Publisher: Soil Science Society of Iran

Journal of Soil Research

(Soil and Water Sci.)

https:// srjournal.areeo.ir/

Trends of nitrogen changes and the effect of amino acids on flowering and fruit set of citrus trees

Ali Asadi kangarshahi [a]*, and Negin Akhlaghi Amiri [a]

[a] Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center,Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mazandaran, Iran.

Article Info

Article Type
Research Article

Received
February 22, 2026
Revised
May 04, 2026
Accepted
May 11, 2026
Published online
June 17, 2026

Keywords
Dropping of reproductive organs,
nitrogen storage,
Satsuma mandarin,
Thomson navel orange

***Corresponding author's email**
kangarshahi@gmail.com

Extended Abstract

Background and Objectives: Amino acids are a large group of biological compounds that contain an amino group and a carboxyl group. Amino acids used in foliar nutrition are usually mixtures of different amino acids and short-chain peptides. These amino acids are plant growth stimulants that can be used by foliar spraying and fertigation. Plants may consume amino acids as a source of nitrogen, and in some cases, the amino acid may also be a plant stimulant. On the other hand, the flowering and fruiting period in citrus trees is the most important and critical stage of fruit development in fruit trees. The maintenance of reproductive organs and fruits during this period is directly related to the final yield of the trees. There is a high demand for nitrogen during the flowering and fruiting period. For this purpose, the trend of leaf nitrogen changes during the flowering stage of citrus trees and the effect of amino acids on nitrogen concentration, flower drop, and fruit formation of citrus trees were investigated in two separate experiments.

Materials and Methods: In the first experiment, trends of nitrogen changes in the leaves of Satsuma mandarin (C. unshiu cv. Miyagawa) trees on Carrizo citrange (Citrus sinensis Osb. × Poncirus trifoliata L. Raf.), rootstock, and on Thomson Navel oranges on Sour Orange (C. aurantium L.) rootstock were measured in the eastern Mazandaran region. In the second experiment, the effect of foliar spraying of amino acids (combined amino acids) was carried out in a randomized complete block design with three treatments and three replications for three years with Satsuma mandarin (C. unshiu cv. Miyagawa) trees on Carrizo citrange (Citrus sinensis Osb. × Poncirus trifoliata L. Raf.), rootstock. The treatments included: T_1. Control; T_2. amino acid 1 g L^{-1}; T_3. amino acid 3 g L^{-1}. The amino acid mixture used contained 8% aspartic acid, 12% glutamic acid, 14% serine, 8% glycine, 2% histidine, 6% arginine, 6% alanine, 6% threonine, 12% proline, 6% valine, 7% leucine, 5% phenylalanine, and about 1% methionine, cysteine, lysine, isoleucine, and tyrosine, and 13% total nitrogen.

Results: The results of the first experiment showed that the nitrogen concentration of leaves in Satsuma gradually began to decrease from the time of bud break and the beginning of spring shoot growth, and reached a minimum at the flower opening stage, from 2.65% at the beginning of sampling to 1.84% at full bloom. From full bloom, the amount of nitrogen in the leaves gradually increased again, from 1.84% to 2.66% at the physiological fruit drop (June drop) stage. In the case of Thomson Navel orange trees, the results showed that the nitrogen concentration decreased from 2.57% at the time of sampling to 1.85% at full bloom. After flowering, the nitrogen in the leaves gradually increased and reached from 1.85% to 2.56% at the physiological fruit drop (June drop) stage. The results of the second experiment showed that foliar spraying of amino acids at concentrations of one and three parts per thousand (W/V) showed that foliar spraying treatments had no significant effect on reducing flower and fruit drop, increasing fruit set, leaf nitrogen concentration, and increasing the yield of Satsuma mandarin trees.

Conclusion: According to the results of this study, the flowering time in citrus trees coincides with the minimum nitrogen concentration in the leaves. This indicates the limitation and need for nitrogen in this sensitive stage of phenology, but foliar spraying of amino acids did not have a significant effect on increasing nitrogen concentration and fruit set. Therefore, foliar application of amino acids for citrus trees during the flowering and fruit set stages in the climatic conditions of the north of the country is not recommended for citrus orchards

Cite this article: Asadi Kangarshahi, A., Akhlaghi Amiri, N., 2026. Trends of nitrogen changes and the effect of amino acids on flowering and fruit set of citrus trees. Research Article, *Journal of Soil Research, 40 (1)*, pp 23-43.

DOI: https://doi.org/10.22092/IJSR.2026.372348.814
Publisher: Soil Science Society of Iran

نشریه علمی پژوهش‌های خاک / جلد۴۰ / شماره ۱ /۲۵

Publisher: Soil Science Society of Iran

نشریه پژوهش‌های خاک

(علوم خاک و آب)

https:// srjournal.areeo.ir/

روند تغییرات نیتروژن و تأثیر اسیدهای آمینه در گلدهی و تشکیل میوه مرکبات

علی اسدی کنگرشاهی[1]* و نگین اخلاقی امیری[1]

[1] مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مازندران، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۲/۰۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۲۱

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۳/۲۷

واژه‌های کلیدی

پرتقال تامسون ناول،

ریزش اندام‌های زایشی،

نارنگی انشو،

نیتروژن ذخیره

ایمیل نویسنده مسئول

kangarshahi@gmail.com

چکیده

به‌منظور بررسی روند تغییرات نیتروژن برگ در طول مرحله گلدهی و تأثیر اسیدهای آمینه در ریزش گل و تشکیل میوه درختان مرکبات، دو آزمایش مجزا انجام شد. در آزمایش اول روند تغییرات غلظت نیتروژن در برگ‌های درختان بارده نارنگی انشو و پرتقال تامسون ناول در منطقه شرق مازندران اندازه‌گیری شد. در آزمایش دوم تأثیر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه (اسید آمینه ترکیبی)، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار و سه تکرار به مدت سه سال با درختان نارنگی انشوی میاگاوا انجام شد. تیمارها شامل: T_1. شاهد (محلول‌پاشی با آب)؛ T_2. محلول‌پاشی اسید آمینه یک در هزار؛ T_3. محلول‌پاشی اسید آمینه سه در هزار بود. نتایج آزمایش اول نشان داد که غلظت نیتروژن در برگ‌ها از زمان شکسته شدن جوانه‌ها و شروع رشد سرشاخه‌های بهاری، به تدریج شروع به کاهش کرد و در مرحله باز شدن گل‌ها به حداقل رسید. نتایج آزمایش دوم نشان داد که محلول‌پاشی اسیدهای آمینه با غلظت یک و سه در هزار در مرحله گلدهی، تأثیر معنی‌داری در کاهش ریزش گل و میوه‌چه‌ها، افزایش تشکیل میوه، غلظت نیتروژن برگ و افزایش عملکرد درختان نارنگی انشو نداشت. بنابراین، بر اساس نتایج این آزمایش با توجه به این‌که زمان گلدهی در درختان مرکبات مصادف با حداقل غلظت نیتروژن در برگ‌ها است، نشان‌دهنده محدودیت و نیاز نیتروژن در این مرحله حساس فنولوژی است، اما محلول‌پاشی اسیدهای آمینه تأثیر معنی‌داری در افزایش غلظت نیتروژن و تشکیل میوه نداشت. لذا مصرف اسیدهای آمینه برای درختان مرکبات در مرحله گلدهی و تشکیل میوه در شرایط اقلیمی شمال کشور به باغداران توصیه نمی‌شود.

استناد: اسدی کنگرشاهی، ع.، اخلاقی امیری، ن.، ۱۴۰۵. روند تغییرات نیتروژن و تأثیر اسیدهای آمینه در گلدهی و تشکیل میوه مرکبات. مقاله پژوهشی، *نشریه پژوهش‌های خاک، (۱) ۴۰*، ص ۲۳-۴۳.

DOI: https://doi.org/10.22092/IJSR.2026.372348.814

CC BY NC

مقدمه

به‌طور کلی اصطلاح محرک‌های رشد[1] گیاهی به موادی اطلاق می‌شود که فاقد عنصر غذایی یا مواد زنده‌کش هستند و مصرف آن‌ها بر روی گیاه، بذر و یا در بستر، برخی فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان را تحت تأثیر قرار داده و پتانسیل رشد، توسعه و یا پاسخ به تنش‌ها را بهبود بخشد (Du Jardin, 2012). برخی پژوهشگران محرک‌های رشد گیاهی را به محرک‌های رشد، کودهای زیستی و زنده‌کش‌ها تقسیم کرده‌اند. معمولاً اگر محرک‌های رشد گیاهی اثر هورمونی داشته باشند، محرک رشد گیاهی، اگر اثرات غیر مستقیم روی قابلیت استفاده عناصر غذایی داشته باشند کودهای زیستی[2] و اگر پاتوژن‌ها و آفات را کنترل نمایند زنده کش[3] نامیده می‌شوند (Saubeital et al., 2013: Copping and Menn, 2000).

