

## تأثیر محلول پاشی ایندول استیک اسید و تیوسولفات آمونیوم بر درصد تنک، عملکرد و کیفیت میوه سیب پاییزه زنوز

امید اسدی اقدم<sup>۱\*</sup>، شهرام باغبان سیروس<sup>۲</sup> و پریسا علیزاده اسکویی<sup>۲</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۴/۱۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱/۱۹)

### چکیده

درختان سیب پاییزه زنوز از توان قابل ملاحظه‌ای در میوه‌بندی و تولید میوه برخوردار می‌باشند که این امر موجب تولید میوه‌های کوچک در آنها می‌شود. تنک گل و میوه در درختان جنس پرونوس به‌طور چشمگیری ارزش میوه را از طریق بهبود بخشیدن اندازه، رنگ و سایر صفات مربوط به کیفیت میوه افزایش می‌دهد. به منظور بررسی تأثیر محلول پاشی ایندول استیک اسید و تیوسولفات آمونیوم در مراحل مختلف گلدهی بر درصد تنک، عملکرد و کیفیت میوه سیب پاییزه زنوز آزمایشی در سال ۱۳۹۰ در منطقه زنوز شهرستان مرند اجرا شد. جهت دقت بیشتر، درختانی با قدرت رشد و اندازه یکنواخت انتخاب شدند. تیمارهای آزمایشی شامل محلول پاشی تیوسولفات آمونیوم به غلظت‌های ۰/۲۵٪، ۱٪ و ۱/۷۵٪ در زمان‌های قبل از باز شدن گل‌ها، باز شدن ۳۰٪ از گل‌ها و باز شدن ۹۰٪ از گل‌ها و محلول پاشی ایندول استیک اسید به غلظت‌های ۱۵، ۳۰ و ۴۵ ppm در زمان رسیدن میوه‌ها به اندازه ۷-۲۱ میلی‌متر به شاخه‌های منتخب اعمال شد. آزمایش در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۱۳ تیمار و ۳ تکرار انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کاربرد تیوسولفات آمونیوم و ایندول استیک اسید در غلظت‌های بالا تأثیر معنی‌داری بر درصد تنک داشتند. تیوسولفات آمونیوم و ایندول استیک اسید وزن تر میوه را افزایش دادند. محلول پاشی تیوسولفات آمونیوم اندازه قطر میوه و محلول پاشی ایندول استیک اسید اندازه طول میوه را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: ایندول استیک اسید، تنک، تیوسولفات آمونیوم، سیب

۱. کارشناس ارشد علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲. استادیاران علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مرند

\*: مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: [omid\\_asadi0901@yahoo.com](mailto:omid_asadi0901@yahoo.com)

## مقدمه

درختان سیب پاییزه زنوز از توان قابل ملاحظه‌ای در میوه‌بندی و تولید میوه برخوردار می‌باشند که این امر موجب تولید میوه‌های کوچک در آنها می‌شود. تولید میوه‌هایی با اندازه کوچک‌تر یکی از عوامل محدودکننده در بازار رسانی میوه‌ها است (۱۸). تکنیک‌های بسیاری برای بهبود کیفیت میوه وجود دارد. در میان این تکنیک‌ها، تنک گل و میوه در درختان جنس پرونوس به‌طور چشمگیری ارزش میوه را از طریق بهبود بخشیدن اندازه، رنگ و سایر صفات مربوط به کیفیت میوه افزایش می‌دهد (۶). تنک شیمیایی تدریجاً به دلیل داشتن اثر سریع و نتیجه بخش، جایگزین سایر روش‌های تنک (تنک مکانیکی و دستی) شده است (۱۶). از جمله مواد شیمیایی که جهت تنک درختان جنس پرونوس به کار برده شده است می‌توان به تیوسولفات آمونیوم، بنزیل آدنین و اندوتال (۳)، اوره و اتفن (۲۱)، بنزیل آدنین (۹) و ایندول استیک اسید (۱۳) اشاره کرد. تنک شیمیایی باعث افزایش اندازه، کیفیت و میزان کربوهیدرات‌ها در میوه شده و از تناوب باردهی در سال بعد جلوگیری می‌کند (۱۴). استفاده از اکسین در مرحله بعد از گلدهی، عملکرد میوه سیب گالا را افزایش می‌دهد (۴). استفاده از تیوسولفات آمونیوم، ریزش میوه‌ها را در گیلاس افزایش می‌دهد (۵). هدف از این آزمایش، بررسی تأثیر محلول‌پاشی ایندول استیک اسید و تیوسولفات آمونیوم بر درصد تنک، عملکرد و کیفیت میوه سیب پاییزه زنوز می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در یک باغ تجاری واقع در منطقه زنوز از توابع شهرستان مرند انجام گرفت. آزمایش در سال ۱۳۹۰ بر روی درختان بالغ ۱۰ ساله سیب پاییزه زنوز که در فواصل ۴×۶ نسبت به هم قرار داشتند صورت گرفت. جهت دقت بیشتر و به حداقل رسانیدن خطا، حداً امکان درختانی را که از نظر قدرت رشد و اندازه یکنواخت بودند انتخاب شدند و تیمارها روی شاخه‌های جداگانه در هر درخت اعمال شد. در انتخاب

