Plant Prod., 2026, 49(2), 239-249
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2025.48768.2247
Received: 13 January 2025
Accepted: 26 June 2025

Plant Productions

Research Article

Influence of pruning on canopy light penetration, flowering, fruit set, and fruit quality attributes of Thomson Navel orange in northern Iran

Majid Kamali Jamkhaneh[1], Hossein Sadeghi[1*], Hosein Moradi[1]

1. Department of Horticulture Sciences, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Citation: Kamali Jamkhaneh, M., Sadeghi, H., & Moradi, H. (2026). Influence of pruning on canopy light penetration, flowering, fruit set, and fruit quality attributes of Thomson Navel orange in northern Iran. *Plant Productions*, 49(2), 239- 249.

Abstract

Introduction

Thomson navel orange occupies the largest cultivation area among citrus species in eastern Mazandaran owing to its high adaptability and yield potential. In northern regions, trees are commonly trained to a spherical canopy form. However, this structure restricts light penetration into the inner canopy due to shading by upper branches and leaves, thereby confining flowering and fruiting largely to the shape of canopy. The present study aimed to enhance light penetration into the inner canopy through pruning and to assess its effects on flowering and selected quantitative and qualitative traits of Thomson navel orange fruit.

Materials and Methods

The experiment was conducted during the 2019–2020 growing season in a commercial orchard located in the Mushk-Abad area of Jouybar. A randomized complete block design with seven treatments and three replications was employed. Light intensity within the canopy under different pruning treatments was measured at 09:00, 12:00, and 15:00. Additionally, the number of flowers, number of leafy inflorescences, and fruit traits including number, length, diameter, volume, and color were recorded.

Results and Discussion

Pruning treatments significantly affected light distribution within the canopy. The highest light penetration into the inner canopy was recorded in pruning type F (open-center pruning combined with removal of branches from the east, west, and south sides), with a mean of 453 µmol m^{-2} s^{-1}, followed by type E (open-center pruning with removal from the west and south sides) at 365 µmol m^{-2} s^{-1}. The lowest value (12.7 µmol $m^{-2}.s^{-1}$) was observed in the control (type A: unpruned spherical canopy). The highest mean number of flowers (270) was obtained in pruning type F, whereas the lowest values (216–218 flowers) were observed in treatments A and G (open-center pruning with removal from the south side). A similar trend was observed for the number of

* **Corresponding Author:** Hossein Sadeghi
E-mail: sadeghiah@yahoo.com

© 2026 The Author(s). Published by Shahid Chamran University of Ahvaz. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

leafy inflorescences, with the highest values recorded in type F. This treatment also exerted a positive effect on fruit traits, including length, weight, and volume. Fruit set percentage was highest in type F (15.4%) and lowest in type B (open-center pruning) at 3.2%. The greatest number of fruits was observed in type F (14 fruits), followed by type E (12.33 fruits), whereas the lowest values were recorded in the control (type A) and type B treatments. Overall, pruning type F, which maximized light penetration into the canopy, enhanced flowering and fruiting within the inner canopy and improved both quantitative and qualitative fruit characteristics.

Conclusion

Enhanced light availability within the inner canopy promotes flower formation, development of leafy inflorescences, and fruit set in Thomson navel orange trees. Moreover, improved light distribution positively influences fruit physical attributes, including length, diameter, weight, and color. Therefore, the adoption of appropriate pruning strategies—particularly pruning type F—is recommended to achieve optimal yield and superior fruit quality.

Keywords: Assimilate partitioning, Canopy microclimate, Radiation interception, Source–sink relationship

تولیدات گیاهی، ۱٤۰۵، ٤۹(۲)، ۲۳۹- ۲٤۹
https://plantproduction.scu.ac.ir/
ISSN (P): 2588-543X; **ISSN (E):** 2588-5979
Doi: 10.22055/ppd.2025.48768.2247
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/ ۱۰/ ۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/ ۰۴/ ۰۵

تولیدات گیاهی
مقاله پژوهشی

اثر هرس بر جریان تابش نور داخل تاج درخت، گل‌دهی، میوه بستن و ویژگی‌های کیفی میوه پرتقال تامسون ناول در شمال ایران

مجید کمالی جامخانه[۱]، حسین صادقی [۱*]، حسین مرادی[۱]