اسیدهای آمینه یک گروه بزرگی از ترکیبات بیولوژیکی هستند که حاوی یک گروه امینی و یک گروه کربوکسیلی هستند. حدود ۲۰ اسید آمینه در ساختمان پروتئین شرکت دارند، اما بیش از ۲۵۰ اسید آمینه شناخته‌اند که در گیاهان فعالیت‌های گوناگون دارند، این فعالیت‌ها شامل حفاظت از تنش‌های زنده و غیرزنده، سیگنال دادن، ذخیره نیتروژن و کلاته کردن فلزات به صورت فیتوسیدروفورها است (Vranova et al., 2011). اسیدهای آمینه مورد استفاده در تغذیه برگی معمولاً مخلوطی از اسیدهای آمینه مختلف و پپتیدهای با زنجیره کوتاه هستند (Du Jardin, 2012). این اسیدهای آمینه همان محرک‌های رشد گیاهی هستند که می‌توانند به روش محلول-پاشی و کودآبیاری مصرف شوند (Du Jardin, 2012). اسیدهای آمینه پس از مصرف در خاک، از طریق جریان توده‌ای آب[4] به سطح ریشه منتقل، از طریق حامل‌های ویژه در ریشه جذب می‌شوند (Biernath et al., 2008; Nasholm et al., 2009)، اما در محلول‌پاشی برگی به روش پخشیدگی به داخل برگ وارد و جذب می‌شود (Pecha et al., 2011; Kolomaznik et al., 2012). گیاهان ممکن است اسید آمینه را به عنوان منبع نیتروژن مصرف کنند و در بعضی شرایط در گیاهان ویژه‌ای، منبع اصلی نیتروژن است (Schimel and Chapin, 1996). در برخی موارد ممکن است اسید آمینه به عنوان محرک گیاهی (نه منبع نیتروژن) باشد در این حالت به مقدار کم‌مصرف می‌شود و نمی‌تواند به عنوان منبع نیتروژن قلمداد گردد. مصرف اسید آمینه می‌تواند موجب افزایش بیوماس (Shehata et al., 2011)، بهبود حفاظت گیاهان در برابر تنش‌های زنده (Cohen and Gisi, 1994) و غیرزنده (Maini, 2006; Polo et al., 2006) و افزایش مقدار آنتی اکسیدان‌های درون برگ (Ardebili et al., 2012) شود. مصرف مخلوطی از اسید آمینه‌های تجاری باعث افزایش عملکرد ذرت شد، حتی وقتی کود نیتروژنی مورد استفاده به نصف تقلیل پیدا کرد (Maini et al.,2006). کلسیم وقتی همراه با اسید آمینه به کار رود، گیاه از آن استفاده بهتری خواهد کرد که این امر در گوجه‌فرنگی گزارش شده است (Maini, 2006)؛ اما مصرف کلسیم همراه با اسید آمینه در کیوی فروت جواب نداد (Otero et al., 2006). برخی گزارش‌ها نشان داده است که اختلاط عناصر کم‌نیاز با اسیدهای آمینه، کارایی محلول‌پاشی این عناصر را افزایش داده است و مخلوط سولفات آهن و اسید آمینه به صورت محلول‌پاشی در کاهش شاخص زردبرگی تاک‌های انگور مؤثر بوده است (Maini et al., 2006). مصرف خاکی اسیدهای آمینه می‌تواند موجب تحریک جمعیت مفید میکربی خاک، معدنی شدن عناصر در خاک یا بهبود حلالیت عناصر کم‌مصرف در خاک (با کلاته و احیا کردن عناصر کم نیاز) شود.

گزارش شده که آمینواسیدها بخاطر داشتن نیتروژن آلی و ترکیبات طبیعی به بالانس رشدی گیاه کمک می‌کنند و پاسخ آنها را به کودهای دیگر افزایش می‌دهند. کاربرد اسیدهای آمینه سبب افزایش تولید کربوهیدرات‌ها و جذب آنها می‌شود. محلول‌پاشی اسید آمینه ال‌تریپتوفان (یک پیش ماده ایندول استیک اسید) در پرتقال ناول و نارنگی کلمانتین بدون تأثیر منفی بر کیفیت میوه در مقایسه با تیمار شاهد، سبب افزایش معنی‌دار عملکرد تجمعی ۴ ساله و عملکرد تجاری میوه‌های با اندازه بازارپسند شد (Pillitteri et al., 2010). تحقیقات متعدد نشان داده است که با محلول‌پاشی تریپتوفان یا پرولاین، رشد میوه، عملکرد و پارامترهای کیفیت میوه در پرتقال ناول، نارنگی کلمانتین و پرتقال والنسیا بهبود یافت (Caronia et al., 2010; Khuong et al., 2010; Hanafy et al., 2012). محلول‌پاشی با اسیدآمینه حاوی ۳۰ درصد نیتروژن آلی و ۵ درصد نیتروژن آزاد موجب افزایش سطح برگ و میزان کلروفیل و کربوهیدرات در درختان لیمو شد (Al-Akashy et al., 2020). محلول‌پاشی آمینواسیدهای پریمو و توین در زمان تمام گل و تشکیل میوه در نارنگی‌های کینو و فیوچر و پرتقال خونی سبب افزایش صفات رویشی، حاصلخیزی و کیفیت میوه گردید (Khan et al., 2022). کاربرد کودهای برگی بر پایه آمینواسید در زمان ریزش گلبرگ‌ها و به فواصل دو هفته از محلول‌پاشی اول، در درختان

[1] biostimulant
[2] biofertilizers
[3] biopesticides
[4] mass flow

سیب موجب افزایش معنی‌دار عملکرد و پارامترهای وزن میوه در مقایسه با شاهد شد ولی تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک، کل مواد جامد محلول و سفتی میوه نشان نداد (Ilie et al., 2017). گزارش شده است که آمینو اسیدها می‌توانند عملکرد پسته‌های ممتاز و فندقی را افزایش دهند زیرا گیاهان می‌توانند از اسیدهای آمینه مانند منبع نیتروژن استفاده کنند (Bastam et al., 2013). در تحقیقی دیگر گزارش شد که کاربرد اسپرماین در ترکیب با اسید آمینه‌های دیگر قبل و بعد از گل‌دهی بیشتر از کاربرد آمینو اسیدها به تنهایی، به‌دلیل کاهش اثرات مخرب تنش‌های محیطی و افزایش نیتروژن ذخیره‌ای سبب بهبود کمیت و کیفیت پسته گردید (Kamiab et al 2015).

گزارش‌های مختلف نشان داده است که حدود پنجاه درصد نیتروژن درختان مرکبات در برگ‌ها هستند همچنین حدود پنجاه درصد از این نیتروژن برگ‌ها، در آنزیم ریبولوزبی‌فسفات کربوکسیلاز وجود دارد که مهم‌ترین آنزیم فتوسنتزی است و در راندمان فتوسنتز نقش اساسی دارد. لذا نیتروژن بهینه در برگ‌ها در تولید و تجمع کربوهیدرات‌ها بسیار مؤثر است (Mazhar et al., 2007). دوره گلدهی و تشکیل میوه (ریزش اولیه اندام‌های زایشی و میوه‌چه‌ها) مهم‌ترین و حیاتی‌ترین مرحله توسعه میوه از دیدگاه باغداران است. نگهداری بیشتر اندام های زایشی و میوه‌چه‌ها در طول این دوره با عملکرد نهایی درختان ارتباط مستقیم دارد. در طول دوره گل‌دهی و تشکیل میوه، تقاضای زیادی برای نیتروژن وجود دارد که عمدتاً از نیتروژن ذخیره شده در برگ‌ها تأمین می‌شود (Asadi Kangarshahi and Akhlaghi Amiri, 2025: Valiente and Albbrigo, 2004). به‌طور کلی، تشکیل میوه بستگی به گرده افشانی و لقاح موفق دارد زیرا حضور تخمک‌های بارور شده محرک رشد میوه است. در برخی ارقام مرکبات مانند پایین‌اپل، فقدان باروری سبب ریزش تخمدان می‌شود زیرا در همه گل‌های اخته شده و گرده افشانی نشده، رشد متوقف می‌شود و مدت کوتاهی بعد از گلدهی، ریزش اتفاق می‌افتد. علاوه بر درجه حرارت، عوامل متعدد دیگری مثل تعداد گل، نوع گل آذین، موقعیت گل و وضعیت تغذیه‌ای ممکن است بر تشکیل گل و نمو آن و بنابراین تشکیل میوه تأثیر بگذارد (Iglesias et al., 2007)؛ اما در ارقام تجاری بی‌بذر مرکبات مانند ساتسوماها و ناول‌ها، عموماً یک محصول نرمال از میوه‌های پارتنوکارپ تولید می‌کنند (به علت نر و ماده عقیمی گامتی شدید). در این ارقام، توسعه میوه‌های پارتنوکارپ بدون تشکیل بذر است و بنابراین، همه مراحل گرده‌افشانی، باروری و تشکیل بذر که برای فعال کردن رشد میوه لازم است با سیگنال های داخلی جایگزین می‌شود. بعد از القای هورمونی رشد میوه، عناصر غذایی ممکن است عملیات تنظیم را به تنهایی یا از طریق حفظ مقادیر کافی هورمون انجام دهند (Iglesias et al., 2007).

به طور کلی محرک‌های زیستی از جمله اسیدهای آمینه از بافت‌های گیاهی یا حیوانی فراهم می‌شوند که به طور طبیعی در این ارگانیسم-ها وجود دارند و طیف گسترده‌ای از تأثیرات فیزیولوژی یا بیوشیمیایی در گیاهان ایجاد می‌کنند؛ بنابراین گیاهان توانایی سنتز اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها و اسیدهای آلی را دارند. محرک‌های زیستی گیاهی در بیشتر کشورها، در حال تولید و توسعه هستند. در مورد ضرورت مصرف، مفید بودن و نقش این مواد هنوز شک و تردیدها و یا سؤالات بسیاری وجود دارد در نتایج برخی پژوهش‌ها در مورد گروهی از محرک‌های رشد شامل ترکیبات یا مواد طبیعی سنتز شده گزارش شده است که موجب افزایش رشد و توسعه گیاهان (با افزایش راندمان کوددهی خاکی یا محلول‌پاشی برگی با عناصر غذایی)، بهبود عملکرد فرآیندهای فیزیولوژی یا بیوشیمیایی در بافت گیاهان، افزایش توانایی گیاهان در مقابل شرایط نامساعد محیطی، افزایش تحمل گیاهان به بیماری‌ها و پاتوژن‌ها شده‌اند. ریزش اندام‌های زایشی و میوه‌چه‌ها در مرکبات یک فرایند پیچیده است که حداقل سه سطح تنظیمی دارد: ژنتیک، متابولیت‌های تغذیه‌ای و محیط. سطوح مختلف تنظیمی ممکن است به‌صورت متوالی، همزمان و یا تشدید کننده همدیگر عمل کنند اگرچه هر سه تا حدودی از طریق سیگنال‌های هورمونی عمل می‌کنند (Iglesias et al., 2007). ریزش گل و میوه‌چه، فرایندی است که در بسیاری از گیاهان در پاسخ به عوامل رشدی و محیطی اتفاق می‌افتد و منجر به کاهش معنی‌دار محصول می‌شود. ریزش به میزان زیادی بسته به گونه و رقم، متفاوت است و به نظر می‌رسد که واکنشی به وضعیت تنظیم کننده‌های رشد در تخمدان و تنظیم متابولیت‌ها طی فرایند گل‌دهی باشد. علائم هورمونی و رقابت برای مواد غذایی از جمله کربوهیدراتها و نیتروژن ذخیره مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر بر ریزش اندام‌های زایشی و میوه‌چه‌ها هستند (Gomez-Cadenas et al., 2000). به طور کلی هدف از این تحقیق، تعیین روند تغییرات نیتروژن برگ‌ها در مرحله اول رشد میوه در ارقام نارنگی انشو میاگاوا و پرتقال تامسون ناول است و همچنین تأثیر اسیدهای آمینه ترکیبی در ریزش اندام‌های زایشی، نیتروژن برگ، تشکیل میوه و عملکرد و کیفیت میوه درختان نارنگی انشو میاگاوا در شرق مازندران بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی روند تغییرات نیتروژن برگ در طول مرحله گلدهی در درختان مرکبات و تأثیر اسیدهای آمینه در کاهش ریزش گل و افزایش تشکیل میوه درختان نارنگی انشو (*Citrus unshiu* cv. Miyagawa)، دو آزمایش مجزا در باغ‌های منطقه انجام شد. در آزمایش اول به منظور تعیین روند تغییرات غلظت نیتروژن در برگ‌های درختان نارنگی انشو میاگاوا بارده (حدود ۱۵ ساله) با پایه کاریزوسیترنج و درختان تامسون ناول با پایه نارنج (حدو ۲۰ ساله)، به طور تصادفی پنج درخت از هر رقم در یک باغ از منطقه بهارستان در شهرستان ساری در شرق استان مازندران انتخاب شد. سپس نمونه‌های برگ (از سرشاخه‌های توسعه یافته در بهار و تابستان سال گذشته) هر ۱۵ روز در میان از زمان شکسته شدن جوانه‌ها از اوایل اسفند ماه تا پایان ریزش فیزیولوژیک میوه‌چه‌ها در اواسط تیرماه تهیه شد. غلظت نیتروژن در نمونه برگ‌ها به روش کجلدال[1] اندازه گیری شد و نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

