

## تأثیر محلول پاشی اوره متناسب با فنولوژی رشد بر عملکرد و تناوب باردهی نارنگی ساتسوما (*Citrus unshiu*)

علی اسدی کنگرشاهی<sup>۱\*</sup> و نگین اخلاقی امیری<sup>۲</sup>

۱. استادیار بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

۲. استادیار بخش علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۳/۲۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۲۰)

### چکیده

به منظور افزایش عملکرد و کاهش تناوب باردهی نارنگی ساتسوما، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به مدت هفت سال بر درختان نارنگی ساتسوما انجام شد. تیمارها شامل شاهد، محلول پاشی زمستانی اوره (قبل از تمایز جوانه‌های گل)، محلول پاشی اوره در زمان گلدهی (باز شدن حداقل ۵۰ درصد گل‌ها) و محلول پاشی تابستانی اوره (پس از ریزش تابستانه میوه‌چپه‌ها) بودند. نتایج نشان داد تفاوت میانگین عملکرد بین سال پرمحصول و کم‌محصول در سال‌های اول و دوم آزمایش بسیار زیاد بود، به طوری که عملکرد از ۹۴/۱۹ کیلوگرم به ازای هر درخت در سال پرمحصول به ۱۳/۶۹ کیلوگرم در کم‌محصول رسید که حدود ۸۰ کیلوگرم تفاوت داشتند. اما تفاوت عملکرد بین سال‌های پرمحصول و کم‌محصول بعدی (سال‌های سوم و چهارم آزمایش) به حدود ۴۰ کیلوگرم رسید که تقریباً نصف تفاوت عملکرد در تناوب اول (سال‌های اول و دوم آزمایش) بود. بنابراین، محلول پاشی اوره به تدریج موجب تعدیل تناوب باردهی در سال‌های آزمایش شده است. بین تیمارهای مختلف محلول پاشی اوره از نظر عملکرد تجمعی، تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به طوری که بیشترین عملکرد تجمعی از تیمارهای شاهد و محلول پاشی در زمان گلدهی حاصل شد. همچنین تأثیر تیمارهای مختلف محلول پاشی اوره بر شاخص تناوب باردهی از نظر آماری معنی‌دار بود. درختان در تیمار شاهد، بیشترین شاخص تناوب باردهی را داشتند و تیمارهای محلول پاشی زمستانی و محلول پاشی در زمان گلدهی از کمترین شاخص تناوب باردهی برخوردار بودند. همه تیمارهای محلول پاشی اوره وزن متوسط میوه‌ها را نسبت به شاهد افزایش دادند. بنابراین براساس نتایج این آزمایش جهت تعدیل تناوب باردهی، محلول پاشی زمستانه و بهاری اوره توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: شاخص تناوب باردهی، مرکبات، مرحله رشدی، نیتروژن.

## Effect of urea spray accordance with growth phenology on yield and alternate bearing of satsuma mandarin (*Citrus unshiu*)

Ali Asadi Kangarshahi<sup>1\*</sup> and Negin Akhlaghi Amiri<sup>2</sup>

1. Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran

2. Assistant Professor, Agronomy and Horticultural Science Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Sari, Iran

(Received: June 11, 2019- Accepted: Feb. 09, 2020)

### ABSTRACT

To increase yield and reduce alternate bearing of satsuma mandarin trees, an experiment was performed in randomized complete block design during seven years. Treatments include: control; winter urea spraying (before flower bud differentiation); urea spraying at full bloom (at the opening of at least 50% of flowers) and summer urea spraying (after summer physiological abscission of fruitlets). Results showed that yield difference between "on" and "off" years in the first and second years was very high as from 94.19 kg for each tree in the first (on) year reached to 13.69 kg in the second (off) year which had about 80 kg difference. But yield difference in following "on" and "off" years (third and fourth years of experiment) reach to about 40 kg that was about half of previous alternate bearing cycle. Therefore, urea spraying adjusts alternate bearing during years of experiment, gradually. Treatments of urea spraying had significant difference on cumulative yield at 5% as the highest obtained from control and at flowering spray treatments. Also, effect of different urea treatments on alternate bearing index was significant. Control trees, had the most alternate bearing index and winter and spring spray treatments had the least alternate bearing index. All urea spray treatments increased fruit average weight compare to control. Therefore, based on the results of this project to modulate alternate bearing, winter and spring spraying of urea recommended.

**Keywords:** Alternate bearing index, citrus, growth stage, nitrogen.

\* Corresponding author E-mail:kangarshahi@gmail.com

### مقدمه

مرکبات از تیره روتاسه و زیرتیره اورانتیوئیده هستند. مرکبات شامل سه جنس مهم است، ولی فقط جنس سیتروس جنبه اقتصادی دارد و میوه آن به‌عنوان تازه‌خوری استفاده می‌شود. گونه‌های مهم این جنس شامل پرتقال، نارنگی، گریپ‌فروت، لیمو و لایم است و هر کدام از این جنس‌ها دارای چندین رقم مهم و اقتصادی می‌باشند. سطح زیر کشت مرکبات در جهان حدود ۸/۵ میلیون هکتار و در ایران حدود ۲۹۰ هزار هکتار است. از این نظر، کشور ایران در رتبه هشتم در جهان قرار دارد. استان مازندران با ۳۴/۶ درصد اراضی بارور مرکبات کشور، بیشترین سطح زیر کشت مرکبات را به خود اختصاص داده است (Asadi Kangarshahi et al., 2017).

نارنگی‌های انشو در سال ۱۳۰۹ وارد شمال ایران گردید و فقط در نوار ساحلی دریای خزر کشت می‌شوند. این نارنگی‌ها از شهریور ماه قابل برداشت هستند، اما زمان رسیدن آن در شمال ایران ۱۵ مهرماه تا ۱۵ آبان‌ماه است. نارنگی‌های انشو به دو گروه اواری و وازه تقسیم می‌شوند گروه وازه نسبت به گروه اواری زودرس‌تر هستند. از گروه وازه می‌توان به میاگوا، ایشی‌کاوا، سوچی‌یاما، هاشیموتو، اوکی‌تسواشاره کرد و از گروه اواری ارقام سیلور هیل و فراست اواری وجود دارند. میاگوا دارای درختان کند رشد، اندازه تاج نسبتاً کوچک، تاج و سرشاخه‌های درختان باز است. اندازه میوه متوسط تا درشت، پخ، پوست نازک و صاف، بدون بذر، شیرین، معطر، قند متوسط و زودرس می‌باشد. همچنین این رقم قابلیت انبارداری مناسبی نسبت به دیگر انشوها دارد (Anonymous, 2015).

تناوب باردهی یک پدیده معمول در بیشتر درختان میوه تجاری است. در صنعت تولید مرکبات یکی از معمول‌ترین مشکلات، تناوب باردهی است به طوری که در همه مناطق جهان، مشکل تناوب باردهی در بیشتر ارقام تجاری مرکبات مانند نارنگی‌ها، پرتقال‌ها، گریپ‌فروت‌ها و لیموها وجود دارد. تناوب باردهی موجب نوسان زیادی در تولید مرکبات در سال‌های متوالی شده است به طوری که می‌تواند تجارت و اقتصاد کشورهای تولید کننده را تحت تأثیر

قرار دهد. بنابراین درک مشکل تناوب باردهی، دلایل اصلی رخداد این پدیده و نیز بررسی اثرات عملیات مدیریتی متفاوت می‌تواند در حل این مشکل بسیار مفید باشد (Arzani & Akhlaghi Amiri, 2000; Asadi Kangarshahi et al., 2011). تناوب باردهی نه تنها موجب کاهش درآمد باغداران می‌شود، بلکه بر درآمد کارگاه‌ها و کارخانه‌های بسته‌بندی و صنایع تبدیلی، بازاریابی و پایداری صنایع وابسته تأثیر منفی دارد. تناوب باردهی معمولاً با یک رخداد اقلیمی نامناسب شروع می‌شود و در سال آور، تعداد زیاد میوه درختان با مکانیسم‌های مانند کاهش رشد رویشی سرشاخه‌ها در تابستان، ریزش جوانه‌های گل، ممانعت از شکفتن جوانه‌ها در بهار و کاهش یا عدم بیان ژن‌های کلیدی مورد نیاز برای توسعه گل‌ها موجب کاهش تشکیل گل در سال بعد می‌شوند (Fichtner et al., 2017).