۱- گروه علوم باغبانی، دانشکدهٔ علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

چکیده

پرتقال "تامسون ناول" به دلیل سازگاری منطقه‌ای و عملکرد بالا در شرق مازندران بیشترین سطح زیر کشت در بین مرکبات به خود اختصاص داده است. به‌طور معمول درختان پرتقال در شمال کشور به شکل کروی پرورش داده می‌شوند. در این شکل تاج به دلیل سایه افکنی شاخه‌ها و برگ‌های بالاتر، جریان تابش نور به داخل تاج درخت کافی نبوده و در نتیجه گل‌دهی و میوه بستن به بخش‌های بیرونی تاج درخت محدود می‌شود. هدف از انجام این پژوهش، افزایش جریان تابش نور به بخش‌های داخلی درخت با استفاده از هرس و مطالعه اثر آن بر گلدهی و برخی صفات کمی و کیفی میوه پرتقال رقم تامسون ناول بوده است. پژوهش حاضر بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت تیمار و سه تکرار در یک باغ تجاری در شهرستان جویبار انجام شد. میزان نور وارد شده به درون تاج درخت در شکل‌های مختلف هرس در ساعت‌های ۹ صبح، ۱۲ ظهر و ۳ عصر اندازه‌گیری شد. تعداد گل، تعداد گل‌آذین برگ‌دار، تعداد، طول، قطر، حجم و رنگ میوه‌ها نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این آزمایش نشان داد، بیشترین میزان جریان تابش نور به لایهٔ های داخلی درخت به ترتیب با میانگین ٤۵۳ میکرو مول بر مترمربع بر ثانیه در هرس نوع F (جامی+ برش شرقی جنوبی) و ۳٦۵ میکرو مول بر مترمربع بر ثانیه در هرس نوع E (جامی+ برش غربی و جنوبی) مشاهده شد. کمترین میزان نفوذ نور هم در داخل تاج درخت با میانگین ۱۲/۷ میکرو مول بر مترمربع بر ثانیه در هرس نوع A (تاج کروی بدون هرس) دیده شد. بیشترین میانگین گل‌دهی با ۲۷۰ عدد گل در هرس نوع F و کمترین میانگین تشکیل گل با ۲۱٦ و ۲۱۸ گل در هرس نوع A و نوع G (جامی+ برش جنوبی) مشاهده شد. بیشترین تعداد گل‌آذین برگ‌دار هم در هرس نوع F وجود داشت. هرس نوع F در درون تاج درخت بر صفاتی مانند طول، وزن و حجم میوه بیشترین اثر را داشت. هرس نوع F با میانگین ٤/۱۵ درصد، دارای بیشترین تشکیل میوه و هرس نوع B (جامی) با میانگین ۲/۳ درصد دارای کمترین درصد تشکیل میوه بود. هرس نوع F با میانگین ۱٤ میوه و هرس نوع E با میانگین ۱۲/۳۳ میوه دارای بیشترین تعداد میوه بودند. کمترین تعداد میوه هم در هرس نوع A (بدون هرس) با ۹/٦٦ میوه و هرس نوع B (هرس جامی) دیده شد. به‌طور کلی هرس نوع F که باعث بیشترین جریان تابش نور به درون تاج درخت می‌شود موجب گل و گلدهی بیشتر در بخش‌های درونی تاج می‌شود. همچنین صفات کیفی و کمی محصول نیز افزایش می‌یابد.

کلیدواژه‌ها: تخصیص مواد فتوسنتزی، رابطه منبع–مخزن، ریزاقلیم تاج درخت، رهگیری تابش