شاخه‌ها نیز شاخه‌هایی که از نظر قطر و اندازه حتی الامکان یکنواخت بودند، در محیط درخت در نظر گرفته شدند. پس از شمارش تعداد گل‌ها، تیمارها به صورت تصادفی روی آنها اعمال گردید (۲۰). جهت اعمال تیمارها ابتدا استوک محلول‌های تیوسولفات آمونیوم و ایندول استیک اسید تهیه و غلظت‌های ۰/۲۵٪، ۱٪ و ۱/۷۵٪ تیوسولفات آمونیوم و غلظت‌های ۱۵، ۳۰ و ۴۵ ppm ایندول استیک اسید به حجم رسانده شد. محلول‌های تیوسولفات آمونیوم تهیه شده با غلظت‌های معین در زمان‌های قبل از باز شدن گل‌ها، باز شدن ۳۰٪ از گل‌ها و باز شدن ۹۰٪ از گل‌ها به شاخه‌های مشخص شده محلول‌پاشی گردید. محلول‌های ایندول استیک اسید با غلظت‌های معین در زمانی که قطر میوه‌ها به ۷-۲۱ میلی‌متر رسیدند محلول‌پاشی شد. بعد از ۲ هفته محلول‌پاشی، تعداد میوه‌های تشکیل شده شمارش شد و در صد تنک در این مرحله مشخص گردید. در مرحله برداشت، مجدداً تعداد میوه‌های باقی‌مانده شمارش گردید و درصد تنک در مرحله برداشت نیز محاسبه شد. در مرحله برداشت، قطر و طول میوه‌ها با استفاده از کولیس با دقت ۰/۱ میلی‌متر و وزن تر میوه با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. به دلیل تنک ۱۰۰٪ در تیمار ایندول استیک اسید به غلظت ۴۵ ppm امکان اندازه‌گیری سایر صفات (قطر، طول و وزن تر میوه) در این تیمار میسر نشد. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۳ تیمار و ۳ تکرار اجرا شد. تجزیه واریانس داده‌ها به توسط نرم‌افزار SPSS انجام پذیرفت و مقایسه میانگین داده‌ها به روش دانکن انجام شد.

## نتایج و بحث

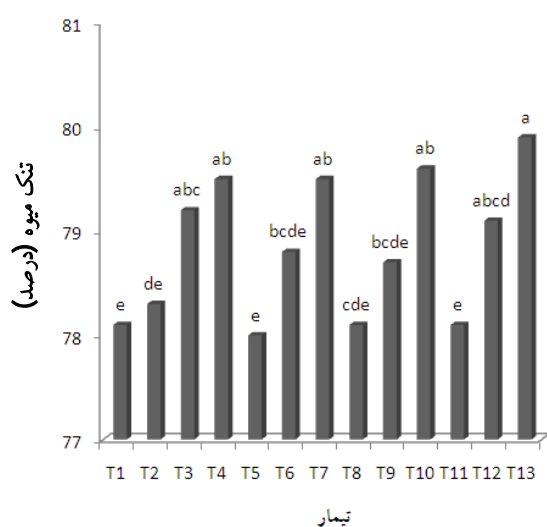
## در صد تنک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که از نظر در صد تنک در بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ وجود دارد. به طوری که، پس از ۲ هفته محلول‌پاشی، بیشترین در صد تنک در تیمار محلول‌پاشی