تناوب باردهی درختان میوه به صورت محصول سنگین در سال پرمحصول و به دنبال آن یک محصول سبک در سال کم‌محصول تعریف می‌شود. تناوب باردهی در بیشتر درختان میوه خزان‌دار و همیشه سبز مانند مرکبات رخ می‌دهد (Monselise & Goldschmidt, 1982). مشکل اصلی تناوب باردهی در مرکبات، عملکرد نامنظم است که درختان تعداد زیادی میوه کوچک در یک سال و مقدار کمی میوه درشت در سال بعد تولید می‌کنند (Monselise et al., 1981). در نتیجه در هر دو سال متوالی (پرمحصول و کم‌محصول) درآمد خالص باغداران به‌طور نسبی کاهش می‌یابد. به‌طور کلی، تناوب باردهی یک فرایند حفظ و پایداری است که بقای درختان میوه بارده را در شرایط و در رویشگاه‌های طبیعی (حیات وحش) امکان‌پذیر می‌کند (Goldschmidt, 2005). تناوب باردهی می‌تواند به‌طور کامل در یک منطقه، در چند باغ یا یک باغ، در یک درخت یا حتی بین شاخه‌های یک درخت رخ دهد (Monselise & Goldschmidt, 1982). بیشتر ارقام نارنگی انشو و هیبریدهای آن مستعد تناوب باردهی هستند (Monselise et al., 1981). شدت تناوب باردهی در برخی رقم‌های مرکبات به اندازه‌ای است که امکان دارد این درختان در سال پرمحصول دچار زوال شده و یا حتی از بین

بروند. این زوال همراه با تخلیه کامل کربوهیدرات‌های ذخیره در درختان می‌باشد (Monselise & Goldschmidt, 1982). تحقیقات متعدد نشان داده‌اند که درسال پرمحصول وجود تعداد زیادی میوه روی درخت که اعضای مصرف کننده (Sink) می‌باشند، سبب مصرف قسمت اعظم کربوهیدرات‌ها در اندام‌های هوایی شده و در نتیجه انتقال مواد غذایی و کربوهیدرات‌ها به ریشه کاهش می‌یابد. در این حال ریشه دچار گرسنگی شدید شده و توان ریشه برای جذب عناصر غذایی کاسته می‌شود. کمبود عناصر غذایی نیز موجب اختلال در توازن هورمونی می‌شود و مجموع این عوامل سبب جلوگیری از تشکیل جوانه گل درسال کم محصول می‌گردد. در سال کم محصول درخت مجدداً توانایی خود را برای سال آینده افزایش می‌دهد (Asadi Kangarshahi *et al.*, 2011; Goldschmidt, 2005). از نقطه نظر مدیریت باغ، در حال حاضر پیش‌گویی این‌که آیا یک محصول سبک یا سنگین موجب سال پرمحصول یا کم‌محصول در فصل آتی شود تقریباً غیر ممکن است. تاکنون، بهترین شاخص برای پیش‌گویی تناوب باردهی مشخص نشده است و به احتمال زیاد شاخص پیش‌گویی برای هر رقم، خاص آن رقم می‌باشد.

محلول‌پاشی زمستانه نیتروژن قبل از گل‌دهی در طول دوره گل‌انگیزی (Flower initiation) عملکرد و تعداد میوه‌های درختان پرتقال واشنگتن ناول را افزایش داد (Lovatt, 1999). دوره تشکیل میوه (ریزش اولیه میوه‌چه‌ها) مهم‌ترین و حیاتی‌ترین مرحله توسعه میوه از دیدگاه باغ‌داران است. نگهداری بیشتر میوه‌چه‌ها در طول این دوره با عملکرد نهایی درختان ارتباط مستقیم دارد. در طول دوره گلدهی و تشکیل میوه، تقاضای زیادی برای عناصر غذایی وجود دارد. در مقابل، درجه حرارت خاک در این زمان معمولاً کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد است (Hamid *et al.*, 1988). به‌طور معمول، درختان مرکبات در اوایل فصل رشد، به علت فعالیت متابولیک پایین ریشه، حلالیت کم عناصر غذایی در محلول خاک، تعرق کم و انتقال پایین عناصر غذایی در مسیر تعرق، از راندمان جذب بسیار پایینی برخوردار هستند (Asadi Kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2014). لذا توانایی

درختان برای جذب عناصر غذایی قابل استفاده موجود در خاک کم است و این توانایی معمولاً به عوامل زیادی غیر از تقاضای عناصر غذایی درختان بستگی دارد. 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 (Lovatt *et al.*, 1988a, 1992; Mozhar *et al.*, 2007). همچنین تحقیقات متعدد نشان می‌دهد که محلول‌پاشی اوره در طول یا پس از دوره تنش سرمایی، میزان گل‌دهی مرکبات را با افزایش غلظت آمونیم در درختان افزایش می‌دهد. محلول‌پاشی اوره در درختان پرتقال ناول (۱۶۰ گرم نیتروژن به ازای هر درخت) موجب افزایش آمونیم، افزایش تعداد شاخه‌های زایشی و همچنین افزایش تعداد گل در هر شاخه زایشی می‌شود (Lovatt *et al.*, 1988). در این درختان، آمونیم به آرژینین (Arginine) و آرژینین به پلی‌آمین تبدیل می‌شود که با توسعه میوه‌ها در ارتباط است (Sagee & Lovatt, 1991). محلول‌پاشی اوره (با غلظت پایین بیورت) در زمان گلدهی کامل، غلظت آمونیم، آرژینین و پلی‌آمین‌ها و سرعت رشد و اندازه میوه‌ها و گل‌آذین‌های برگی را به طور معنی‌داری افزایش داد (Corona, 1994). براساس یافته‌های مطالعات پیشین، محلول‌پاشی اوره، بیوسنتز پلی‌آمین‌ها را تحریک می‌کند و محلول‌پاشی اوره با بیورت پایین در انتهای مرحله تقسیم سلولی (فاز اول رشد میوه) سرعت تقسیم سلولی و نیز طول دوره تقسیم سلولی را افزایش می‌دهد و به طور کلی، اندازه میوه را بدون تأثیر معنی‌داری بر تشکیل میوه افزایش می‌دهد. افزایش مقدار پلی‌آمین‌ها، سرعت رشد و اندازه میوه‌های در حال توسعه به علاوه پتانسیل گل‌ها را برای تشکیل میوه افزایش می‌دهد (Corona, 1994; Lovatt, 1999; Lovatt *et al.*, 1992). محلول‌پاشی زمستانه اوره قبل از گل‌دهی (با غلظت ۵ در هزار نیتروژن)، موجب افزایش تشکیل میوه و عملکرد درختان پرتقال ناول نسبت به شاهد در سه سال متوالی شد (Ali & Lovatt, 1994). نتایج چندین تحقیق نشان

داد که افزایش عملکرد ناشی از محلول پاشی زمستانه اوره، ناشی از بهبود وضعیت نیتروژن درختان نیست. به طوری که غلظت نیتروژن برگ در همه درختان قبل از انجام آزمایش در حد بهینه بود و ارتباط معنی داری بین وضعیت نیتروژن درختان و عملکرد وجود نداشت (Corona, 1994; Lovatt, 1999; Ali & Lovatt, 1994). زمان محلول پاشی زمستانه اوره به طور معنی داری بر افزایش عملکرد تجمعی درختان مرکبات تأثیر دارد. محلول پاشی سه سال متوالی در بهمن ماه (در زمان گل انگیزی) و در اسفند ماه (قبل از تمایز جوانه های گل) موجب افزایش تجمعی حدود ۲۱ و ۱۶ تن در هکتار نسبت به شاهد شد (Ali & Lovatt, 1994). محلول پاشی اوره با بیورت پایین (بیورت ۰/۱ درصد و نیتروژن ۲۰ درصد) به شکل پوشش کامل، عملکرد کل و تعداد میوه به ازای هر درخت را به طور معنی داری افزایش داد. همه درختان غلظت بهینه ای از نیتروژن و دیگر عناصر غذایی (مطابق آزمون برگ در شهریور سال قبل) داشتند و مقدار افزایش عملکرد نسبت به شاهد از ۷ تا ۱۱ تن در هکتار بود (Ali & Lovatt, 1994).

