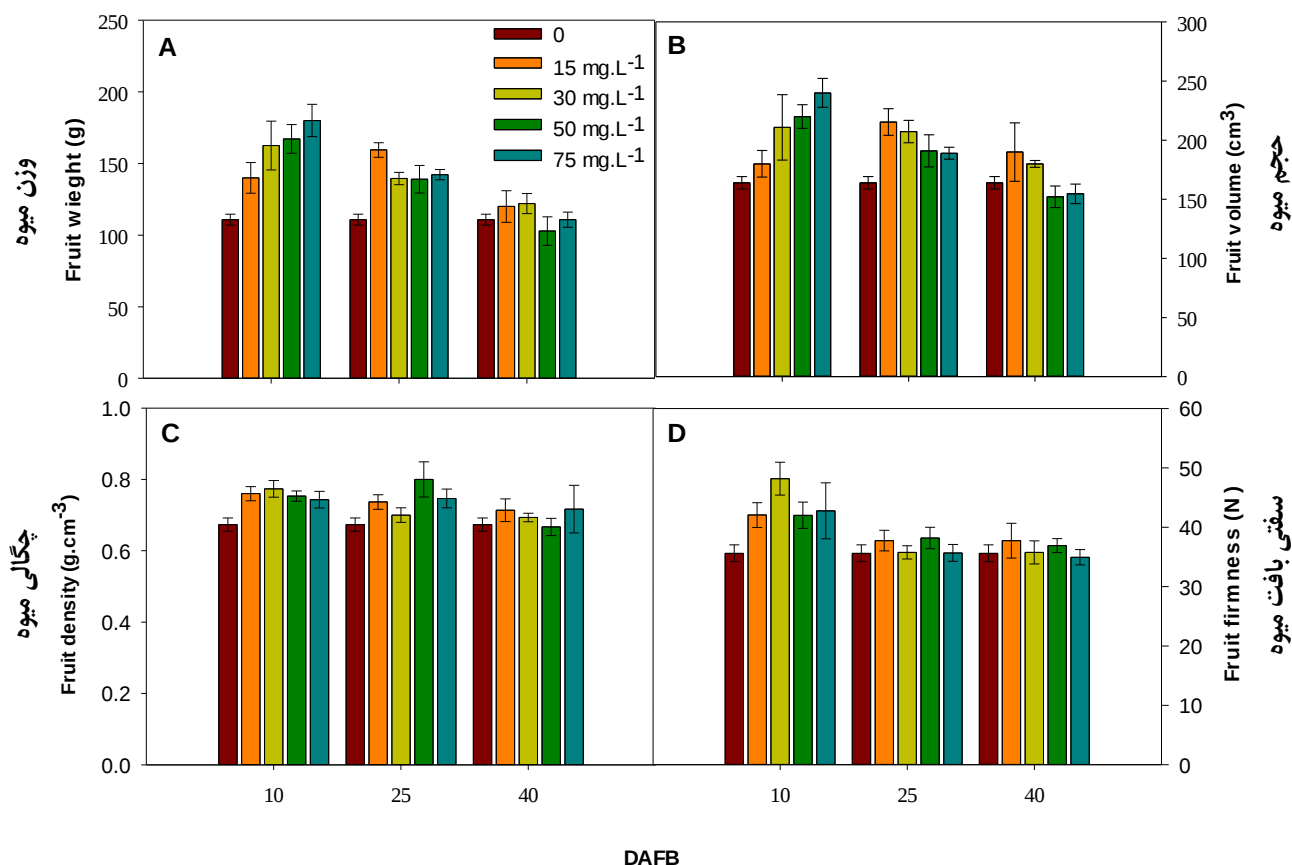
محتوای مواد جامد محلول کل، اسیدیته قابل تیتراسیون و شاخص طعم میوه

اثر ساده زمان محلول‌پاشی و اثر متقابل زمان و غلظت نفتالین استیک اسید بر درصد مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون و شاخص طعم میوه تأثیر معنی‌داری داشتند (شکل ۶). کاربرد سطوح مختلف نفتالین استیک اسید در مرحله اول (۱۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها)، محتوای مواد جامد محلول میوه را ۲۱/۶ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. در مرحله دوم (۲۵ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها) محتوای مواد جامد محلول تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت، اما در مرحله سوم (۴۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها)، کاربرد نفتالین استیک اسید به‌طور متوسط باعث کاهش ۲۳/۹ درصدی مواد جامد محلول کل نسبت به شاهد شد (شکل ۶- A). برخلاف مواد جامد محلول، محتوای اسیدیته قابل تیتراسیون در هر سه مرحله اعمال غلظت‌های مختلف نفتالین استیک اسید افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد (شکل ۶- B).