آزمایش دوم در یک باغ نارنگی انشو میاگاوا با پایه کاریزوسیترنج از سال ۱۳۹۸ به مدت سه سال انجام شد، ابتدا مراحل فنولوژی رشد درختان با پایش مراحل رشد تعیین شد (Asadi kangarshahi, 2019). سپس قبل از انجام آزمایش، نمونه‌های خاک در اسفندماه و برگ در مردادماه از درختان تهیه شد و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مانند بافت خاک، شوری، کربنات کلسیم معادل، pH، ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و غلظت عناصر غذایی فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز، مس و بور قابل جذب اندازه‌گیری شد (Bashour & Sayegh, 2007). نمونه‌های برگ در اواخر مردادماه از برگ‌های میانی سرشاخه‌های فصل جاری در پیرامون هر درخت تهیه (Asadi kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2014) و غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس در آن‌ها اندازه گیری شد (Bremmer, 1996). نتایج تجزیه خاک و برگ درختان قبل از انجام آزمایش، به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با سه تیمار و سه تکرار در هفته آخر فروردین ماه انجام شد. تیمارها عبارت بودند از: T_1. شاهد (محلول‌پاشی با آب)؛T_2. محلول‌پاشی اسید آمینه یک در هزار؛ T_3. محلول‌پاشی اسید آمینه سه در هزار. اسید آمینه مصرفی مخلوطی از اسیدهای آمینه مختلف بود که نوع، فرمول شیمیایی، وزن مولکولی و درصد هر اسیدآمینه در ترکیب مصرفی و همچنین درصد نیتروژن در هر اسیدآمینه و نیتروژن کل ترکیب مصرفی در جدول ۴ آمده است.

مقدار مصرف کودهای شیمیایی برای همه تیمارهای آزمایشی یکسان بود و با توجه به نتایج تجزیه خاک، برگ و همچنین میانگین عملکرد درختان تعیین شد (Asadi kangarshahi, 2019). تعداد درختان در هکتار حدود ۵۰۰ اصله بود. نیتروژن به شکل اوره (۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، فسفر به شکل اسید فسفریک (۵۰ کیلوگرم فسفر (P_2O_5) در هکتار)، پتاسیم به شکل سولفات پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم پتاس (K_2O) در هکتار)، منیزیم به شکل سولفات منیزیم (۵۰ کیلوگرم منیزیم (MgO) در هکتار) به صورت کودآبیاری مصرف شد. زمان مصرف نیتروژن، پتاسیم، فسفر، منیزیم و منگنز در همه تیمارهای آزمایشی یکسان و متناسب با فنولوژی رشد بود. کود حاوی نیتروژن اوره: ۳۰ درصد قبل از گلدهی، ۳۰ درصد پس از تشکیل میوه، ۲۵ درصد پس از پایان ریزش فیزیولوژیک میوه‌چه‌ها در اوایل مرحله دوم رشد و توسعه میوه‌ها، ۱۵ درصد بقیه در اواسط مرحله دوم رشد میوه به شکل کودآبیاری مصرف شد. کود سولفات پتاسیم ۲۰ درصد در پس از تشکیل میوه تا زمان ریزش تابستانه،۲۰ درصد در اوایل مرحله دوم رشد و توسعه) ۳۰ درصد در اواسط مرحله دوم رشد میوه، ۳۰ درصد در اواخر مرحله دوم رشد میوه به شکل کودآبیاری مصرف شد. اسید فسفریک ۳۰ درصد در اردیبهشت ماه (مرحله گلدهی و تشکیل میوه)، ۳۰ درصد در خرداد ماه (پس از تشکیل میوه تا زمان ریزش تابستانه)،۲۰ درصد در تیر ماه (در اوایل مرحله دوم رشد و توسعه) و ۲۰ درصد در مرداد ماه (اواسط مرحله دوم رشد میوه) به شکل کودآبیاری مصرف شد. سولفات منیزیم نیز ۲۰ درصد در خرداد ماه (پس از تشکیل میوه تا زمان ریزش تابستانه)،۲۰ درصد در تیر ماه (در اوایل مرحله دوم رشد و توسعه)، ۳۰ درصد در مرداد ماه (اواسط مرحله دوم رشد میوه)؛ ۳۰ درصد در شهریور ماه (اواخر مرحله دوم رشد میوه) به شکل کودآبیاری مصرف شد (Asadi kangarshahi, 2019). مصرف سولفات روی به مقدار ۱۰۰ گرم به ازای هر درخت در مرحله اول و دوم رشد میوه (۵۰ گرم پس از تشکیل میوه در اواسط مرحله اول رشد میوه و ۵۰ گرم در اوایل مرحله دوم رشد میوه‌ها) انجام شد. در طول فصل رشد، عملیات زراعی مانند سمپاشی، آبیاری، دفع علف‌های هرز و غیره به طور یکسان اعمال گردید. نمونه‌های برگ در همه تیمارها از اواخر مرداد ماه از برگ‌های میانی سرشاخه‌های فصل جاری در پیرامون هر درخت تهیه شد (Asadi kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2014). برای اندازه‌گیری نیتروژن ابتدا نمونه‌های برگ و میوه‌چه‌ها

[1] kjeldahl

را در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد در آون خشک و سپس غلظت آن به روش کجلدال اندازه‌گیری شد (Bremmeri, 1996). در هر درخت چهار شاخه در چهار جهت و یک شاخه در قسمت داخلی تاج درختان انتخاب و علامت گذاری شد و تعداد گل‌ها، میوه‌چه‌ها، برگ‌های جست بهاره و میوه‌های آنها شمارش شد. در انتهای فصل رشد، عملکرد هر درخت در هر تیمار تعیین و ۱۰ میوه به طور تصادفی از هر درخت در هر تیمار نمونه‌برداری و برخی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی میوه شامل: وزن میوه و پوست (با استفاده از ترازوی دیجیتال)، ابعاد میوه و ضخامت پوست (با استفاده از کولیس دیجیتال)، میزان عصاره (با استفاده از آب‌میوه‌گیر دستی)، میزان مواد جامد محلول (با استفاده از رفراکتومتر چشمی) و اسیدیته قابل تیتراسیون عصاره (به وسیله تیتراسیون با سود یک دهم نرمال) اندازه‌گیری شد (Kimball, 1991). شاخص برداشت با استفاده از نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراسیون عصاره و درصد عصاره میوه با استفاده از نسبت عصاره به وزن میوه محاسبه شد (Tazima et al., 2013). کلیه داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SPSS و همچنین آزمون F مورد تجزیه واریانس قرار گرفت. مقایسه میانگین صفات موردمطالعه با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد. تقویم زمانی برخی از مراحل کلیدی فنولوژی درختان نارنگی انشوی میاگاوا در منطقه و همچنین ترکیب اسید آمینه مصرفی (نوع، درصد، وزن ملکولی و فرمول شیمیایی هر اسید آمینه) به ترتیب در جدول‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.

جدول ۱- برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک باغ قبل از آزمایش.

Table 1. Some physical and chemical prorperties of soil orchard before experiment.

عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dsm^{-1})	*pH*	ظرفیت تبادل کاتیونی (سانتی‌مول بر کیلوگرم) CEC (cmolkg-1)	آهک (درصد) CCE (%)	ماده آلی (درصد) O.M (%)	فسفر P	پتاسیم K	منیزیم Mg	آهن Fe	روی Zn	منگنز Mn	مس Cu
						میلی‌گرم در کیلوگرم $mgkg^{-1}$						
0-30	0.89	7.53	21.49	11	1.40	19.3	203	465	5.7	2.4	10.7	1.6
31-60	0.75	7.64	19.94	12	1.03	16.6	196	460	4.6	2.2	8.8	1.4

بافت خاک: لوم

Soil texture: loam

جدول ۲- میانگین غلظت عناصر غذایی (درصد وزن خشک) در برگ نارنگی انشوی میاگاوا قبل از اجرای آزمایش

Table 2. Mean nutrient elements concentrations (percentage of dry weight) in the leaves of Miyagawa satsuma mandarin before experiment

غلظت concentration	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	منیزیم Mg	کلسیم Ca	آهن Fe	روی Zn	منگنز Mn	مس Cu	بور B
	درصد (٪)					میلی‌گرم در کیلوگرم $mgkg^{-1}$				
	2.46	0.15	0.90	0.33	3.85	171	20.40	26.50	7.04	47

جدول ۳- مراحل فنولوژی رشد نارنگی ساتسوما (انشوی میاگاوا) در شرق مازندران (Asadi kangarshahi, 2019)

Table 3. Phenological stages of Satsuma mandarin (*C. unshiu* cv. Miyagawa) growth in East of Mazandaran (Asadi kangarshahi, 2019)