نتایج پژوهش دیگری نشان داد که محلول پاشی اوره به طور معنی داری می تواند عملکرد یا اندازه میوه مرکبات را افزایش دهد. به طور کلی، محلول پاشی اوره از شروع گل انگیزی تا تشکیل میوه، عملکرد درختان را بدون کاهش اندازه میوه به طور معنی داری افزایش داد. در حالی که، محلول پاشی در انتهای مرحله تقسیم سلولی (زمان حداکثر ضخامت پوست)، اندازه میوه را به طور معنی داری افزایش داد بدون این که تأثیر معنی داری بر عملکرد داشته باشد (Lovatt, 1999). محلول پاشی اوره، ۶-۸ هفته قبل از شکوفایی سبب افزایش تشکیل میوه گردید (Rabe, 1994). محلول پاشی اوره درختان والنسیای بالغ در فاصله زمانی بین ۲۵ دسامبر تا ۱۱ ژانویه، گل دهی را افزایش داد، با ادامه تیمار طی چهار سال، عملکرد تیمارهای محلول پاشی اوره در زمستان و همچنین قبل از گل دهی، افزایش یافت (Albrigo, 1999). نتایج محلول پاشی اوره قبل و بعد از برداشت میوه (با غلظت ۳-۵/۰ درصد) بر رشد درخت، گل دهی و تشکیل میوه در نارنگی نشان داد که محلول پاشی اوره برای درختان با محصول زیاد، شمار گل ها را افزایش داد

و مصرف اوره در درختان با بار کم شمار گل ها را کاهش داد (Young & Kwangchool, 1997). محلول پاشی اوره با بیورت کم (با غلظت یک درصد) یک یا دو بار حدود ۶ الی ۸ هفته قبل از شکوفایی باعث افزایش عملکرد شد و در باغ هایی که میزان نیتروژن برگ آن ها کمتر از ۲/۶ درصد بود افزایش عملکرد از نظر آماری معنی دار بود. میزان آمونیم برگ حدود ۱۴ الی ۲۵ روز بعد از محلول پاشی افزایش یافت که سبب افزایش گل دهی و تشکیل میوه شد (Reuther & Smith, 1954). محلول پاشی اوره ۲٪ در پرتقال در ۱۵ اکتبر، نوامبر و دسامبر در پاکستان سبب افزایش عملکرد، افزایش میوه های درجه یک و با کیفیت نسبت به شاهد گردید (Saleem et al., 2008). همچنین نتایج محلول پاشی زمستانه اوره در زمان های مختلف بر تشکیل میوه درختان پرتقال واشنگتن ناول نشان داد که درختانی که در ژانویه و فوریه محلول پاشی شده بودند تشکیل میوه در آن ها نسبت به شاهد به طور معنی داری افزایش یافت ولی تأثیر معنی داری در غلظت نیتروژن برگ نداشت (Ali & Lovatt, 1992; 1994; Lovatt et al., 1992). نتایج برخی پژوهش ها نشان می دهد که میزان پلی آمین ها در ارقام مختلف مرکبات تفاوت معنی داری با هم ندارند همچنین غلظت پلی آمین ها در گل آذین های برگی یا گل آذین های بدون برگ تفاوت معنی داری نداشت و پلی آمین ها به عنوان یک منبع نیتروژن و نه به عنوان تنظیم کننده تشکیل میوه در گیاه عمل کردند (Arias et al., 2005). محلول پاشی اوره سبب افزایش معنی دار عملکرد به علت افزایش تعداد میوه شد زیرا اندازه میوه تغییر معنی داری نکرده بود، همچنین تعداد کل میوه های درجه یک افزایش یافت (El-Otmani et al., 2002).

در سال های اخیر کشت نارنگی انشوی میاگاوا در شمال ایران، به سرعت در حال گسترش است. این نارنگی دارای ارزش اقتصادی بیشتری از پرتقال های ناول است (Asadi Kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2014). از ویژگی های بارز این نارنگی، پیش رسی، قند بالا، اسید مناسب و سهولت پوست شدن آن می باشد. بنابراین این رقم، بخش مهمی از صنعت مرکبات شرق مازندران شده است. با این حال، تناوب باردهی و عملکرد

مقدار مصرف کودهای شیمیایی در کلیه تیمارها با توجه به میانگین مقدار عناصر غذایی در خاک و برگ و همچنین میانگین عملکرد درختان انجام شد به طوری که ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن، ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم ( $K_2O$ )، ۶۰ کیلوگرم فسفر ( $P_2O_5$ )، ۵۰ کیلوگرم سولفات منیزیم در هکتار مصرف شد (Asadi Kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2014b). نیتروژن به صورت سولفات آمونیم در سه تقسیط، تقسیط اول در اواخر اسفندماه، تقسیط دوم در اواخر اردیبهشت ماه پس از تشکیل میوه و تقسیط سوم، یک ماه بعد از تقسیط دوم، پتاسیم به شکل سولفات پتاسیم و منیزیم به شکل سولفات منیزیم (۲۰ درصد پس از تشکیل میوه، ۳۵ درصد در مرحله ریزش فیزیولوژی و ۴۵ درصد پس از شروع توسعه میوه‌ها) و کود فسفری از منبع اسید فسفریک تأمین شد (Asadi Kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2014b). تقسیط اول نیتروژن به صورت خاکی، سایر تقسیط‌های نیتروژن و همچنین مصرف پتاسیم، منیزیم و فسفر (اسید فسفریک) به شکل کودآبیاری مصرف شد. میزان مصرف نیتروژن با توجه به آزمون خاک، برگ و عملکرد درختان برای تمام تیمارها یکسان بود. محلول‌پاشی زمستانه اوره، در اسفندماه قبل از تورم جوانه‌ها با غلظت ۷ در هزار، محلول‌پاشی اوره در زمان تمام گل با غلظت ۳ در هزار و محلول‌پاشی تابستانه اوره با غلظت ۵ در هزار پس از ریزش فیزیولوژی میوه در سال پرمحصول انجام شد (Asadi Kangarshahi, 2019). در طول فصل رشد عملیات زراعی مانند سم‌پاشی، آبیاری، دفع علف‌های هرز و غیره به طور یکسان اعمال شد. در پایان فصل رشد میزان عملکرد تعیین (میوه‌های هر درخت برداشت و توزین شد) و از هر تیمار تعداد ۲۵ عدد میوه به طور تصادفی انتخاب و جهت اندازه‌گیری خصوصیات کیفی به آزمایشگاه شیمی، حاصلخیزی و تغذیه گیاه بخش تحقیقات خاک و آب مازندران منتقل گردید. عملکرد درختان، قطر میوه، وزن میوه و شاخص تناوب باردهی به عنوان پاسخ‌های گیاهی در نظر گرفته شد.

برای تعیین شاخص تناوب باردهی، ابتدا نسبت تفاضل عملکرد در سال‌های متوالی به مجموع عملکرد

پایین از مشکلات این رقم می‌باشد. تناوب باردهی بر عملکرد، اندازه و کیفیت میوه و در نهایت سود خالص تولیدکنندگان تأثیر زیادی دارد. این مطالعه بر نارنگی انشوی میاگاوا متمرکز شده است و هدف اصلی آن تعیین عملیات مدیریتی است که بتواند تناوب باردهی را کاهش داده یا حذف کند. بنابراین، روش‌هایی مانند مدیریت زمان هرس، مصرف نیتروژن، محلول‌پاشی اوره و تنک میوه مورد بررسی قرار گرفتند.