براساس نتایج مشاهده شد که محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف نفتالین استیک اسید در هر سه زمان، نسبت قند به اسید میوه را در مقایسه با شاهد به‌طور قابل توجهی کاهش دادند (شکل ۶- C). افزایش محتوای مواد جامد محلول و اسیدهای محلول در مرحله اول (۱۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها) رابطه مشخصی با کاهش تعداد میوه‌ها و افزایش نسبت برگ به میوه دارد، به‌طوری‌که مواد فتوسنتزی بیشتری در اختیار میوه‌ها قرار می‌گیرد که با یافته‌های سایر محققان همخوانی دارد (Singh & Chahil, 2020). تنک میوه باعث افزایش مواد جامد محلول در آلبالو (*Prunus cerasus*) (Davarynejad et al., 2008)، هلو (*Prunus Persica*) (Njoroge & Reighard, 2008) و سیب (Meland, 2009) شد. در ۲۵ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها با وجود اینکه که تنک قابل توجه میوه نسبت به شاهد صورت گرفته بود، اما محتوای مواد جامد محلول افزایشی نسبت به شاهد نداشت. می‌توان این تفاوت عملکردی نفتالین استیک اسید را به شرایط دمایی و محیطی در زمان اعمال تیمار نسبت داد. چه بسا که گرمای نسبی هوا (به‌خصوص شب‌های گرم) باعث افزایش شدت تنفس و کاهش تجمع مواد قندی در درختان سیب تیمار شده با نفتالین

دست‌آمده کاهش محتوای مواد جامد محلول در مرحله سوم (۴۰ روز بعد از شکوفایی کامل) می‌تواند به افزایش درصد تشکیل میوه نسبت به شاهد در درختان تیمار شده نسبت داده شود. یکی از نقش‌های مهم تنظیم‌کننده رشد نفتالین استیک اسید، افزایش سفتی و تراکم بافت میوه و کاهش شدت تنفس و تأخیر در رسیدن و پیری گیاه است (Singh & Chahil, 2020). کاهش نسبت قند به اسید در هر سه مرحله محلول‌پاشی حاکی از تأثیر این ماده به‌عنوان یک ترکیب اکسینی در به تأخیر انداختن زمان رسیدن میوه است (Safaei-Nejad et al., 2015; Ramos et al., 2019).