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات مختلف میوه سیب پاییزه زنوز در شرایط محلول پاشی تیوسولفات آمونیوم و ایندول استیک اسید

منابع تغییرات		میانگین مربعات			
درجه آزادی	تنک کنندگی پس از ۲ هفته	تنک کنندگی در مرحله برداشت	قطر میوه	طول میوه	وزن میوه
۱۳	۱/۲۲*	۳۵/۰۱*	۰/۱۱*	۰/۱۵*	۱۵۴/۸۵*
۳	۰/۲۲*	۰/۹۵ <sup>ns</sup>	۰/۰۷*	۰/۲۴*	۲۴۳/۴۶*
۳۹	۰/۲۴	۹/۷۱	۰/۰۳	۰/۰۷	۵۸/۸۴
ضریب تغییرات (%)	۱/۳%	۶/۲۸%	۶/۰۵%	۷/۰۶%	۱۴/۱۳%

\*: معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۵ توسط آزمون دانکن  
ns: غیر معنی دار

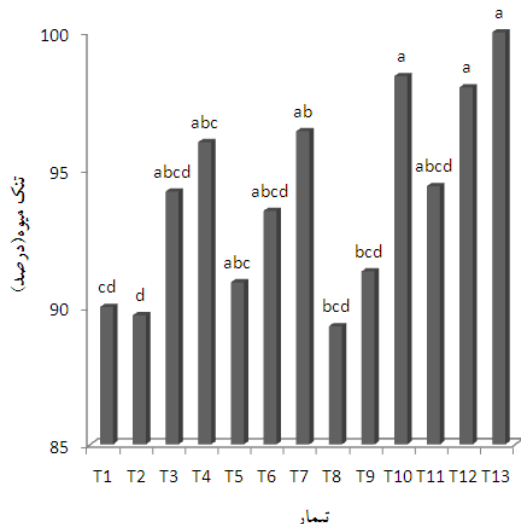


T<sub>1</sub>: شاهد  
T<sub>2</sub>: تیوسولفات آمونیوم با غلظت ۰/۲۵٪ - قبل از باز شدن گل ها.  
T<sub>3</sub>: تیوسولفات آمونیوم با غلظت ۱٪ - قبل از باز شدن گل ها.  
T<sub>4</sub>: تیوسولفات آمونیوم با غلظت ۱/۷۵٪ - قبل از باز شدن گل ها.  
T<sub>5</sub>: تیوسولفات آمونیوم با غلظت ۰/۲۵٪ - باز شدن ۳۰٪ از گل ها.  
T<sub>6</sub>: تیوسولفات آمونیوم با غلظت ۱٪ - باز شدن ۳۰٪ از گل ها.  
T<sub>7</sub>: تیوسولفات آمونیوم با غلظت ۱/۷۵٪ - باز شدن ۳۰٪ از گل ها.  
T<sub>8</sub>: تیوسولفات آمونیوم با غلظت ۰/۲۵٪ - باز شدن ۹۰٪ از گل ها.  
T<sub>9</sub>: تیوسولفات آمونیوم با غلظت ۱٪ - باز شدن ۹۰٪ از گل ها.  
T<sub>10</sub>: تیوسولفات آمونیوم با غلظت ۱/۷۵٪ - باز شدن ۹۰٪ از گل ها.  
T<sub>11</sub>: ایندول استیک اسید با غلظت ۱۵ ppm - اندازه میوه ها ۷-۲۱ mm.  
T<sub>12</sub>: ایندول استیک اسید با غلظت ۳۰ ppm - اندازه میوه ها ۷-۲۱ mm.  
T<sub>13</sub>: ایندول استیک اسید با غلظت ۴۵ ppm - اندازه میوه ها ۷-۲۱ mm.

نمودار ۱. تأثیر تیوسولفات آمونیوم و ایندول استیک اسید بر درصد تنک میوه سیب پاییزه زنوز پس از ۲ هفته محلول پاشی ستون‌های که حداقل در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی دار براساس آزمون دانکن (۵٪) هستند.