نویسنده مسئول: حسین صادقی
رایانامه: sadeghiah@yahoo.com

مقدمه

کمیت، کیفیت و شدت نور در رشد و نمو و فیزیولوژی درختان میوه و تولید محصول تأثیر دارند. همچنین بر تشکیل جوانه‌های گل، گلدهی، میوه‌دهی و صفات کمی و کیفی آن هم اثر دارد (Paradiso and Proietti, 2022). نور علاوه بر فتوسنتز، نورگرایی، فتوپریودیسم و تولید رنگ‌دانه‌های گیاهی هم مانند کلروفیل و کارتنویید تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین عدم پراکنش هم نواخت نور به درون تاج درختان میوه، به‌طور چشمگیری کمیت و کیفیت محصول را کاهش می‌دهد (Li and Yang, 2015). هرس درختان میوه به‌منظور شکل‌دهی آن‌ها از قرون چهاردهم یا پانزدهم شروع شده است. تمام نوری که به داخل تاج درخت نفوذ می‌کند تابش فعال فتوسنتزی نیست. فرایند جذب یا انتقال تابش کل، تحت تأثیر شاخص سطح برگ که در معرض تابش نور خورشید هستند قرار می‌گیرند (De Gasas *et al.*, 2011). در درختان میوه، بین مقدار نور دریافتی در تمامی تاج درخت و میزان عملکرد رابطهٔ مستقیمی وجود دارد. در درختان کروی، تنها قسمتی از تاج درخت در معرض تابش مستقیم نور قرار گرفته و بخش مرکزی تاج نور کافی دریافت نمی‌کند؛ بنابراین مقدار گلدهی و کیفیت میوه در این شکل درخت کاهش می‌یابد. پراکنش بهتر نور خورشید به درون تاج درخت با هرس مناسب سبب رشد جوانهٔ گل، افزایش میزان تبدیل شکوفه‌ها به میوه رشد میوه و افزایش کیفیت میوه می‌شود (Marini *et al.*, 2020). هرس علاوه بر افزایش نفوذ نور نقش مهمی در بهبود سلامت درختان مرکبات دارد. گردش هوای کافی در درون تاج منجر به کاهش نرک و کاهش آلودگی به آفات و بیماری‌ها می‌شود. در باغ‌هایی با تراکم بالا اگر درختان هرس نشوند سایه‌اندازی شاخه و برگ‌های فوقانی بر قسمت‌های پایین‌تر تاج، موجب می‌شود منطقه تولید میوه به سمت بالای تاج منتقل شده در نتیجه کاهش عملکرد و کیفیت میوه را در پی خواهد داشت (Abobatta, 2019). پرتقال تامسون ناول (*Citrus sinensis* cv. Thompson navel) یکی از ارقام گونهٔ پرتقال است که رقمی بدون بذر، زودرس و نسبتاً مقاوم به سرما است. درختان تامسون ناول نیمه پاکوتاه با تاجی متراکم و پر شاخه و برگ می‌باشند. استان مازندران با سهم ۶۸/۴۱ درصد رتبه اول تولید پرتقال در کشور را دارد (Ministry of Agriculture Jehad, 2024). نقطه اشباع نوری در مرکبات حدود ۶۰۰ میکرو مول بر مترمربع در ثانیه است که تقریباً معادل یک سوم تابش نور خورشید است (Asadi kangarshahi *et al.*, 2012). کاهش نفوذ نور در نواحی داخلی تاج درخت منجر به کاهش رشد سطح برگ و افت کیفیت و اندازه میوه می‌شود. در مقابل، بهبود توزیع نور در داخل تاج، از طریق مدیریت مناسب سایه‌اندازی، موجب افزایش فتوسنتز، رشد رویشی و بهبود کیفیت میوه می‌گردد. (Li and yung, 2015). جهت جغرافیایی و موقعیت میوه بر روی تاج درخت هم بر ویژگی‌های کیفی میوه پرتقال اثر داشته و میوه‌هایی که نور بیشتری دریافت می‌کنند کیفیت بهتری دارند. افزایش بیشتر نفوذ نور در تاج درختان دورگه مرکبات مانند تانگور و مورکات هم باعث افزایش عملکرد و بهبود صفات کیفی میوه به‌ویژه در قسمت داخلی تاج شده است (Hardy *et al.*, 2017). حذف بخشی از سر شاخه‌های فوقانی درخت پرتقال منجر به ایجاد شاخسارهایی می‌گردد که تمایل بیشتری برای تولید گل‌آذین‌های برگ‌دار دارند (Hanke *et al.*, 2007). در درختان لیموی هرس شده در مقایسه با درختان هرس نشده تعداد گل، میوه و عملکرد افزایش یافته است. مطالعهٔ Hamdy (2018) نشان داد که شدت‌های مختلف هرس تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و کیفیت میوه در ارقام نارنگی دارد. هرس سبک با افزایش عملکرد همراه بود، در حالی که هرس شدید موجب بهبود رنگ و کیفیت میوه به دلیل افزایش نفوذ نور به داخل تاج درخت شد. افزایش دسترسی نور در داخل تاج درخت باعث بهبود رنگ‌پذیری میوه‌ها می‌شود، در حالی که درختان بدون هرس یا با هرس سبک، میوه‌هایی با رنگ غیر یکنواخت و کیفیت ظاهری پایین‌تر تولید می‌کنند (Umar *et al.*, 2019). درختان پرتقال در شمال کشور بیشتر به شکل کروی