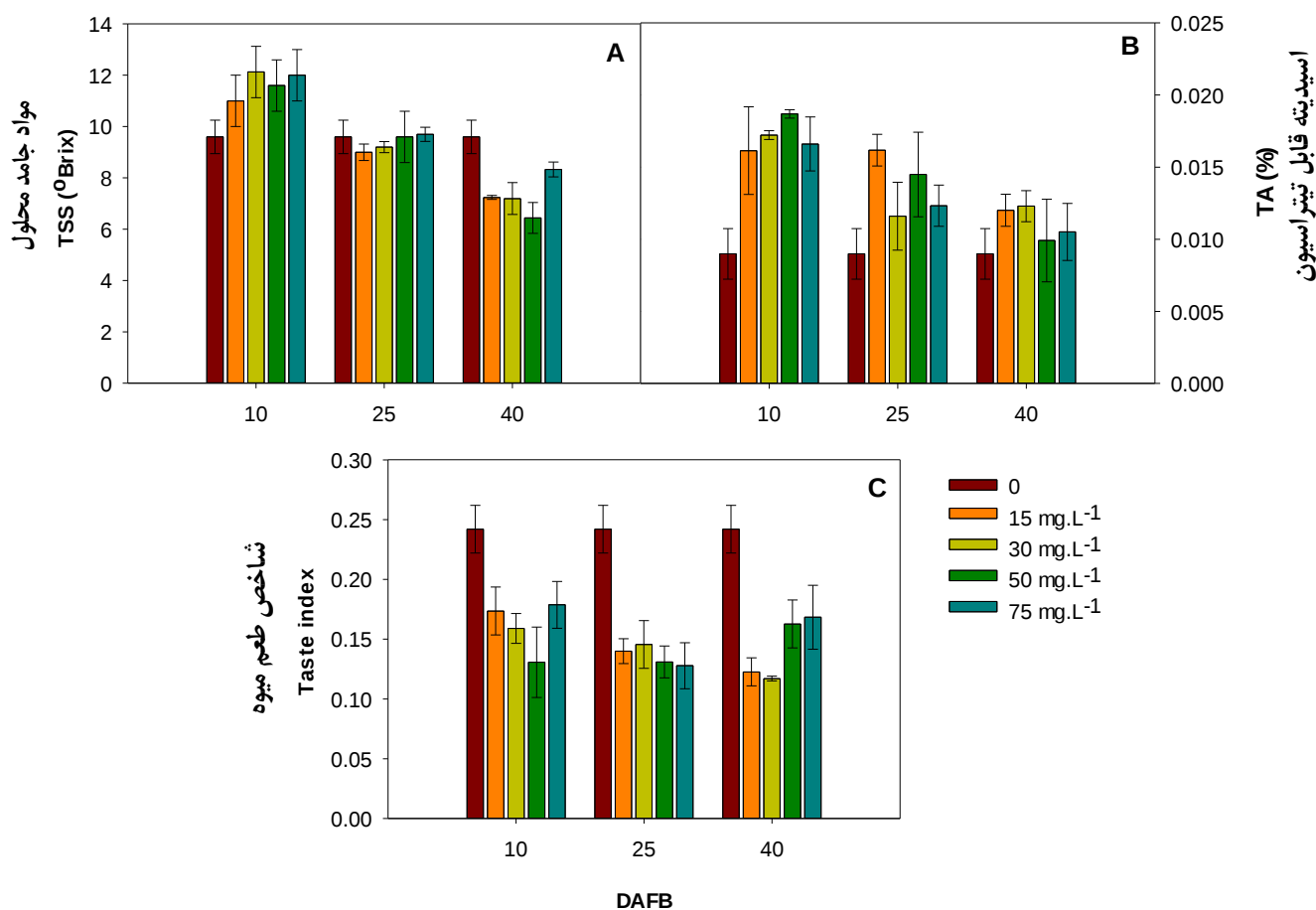
استیک اسید شده باشد، به‌طوری‌که وجود این ترکیب اکسینی باعث تشدید تنفس سلولی در درختان و در نتیجه کاهش مواد جامد محلول شده است (Robinson et al., 2019). بنابراین کاربرد نفتالین استیک اسید در مرحله دوم (۲۵ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها) با وجود کاهش تعداد میوه، تأثیر معنی‌داری بر افزایش مواد جامد محلول میوه‌ها نداشت. احتمالاً سفتی کمتر میوه‌های تیمار شده در این مرحله نیز مربوط به همین مسئله است. با اینکه تعداد سلول‌ها افزایش یافته و چگالی میوه‌ها نسبت به شاهد افزایش داشته است، اما احتمالاً کاهش محتوای مواد جامد محلول عامل مهمی است که می‌تواند سفتی بافت میوه را به‌طور منفی متأثر سازد. براساس نتایج به-



روزها بعد از شکوفایی کامل گل‌ها

شکل ۵- تأثیر محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید در روزهای مختلف بعد از شکوفایی کامل گل‌ها بر وزن (A)، حجم (B)، چگالی (C) و سفتی بافت میوه (D) سیب رقم رُددلیشز

Figure 5- The effects of NAA foliar spray at different days after full bloom (DAFB) on the weight (A), volume (B), density (C), and fruit firmness (D) of apple cv. 'Red Delicious'. Values are means with standard errors (n = 3)



روز بعد شکوفایی کامل گل‌ها

شکل ۶- تأثیر محلول‌پاشی نفتالین استیک اسید در روزهای مختلف بعد از شکوفایی کامل گل‌ها بر محتوای مواد جامد محلول کل (A)، اسیدیته قابل تیتراسیون (B) و شاخص طعم (C) میوه سیب رقم 'رِد دلیشز'