زمان قبل از باز شدن گل‌ها مشاهده شد (نمودار ۲).  
اکسین در غلظت‌های بالاتر از طریق تحریک تولید اتیلن، ریزش میوه را تسریع می‌بخشد (۷) و به دنبال کاهش تعداد میوه، رقابت بین میوه‌های باقی مانده کاهش پیدا می‌کند. اکسین نسبت تعداد میوه به برگ را کاهش داده و مواد فتوسنتزی بیشتری در بین میوه‌ها توزیع می‌شود (۲۱). تیوسولفات آمونیوم از جمله مواد خشک‌کننده بوده و عمل تنک را از طریق خشک کردن سطح کلاله و دانه کرده، قبل از این که دانه کرده جوانه زده و لقاح صورت بگیرد انجام می‌دهد (۱۹). کاربرد تیوسولفات آمونیوم در مراحل اولیه گلدهی از طریق تحریک ریزش گلبرگ‌ها، از جذب حشرات جهت گرده افشانی جلوگیری

ایندول استیک اسید با غلظت ۴۵ ppm و کمترین درصد تنک در تیمار شاهد مشاهده شد. در مقایسه کمترین سطوح استفاده شده از محلول‌ها (تیوسولفات آمونیوم با غلظت ۰/۲۵٪ و ایندول استیک اسید با غلظت ۱/۷۵٪) با تیمار شاهد تفاوت معنی داری دیده نشد (نمودار ۱). در مرحله برداشت، حداکثر در صد تنک در تیمارهای محلول پاشی تیوسولفات آمونیوم با غلظت ۱/۷۵٪ در زمان ۹۰٪ باز شدن گل‌ها و ایندول استیک اسید با غلظت‌های ۳۰ و ۴۵ ppm دیده شد (در تیمار ایندول استیک اسید با غلظت ۴۵ ppm در صد تنک میوه وجود داشت). در مرحله برداشت، کمترین درصد تنک در تیمارهای شاهد و محلول پاشی تیوسولفات آمونیوم با غلظت ۰/۲۵٪ در



- T<sub>1</sub>: شاهد  
 T<sub>2</sub>: تیوسولفات آمونیم با غلظت ۰/۲۵٪ - قبل از باز شدن گل ها  
 T<sub>3</sub>: تیوسولفات آمونیم با غلظت ۱٪ - قبل از باز شدن گل ها  
 T<sub>4</sub>: تیوسولفات آمونیم با غلظت ۱/۷۵٪ - قبل از باز شدن گل ها  
 T<sub>5</sub>: تیوسولفات آمونیم با غلظت ۰/۲۵٪ - باز شدن ۳۰٪ از گل ها  
 T<sub>6</sub>: تیوسولفات آمونیم با غلظت ۱٪ - باز شدن ۳۰٪ از گل ها  
 T<sub>7</sub>: تیوسولفات آمونیم با غلظت ۱/۷۵٪ - باز شدن ۳۰٪ از گل ها  
 T<sub>8</sub>: تیوسولفات آمونیم با غلظت ۰/۲۵٪ - باز شدن ۹۰٪ از گل ها  
 T<sub>9</sub>: تیوسولفات آمونیم با غلظت ۱٪ - باز شدن ۹۰٪ از گل ها  
 T<sub>10</sub>: تیوسولفات آمونیم با غلظت ۱/۷۵٪ - باز شدن ۹۰٪ از گل ها  
 T<sub>11</sub>: ایندول استیک اسید با غلظت ۱۵ ppm - اندازه میوه ها ۷-۲۱ mm  
 T<sub>12</sub>: ایندول استیک اسید با غلظت ۳۰ ppm - اندازه میوه ها ۷-۲۱ mm  
 T<sub>13</sub>: ایندول استیک اسید با غلظت ۴۵ ppm - اندازه میوه ها ۷-۲۱ mm

نمودار ۲. تأثیر تیوسولفات آمونیم و ایندول استیک اسید بر درصد تنگ میوه سیب پاییزه زنوز در مرحله برداشت ستون‌های که حداقل در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون دانکن (۵٪) هستند.