بازه زمانی Time period	مرحله رشد Growth stages	توسعه میوه Fruit development
۱۰– ۵ اسفند Feb. 25-30	شکست جوانه‌ها Bud break	–
۱۰ –۵ اردیبهشت April 25-30	گلدهی Flowering	فاز اول Phase I
۲۵– ۱۵ اردیبهشت May 5-15	تشکیل میوه Fruit set	
۲۰– ۱۵ خرداد June 5-10	شروع ریزش تابستانه Commencement of Summer drop	
۳۰– ۲۵ خرداد June 15-20	پایان ریزش تابستانه End of June drop	
۳۰– ۲۵ خرداد June 15-20	شروع انبساط سلولی Commencement of cell expansion	فاز دوم Phase II
۱۵– ۱۰ شهریور September 1-5	شروع رشد سرشاخه‌های پاییزه Commencemen of autumn shoot growth	
۲۰– ۱۵ شهریور September 5-10	شروع تغییر رنگ میوه Commencement of fruit color change	
۳۰– ۲۵ شهریور September 15-20	بلوغ فیزیولوژی میوه Physiological fruit maturity	
۲۰– ۱۰ آبان November 1-10	پایان رشد سرشاخه‌های پاییزه End of autumn shoot growth	
۲۰– ۱ مهر September 22-October 12	رسیدن میوه Fruit ripening	فاز سوم Phase III

جدول ۴- ویژگی اسیدهای آمینه مورد استفاده در آزمایش (Wu,2013)

(نوع و درصد در ترکیب، وزن ملکولی و فرمول شیمیایی، مقدار نیتروژن در هر اسید آمینه و در کل ترکیب مصرفی)

Table 4. Composite amino acid used in the experiment (Wu,2013)

(Type and percentage in the composition, molecular weight and chemical formula, amount of nitrogen in each amino acid and in the total composition)

اسید آمینه مصرفی Applied amino acid						
نام اسید آمینه Amino acid name		ترکیب (درصد) Composition (%)	وزن ملکولی (گرم بر مول) Molecular weight (g/mol)	فرمول شیمیایی Chemical formula	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	نیتروژن (درصد در ترکیب) Nitrogen (Percentage in the composition)
سرین	serine	14	105.1	$C_3H_7NO_3$	13.33	1.87
گلوتامیک اسید	Glutamic acid	12	147.1	$C_5H_9NO_4$	9.52	1.14
پرولین	proline	12	115.1	$C_5H_9NO_2$	12.17	1.46
آسپارتیک اسید	Aspartic acid	8	133.1	$C_4H_7NO_4$	10.53	0.84
گلیسین	glycine	8	75.1	$C_2H_5NO_2$	18.67	1.49
لیوسین	leucine	7	131.2	$C_6H_{13}NO_2$	10.69	0.75
آرژینین	arginine	6	174.2	$C_6H_4N_4O_2$	33.33	2
آلانین	alanine	6	89.1	$C_3H_7NO_2$	15.73	0.94
ترئونین	threonine	6	119.12	$C_4H_9NO_3$	11.76	0.71
والین	valine	6	117.15	$C_5H_{11}NO_2$	11.96	0.72
فنیل آلانین	phenylalanine	5	165.2	$C_9H_{11}NO_2$	8.48	0.42
هیستدین	histidine	2	155.15	$C_6H_9N_3O_2$	27.10	0.54
متیونین	methionine	1	149.2	$C_5H_{11}NO_2S$	9.39	0.094
سیستئین	cysteeine	1	121.2	$C_3H_7NO_2S$	11.57	0.12
لیزین	lysine	1	146.2	$C_6H_{14}N_2O_2$	9.59	0.096
ایزولوسین	isoleucine	1	131.17	$C_6H_{13}NO_2$	10.69	0.11
تیروسین	tyrosine	1	181.19	$C_9H_{11}NO_3$	7.34	0.07
نیتروژن کل ترکیب مصرفی (w/w) Total nitrogen of the applied mixture						13.37

نتایج و بحث

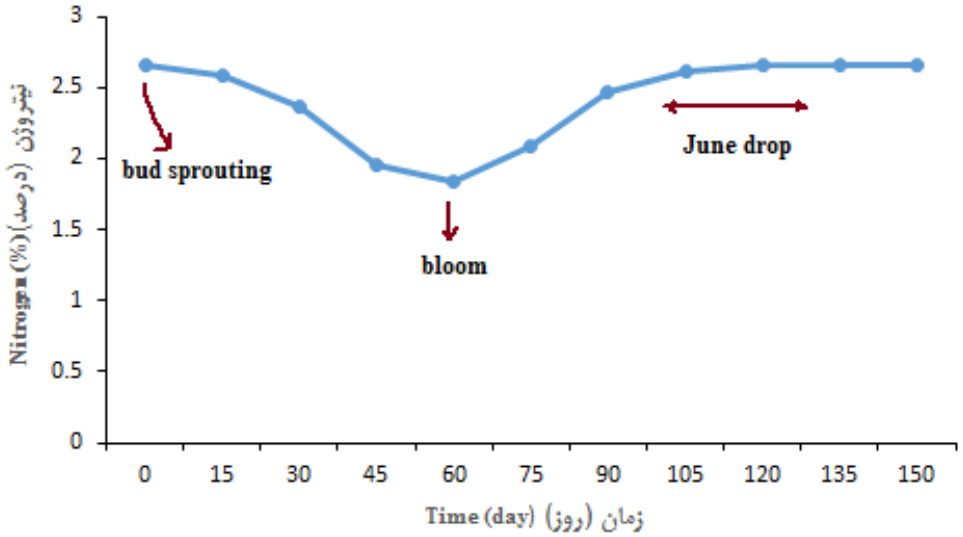
نتایج بررسی روند غلظت نیتروژن برگ درختان مرکبات بارده در آزمایش اول نشان داد که غلظت نیتروژن برگ‌ها در نارنگی انشو میاگاوا با پایه کاریزوسیترنج از زمان شکسته شدن جوانه‌ها و شروع رشد رشد سرشاخه‌های بهاری به تدریج شروع به کاهش کرد و در مرحله باز شدن گل‌ها به حداقل رسید به طوری از ۲/۶۵ درصد در شروع نمونه‌برداری به ۱/۸۴ درصد در گلدهی کامل رسید. از گلدهی کامل مجددا مقدار نیتروژن برگ‌ها به تدریج افزایش یافت از ۱/۸۴ درصد به ۲/۶۶ درصد در مرحله ریزش فیزیولوژیک میوه-چه‌ها رسید (شکل ۱). در مورد درختان پرتقال تامسون ناول با پایه نارنج نتایج نشان داد که غلظت نیتروژن از ۲/۵۷ درصد در شروع نمونه‌برداری به ۱/۸۵ درصد در گلدهی کامل رسید پس از گلدهی، نیتروژن برگ‌ها به تدریج افزایش یافت و از ۱/۸۵ درصد به ۲/۵۶ درصد در مرحله ریزش فیزیولوژیک میوه‌چه‌ها رسید (جدول ۵). به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که زمان گلدهی در درختان مرکبات مصادف با حداقل غلظت نیتروژن در برگ‌ها است. در درختان مرکبات، تعداد گل‌ها عامل تعیین کننده عملکرد نهایی میوه نیست بلکه تشکیل میوه عامل تعیین کننده عملکرد است بنابراین برای باغداران، مرحله تشکیل میوه از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (Agusti et al., 1982). دو موج اصلی ریزش در مرکبات وجود دارد موج اول ریزش اندام‌های زایشی است که در مرحله گلدهی رخ می‌دهد و موج دوم ریزش در مرحله توسعه میوه‌چه‌ها است که به ریزش تابستانه[1] معروف است. اهمیت نسبی این دو موج ریزش، به شدت گلدهی بستگی دارد. هر چه تعداد گل‌ها بیشتر باشد تعداد اندام‌های زایشی که به مرحله میوه‌چه می‌رسند کاهش می‌یابد (Agusti et al. 1982). هرچه تعداد جوانه‌های گل بیشتر باشد مقدار ریزش جوانه‌ها قبل از بازشدن جوانه‌های گل افزایش می‌یابد. نتایج پژوهش‌های مختلف نشان داده است که از شکسته شدن جوانه‌ها تا

[1] June drop

گلدهی، نه تنها مقدار کربوهیداتهای قابل مصرف[1] محدود کننده نیست بلکه مقدار نسبی آنها در برگ‌ها نیز افزایش می‌یابد. همچنین مقدار فتوسنتز در این مرحله نیز بیشتر از مقدار مصرف کربوهیدارت‌ها توسط اندام‌های زایشی است به طوری که کربوهیدرات‌ها و نشاسته در برگ‌ها دیگر اندام‌های درختان تجمع می‌یابند اما مقدار ساکارز و قندهای محلول در طی این مرحله تقریبا ثابت است. با این حال، جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن توسط ریشه‌ها در طی این مرحله بسیار محدود است و در مقابل رشد اندام‌های در حال توسعه به انتقال مجدد عناصر غذایی ذخیره به ویژه نیتروژن ذخیره شده بستگی دارد؛ بنابراین راهکارهای عملی برای افزایش نیتروژن ذخیره و یا فراهمی نیتروژن در این مرحله گلدهی، می‌تواند تشکیل اولیه میوه را افزایش دهد (Ruiz et al., 2001).