تربیت می‌شوند به‌طوری‌که تراکم بالای شاخه و برگ مانع نفوذ نور کافی به داخل تاج درختان می‌شوند و در بیشتر موارد علاوه بر عملکرد کمتر، میوه‌های تولید شده رنگ زرد-نارنجی دارند در حالی که میوه‌هایی که در معرض نور بیشتر قرار دارند رنگ نارنجی تند دارند. لذا در این پژوهش سعی گردید مشخص شود که آیا بین میزان نفوذ نور به داخل تاج درختان تامسون ناول و تعداد و کیفیت گلدهی رابطه‌ای برقرار است و چه اثری بر صفات کمی و کیفی میوه دارد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در یک قطعه باغ تجاری در منطقه مشک‌آباد از توابع شهرستان جویبار در طی دو سال زراعی ۱۳۹۹-۱۴۰۰ بر روی درختان یازده‌ساله پرتقال تامسون که بر روی پایه‌ی نارنج پیوند شده که تاج کروی داشتند، انجام شد. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت نوع هرس در سه تکرار اجرا شد. هرس درختان مورد آزمایش به‌صورت ته زنی به‌طوری که نور به مرکز درخت و داخل شاخه‌ها نفوذ کند انجام شد زمان هرس بلافاصله پس از برداشت محصول و قبل از گل‌انگیزی (گل‌انگیزی مرکبات معمولاً در اوایل زمستان انجام می‌شود) بود. اشکال هرس به‌صورت زیر بودند: (شکل ۱). (A) کروی بدون هرس یا شاهد (No pruning)، (B) هرس جامی (Open center)، (C) هرس جامی+برش شرقی (Open center+East prunned)، (D) هرس جامی+برش جنوبی (Open center+South)، (E) هرس جامی+ برش شرقی و غربی (Open center+prunned)، (F) هرس جامی+برش شرقی غربی جنوبی (Open center+East+West+ South pruned)، (G) هرس جامی+برش غربی (Open center +West).

در طول مدت آزمایش ۱۱ مرتبه به فواصل ۲۵-۳۰ روز، در روز آفتابی و بدون پوشش ابر با لوکس‌متر (مدل LXIOIOBS LUX METER- ساخت چین) میزان نور تابشی در تاج درخت در لایه‌های داخلی و خارجی تاج در ۱۰ نقطه مختلف روی تاج اندازه‌گیری و ثبت شد. در زمان اندازه‌گیری نور، چشمی لوکس‌متر در جهت عمود بر نور خورشید قرار داشت. قسمت‌هایی از تاج که میزان نور در آن نقاط اندازه‌گیری شده شامل لایهٔ بیرونی شمال تاج، لایهٔ درونی شمال تاج، لایهٔ بیرونی جنوب تاج، لایهٔ درونی جنوب تاج، لایهٔ بیرونی شرق تاج، لایهٔ داخلی شرق تاج، لایهٔ بیرونی غرب تا ج و لایهٔ داخلی غرب تاج بود. میزان نور اندازه‌گیری شده در پنج نقطه از تاج درخت (بالای تاج، سمت شمال، جنوب، شرق و غرب تاج) با هم جمع شده و میانگین آن به‌عنوان میانگین میزان نور در لایهٔ بیرونی و درونی تاج درخت در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری تعداد گل از هر درخت مورد آزمایش در چهار جهت اصلی، شاخه‌هایی هم‌قطر و با طول مشابه انتخاب و در حجم ۳۰ ×۳۰ سانتی‌متر تعداد گل روی آن‌ها شمارش شد و میانگین تعداد گل شمارش شده به‌عنوان میانگین گل درخت جهت آنالیز داده‌ها ثبت گردید. برای شمارش تعداد میوه‌ها از شاخه‌هایی که جهت برآورد تعداد گل مشخص شده بودند، پس از مرحلهٔ ریزش دوم میوه‌چه تعداد میوه‌های باقی‌مانده شمارش شد و میانگین تعداد میوه شمارش شده در چهار جهت به‌عنوان تشکیل میوه درخت برای آنالیز داده‌ها ثبت گردید