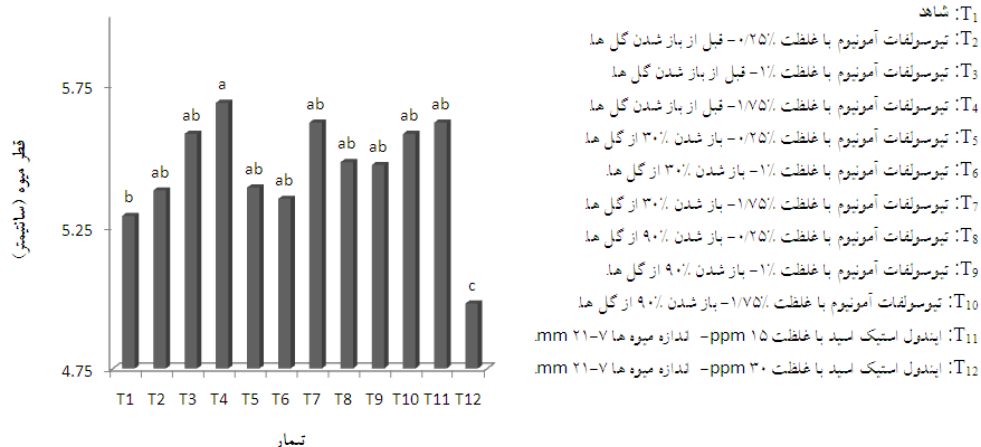
شکل ۱. تأثیر تیوسولفات آمونیم و ایندول استیک اسید بر ابعاد (قطر و طول) میوه سیب پاییزه زنوز

مقدار در تیمار ایندول استیک اسید با غلظت ۳۰ ppm مشاهده گردید (شکل ۱). از نظر اندازه قطر میوه تفاوت معنی‌داری در بین سطوح مختلف تیوسولفات آمونیم در زمان‌های مختلف دیده نشد (نمودار ۳). کاربرد موادی مانند ایندول استیک اسید و تیوسولفات آمونیم باعث افزایش تقسیم سلولی می‌شوند. در این میان، تأثیر تیوسولفات آمونیم در تقسیم سلولی بیشتر از ایندول استیک اسید (مؤثر در رشد طولی سلول‌ها) بوده و باعث افزایش اندازه میوه در جهت قطری میوه‌ها می‌شود (۱۰). چنین

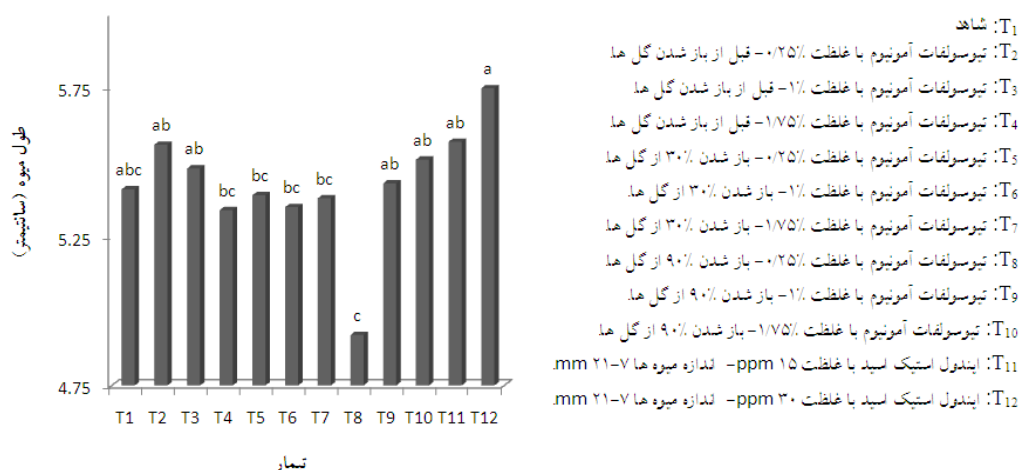
می‌کند و این عمل از باروری گل‌ها و تشکیل میوه به‌شدت می‌کاهد (۱۲).

#### قطر میوه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که از نظر اندازه قطر میوه در بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ وجود دارد. به‌طوری‌که، بیشترین مقدار از نظر قطر میوه در تیمارهای تیوسولفات آمونیم و کمترین



نمودار ۳. تأثیر محلول پاشی تیوسولفات آمونیوم و ایندول استیک اسید بر اندازه قطر میوه سیب پاییزه زنوز ستون‌های که حداقل در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون دانکن (۵٪) هستند.