برخی پژوهش‌ها نشان داده است که مقدار نیتروژن در میوه‌چه‌ها با مقدار ماده خشک آنها ارتباط خطی دارد به طوری که به ازای هر گرم افزایش در ماده خشک میوه‌چه‌ها حدود ۲۴/۵ میلی گرم نیتروژن تجمع می‌یابد این عنصر غذایی در طی شکستن جوانه-ها و گلدهی از برگ‌های خارج و به اندام‌های در حال توسعه منتقل می‌شود به طوری غلظت آن به تدریج کاهش می‌یابد (Ruiz et al., 2001). مصرف نیتروژن در پاییز پس از برداشت موجب افزایش نیتروژن ذخیره و کاهش کربوهیداتهای ذخیره درختان شد و عملکرد سال بعد درختان بیشتر به مقدار نیتروژن ذخیره تا کربوهیدرات‌های ذخیره بستگی دارد به طوری که رشد رویشی و میوه‌دهی عمدتا به وضعیت نیتروژن ذخیره درختان وابسته است؛ بنابراین راهکارهای عملی مدیریت باغ برای افزایش نیتروژن ذخیره درختان از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (Cheng and Robinson, 2004; Zhao et al., 2025). نتایج این پژوهش با گزارش‌های دیگر مطابقت دارد که نشان دادند درختان مرکبات دارای مقدار زیادی ترکیبات نیتروژنی ذخیره در اندام های خاص به ویژه برگ‌ها هستند. این نیتروژن در طی پاییز و زمستان تجمع و در اندام‌های رویشی و زایشی جدید در اوایل مصرف می‌شوند (Ruiz and Guardiola, 1994). پژوهش‌های زیادی در مورد نیتروژن ذخیره انجام نشده است اما به طور کلی برخی گزارش‌ها نشان داده است که حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد نیتروژن ذخیره برگ‌ها به شکل پروتئین و بقیه به شکل ترکیبات نیتروژنی محلول به ویژه اسیدهای آمینه هستند. میانگین کل پروتئین به ازای هر برگ بالغ مرکبات حدود ۱۳ میلی گرم (حدود ۲ میلی‌گرم نیتروژن) است و ۵۰ تا ۷۰ درصد از این پروتئین به شکل پروتئین محلول است که قابلیت انتقال مجدد را دارد (Ruiz and Guardiola, 1994). نتایج این آزمایش با پژوهش‌های Sanz و همکاران (۱۹۸۷) مطابقت دارد که گزارش کردند مرحله شکوفایی درختان پرتقال تامسون ناول مصادف با حداقل غلظت نیتروژن در برگ است و جذب عناصر غذایی توسط ریشه‌ها در این مرحله بسیار پایین است. همچنین آنها گزارش کردند که از شروع شکستن جوانه-ها تا گلدهی، میزان فتوسنتز بیشتر از مصرف کربوهیدراتها است به طوری در این مرحله کربوهیدراتها در برگها تجمع می‌یابند؛ بنابراین رشد اندام‌های در حال توسعه در این مرحله عمدتا به انتقال مجدد نیتروژن از اندام‌های ذخیره بستگی دارد به طوری که میزان انتقال مجدد نیتروژن از برگ‌ها بخش عمده نیتروژن مورد نیاز برای تشکیل و رشد اندام‌های جدید تا شکوفایی را تامین می‌کند و مدت کوتاهی پس از شکوفایی، میزان نیتروژن برگ‌ها مجددا افزایش می‌یابد (Sanz et al., 1987; Cheng and Robinson, 2004). این گزارش با نتایج این پژوهش مطابقت دارد. به طور کلی بیشتر ارقام مرکبات، تعداد بسیار زیادی گل می‌دهند اما در بیشتر موارد عامل تعیین کننده عملکرد نهایی میوه، تشکیل میوه (نه تعداد گل‌ها) است. ریزش عمده اندام‌های زایشی در مرحله شکوفایی گل‌ها یا مدتی قبل از آن یا چند هفته بعد رخ می‌دهد. اهمیت نسبی این مراحل ریزش به شدت گلدهی (تعداد گل‌ها) و تعداد نسبی تبدیل تخمدان‌ها به میوه‌چه بستگی دارد هرچه شدت گلدهی بیشتر باشد تعداد تخمدان-های که به میوه‌چه تبدیل می‌شوند کاهش می‌یابد. علاوه بر این موقعه‌ای که تعداد جوانه‌های گل بسیار زیاد است نسبت زیادی از آنها ممکن است قبل از شکوفایی ریزش کنند (Agusti et al., 1982). نتایج پژوهشی نشان داده است رقابت این اندام‌های در حال توسعه برای برخی عناصر غذایی به ویژه نیتروژن، عامل اصلی تعیین کننده ریزش است.

[1] metabolizable carbohydrates



شکل ۱- روند تغییرات غلظت نیتروژن در برگ درختان نارنگی انشو میاگاوا از ۱۰ اسفند تا ۱۰ مردادماه (از شکسته شدن جوانه‌ها تا پایان ریزش تابستانه میوه‌چه‌ها)

Figure 1. Changes trends of nitrogen concentration in the old leaves of Miyagawa satsuma mandarin trees (from bud sprouting until the end of June drop)

جدول ۵- روند تغییرات غلظت نیتروژن در برگ درختان نارنگی پرتقال تامسون ناول از اول اسفند تا ۱۵ تیرماه (از شکسته شدن جوانه‌ها تا پایان ریزش تابستانه میوه‌چه‌ها)

Table 5. Changes trends of nitrogen concentration in the old leaves of Thompson navel orange trees (from bud sprouting until the end of June drop)

فنولوژی phenology	شکستن جوانه‌ها و رشد سرشاخه‌ها bud sprouting and shoot growth			شروع گلدهی تا پایان ریزش گلبرگ‌ها Commencement of flowering to petal fall			تشکیل میوه تا پایان ریزش تابستانه میوه‌چه‌ها Fruit set to end of June drop			
زمان (روز) Time (days)	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135
نیتروژن (درصد) N (%)	2.57a	2.54a	2.34b	1.98c	1.85d	2.11c	2.39b	2.52a	2.56a	2.56a

شکل ۲- تغییرات علائم ظاهری برگ درختان نارنگی نارنگی انشو میاگاوا و پرتقال تامسون ناول در طی گلدهی و تشکیل میوه

Figure 2. Changes in leaves appearance symptoms of Miyagawa satsuma mandarin and Thompson navel orange trees durung flowering and fruit set

برخی پژوهشگران دیگر نیز تأثیر محدودیت فراهمی نیتروژن در ریزش گل‌ها و تشکیل اولیه میوه را گزارش کرده‌اند (Guardiola et al., 1984). نتایج پژوهشی مختلف نشان داده است که مقدار اسیدهای آمینه (نیتروژن آمینی) برگ‌ها در فصل زمستان به مقدار زیادی افزایش می‌یابد و در اواخر دی و بهمن به حداکثر (حدود ۱/۲ میلی‌گرم نیتروژن آمینی) به ازای هر برگ می‌رسد. مقدار اسیدهای آمینه برگ‌ها مرکبات حدود چند هفته قبل از شروع جهش-های رشدی اوایل فصل تا زمان ریزش گلبرگ‌ها و تشکیل میوه به نصف کاهش یافت و تقریباً در بقیه طول سال ثابت باقی می‌ماند. پرولین در کل چرخه رشد، اسید آمینه غالب در برگ درختان مرکبات است که بیشتر از ۸۵ درصد اسیدهای آمینه را در فصل زمستان تشکیل می‌دهد. دیگر اسیدهای آمینی با مقدار نسبتا بالا در برگ درختان مرکبات، سرین (۲ تا ۱۲ درصد)، اسید بوتیریک (۲ تا ۱۴ درصد)، آرجنین (۱ تا ۹ درصد)، گلوتامیک اسید (۱ تا ۹ درصد)، آسپارازین (۱ تا ۱۲ درصد) هستند. گرچه تنوع اسیدهای آمینه در طی فصل رشد تغییر می‌کند و در ترکیب شیره سلولی نیز این تغییرات وجود دارد این تنوع ممکن است ناشی از افزایش فعالیت‌های متابولیک در طی جهش‌های رشدی باشد (Moreno and Garcia-Martinz, 1984). مقدار پرولین در برگ درختان مرکبات در فصل زمستان تا حدود ۹۵ درصد کل اسیدهای آمینه در فصل زمستان افزایش می‌یابد سپس به طور پیوسته از اواخر زمستان تا اوایل اردیبهشت ماه کاهش می‌یابد و به علت عدم تولید خالص پروتئین در طی این دوره می‌توان نتیجه‌گیری کرد که نیتروژن پرولین از برگ‌ها برای دیگر اندام‌های در حال توسعه خارج می‌شود. نیتروژن آلی، اغلب به شکل مولکول‌های غنی از نیتروژن مانند آمیدها منتقل می‌شوند. افزایش آرجنین در مرحله جهش‌های رشدی بهار نشان می‌دهد که آرجنین ممکن است این نقش انتقالی در برگهای مرکبات داشته باشد همچنانکه در شیره آوندهای چوبی وجود دارد. تجمع پرولین در برگ‌ها، شاخه‌ها و شیره آوند چوبی درختان مرکبات، یک پاسخ معمول به سرد شدن هوا در اواخر پاییز و زمستان است. به طور کلی پرولین، به عنوان یک ذخیره مهم نیتروژن عمل می‌کند و می-تواند تا حدود ۰/۶ میلی‌گرم نیتروژن به ازای هر برگ را فراهم کند. این مقدار تنها ۳۰ تا ۴۰ درصد نیتروژنی است که توسط پروتئین‌ها فراهم می‌شود اما نیتروژن پرولین در فاصله زمانی کوتاه‌تری و در

زمانی بسیار حیاتی در شروع جهش‌های رشدی اوایل فصل رشد متحرک می‌شود علی‌رغم این حقیقت که پرولین یک اسید آمینه غنی از نیتروژن نیست و حدود ۱/۴۶ درصد نیتروژن دارد (Moreno and Garcia-Martinz, 1984). نتایج گزارش‌های Ruiz و همکاران (۲۰۰۱) نیز نشان داد که ریزش گل‌ها و همچنین ریزش اولیه میوه‌چه‌ها (موج اول ریزش) در درختان واشنگتن ناول ناشی از کمبود و قابلیت فراهمی کربوهیدراتها نیست بلکه ناشی از محدودیت فراهمی برخی عناصر غذایی از جمله نیتروژن است به‌طوری غلظت نیتروژن از مرحله شکستن جوانه‌ها تا مرحله شکوفایی در برگ‌ها کاهش می‌یابد. گزارش‌های این پژوهشگران نیز با نتایج این آزمایش مطابقت دارد.

نتایج تأثیر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در تعداد گل، درصد تشکیل میوه، درصد نهایی میوه و تعداد برگ‌های جدید نارنگی انشو میاگاوا نشان داد که تیمارهای مختلف تأثیر معنی‌داری بر تعداد گل، درصد تشکیل میوه و تعداد نهایی میوه‌ها در زمان برداشت به ازای هر درخت نداشت اما بر تعداد برگ‌های جدید تأثیر معنی‌دار نشان داد. اثر متقابل سال و تیمارهای آزمایشی نیز بر هیچ یک از صفات مورد اندازه‌گیری معنی‌دار نبود. نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های برخی ویژگی‌های رویشی و زایشی نارنگی انشو میاگاوا در سه سال آزمایش به ترتیب در جدول‌های ۶ و ۷ نشان داده است. این نتایج نشان می‌دهد عامل تیمار و اثر متقابل سال و تیمار تأثیر معنی‌داری بر تعداد گل، تشکیل میوه و تعداد نهایی میوه نداشت اما عامل سال بر تعداد گل، درصد تشکیل میوه و تعداد برگ جدید درختان تأثیر معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان داد (جدول ۶). در جدول ۸، میانگین‌های عملکرد درختان نارنگی انشو میاگاوا با محلول‌پاشی تیمارهای مختلف طی سه سال آزمایش را نشان داده است. نتایج نشان می‌دهد که عامل سال تأثیر معنی‌داری بر عملکرد درختان داشت در مقابل، تأثیر تیمارهای مختلف محلول‌پاشی و نیز اثر متقابل عامل‌های مختلف تأثیر معنی‌داری بر عملکرد درختان طی دوره آزمایش نشان ندادند. به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری در میزان عملکرد درختان در تیمارهای شاهد، نیتروژن معادل و آمینواسید وجود نداشت (جدول ۸).