### مواد و روش‌ها

طی مطالعات اولیه یک قطعه باغ نارنگی انشو در حومه شهرستان ساری انتخاب شد، به طوری که درختان این باغ از نظر سن، اندازه و از لحاظ مدیریتی تقریباً مشابه بودند. همچنین از قطعه مورد نظر، درختانی برای آزمایش انتخاب شدند که از نظر زمانی، چرخه تناوب باردهی مشابه داشتند به طوری که در شروع آزمایش همه درختان در سال آور بودند. قبل از اجرای آزمایش نمونه‌های خاک از دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری از سایه اندازه درختان تهیه و پس از انتقال و آماده سازی نمونه‌ها درختان (Asadi Kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2014a)، برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها (بافت، شوری، آهک، ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و همچنین قابلیت استفاده عناصر غذایی فسفر، پتاسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی و مس) اندازه‌گیری شد (Ahyae & Behbahanizadeh, 1998). همچنین نمونه‌های برگ در مرداد ماه از درختان مورد نظر تهیه (Asadi Kangarshahi & Akhlaghi Amiri, 2014a) و میزان عناصر غذایی آن‌ها از قبیل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی، مس و بور اندازه‌گیری شد (Emami, 1996). آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار به مدت هفت سال در مجموع با ۳۲ اصله درخت نارنگی انشو (با سن و اندازه تقریباً یکسان) انجام شد. تیمارها شامل  $T_1$ : شاهد؛  $T_2$ : محلول‌پاشی زمستانه اوره (قبل از تمایز جوانه‌های گل)؛  $T_3$ : محلول‌پاشی اوره در زمان گلدهی (باز شدن حداقل ۵۰ درصد گل‌ها)؛  $T_4$ : محلول‌پاشی تابستانه اوره (پس از ریزش تابستانه میوه‌چه‌ها) بودند (Asadi Kangarshahi, 2019).

نرم افزار آماری SPSS و آزمون F مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه خاک و برگ قبل از اجرای آزمایش به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است. همچنین تقویم زمانی برخی از مراحل کلیدی فنولوژی نارنگی انشوی میاگاوا در منطقه آزمایشی و نتایج تجزیه واریانس داده‌ها به ترتیب در جدول‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.

همان دو سال محاسبه گردید و سپس از مجموع آن‌ها میانگین (معادله ۱) گرفته شد (Asadi Kangarshahi, 2011). روش محاسبه شاخص تناوب باردهی به بیان ریاضی به صورت زیر است:

$$I = \frac{1}{n-1} \left( \frac{a_2 - a_1}{a_2 + a_1} + \frac{a_3 - a_2}{a_3 + a_2} + \frac{a_4 - a_3}{a_4 + a_3} + \dots + \frac{a_n - a_{n-1}}{a_n + a_{n-1}} \right) \quad (1) \text{ رابطه}$$

I: شاخص تناوب باردهی

a<sub>1</sub> ... a<sub>n</sub>: عملکرد در سال‌های متوالی

n: تعداد سال‌های آزمایش.

در پایان، کلیه داده‌های حاصل با استفاده از

جدول ۱. نتایج تجزیه خاک باغ محل آزمایش تأثیر محلول پاشی اوره بر نارنگی ساتسوما.

Table 1. Results of orchard soil analysis of the effect of urea foliar application on satsuma mandarin.

Depth (cm)	EC (dS/m)	pH	CEC (cmol/kg)	T.N.V. (%)	O.M (%)	P	K	Mg (mg/kg soil)	Fe	Zn	Mn	Cu
0-30	0.97	7.7	23.5	25	1.98	21	447	545	4.6	1.5	3.7	1.01
31-60	1.24	7.9	25	28	1.30	12	248	489	5.2	1.4	3.6	0.98

Soil texture: Clay loam

جدول ۲. نتایج تجزیه برگ درختان نارنگی ساتسوما مورد مطالعه پیش از شروع آزمایش.

Table 2. The leaf analysis results of the satsuma mandarin trees studied before the start of the experiment.

Concentration in leaf	N % based on leaf dry weight	P % based on leaf dry weight	K % based on leaf dry weight	Mg % based on leaf dry weight	Ca % based on leaf dry weight	Fe % based on leaf dry weight	Zn g/g leaf dry weight	Mn g/g leaf dry weight	Cu g/g leaf dry weight	B g/g leaf dry weight
Sample	2.10	0.16	0.94	0.27	4.30	195	18.20	22.12	15.30	54

جدول ۳. مراحل فنولوژی رشد نارنگی ساتسوما در شرق مازندران (Asadi Kangarshahi, 2019)

Table 3. Phenological growth stages of satsuma mandarin in Southeast of the Caspian Sea

Fruit development	Phenological growth	Miyagawa Satsuma andarin
-	Spring shoot	30 March – 9 April
Phase I	Hollow ball	25 – 30 April
	Beginning of fruit set	5 – 15 May
	Beginning of physiological fruit drop	5 – 10 June
	End of physiological fruit drop	15 – 20 June
Phase II	Beginning of cell enlargement	15 – 20 June
	Beginning of autumn shoot	1 – 6 September
	Beginning of fruit colouring (colour – break)	6 – 11 September
Phase III	Fruit ripe for picking	16 – 21 September
	Fruit ripe for consumption	20 September – 20 October
-	End of autumn shoot	1 – 11 November

جدول ۴. نتایج تجزیه واریانس مرکب اثر محلول پاشی اوره بر شاخص تناوب باردهی و برخی صفات میوه نارنگی ساتسوما.

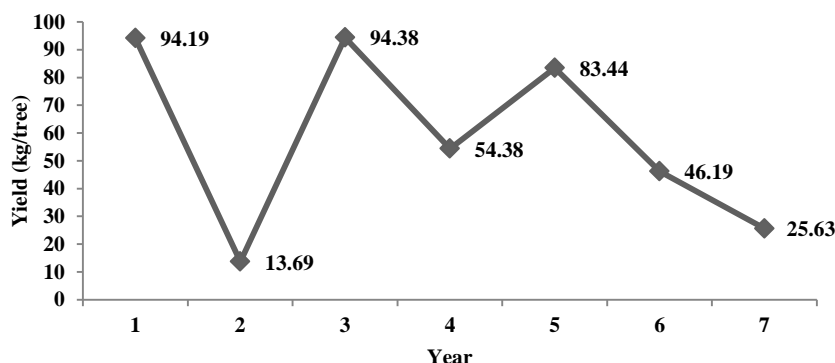
Table 4. Results of composite variance analysis effect of urea spraying in alternate bearing index and some properties of satsuma mandarin fruit.

Source of variation	df	Mean of squares			
		Alternate bearing index	Fruit weight	Fruit diameter	Fruit yield
Urea spraying	3	0.367**	1262*	608*	5012**
Year	6	0.159*	11978*	1771*	14976**
Year × Urea spraying	18	0.101*	2097*	73*	897**
C.V.	-	16.86	13.57	13.19	25.98

ns, \*, \*\*: Non-significant and significantly different at 5 and 1% of probability levels, respectively.

محلول خاک و انتقال عناصر غذایی در مسیر تعرق با کاهش درجه حرارت خاک کاهش می‌یابد (Hamid *et al.*, 1988). بنابراین توانایی درختان برای استفاده از عناصر غذایی مصرفی در خاک به عوامل زیادی غیر از نیاز و تقاضای درختان برای این عناصر بستگی دارد. اما محلول پاشی برخی عناصر غذایی از جمله نیتروژن در زمان مناسب می‌تواند توسط برگ‌ها یا دیگر اندام‌ها در مراحل خاص فنولوژی جذب شوند و در افزایش عملکرد درختان مرکبات مؤثر باشند (Lovatt, 1999). محلول پاشی اوره در طول دوره گل‌انگیزی تا قبل از تمایز جوانه‌های گل موجب افزایش غلظت آمونیم، تعداد سرشاخه‌های زایشی و همچنین تعداد گل‌ها در هر سرشاخه زایشی می‌شود (Lovatt *et al.*, 1988a, 1988b). محلول پاشی زمستانه اوره موجب افزایش غلظت آمونیم در بافت برگ می‌شود آمونیم به آرجنین و آرجنین به پلی‌آمین تبدیل می‌شود (Sagee & Lovatt, 1991) و پلی‌آمین‌ها در ایجاد گل‌ها و گلدهی نقش ویژه دارند (Ali & Lovatt, 1995). محلول پاشی اوره در زمان گلدهی، غلظت آمونیم، آرجنین و پلی‌آمین‌ها و همچنین سرعت رشد و اندازه میوه‌چه‌ها در گل‌آذین‌های برگ را به‌طورمعنی‌داری افزایش می‌دهد (Corona, 1994). نتایج پژوهش‌های متعدد نشان می‌دهد که محلول پاشی اوره بیوسنتز پلی‌آمین‌ها را تحریک می‌کند و پلی‌آمین‌ها در تقسیم سلول‌ها نقش دارند و تقسیم سلولی را تشدید می‌کنند.