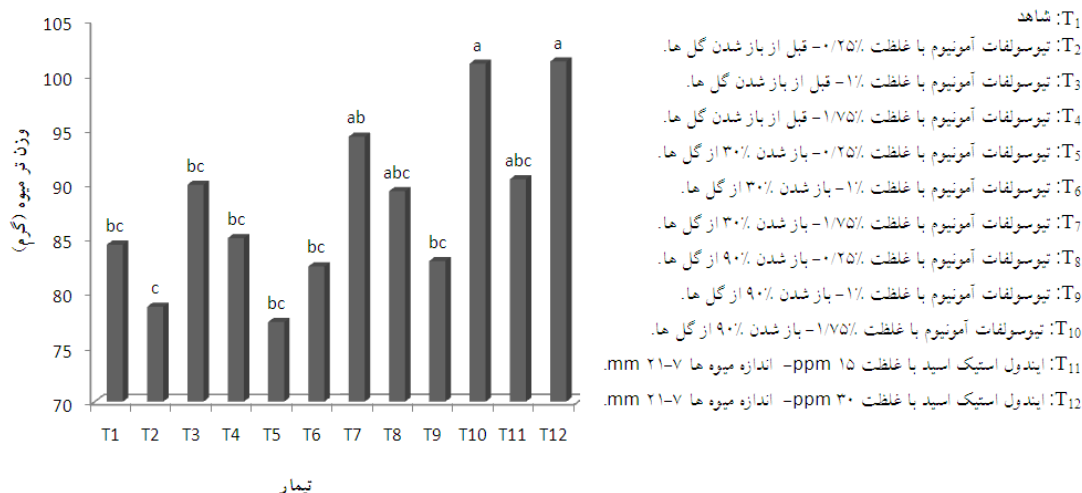
نمودار ۴. تأثیر محلول پاشی تیوسولفات آمونیوم و ایندول استیک اسید بر اندازه طول میوه سیب پاییزه زنوز ستون‌های که حداقل در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون دانکن (۵٪) هستند.

(شکل ۱) و حداقل اندازه طول میوه در تیمار محلول پاشی تیوسولفات آمونیوم با غلظت ۰/۲۵٪ در زمان باز شدن ۹۰٪ باز شدن گل‌ها دیده شد (نمودار ۴). کاربرد اکسین خارجی باعث افزایش طول میوه در مراحل اولیه رشد میوه می‌شود (۸). در این رابطه محلول پاشی ایندول استیک اسید باعث افزایش نسبتاً سریع در انبساط‌پذیری دیواره سلول می‌شود. این بدان معناست که سلول‌های گیاهی در پاسخ به ایندول استیک اسید، باید بعضی از عوامل نرم‌کننده سلولی را خارج کنند که انبساط‌پذیری دیواره را افزایش دهند. یون هیدروژن یکی از عوامل نرم‌کننده بوده و به‌عنوان واسطه بین اکسین و دیواره

به نظر می‌رسد که تیوسولفات آمونیوم، تظاهر ژن هیستون  $H_2A$  را که تولید آن برای تقسیم سلولی لایه پریکارپ میوه ضروری است بیشتر می‌کند و بدین طریق باعث افزایش اندازه میوه می‌شود (۱۳).

#### طول میوه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که از نظر اندازه طول میوه در بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ وجود دارد. به‌طوری‌که، حداکثر اندازه طول میوه در تیمار ایندول استیک اسید با غلظت ۳۰ ppm



نمودار ۵. تأثیر محلول پاشی تیوسولفات آمونیوم و ایندول استیک اسید بر میزان وزن تر میوه سیب پاییزه زرنوز ستون‌های که حداقل در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار براساس آزمون دانکن (۵٪) هستند.

آمونیم با غلظت ۱/۷۵٪ در زمان ۹۰٪ باز شدن گل‌ها دیده شد. کمترین مقدار وزن تر میوه در تیمار محلول پاشی تیوسولفات آمونیوم با غلظت ۰/۲۵٪ در زمان قبل از باز شدن گل‌ها دیده شد (نمودار ۵). ژن  $\gamma$ -TIPS که باعث تشکیل کانال‌های انتقال‌دهنده آب به درون واکئول سلول می‌شود. در طی نمو میوه، موادی مانند اکسین‌ها علاوه بر مؤثر بودن در افزایش طول سلول‌ها، تظاهر ژن  $\gamma$ -TIPS را افزایش می‌دهند و به دنبال آن ورود آب به داخل واکئول سلول‌ها تسهیل می‌یابد. در واقع، این مواد به‌طور غیرمستقیم باعث افزایش وزن تر میوه‌ها می‌شوند (۱۵).