جدول ۶- تجزیه واریانس تأثیر اسیدهای آمینه در زمان گلدهی در برخی ویژگی‌های رویشی و زایشی نارنگی انشو میاگاوا

Table 6. Analysis of variance of the effect of amino acids at flowering time on some vegetative and reproductive characteristics of Miyagawa satsuma mandarin

منابع تغییرات Resource changes	درجه آزادی d.f.	میانگین مربعات mean squares			
		تعداد گل Number of flowers	تشکیل میوه (درصد) Fruit set (%)	میوه نهایی (درصد) Fruit (%)	تعداد برگ جدید Number of new leaves
سال year	2	8231*	330*	14*	15681*
خطا error	6	1457 ns	48 ns	44 ns	2710 ns
تیمار treatments	2	487 ns	17 ns	17 ns	4419 *
سال×تیمار Treatment × year	4	2792 ns	39 ns	20 ns	234 ns
خطاerror	12	3348	76	25	961079

ns، *: به ترتیب بدون تأثیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

ns, *: nonsigificant and significant at 5% possibility levels, respectively.

جدول ۷- تأثیر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در زمان گلدهی برخی ویژگی‌های رویشی و زایشی درختان نارنگی انشو میاگاوا

Table 7. Effect of foliar spraying of amino acids at flowering time on some vegetative and reproductive characteristics of Miyagawa satsuma mandarin

منابع تغییرات Resource changes	تعداد گل Number of flowers	تشکیل میوه (درصد) Fruit set (%)	میوه نهایی (درصد) Fruit (%)	تعداد برگ جدید Number of new leaves
سال اول first year	163.4 a	7.6 b	2.8 b	98.9b
سال دوم second year	155.1 ab	11.4 a	4.7 a	105.6 a
سال سوم third year	146.1 b	10.7 a	4.4 a	111.4 a
شاهد controls	154.8a	10.2 a	3.8 a	101.3 b
اسید آمینه یک در هزار (w/v) Amino acid (1grli-1)	152.0a	10.0 a	4.0 a	107.1 ab
سید آمینه سه در هزار (w/v) Amino acid (3grli^{-1})	153.1[a]	9.2 [a]	3.8 [a]	113.7 [a]

* میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* The averages for each column that have the same letters are not significantly different from each other at the 5% probability level.

جدول ۸- تأثیر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در زمان گلدهی بر عملکرد درختان نارنگی انشو میاگاوا

Table 8. Effect of foliar spraying of amino acids at flowering time on the yield of Miyagawa satsuma mandarin trees

منابع تغییرات Resource changes	تیمارها treatments	عملکرد (کیلوگرم به ازای هر درخت) Yield (kgtree^{-1})
سال year	1	57.6 [b]
	2	65.3 [a]
	3	59.6 [b]
تیمار محلول‌پاشی Foliar spray treatments	شاهد controls	57.9 [a]
	اسید آمینه یک در هزار (w/v) Amino acid (1grli^{-1})	62.9 [a]
	اسید آمینه سه در هزار (w/v) Amino acid (3grli^{-1})	61.3 [a]

* میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* The averages for each column that have the same letters are not significantly different from each other at the 5% probability level.

نتایج تأثیر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در وزن متوسط، درصد عصاره، ضخامت پوست میوه، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون و شاخص برداشت میوه نارنگی انشو میاگاوا نشان داد که تیمارهای مختلف تأثیر معنی‌داری بر وزن متوسط، درصد عصاره، ضخامت پوست میوه، اسیدیته قابل تیتراسیون و شاخص برداشت نداشتند. درصد مواد جامد محلول عصاره میوه تحت تأثیر تیمارهای محلول‌پاشی قرار گرفت و این تأثیر از نظر آماری در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. تأثیر سال‌های آزمایش بر وزن متوسط، درصد عصاره، مواد جامد محلول، اسیدیته قابل تیتراسیون از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بود اما ضخامت پوست و شاخص برداشت میوه، تحت تأثیر سال قرار نگرفت. مقایسه میانگین صفات کیفی میوه نشان می‌دهد که وزن میوه‌ها همچنین میزان قندهای جامد محلول[1] (TSS)، اسید قابل تیتراسیون[2] (TA) و درصد عصاره میوه در سال اول نسبت به سال‌های دوم و سوم آزمایش به‌طور معنی‌داری کمتر بود. نتایج غلظت نیتروژن در برگ درختان ۳۰ و ۶۰ روز پس از محلول‌پاشی در سه سال متوالی نشان می‌دهد که درسال‌های مختلف غلظت نیتروژن برگ درختان تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. مقایسه میانگین غلظت نیتروژن در تیمارهای مختلف محلول‌پاشی نشان می‌دهد که محلول‌پاشی اسیدهای آمینه، تأثیر معنی‌داری بر غلظت نیتروژن برگ نداشت (جدول‌های ۹ و ۱۰).

[1] Total soluble solid

[2] Titratable acid

جدول ۹- تأثیر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در زمان گلدهی در غلظت نیتروژن برگ درختان نارنگی انشو میاگاوا

Table 9. Effect of foliar spraying of amino acids at flowering time on leaf nitrogen concentration of Miyagawa satsuma mandarin trees

منابع تغییرات Resource changes		نیتروژن (درصد) N (%)	
		۳۰ روز پس از محلول‌پاشی 30 days after foliar spray	۶۰ روز پس از محلول‌پاشی 30 days after foliar spray
سال year	1	2.45 a	2.56 a
	2	2.39 a	2.53 a
	3	2.43 a	2.49 a
تیمار محلول‌پاشی Foliar spray treatments	شاهد controls	2.38 a	2.51 a
	اسید آمینه یک در هزار (w/v) Amino acid ($1grli^{-1}$)	2.39 a	2.52 a
	اسید آمینه سه در هزار (w/v) Amino acid ($3grli^{-1}$)	2.43 a	2.54 a

* میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* The averages for each column that have the same letters are not significantly different from each other at the 5% probability level.

نتایج این پژوهش نشان داد که به‌طور کلی محلول‌پاشی اسیدآمینه در سطوح مختلف تأثیر معنی‌داری بر صفات مورد بررسی از جمله عملکرد، وزن میوه و صفات کیفی میوه نشان نداشت. تنها فاکتوری که در این آزمایش بر بیشتر صفات مورد بررسی تا حدودی مؤثر بود فاکتور سال بود. با بررسی داده‌های هواشناسی می‌توان دید که سال اول آزمایش به نسبت سال‌های دوم و سوم کم باران‌تر و گرم‌تری بود از این‌رو با وجود تعداد گل بیشتر در بهار سال اول، درصد تشکیل میوه‌چه و درصد میوه نهایی در این سال، کاهش معنی‌داری به نسبت سال‌های دوم و سوم نشان داد. همچنین وزن میوه در سال اول، کاهش معنی‌داری نسبت به سال‌های دوم و سوم نشان داد. از طرف دیگر، گزارش‌های متعددی مبنی بر تأثیر مثبت نیتروژن بر صفات کمی و کیفی ارقام مختلف مرکبات موجود است ولی در این آزمایش مقدار نیتروژن موجود در اسیدآمینه یک و سه در هزار یا نفوذ آن به داخل برگ برای تأثیر نیتروژن بر صفات مورد بررسی کافی نبود و سطوح مختلف اسیدآمینه تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نشان ندادند.

نتایج محلول‌پاشی برای مقایسه نفوذ برگی اوره، نیترات و یازده اسید آمینه مختلف آلانین، آرجنین، آسپاراژین، آسپاراتیک اسید، گلوتامین، گلیسین، لیوسین، لیزین، میتونین، فنیل آلانین، پرولین، سرین و تریپتوفان به ترتیب به وزن ملکولی ۱۷۴/۲، ۱۳۲/۱، ۱۳۳/۱، ۱۲۱/۲، ۱۴۶/۲، ۱۳۱/۲، ۱۴۶/۲، ۱۴۹/۲، ۱۶۵/۲، ۱۱۵/۱، ۱۰۵/۱ و ۲۰۴/۲ گرم بر مول در درختان هلو نشان داد میانگین جذب اسیدهای آمینه مختلف کمتر از ۲۰ درصد میانگین جذب اوره بود. همجنین میانگین جذب همه اسید آمینه‌های مصرفی کمتر از نیترات بود. نتایج این پژوهش نشان داد که گلیسین بیشترین جذب برگی داشت و پس از آن آلانین قرار داشت و مقدار جذب برگی دیگر اسید آمینه‌های مصرفی بسیار پایین بود. با افزایش وزن مولکولی اسیدهای آمینه، میزان جذب آنها کاهش یافت و به طور کلی رابطه منفی بین وزن مولکولی و جذب وجود داشت. همچنین نتایج نشان داد که در اسید آمینه‌های با وزن مولکولی بیشتر از ۱۳۰ گرم بر مول، میزان جذب بسیار پایین بود (Furuya and Umemiya, 2002). راندمان و ویژگی‌های جذب هر اسید آمینه عمدتاً به وزن مولکولی آنها بستگی دارد البته برخی فاکتورهای دیگر از جمله اندازه مولکول، توزیع بار[1]، قابلیت تبخیر[2]، حلالیت و قابلیت جذب[3] اسیدهای آمینه مختلف در نفوذشان از غشاهای کوتیکولی نقش دارند. گزارش‌های Furuya و Umemiya (2002) در مورد نفوذ برگی اسیدهای آمینه آلانین، آرجنین، آسپاراژین، آسپاراتیک اسید، گلوتامین، گلیسین، لیوسین، لیزین، میتونین، فنیل آلانین، پرولین، سرین و تریپتوفان نشان داد که سرعت جذب دو اسید آمینه آبدوست[4] آرجنین و لیزین بیشتر از دیگر اسیدهای آمینه بود و دلیل آن را بار مثبت این اسیدهای آمینه گزارش کردند که به صورت کاتیون به آسانی به کوتیکول نفوذ می‌کنند. در مورد قابلیت جذب اسیدهای آمینه توسط ریشه اطلاعات زیادی در دسترس نیست نتایج بررسی جذب ۲۲ اسید آمینه توسط ریشه نشان داد که اسیدهای آمینه آرجنین، گلوتامین، سیترولین و آسپاراجین تأثیری مانند نیترات یا بیشتر از نیترات داشتند (Mori et al., 1985). نتایج برخی پژوهش‌ها نشان داده است برخی اسیدهای آمینه از جمله آرجنین تحت شرایط محیط سرد و شرایط نوری کم می‌تواند به عنوان منبع کربن عمل کنند اما مقدار کربن فراهم شده