Figure 6-. The effects of NAA foliar spray at different days after full bloom (DAFB) on the total soluble solid content (TSS) (A), titratable acidity (TA) (B), and taste index (C) of apple cv. 'Red Delicious' fruit. Values are means with standard errors (n = 3)

نتیجه‌گیری

شاهد افزایش یافت. کاربرد نفتالین استیک اسید در هر سه مرحله محلول‌پاشی با افزایش بیشتر محتوای اسیدهای محلول میوه نسبت به مواد جامد محلول، باعث کاهش شاخص طعم میوه نسبت به شاهد شد. در کل می‌توان گفت که نفتالین استیک اسید بسته به زمان کاربرد و شرایط آب‌وهوایی منطقه و باغ مورد مطالعه، عملکرد متفاوتی خواهد داشت. براساس نتایج به‌دست‌آمده می‌توان گفت که کاربرد نفتالین استیک اسید در ۱۰ روز بعد از شکوفایی گل‌ها در باغ مورد مطالعه و در شرایط آب‌وهوایی شهر زنجان قابل توصیه نیست، زیرا با تنک بیش از حد میوه، باعث تولید میوه‌های با اندازه خیلی بزرگ و شکل پخ شد، اما کاربرد نفتالین استیک اسید در دو زمان ۲۵ و ۴۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها، بستگی به شرایط باغ دارد. اگر باغ سیب

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد برگ‌ی نفتالین استیک اسید بسته به غلظت و به‌خصوص زمان محلول‌پاشی، تأثیرات متفاوتی بر کنترل ریزش میوه و خصوصیات کمی و کیفی میوه‌های سیب رقم رد دلشز داشت، به‌طوری‌که کاربرد نفتالین استیک اسید در زمان‌های ۱۰ و ۲۵ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها باعث افزایش ریزش و تنک شد، اما کاربرد غلظت‌های مختلف آن در ۴۰ روز بعد از گل‌دهی باعث کاهش ریزش میوه و افزایش کارایی عملکرد میوه گردید. محلول‌پاشی غلظت‌های مختلف نفتالین در ۱۰ و ۲۵ روز بعد از گل‌دهی باعث افزایش قابل توجه وزن و حجم میوه و همچنین چگالی میوه شد، ولی سفتی بافت میوه فقط در مرحله اول محلول‌پاشی نسبت به

توصیه برای آن کاربرد به خصوص ۱۵ میلی گرم در لیتر نفتالین استیک اسید در ۴۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها است، اما همان‌طور که ذکر شد، شرایط آب‌وهوایی، به خصوص شرایط دمایی و شدت نور در نحوه تأثیر این تنظیم‌کننده اکسینی تأثیر خواهند داشت و این مسئله اهمیت مطالعه چندساله در هر منطقه برای تعیین یک دستورالعمل مناسب برای استفاده از این تنظیم‌کننده رشد را نشان می‌دهد.

مشکل ریزش قبل از برداشت میوه را نداشته باشد و عوامل تنش‌زا مثل آفات و بیماری‌ها و غیره وجود نداشته باشد، استفاده از خاصیت تنک‌کنندگی نفتالین استیک اسید در ۲۵ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها در غلظت ۱۵ میلی گرم در لیتر قابل توصیه است، اما در صورتی که مانند باغ سیب مورد مطالعه، مشکل ریزش شدید میوه حدود یک ماه قبل از برداشت میوه وجود داشته باشد، تیمار قابل