نتایج عملکرد درختان در سال‌های مختلف (شکل ۱) نشان داد که تفاوت عملکرد بین سال پرمحصول و کم‌محصول در سال‌های اول و دوم آزمایش بسیار زیاد بود، به طوری که عملکرد از ۹۴/۱۹ کیلوگرم به ازای هر درخت در سال اول (پرمحصول) به ۱۳/۶۹ کیلوگرم در سال دوم (کم‌محصول) رسید که حدود ۸۰ کیلوگرم اختلاف نشان می‌دهد. اما اختلاف عملکرد بین سال‌های پرمحصول و کم‌محصول بعدی (سال‌های سوم و چهارم آزمایش) به حدود ۴۰ کیلوگرم رسید که تقریباً نصف تفاوت عملکرد در تناوب اول (سال‌های اول و دوم آزمایش) می‌باشد (شکل ۱). همچنین نتایج نشان می‌دهد که مطابق روند تناوب باردهی (شکل ۱)، درختان در سال هفتم باید در سال آور قرار می‌گرفتند و عملکرد بیشتری از سال ششم می‌داشتند اما به علت تنش سرما و یخبندان در اواخر سال ششم (اواسط بهمن‌ماه سال ۱۳۹۲) در استان مازندران، خسارت شدیدی به سرشاخه‌های درختان وارد شد و کاهش عملکرد درختان در سال هفتم ناشی از خسارت این تنش سرما و یخبندان بود (Asadi Kangarshahi & Akhlaghi, 2014b). نتایج بیشتر پژوهش‌ها نشان داده است در طول دوره گلدهی و تشکیل میوه، نیاز و تقاضای زیادی برای عناصر غذایی از جمله نیتروژن وجود دارد و از طرف دیگر این دوره، زمانی رخ می‌دهد که به طور معمول دمای خاک پایین است و به طورکلی درجه حرارت خاک کمتر از ۱۵ درجه سانتی‌گراد است. فعالیت‌های متابولیک ریشه، حلالیت عناصر غذایی در

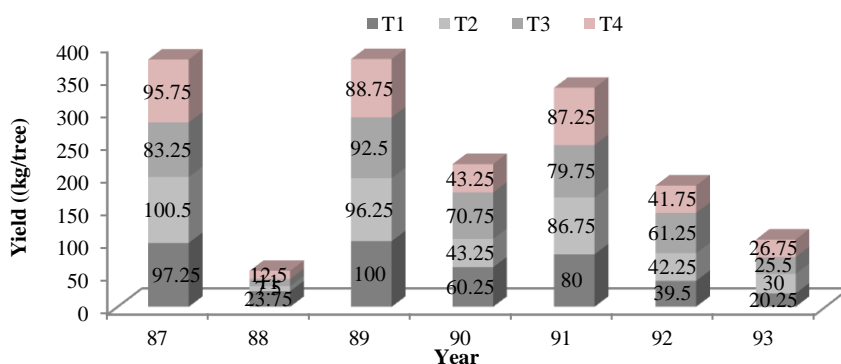


شکل ۱. تأثیر سال در عملکرد درختان نارنگی ساتسوما در آزمایش محلول پاشی اوره (1= سال اول، 2= سال دوم، 3= سال سوم، 4= سال چهارم، 5= سال ششم و 6= سال هفتم)

Figure 1. Effect of year on yield of trees satsuma mandarin in urea spraying experiment (1 = first year, 2 = second year, 3 = third year, 4 = fourth year, 5 = sixth year and 6 = seventh year)

در زمان گلدهی و تشکیل میوه محدودیت فراهمی نیتروژن وجود دارد و این محدودیت به علت کاهش تعرق و کاهش جذب عناصر غذایی توسط ریشه‌ها ناشی از درجه حرارت پایین خاک و هوای محیط است (Hamid *et al.*, 1988; Raiesi & Moradi, 2018).

محلول پاشی زمستانه اوره در زمان گل‌آغازی در باغ‌های جنوب کالیفرنیا، عملکرد درختان مرکبات را در سه سال متوالی به طور معنی‌داری افزایش داد. اما محلول پاشی قبل از گل‌آغازی، عملکرد درختان را در دو سال از سه سال افزایش داد و این افزایش عملکرد همراه با کاهش اندازه میوه نبود. نتایج نشان داد که این افزایش عملکرد ناشی از افزایش غلظت نیتروژن برگ نبود و نتایج آزمون برگ نشان داد که غلظت نیتروژن برگ درختان در حد بهینه بود (Lovatt, 1999). محلول پاشی اوره با غلظت پنج در هزار در دی، اسفند و تیرماه موجب افزایش غلظت نیتروژن برگ و تشکیل میوه در درختان تامسون ناول شد (Raiesi & Moradi, 2018). گزارش شده که محلول پاشی اوره در زمان تمام گل (با غلظت ۶ در هزار)، عملکرد درختان و تعداد میوه‌ها را به ازای هر درخت افزایش داد با وجود این که نتایج آزمون برگ درختان در شهریور ماه سال گذشته نشان داد که غلظت نیتروژن برگ در حد بهینه بود، این محلول پاشی عملکرد درختان را حدود ۷ تن درهکتار افزایش داد (Ali & Lovatt, 1994). همچنین تحقیقات متعدد نشان داده است که محلول پاشی اوره در طول یا پس از دوره تنش سرما، تعداد گل‌ها را در درختان مرکبات افزایش می‌دهد



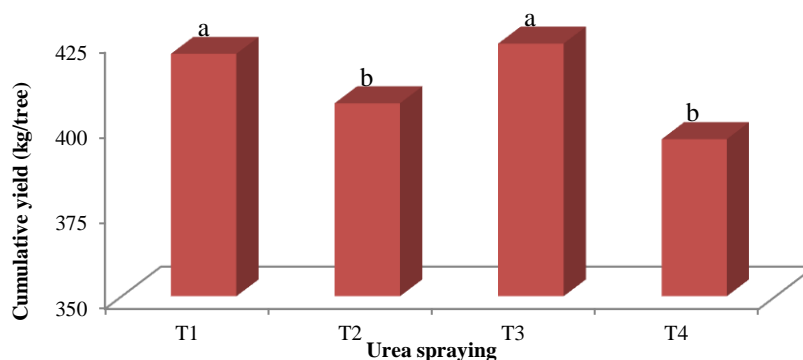
شکل ۲. مقایسه میانگین اثر محلول پاشی اوره بر عملکرد درختان نارنگی ساتسوما در هفت سال متوالی (87 = سال 1387، 88 = سال 1388، 89 = سال 1389، 90 = سال 1390، 91 = سال 1391، 92 = سال 1392 و 93 = سال 1393).

Figure 2. Mean comparison effect of urea spraying on yield of trees satsuma mandarin in seven consecutive years (87 = 2008, 88 = 2009, 89 = 2010, 90 = 2011, 91 = 2012, 92 = 2013 and 93 = 2014).



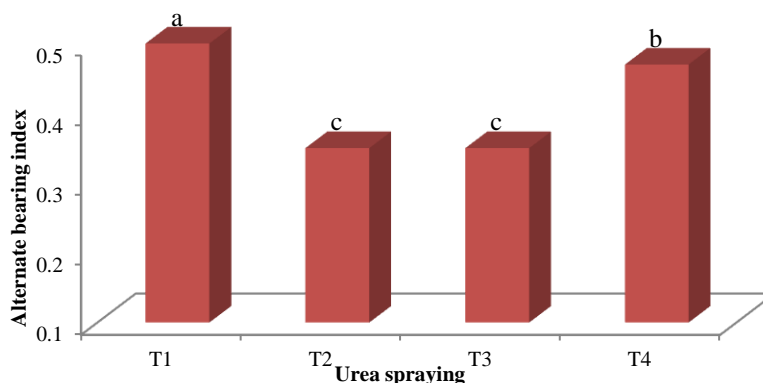
محلول پاشی اوره در مراحل مختلف رشد نشان داد که محلول پاشی اوره قبل از تمایز جوانه‌های گل تأثیر معنی‌داری در غلظت نیتروژن برگ نداشت اما محلول پاشی اوره در زمان گلدهی و پس از ریزش فیزیولوژی (ریزش تابستانه)، غلظت نیتروژن برگ را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد (جدول ۵) که با نتایج تحقیقات دیگر پژوهشگران مطابقت دارد که گزارش کردند راندمان نفوذ اوره به بافت برگ درختان مرکبات در محلول پاشی اوره زمستانه بسیار کم است و تأثیر معنی‌داری در غلظت نیتروژن برگ ندارد اما همین جذب کم می‌تواند بیوسنتز پلی‌آمین‌ها را تحریک کرده و در تشکیل میوه مؤثر باشد (Bondada *et al.*, 2001; Ali & Lovatt, 1994).