[1] Charge partition
[2] Volatility
[3] Adsorbability
[4] Hydrophilic

با سه محلول‌پاشی متوالی آن کمتر از ۵ درصد مقدار کربن فراهم شده از فتوسنتز است؛ بنابراین اسیدهای آمینه به طور کلی به عنوان یک منبع ضعیفی برای کربن و نیتروژن است. در مقابل نتایج پژوهشی مختلف نشان داده است اوره مهم‌ترین و مؤثرترین منبع کودی نیتروژن برای محلول‌پاشی برگی در مقایسه دیگر منابع معدنی نیتروژن (سولفات آمونیم و نیترات آمونیم) و منابع آلی نیتروژن (اسیدهای آمینه) است نتایج جذب برگی اوره، سولفات آمونیم، نیترات پتاسیم و اسیدهای آمینه به عنوان منابع نیتروژن نشان داد که اوره بیشترین جذب داشت و در مقابل اسیدهای آمینه و نیترات از منبع نیترات پتاسیم کمترین جذب برگی داشتند (Stiegler et al., 2013).

جدول ۱۰- تأثیر محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در زمان گلدهی بر برخی ویژگی‌های میوه نارنگی انشو میاگاوا

Table 10. Effect of foliar spraying of amino acids at flowering time on some quality characteristics of Miyagawa satsuma mandarin trees fruit

شاخص برداشت TSS/TA	اسیدیته قابل تیتراسیون (درصد) TA (%)	مواد جامد محلول (درصد) TSS (%)	ضخامت پوست (میلی‌متر) Peel thick	عصاره (درصد) Extract (%)	وزن میوه (گرم) Fruit weight (gr)	منابع تغییرات Resource changes	
7.05 a	1.26 b	8.89 b	2.62 a	44.86 b	129.6 b	1	سال year
6.94 a	1.39 a	9.66 a	2.69 a	66.02 a	145.8 a	2	
6.81 a	1.34 a	9.13 a	2.71 a	64.89 a	146.2 a	3	
6.91 a	1.28 a	8.85 b	2.73 a	57.17 a	136.7 a	شاهد controls	تیمار محلول‌پاشی Foliar spray treatments
6.98 a	1.33 a	9.29 a	2.70 a	56.98 a	139.9 a	اسید آمینه یک در هزار (w/v) Amino acid ($1grli^{-1}$)	
6.69 a	1.34 a	8.97 ab	2.57 a	58.48 a	138.9 a	اسید آمینه سه در هزار (w/v) Amino acid ($3grli^{-1}$)	

* میانگین‌های مربوط به هر ستون که دارای حروف لاتین مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* The averages for each column that have the same letters are not significantly different from each other at the 5% probability level

تغییرات میزان پروتئین و اسیدهای آمینه برگ‌های درختان پرتقال تامسون ناول در طی جهش‌های رشد سرشاخه‌ها اوایل فصل و گلدهی نشان داد که میزان پروتئین برگ‌ها کاهش یافت و سپس در پایان جهش‌های رشدی بهار و تابستان به تدریج ترمیم شد ارزیابی این روند تغییرات نشان داد که بخش اعظم پروتئین‌های برگ‌ها در تحرک مجدد نیتروژن در طی این دوره مشارکت دارند (Moreno et al., 1984; Sadka et al., 2019). گزارش‌های پژوهشی نشان داد است که در درختان پرتقال تامسون ناول و نارنگی انشو به ترتیب تنها حدود ۱۵ و ۱۰ درصد نیاز نیتروژنی اندام‌های در حال رشد اوایل بهار آنها از کوددهی خاکی اوایل فصل تأمین می‌شود بنابراین نیتروژن ذخیره در اندام‌های مختلف به ویژه برگ‌ها حدود ۸۵ تا ۹۰ درصد نیاز نیتروژنی اندام‌های رویشی و زایشی در حال رشد اوایل فصل را تأمین می‌کند (Kubota, 1977). به طور کلی کربوهیدرات-ها و نیتروژن ذخیره برای تأمین انرژی و فراهمی بلوک‌های ساختمانی جهت رشد و توسعه اندام‌های رویشی و زایشی درختان میوه در شروع فصل رشد در بهار ضروری هستند قبل از این که فتوسنتز و جذب نیتروژن از ریشه قابلیت تأمین این مواد غذایی برای اندام‌های در حال توسعه را داشته باشد. نتایج پژوهشی نشان داده است که عملکرد درختان میوه در سال بعد بیشتر به مقدار نیتروژن ذخیره (تا کربوهیداتهای ذخیره) است و چگونگی افزایش نیتروژن ذخیره درختان یکی از مهم‌ترین بخش‌های مدیریت باغ است مصرف خاکی نیتروژن و محلول‌پاشی اوره در پاییز موجب افزایش ذخیره نیتروژن می‌شود و در نتیجه بهبود رشد، گلدهی، افزایش تشکیل میوه و عملکرد درختان میوه در سال بعد است (Cheng and Robinson, 2004). علیرغم استفاده روزافزون از اسیدهای آمینه در کشاورزی، بسیاری از جوامع علمی آن را فاقد ارزیابی علمی دقیقی می‌دانند، فرض بر این است که گیاهان می‌توانند اسیدهای آمینه و پپتیدها را جذب کنند. گزارش شده که ریشه گیاه می‌تواند اسیدهای آمینه نشان‌دار شده را جذب کند (Miller et. al., 2007; Nacry et al., 2013). گزارش‌هایی هم مبنی بر جذب برگی این مواد موجود است (Maini., 2006; Stiegler et al., 2013; Rahman, 2022). ولی شواهد مستقیمی هنوز وجود ندارد که سهم قابل‌توجهی در تغذیه گیاه داشته باشند (Nasholm et al., 2009). به طور کلی اسیدهای آمینه انتخاب سختی برای جذب برگی هستند، زیرا اسیدهای آمینه اندازه مولکولی بسیار بزرگی دارند و جذب برگی آنها پایین است (Sauheitl et al., 2009) بنابراین برای جذب برگی اسیدهای آمینه، در شرایط میدانی بسیار پایین است کما این‌که با غلظت‌های استفاده‌شده در پژوهش حاضر، تأثیر قابل‌توجهی در غلظت نیتروژن، تشکیل میوه، عملکرد و کیفیت میوه درختان نارنگی انشو نداشت.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، غلظت نیتروژن برگ درختان نارنگی انشو میاگاوا و پرتقال تامسون ناول با شروع شکستن جوانه‌ها شروع به کاهش کرد و در مرحله گلدهی به حداقل رسید که نشان‌دهنده محدودیت و نیاز نیتروژن در مرحله گلدهی و تشکیل میوه (مرحله اول ریزش اندام‌های زایشی) است. از طرفی نتایج محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در مرحله گلدهی نشان داد که محلول‌پاشی اسیدهای آمینه تأثیر معنی‌داری در کاهش ریزش گل و میوه‌چه‌ها، افزایش تشکیل میوه، غلظت نیتروژن برگ و افزایش عملکرد درختان نارنگی انشو میاگاوا نداشت؛ بنابراین براساس نتایج این آزمایش محلول‌پاشی اسیدهای آمینه برای درختان مرکبات توصیه نمی‌شود. لذا در پایان پیشنهاد می‌گردد از توصیه و ترویج بدون پشتوانه علمی مصرف اسیدهای آمینه برای درختان میوه به ویژه درختان مرکبات و ایجاد هزینه اقتصادی برای باغ‌داران اجتناب گردد.

تشکر و قدردانی

از همکاران محترم بخش تحقیقات خاک و آب مازندران، باغداران منطقه، کارشناسان ایستگاه تحقیقات باغبانی قائم‌شهر و کارشناسان شرکت دشت ناز ساری که نهایت همکاری در انجام تجزیه‌های آزمایشگاهی و کارهای میدانی این پژوهش داشتند تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