References

1. Abdel-Sattar, M., Al-Obeed, R.S., Lisek, A., & Eshra, D.H. (2023). Enhancing anna apples productivity, physico-chemical properties and marketability using sprays of naphthalene acetic acid and inhibitors of ethylene for alleviating abiotic stresses. *Horticulturae*, 9, 755. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9070755>
2. Adouli, B., Golein, B., Ghasemi, M., & Raheb, S. (2014). Investigation of NAA foliar application as a fruitlet thinner in biennial bearing control of Unshiu mandarin. *Journal of Crop Production and Processing Isfahan University of Technology*, 4(12), 125-134. (in Persian with English abstract)
3. Bound, S.A. (2001). *Managing Crop Load*. In: R. Dris R. Niskanen & S.M. Jain (Eds.). Crop Management And Postharvest Handling of Horticultural Products. Inc. Plymouth UK. Science Publisher, 1, 89-109.
4. Cortens, M.H., & Cline, J.A. (2020). Effects of the bioregulators ACC, 6-BA, ABA, and NAA as thinning agents on Gala apples. *Canadian Journal of Plant Science*, 100, 185-201. <https://doi.org/10.1139/cjps-2019-0014>
5. Davarynejad, G.H., Nyeki, J., Szabo, T., & Szabo, Z. (2008). Influences of hand thinning of bud and blossom on crop load, fruit characteristics and fruit growth dynamic of ujfehertoi furtos sour cherry cultivar. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 4(2), 138-141.
6. FAOSTAT, (2022). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
7. Hajilou, J., Asadollahi, M., Fakhimrezaei, S.H., & Dehghan, Gh. (2016). Effect of naphthalene acetic acid on thinning intensity, fruit qualitative and antioxidative characteristics of two peach cultivars. *Journal of Crops Improvement*, 17(4), 867-880. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/jci.2015.55137>
8. Kumar, A., Bhuj, B.D., & Singh, C.P. (2021). Alternate bearing in fruits trees: A review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 10(1), 1218-1235. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2021.1001.146>
9. Meland, M. (2009). Effects of different crop loads and thinning times on yield, fruit quality, and return bloom in *Malus × domestica* Borkh. 'Elstar'. *Horticultural Science and Biotechnology*, 84(6), 117-121. <https://doi.org/10.1080/14620316.2009.11512607>
10. Netsawang, P., Damerow, L., Lammers, P.S., Kunz, A., & Blanke, M. (2023). Alternative approaches to chemical thinning for regulating crop load and alternate bearing in apple. *Agronomy*, 13, 112. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010112>
11. Njoroge, S., & Reighard, G.L. (2008). Thinning time during stage I and fruit spacing influences fruit size of 'Contender' peach. *Scientia Horticulturae*, 115(4), 352-359. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2007.10.019>
12. Ramos, A.P., Zanardi, A.M., Amarante, T., Steffens, C., & Pereira-Netto, A.B. (2019). Effects of an auxin and a brassinosteroid on physical, chemical and biochemical attributes of 'Galaxy' apples. *Ciencia Rural, Santa Maria, Crop Production*, 49(4), e20180311. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180311>
13. Rehman, M.U., Rather, G.H., Gull, Y., Mir, M.M., & Umar, I. (2017). Effect of 1-naphthaleneacetic acid and calcium chloride on preharvest drop and quality of 'Red Delicious' apples. *Canadian Journal of Plant Science*, 97, 902-905. <https://doi.org/10.1139/CJPS-2016-0359>
14. Robinson, T., Lakso, A., Green, D., & Hoying, S. (2013). Precision crop load management. *Fruit Quarterly*, 21(2), 3-9.
15. Robinson, T., Francescato, P., Lordan, J., Lakso, A., & Reginato, G. (2019). Improvements to the cornell apple carbohydrate thinning model – MaluSim. *Fruit Quarterly*, 28(1), 27-35.
16. Safaei-Nejad, G., Shahsavari, A.R., & Mirsoleimani, A. (2015). Effects of naphthalene acetic acid and carbaryl on fruit thinning in 'Kinnow' mandarin trees. *Journal of Chemical Health Risks*, 5(2), 137-144.
17. Singh, G., & Chahil, B.S. (2020). Effect NAA of crop regulation on kinnow decline. *International Journal of Current Microbiology & Applied Sciences*, 9(6), 147-155. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.906.019>
18. Stopar, M., & Lokar, V. (2003). The effect of ethephon, NAA, BA and their combinations on thinning intensity of 'Summered' apples. *Journal of Central European Agriculture*, 4, 399-403.
19. Stopar, M., Tojinko, S., & Ambrozic-Turk, B. (2007). Fruit thinning of 'Gala' apple trees using ethephon, NAA, BA and their combinations. *Pomologica Croatica*, 13, 143-151.

20. Tijero, V., Girardi, F., & Botton, A. (2021). Fruit development and primary metabolism in apple. *Agronomy*, 11, 1160. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061160>
21. Zadavec, P., Veberic, R., Stampar, F., Schmitzer, V., & Eler, K. (2014). Fruit growth patterns of four apple cultivars using nonlinear growth models. *European Journal of Horticultural Science*, 79(2), 52–59.