در شکل‌های ۵ تا ۱۰ به ترتیب نتایج تأثیر سال و تیمارهای مختلف محلول پاشی اوره و برهمکنش آنها بر میانگین وزن و قطر متوسط میوه نشان داده شده است. همه تیمارهای محلول پاشی اوره وزن متوسط میوه‌ها را نسبت به شاهد (تیمار T1) افزایش دادند، اما بین تیمارهای T2، T3 و T4 محلول پاشی اوره تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. همچنین بین تیمارهای مختلف محلول پاشی اوره از نظر تأثیرشان بر قطر میوه، تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. محلول پاشی اوره سبب افزایش معنی‌دار عملکرد گردید. افزایش عملکرد به علت افزایش تعداد میوه بود زیرا اندازه میوه تغییر معنی‌داری نکرد. همچنین تعداد کل میوه‌های درجه یک افزایش یافت (El-Otmani *et al.*, 2002). نتایج تأثیر تیمارهای مختلف



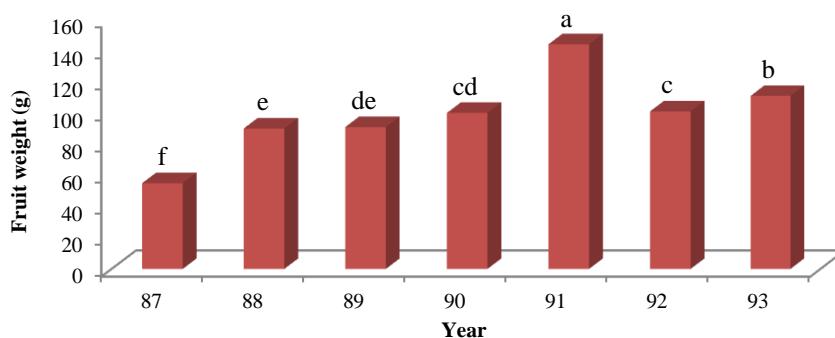
شکل ۳. مقایسه میانگین اثر محلول پاشی اوره بر عملکرد تجمعی درختان نارنگی ساتسوما میاگوا طی هفت سال (T1= شاهد، T2= محلول پاشی زمستانی اوره، T3= محلول پاشی اوره در زمان گلدهی، T4= محلول پاشی تابستانی اوره)

Figure 3. Mean comparison effect of urea spraying on cumulative yield of trees satsuma mandarin during seven years (T1= control, T2= winter urea foliar application, T3= foliar application of urea at flowering time, T4= summer foliar application of urea)

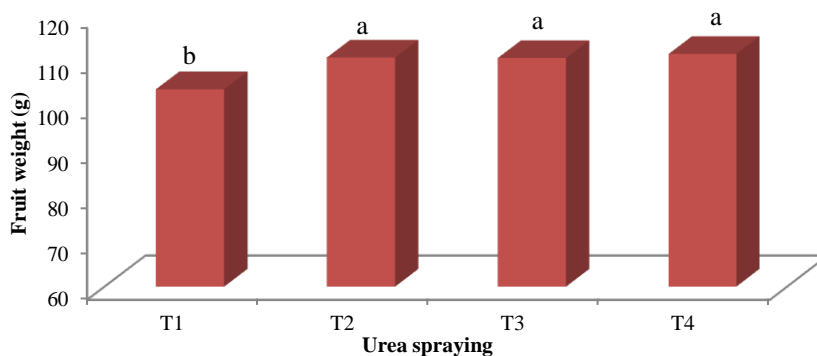


شکل ۴. مقایسه میانگین اثر محلول پاشی اوره بر شاخص تناوب باردهی نارنگی ساتسوما طی هفت سال (T1= شاهد، T2= محلول پاشی زمستانی اوره، T3= محلول پاشی اوره در زمان گلدهی، T4= محلول پاشی تابستانی اوره).

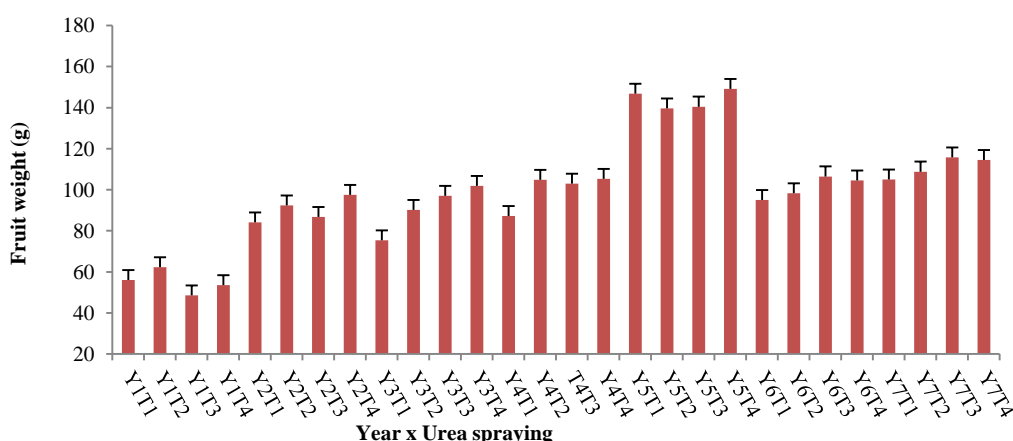
Figure 4. Mean comparison effect of urea spraying on alternate bearing index of satsuma mandarin during seven years (T1= control, T2= winter urea foliar application, T3= foliar application of urea at flowering time, T4= summer foliar application of urea).



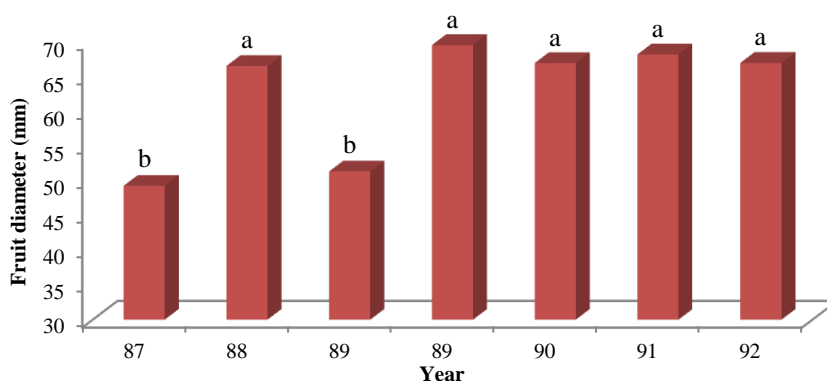
شکل ۵. مقایسه میانگین اثر محلول پاشی اوره بر میانگین وزن میوه نارنگی ساتسوما در هفت سال متوالی (87= سال ۱۳۸۷، 88= سال ۱۳۸۸، 89= سال ۱۳۸۹، 90= سال ۱۳۹۰، 91= سال ۱۳۹۱، 92= سال ۱۳۹۲ و 93= سال ۱۳۹۳)  
 Figure 5. Mean comparison effect of urea spraying on average fruit weight of satsuma mandarin in seven consecutive years (87 = 2008, 88 = 2009, 89 = 2010, 90 = 2011, 91 = 2012, 92 = 2013 and 93 = 2014)