1. Agusti, M., Garcia-Mari, F., Guardiola, J.L. 1982. The influence of flowering intensity on the shedding of reproductive structures in sweet orange. Sci. Hortic. 17: 345-352.
2. Al-Akashy, H., Al-Hamidawi, M. and Al-Abbasi, B., 2020. Effect of spraying organic fertilizer, nano processor with boron in the growth and productivity of *Citrus Limon* L. trees. Plant Archives. 20 (2): 3122-3125.
3. Ardebili, Z.O., Moghadam, A.R.L., Ardebili, N. O., Pashaie, A.R., 2012. The induced physiological changes by foliar application of amino acids in Aloe vera L. plants. PlantOmics. 5: 279–284.
4. Asadi Kangarshahi, A. and Akhlaghi Amiri, N. 2025. Management of Nitrogen Fertilization in Citrus Orchards - a review. Land Management, 11 (2): 209-228. DOI: 10.22092/lmj.2023.362505.333. (In persian)
5. Asadi Kangarshahi, A. and Akhlaghi Amiri, N. 2019. *Nutrition management of citrus trees*. Agricultural Extension and Education Publications. (In persian)
6. Asadi Kangarshahi, A. and Akhlaghi Amiri, N. 2014. *Advanced and Applied Citrus Nutrition*, (I). Agricultural Extension and Education Publications. (In persian)
7. Bastam, N., Baninasab, B. and Ghobadi. C., 2013. Interactive effects of ascorbic acid and salinity stress on the growth and photosynthetic capacity of pistachio (*Pistacia Vera* L.) seedlings. Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 88: 610-616.
8. Bashour, I. and Sayegh, A.A. 2007. *Methods of Analysis for Soils of Arid and Semi-Arid Regions*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. P. 49-53.
9. Biernath, C., Fischer, H., Kuzyakov, Y., 2008. Root uptake of N-containing and N-free low molecular weight organic substances by maize: a 14 C/15N tracer study. Soil Biol. Biochem. 40: 2237–2245.
10. Bremmer, J.M. 1996. Total Nitrogen. P.1085-1122. In: D. L. Sparks et al. (eds.) *Methods of soil analysis*. American Society of Agronomy, Madison, WI.
11. Caronia, A., Gugliuzza, G. and Inglese, P., 2010. Influence of l-proline on *Citrus sinesis* (L.) [New Hall and Tarocco Scire] fruit quality. Acta Horticulture. 884: 423-426.
12. Cheng, L. and Robinson, T.L. 2004. Management of nitrogen and carbohydrate reserves to improve growth and yield of apple trees. Fruit Quarterly. 12: 19-22.
13. Cohen, Y., Gisi, U., 1994. Systemic translocation of 14C-dl-3-aminobutyric acid in tomato plants in relation to induced resistance against Phytophthora infestans. Physiol. Mol. Plant Pathol. 45: 441–456.
14. Copping, L.G., Menn, J.J., 2000. Biopesticides: a review of their action, applications and efficacy. Pest Manag. Sci. 56: 651–676.
15. Corona, J.C., 1994. Relationship of polyamines to fruit set and growth of the Washington navel orange. MS thesis, University of California Riverside.
16. Du Jardin, P., 2012. The science of biostimulants and bibliographic analysis. (Final report for EU). Contract 30-CEO455515/00-96. p. 37.
17. El-Sayed, O.M., El Gammal, O.H.M and Salama, A.S.M., 2014. Effect of proline and tryptophan amino acids on yield and fruit qualityof Manfalouty pomegranate variety. Scientia Horticulturae. 169: 1-5.
18. Furuya, s. and Umemiya, Y. 2002. The influence of chemical forms on foliar applied nitrogen absorption for peach trees. Acta Hort. 594: 97-103.
19. Guardiola, J.L., Garcia-Mari, F. and Agusti, M. 1984. Competition and fruit set in the Washington navel orange. Physiol. Planttarum. 62: 297-302.
20. Gomez-Cadenas, A., Mehouachi, J., Tadeo, F.R., Primo-Millo, E. and Talon, M., 2000. Hormonal regulation of fruitlet abscission induced by carbohydrate shortage in citrus. Planta. 210: 636-643.
21. Hanafy Ahmed, A.M.H., Khalil, M.K., Abd El-Rahman, A.M., Hamed, N.A.M. 2012.Effect of zinc, tryptophan and indol acetic acid on growth, yield and chemicalcomposition of Valencia orange trees. J. Appl. Sci. Res. 8 (2): 901-914.
22. Iglesias, D.J., Cercós, M., Colmenero-Flores, J.M., Naranjo, M.A., Ríos, G., Carrera, E., Ruiz-Rivero, O., Lliso, I., Morillon1, R., Tadeo, F.R. and Talon, M., 2007. Physiology of citrus fruiting. Braz. Journal of Plant Physiology. 19 (4): 333-362.
23. Ilie, A.V., Petrisor, C. and Hoza, D., 2017. Influence of foliar application of amino acids to yield and quality attributes of apple.

Journal of Horticulture, Forestry and Biotechnology. 21(3): 104- 107.

24. Kamiab, F., Heidari Salehabad, M. and Zamani Bahramabadi, E., 2015. Evaluation the effects of foliar treatments of Polyamines and some organic acids on quantitative and qualitative traits in some pistachio cultivars. Journal of Nuts. 6 (2): 131-142.
25. Khan, A.S., Munir, M., Shaheen, T., Tassawar, T., Rafiq, M.A., Anwar, R., Rehman, R.N.U., Hasan, M.U. and Malik, A.U., 2022. Supplemental foliar applied mixture of amino acids and seaweed extract improved vegetative growth, yield and quality of citrus fruit. Scientia Horticulturae. 296: 110-115. doi.org/10.1016/j.scienta.2022.110903.
26. Khuong, T., Zheng, Y., Chao, C. and Lovatt, C., 2010. Foliar applied tryptophan a precursor
of IAA biosynthesis, increases fruit set and fruit size of citrus. In Proceedings ofthe 37th Annual Meeting of the Plant Growth Regulation Society of America, Portland, Oregon, USA, (pp. 97-101).
27. Kolomazník, K., Pecha, J., Friebrov_a, V., Jan_a_cov_a, D., Va_sek, V., 2012. Diffusion of biostimulators into plant tissues. Heat. Mass Transf. 48: 1505–1512.
28. Kimball, D.A. (1991). *Citrus Processing: quality control and technology*. Springer Science, New York.
29. Kubota, S. 1977. Location and forms of reserve nitrogen available for sprouting and initial growth of spring shoots in satsuma mandarin. JARQ. 11: 169-172.
30. Maini, P., 2006.The experience of the first biostimulant, based on amino acids and peptides: a short retrospective review on the laboratory researches and the practical results. Fertilitas Agrorum. 1: 29-43.
31. Mazhar, M. S., Anwar, R. and Maqbool, M., 2007. A review of alternate bearing in citrus. In Proceedings of International Symposium on Prospects of Horticultural Industry in Pakistan, (pp. 143-149).
32. Miller, A.J., Fan, X., Shen, Q. and Smith, S.J., 2007. Amino acids and nitrate as signals for the regulation of nitrogen acquisition. Journal of Experimental Botany. 59: 11–119.
33. Moreno, J. and Garcia-Martinz, J.L. 1984. Nitrogen accumulation and mobilization in citrus leaves throughout the annual cycle. Physiol. Plant. 61: 429-434.
34. Moreno, J. and Garcia-Martinz, J.L. 1984. Seasonal variation of nitrogenous compounds in the xylem sap of citrus. Physiol. Plant. 59: 669-675.
35. Mori, S., Nishizawa, N., Uchino, H., Sago, F., Suzuki, S. and Nishikawa, A. 1985. Alleviation effect of Arginine on artificially reduced grain yield of NH_4^+ or NO_3^- fed rice. Soil Sci. Plant Nutr. 31: 55-67.
36. Nacry, P., Bouguyon, E. and Gojon, A., 2013. Nitrogen acquisition by roots: physiological and developmental mechanisms ensuring plant adaptation to a fluctuating resource. Plant Soil. 370: 1–29.
37. Nasholm, T., Kielland, K. and Ganeteg, U., 2009. Uptake of organic nitrogen by plants Torgny. New Phytologist. 182: 31-48.
38. Otero, V., Barreal, M.E., Merino, A., Gallego, P.P., 2006. Calcium fertilization in a kiwifruit orchard. Acta Hort. 753, 515–520.
39. Pecha, J., F€urst, T., Kolomazník, K., Friebrov_a, V., Svoboda, P., 2011. Protein biostimulant foliar uptake modeling: the impact of climatic conditions. AIChE J. 58, 2010–2019.
40. Pillitteri, L.J., Bertling, I., Khuong, T., Chao, C.T. and Lovatt, C.J., 2010. Foliar applied tryptophan increases total yield and fruit size of navel orange and clementine mandarin. Acta Horticulturae. 884: 99.
41. Polo, J., Barroso, R., Rodenas, J., Azcon-Bieto, J., Caceres, R., Marf, O., 2006. Porcine hemoglobin hydrolysate as a biostimulant for lettuce plants subjected to conditions of thermal stress. HortTechnology 16, 483–487.
42. Rahman, M.M.A. 2022. Effect of using bio-stimulants and foliar spraying of anti-stressor for counteract the negative effects of climate changes on growth and fruiting of Balady mandarin trees. SVU-International Journal of Agricultural Sciences. 4(1): 153-167.
43. Rai, V.K. 2002. Role of amino acids in plant responces to stresses. Biologia Plantarum, 45 (4), pp. 481-487.
44. Ruiz, R., Garcia-Luis, A., Monerri, C. and Guardiola, J.L. 2001. Cabohydrate availability in relation to fruitlet abscission in citrus. Annals of Botany. 87: 805-812. doi: 10.1006/anbo.2001.1415.
45. Ruiz, R. and Guardiola, J.L. 1994. Cabohydrate and mineral nutrition of fruitlets in relation to growth and abscission. Physiologia Plantrum. 90: 27-36.

46. Sadka, A., Shlizerman, L., Kamara, I. and Blumwald, E. 2019. Primary metabolism in citrus fruit as affected by its unique structure. Frontiers in Plant Science. 10: 1-14.
47. Sanz, A., Monerri, C., Gonzalez-Ferrer, J. and Fuardiola, J.L. 1987. Changes in carbohydrates and mineral elements in citrus leaves during flowering and fruit set. Physiol. Plantarum. 69: 93-98.
48. Sauheitl, L., Glaser, B. and Weigelt, A., 2009. Uptake of intact amino acids by plants depends on soil amino acid concentrations. Environmental and Experimental Botany. 66: 145–152.
49. Schimel, J.P., Chapin III, F.S., III, 1996. Tundra plant uptake of amino acid and NH4 nitrogen in situ: plants complete well for amino acid N. Ecology 77, 2142–2147.
50. Shehata, S.A., Abdel-Azam, H.S., El-Yazied, A.A., El-Gizawy, A.M., 2011. Effect of foliar spraying with amino acids and seaweed extract on growth chemical constitutes, yield and its quality of celeriac plant. Eur. J. Sci. Res. 58, 257–265.
51. Stiegler, J.C., Richardson, M.D., Karcher, D.E., Roberts, T.L. and Norman, R.J., 2013. Foliar absorption of various inorganic and organic nitrogen sources by creeping bentgrass. Crop Science. 52: 1148-1152.
52. Tazima, Z. H., Neves, C. S. V. J., Yada, I. F. U. and Junior, R. P. L., 2013. Performance of 'Okitsu' Satsuma Mandarin on nine rootstocks. Scientia Agricola. 7(6): 422-427.
53. Valiente, J.I. and Albrigo, L.G., 2004. Flower bud induction of sweet orange trees (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck): effect of low temperatures, crop load, and bud age. Journal of American Society for Horticultural Science. 129: 158-164.
54. Vranova, V., Rejsek, K., Skene, K.R. and Formanck, P., 2011. Non-protein amino acids: plant, soil and acosysteminteractions. Plant Soil. 342: 31-48.
55. Wu, G., 2013. *Amino acids: biochemistry and nutrition.* CRC Press, Taylor & Francis Group, 458 P.
56. Zhao, Y., Xiong, H., Luo, Y., Hu, B., Wang, J., Tang, X., Wang, Y., Shi, X., Zhang, Y. and Rennenbery, H. 2025. Long-term nitrogen fertilization alters the partitioning of amino acid between citrus leaves and fruits. Frontiers in Plant Science. 14: 6-14.