سلولی عمل می‌کند (۱۱). محلول پاشی ایندول استیک اسید اندازه طول میوه را در هلو (۱)، مرکبات (۲) و گیلاس (۱۷) افزایش می‌دهد.

#### وزن تر میوه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که از نظر میزان وزن تر میوه در بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵ وجود دارد. به‌طوری‌که، بیشترین مقدار وزن تر میوه در تیمارهای محلول پاشی ایندول استیک اسید با غلظت ۳۰ ppm و محلول پاشی تیوسولفات

#### منابع مورد استفاده

- Agusti, M., V. Almela, I. Andera, M. Juan and L. Zacarias. 1999. Synthetic Auxin 3,5,6-TPA promotes fruit development and climactic in *prunus persica*. *Journal of Hort Science* 74: 556-660.
- Agusti, M., S. Zaragoza, D. J. Iglesias, V. Almela, E. P. Millo and M. Talon. 2002. The synthetic auxin 3,5,6-TPA stimulates carbohydrate accumulation and growth in citrus fruit. *Plant Growth Regulation* 36: 141-147.
- Basak, A. 2000. Use of benzyladenine, Endo-thal and ammonium thiosulfate for fruitlets thinning in some apple cultivars. *Journal of Acta Horticulture* 517: 217-225.
- Basak, A. 2006. The effect of fruitlet thinning, on fruit quality parameters in the apple cultivar Gala. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 14: 143-150.
- Blasnusa, T. M., A. Else, C. J. Atkinson and W. J. Davies. 2005. The regulation of sweet cherry fruit abscission by polar auxin transport. *Plant Growth Regulation* 45: 189-198.
- Byers, R.E. G. Costa and G. Vizzotto. 2003. Flowers and fruit thinning of peach and other prunus. *Horticultural Reviews* 28: 351-392.
- Dennis, F.G. 2000. The History of fruit thinning. *Plant Growth Regulation* 31: 1-16.
- Faust, M. 1989. Physiology of Temperate Zone Fruit Trees. John Wiley Pub., New York.

9. Gemma H. 2000. Possibility of *n*-propyl dihydrojasmonate application for thinning fruit, defoliation and promoting the fruit. *Acta Horticulture* 516: 57-66.
10. George, M. 1989. Physiology of Temperate Zone Fruit Trees. John Wiley Pub., New York.
11. Kafee, M., E. Zand, B. Kamkar, H. R. Shareefee and M. Goldanee. Strees Physiology. PP.87-96. Plant Physiology, Mashhad University, Mashhad. (In Farsi).
12. Katharina, S. M. Peter and F. Astrid. 2007. Flower thinning with sweet cherry a first year field study. *Mitteilungen Klosterneuburg* 57: 176-179.
13. Jocelyn, A., D. Ozga and M. Reinecke. 2003. Hormonal interactions in fruit development. *Journal of Plant Growth Regulation* 22:73-81.
14. Link, H. 2000. Significance of flower and fruit thinning on fruit quality. *Plant Growth Regulation* 31: 17-26.
15. Maurel, C. J. Reizer, J. I. Schroeder and M. J. Chrispeels. 1993. The vacuolar membrane protein  $\gamma$ -TIPS creates water-specific channels in xenopus oocytes. *Journal of EMBO* 12: 2241-2247.
16. Mitra, S. K. T. K. Bose and H. Rathone. 1991. Temperate fruits. *Horticulture and Allied Publising* 13: 189-197.
17. Raphael, A., S. Moshe, F. Steve and B. Ruth. 2007. Effect of synthetic auxin on fruit development of bing chrrry. *Scientia Horticulture* 10:10-16.
18. Sansavini, S. and S. Lugli. 2005. Trends in sweet cherry cultivars and breeding in Europe and Asia. *In: Proc. 5<sup>th</sup> Intl. Cherry Sym posium in Bursa, Turkey*. P:1.
19. Sayyari, M. 2002. Temperate and Subtropical Fruit Production. Ilam University Pub., pp. 171-174. (In Farsi).
20. Taghipour, L. and M. Rahemi. 2009. The Influence of fruit thinning on the apricot cultivar Khiari. *Iranian Journal of Horticulture Science* 23: 78-84. (In Farsi).
21. Taghipour, L. and M. Rahemi. 2010. The Influence of fruit thinning on the apricot cultivar Gerdi. *Journal of Environmental Science* 23: 78-84.