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر محلول پاشی اوره بر میانگین وزن میوه نارنگی ساتسوما طی مدت هفت سال (T1= شاهد، T2= محلول پاشی زمستانی اوره، T3= محلول پاشی اوره در زمان گلدهی، T4= محلول پاشی تابستانی اوره)  
 Figure 6. Mean comparison effect of urea spraying on fruit average weight of satsuma mandarin during seven years (T1= control, T2= winter urea foliar application, T3= foliar application of urea at flowering time, T4= summer foliar application of urea)

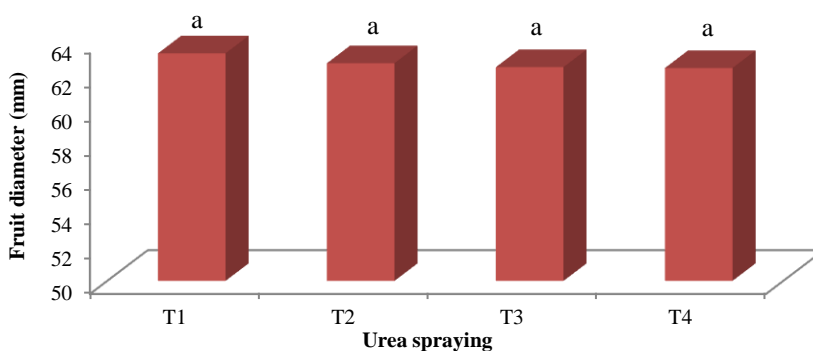


شکل ۷. مقایسه میانگین اثر متقابل سال و محلول پاشی اوره بر میانگین وزن میوه نارنگی ساتسوما (Y1= سال اول، Y2= سال دوم، Y3= سال سوم، Y4= سال چهارم، Y5= سال پنجم، Y6= سال ششم و Y7= سال هفتم و T1= شاهد، T2= محلول پاشی زمستانی اوره، T3= محلول پاشی اوره در زمان گلدهی، T4= محلول پاشی تابستانی اوره)  
 Figure 7. Mean comparison interaction effect of year and urea spraying on fruit average weight of satsuma mandarin (Y1 = first year, Y2 = second year, Y3 = third year, Y4 = fourth year, Y5 = sixth year and Y6 = seventh year and T1= control, T2= winter urea foliar application, T3= foliar application of urea at flowering time, T4= summer foliar application of urea)



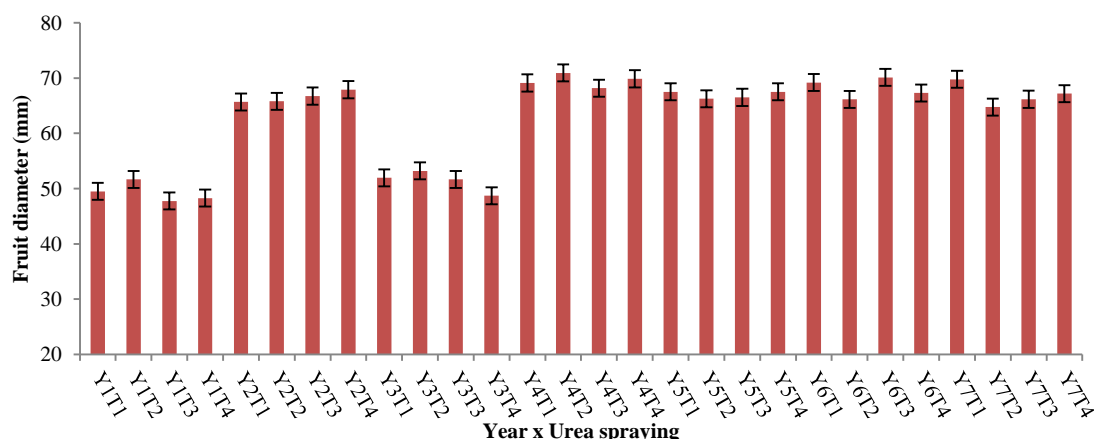
شکل ۸. میانگین قطر میوه نارنگی ساتسوما در هفت سال متوالی (87=سال ۱۳۸۷، 88=سال ۱۳۸۸، 89=سال ۱۳۸۹، 90=سال ۱۳۹۰، 91=سال ۱۳۹۱، 92=سال ۱۳۹۲ و 93=سال ۱۳۹۳)

Figure 8. Fruit mean diameter of satsuma mandarin in seven consecutive years (T<sub>1</sub>= control, T<sub>2</sub>= winter urea foliar application, T<sub>3</sub>= foliar application of urea at flowering time, T<sub>4</sub>= summer foliar application of urea)



شکل ۹. مقایسه میانگین اثر محلول پاشی اوره بر میانگین قطر میوه نارنگی ساتسوما طی هفت سال (T<sub>1</sub>= شاهد، T<sub>2</sub>= محلول پاشی زمستانی اوره، T<sub>3</sub>= محلول پاشی اوره در زمان گلدهی، T<sub>4</sub>= محلول پاشی تابستانی اوره)

Figure 9. Mean comparison effect of urea spraying on fruit mean diameter of satsuma mandarin during seven years (T<sub>1</sub>= control, T<sub>2</sub>= winter urea foliar application, T<sub>3</sub>= foliar application of urea at flowering time, T<sub>4</sub>= summer foliar application of urea)



شکل ۱۰. اثر متقابل سال و محلول پاشی اوره بر میانگین قطر میوه نارنگی ساتسوما (Y<sub>1</sub>= سال اول، Y<sub>2</sub>= سال دوم، Y<sub>3</sub>= سال سوم، Y<sub>4</sub>= سال چهارم، Y<sub>5</sub>= سال پنجم، Y<sub>6</sub>= سال ششم و Y<sub>7</sub>= سال هفتم و T<sub>1</sub>= شاهد، T<sub>2</sub>= محلول پاشی زمستانی اوره، T<sub>3</sub>= محلول پاشی اوره در زمان گلدهی، T<sub>4</sub>= محلول پاشی تابستانی اوره)

Figure 10. Mean comparison interaction effect of year and urea spraying on fruit mean diameter of satsuma mandarin (Y<sub>1</sub> = first year, Y<sub>2</sub> = second year, Y<sub>3</sub> = third year, Y<sub>4</sub> = fourth year, Y<sub>5</sub> = sixth year and Y<sub>6</sub> = seventh year and T<sub>1</sub>= control, T<sub>2</sub>= winter urea foliar application, T<sub>3</sub>= foliar application of urea at flowering time, T<sub>4</sub>= summer foliar application of urea)

جدول 5. مقایسه میانگین اثر محلول پاشی اوره بر غلظت نیتروژن برگ نارنگی ساتسوما.

Table 5. Mean comparison effect of urea spraying on leaf nitrogen concentration of satsuma mandarin.

Treatments	Nitrogen concentration of leaves
Control	2.51 c
Winter urea spraying (before flower bud differentiation)	2.54 bc
Urea spraying at full bloom (at the opening of at least 50% of flowers)	2.59 b
Summer urea spraying (after summer physiological abscission of fruitlets)	2.68 a

در هر ستون میانگین هایی با حداقل یک حرف مشترک، تفاوت معنی داری در سطح احتمال 5 درصد ندارند.

In each column means followed by at least a common letter, are not significantly difference at 5% probability level.

### نتیجه گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین عملکرد تجمعی از تیمارهای شاهد و محلول پاشی در زمان گلدهی حاصل شد و در مقابل، تیمارهای محلول پاشی زمستانه و محلول پاشی تابستانه از عملکرد تجمعی کمتری برخوردار بودند. تأثیر تیمارهای مختلف محلول پاشی اوره بر شاخص تناوب باردهی از نظر آماری در سطح 5 درصد معنی دار بود و درختان در تیمار محلول پاشی زمستانه اوره، بیشترین شاخص تناوب باردهی را داشتند و تیمارهای شاهد و محلول پاشی در زمان گلدهی از کمترین شاخص تناوب باردهی برخوردار بودند.

همچنین نتایج نشان داد که محلول پاشی اوره قبل از تمایز جوانه های گل و در زمان گلدهی تأثیر معنی داری بر غلظت نیتروژن برگ نداشت، اما تشکیل میوه و عملکرد را افزایش داد. در مقابل محلول پاشی پس از ریزش تابستانه موجب افزایش معنی دار غلظت نیتروژن برگ، تشکیل میوه و عملکرد نسبت به شاهد

شد. محلول پاشی زمستانه و بهاره (در زمان گلدهی) نیتروژن، تشکیل میوه و عملکرد درختان را افزایش داد. به طور کلی همه تیمارهای محلول پاشی اوره، وزن متوسط میوه ها را نسبت به شاهد افزایش دادند. نتایج عملکرد درختان در سال های مختلف نشان داد که تفاوت عملکرد بین سال پر محصول و کم محصول در سال های شروع آزمایش بسیار زیاد بود، اما این تفاوت عملکرد به تدریج در سال های بعدی کاهش یافت. بنابراین، محلول پاشی اوره به تدریج موجب تعدیل تناوب باردهی در سال های آزمایش شده است.

### سیاسگزاری

از مدیریت محترم وقت و کارشناسان شرکت باغداری فجر، شرکت دشت ناز ساری و همچنین همکاران بخش تحقیقات خاک و آب مازندران که نهایت همکاری را در اجرای میدانی این پروژه تحقیقاتی داشتند، تشکر و قدردانی می گردد.

### REFERENCES

- Ahyae, M. & Behbahanizadeh, A. (1997). *Methods of soil chemical analysis*. Publication 1024, Soil and Water Institute, Tehran, Iran. (in Farsi)
- Albrigo, L.G. (1999). Effects of foliar applications of urea or nutriphite on flowering and yields of Valencia orange trees. In: *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 112, 1-4.
- Ali, A.G. & Lovatt, C.J. (1992). Winter application of foliar urea. *Citrograph*, 78(2), 7-9.
- Ali, A.G. & Lovatt, C.J. (1994). Winter application of low biuret urea to the foliage of Washington navel orange increased yield. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119, 1144-1150.
- Ali, A.G. & Lovatt, C.J. (1995). Relationship of polyamines to low-temperature stress-induced flowering of the Washington navel orange. *Journal Horticultural Science*, 70, 491-498.
- Anonymous. (2015). Introduction and production of citrus cultivars and commercial rootstocks. J. No. 9441, National Citrus Research Institute, Agricultural Research, Education and Promotion Organization, Tehran, Iran. (in Farsi)
- Arias, M., Carbonell, J. & Agusti, M. (2005). Endogenous free polyamines and their role in fruit set of low and high parthenocarpic ability citrus cultivars. *Journal of Plant Physiology*, 162, 845-853.
- Arzani, K. & Akhlaghi Amiri, N. (2000). Size and quality of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu*) as affected by 2,4-D and NAA. *Journal of Seed and Plant*, 16(4), 450-459. (in Farsi)
- Asadi Kangarshahi, A., Savaghebi, Gh.R. & Akhlaghi Amiri, N. (2011). Reducing of citrus alternate bearing by managing of nitrogen using and pruning in East of Mazandaran, *Iranian Journal of Horticultural Science*, 42(3), 217-225. (in Farsi)

10. Asadi Kangarshahi, A. (2019). *Nutrition Management of Citrus Trees* (1th ed). Agricultural Extension and Education Publications. (in Farsi)
11. Asadi Kangarshahi, A. & Akhlaghi Amiri, N. (2014 a). *Advanced and Applied Citrus Nutrition*. (1<sup>st</sup>ed.). Agricultural Extension and Education Publications. (in Farsi)
12. Asadi Kangarshahi, A. & Akhlaghi Amiri, N. (2014 b). *Advanced and Applied Citrus Nutrition* (1th ed). Agricultural Extension and Education Publications. (in Farsi)
13. Asadi Kangarshahi, A., Basirat, M., Akhlaghi Amiri, N., Hghigatnia, H., Sheykh Ashkevari, A.R., Salimpour, S., Sabbah, A., Shahabiyan, M., Saleh, J., Ghasemi, O. & Rejali, F. (2017). *Guidelines for integrated soil fertility and plant nutrition management of citrus trees in the north and south of the country*. Soil and Water Research Institute, Theran, Iran. (in Farsi)
14. Bondada, B.R., Syvertsen, J.P. & Albrigo, L.G. (2001). Urea nitrogen uptake by citrus leaves. *HortScience*, 36, 1061-1065.
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. El-Otmani, M., Ait-Oubahou, A., Zahra, F. & Lovatt, C.J. (2002). Efficacy of foliar urea as N source in sustainable citrus production systems. *Acta Horticulturae, International Symposium on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants*, 594, 611-617.
17. Emami, A. (1996). *Methods of plant analysis*. Publication 982. Soil and Water Institute, Tehran, Iran. (in Farsi)
18. Fichtner, E., Chao, Y.Y., Verreynne, J.S., Tang, L., Ferguson, L. & Lovatt, C.J. (2017). Repeating cycles of on and off yields in alternate bearing olive, pistachio and citrus, different mechanisms, common solution. *1<sup>st</sup> International Horticultural Science Conference of Iran*, September 4-7, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
19. Goldschmidt, E.E. (2005). Regulatory aspects of alternate bearing in fruit tree. *Italus Hortus*, 12, 11-17.
20. Hamid, G.A., VanGundy S.D. & Lovatt, C.J. (1988). Phenologies of the citrus nematode and citrus roots treated with oxamyl. In: *Proceeding of the 6<sup>th</sup> International Citrus Congress*, 2, 993-1004.
21. Lovatt, C.J. (1999). Timing citrus and avocado foliar nutrient application to increase fruit set and size. *Hortechology*, 9, 607-612.
22. Lovatt, C.J., Sagee, O. & Ali, A.G. (1992). Ammonia and its metabolites influence flowering, fruit set and yield of Washington Navel orange. In: *Proceedings of the International Society of Citriculture*, 1, 412-416.
23. Lovatt, C.J., Zheng, Y. & Hake, K.D. (1988a). Demonstration of a change in nitrogen metabolism influencing flower initiation in citrus. *Israel Botanists*, 37(3/4), 181-188.
24. Lovatt, C.J., Zheng Y. & Hake, K.D. (1988b). A new look at the Kraus-Kraybill hypothesis and flowering of citrus. In: *6<sup>th</sup> International Citrus Congress*, 1, 475-483.
25. Mazhar, M. S., Anwar, R. & Maqbool, M. (2007). A review of alternate bearing in citrus. In: *Proceedings of International Symposium on Prospects of Horticultural Industry in Pakistan*, 143-149.
26. Monselise, S.P. & Goldschmidt, E.E. (1982). Alternate bearing in fruit trees. In: *Horticultural reviews*, AVI Publishing Company, 4, 128-174.
27. Monselise, S.P., Goldschmidt, E.E. & Golomb, A. (1981). Alternate bearing in citrus and ways of control. In: *Proceeding of International Society of Citriculture*, 1, 239-242.
28. Raiesi, T. & Moradi, B. (2018). The effect of urea foliar spray time on yield and fruit quality of 'Thomson Navel' sweet orange trees. *Iranian Journal of Horticultural Science*. 50(2), 349-359. (in Farsi).
29. Rabe, E. (1994). Yield benefits associated with pre-blossom low biuret urea sprays on citrus spp. *Journal of Horticultural Science*, 69, 495-500.
30. Reuther, W. & Smith, P.F. (1954). Leaf analysis of citrus. In: N.F. Childers (Ed), *Fruit nutrition*. (pp. 257- 294) Rutgers University, New Jersey.
31. Sagee, O. & Lovatt, C.J. (1991). Putrescine concentration parallels ammonia and arginine metabolism in developing flowers of Washington navel orange. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116, 280-285.
32. Saleem, B.A., Malik, A., Maqbool, M., Din, I., Farooq, M. & Rajwana, I.A. (2008). Early winter spray of low biuret urea improves marketable yield and fruit quality of sweet oranges. *Pakistan Journal of Botany*, 40(4), 1455-1465.
33. Schalk, I. (2012). Studies on the phenology and carbohydrate status of alternate bearing mandarin trees. Thesis M.Sc., Stellenbosch University, USA.
34. Young, Y. & Kwangchool, K. (1997). Effects of pre- and post-harvest foliar spray of urea on the flowering and fruit setting Satsuma mandarin. *Journal of Korean Society for Horticultural Science*, 38, 227-233.