میزان درصد تشکیل میوه از تقسیم تعداد میوه‌های تشکیل شده به تعداد گل‌ها به دست آمد (Akhlaqi Amiri *et al.*, 2016).

برای محاسبهٔ عملکرد درخت در زمان برداشت، میوه‌های هر درخت در هر بلوک به‌صورت جداگانه برداشت شد. میوه‌های برداشت شده با ترازو وزن شد. قبل از برداشت میوه از سطح باغ، به‌صورت تصادفی از هر درخت تعداد ۸ میوه از چهار جهت درخت از لایه‌های بیرونی و درونی تاج درخت (چهار عدد از لایه بیرونی و چهار عدد از لایه داخلی تاج) برداشت شد. وزن میوه، طول میوه، قطر میوه، حجم میوه، با روش‌های معمول اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری pH، ابتدا دستگاه pH سنج توسط محلول‌های بافر ۴ و ۷ تنظیم گردید. سپس مقداری از عصاره صاف شده میوه در یک بشر کوچک ریخته شد و pH عصاره قرائت و ثبت گردید (Ehtesham Nia *et al.*, 2021).

جهت اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتراسیون ۵ میلی‌لیتر از عصاره آب میوه با ۴۵ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شد و با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تا زمانی که pH به حدود ۸/۲ رسید، تیتر شد و نتایج به‌صورت درصد سیتریک اسید بیان شد (Ehtesham Nia *et al*., 2021).

مواد جامد محلول با استفاده از رفرکتومتر دستی تعیین و نتایج به‌صورت درجهٔ بریکس بیان شد. نسبت مواد جامد قابل حل به اسید قابل تیتراسیون به‌عنوان شاخص رسیدگی میوه (بلوغ) در نظر گرفته می‌شود و بیانگر کیفیت میوه نیز است و با افزایش این نسبت میزان رسیدگی میوه نیز بیشتر می‌شود (Ehtesham Nia *et al*., 2021).

نتایج داده‌ها با نرم‌افزار SPSS در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن واکاوی شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، هرس بر توزیع نور در تاج درخت، تعداد و درصد میوه دهی در سطح یک درصد و گلدهی در سطح پنج درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۱). همچنین بر طول میوه در داخل و بیرون تاج، وزن و حجم میوه در داخل تاج در سطح یک درصد و بر قطر میوه در داخل تاج و وزن میوه در بیرون تاج در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). نور بر صفات شیمیایی شاخص طعم (TSS/TA) در میوه‌های داخل و بیرون تاج در سطح یک درصد معنی‌دار بود. همچنین در صفاتی مانند مواد جامد محلول (TSS) میوه در داخل تاج و اسیدیتهٔ میوه (TA) در داخل و بیرون تاج تفاوت در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. در سایر صفات شیمیایی مورد مطالعه اثر معنی‌داری وجود نداشت.

شکل یک میانگین نفوذ نور در لایه خارجی تاج درخت و میانگین نفوذ نور را در انواع مختلف هرس در ساعت‌های مختلف روز (۹، ۱۲ و ۱۵) نشان می‌دهد. هرس نوع F (جامی+شرقی غربی جنوبی) و هرس نوع E (جامی+ غربی و جنوبی) به ترتیب با میانگین نفوذ نور ۴۵۳ و ۳۶۵ میکرو مول بر مترمربع بر ثانیه دارای بیشترین و هرس A (بدون هرس) با میانگین ۱۲/۷ میکرو مول بر مترمربع بر ثانیه دارای کمترین نفوذ نور به داخل تاج درخت داشتند.



(A) (B) (C) (D) (E) (F) (G)

شکل ۱- شکل تاج درخت پس از انواع هرس

A) بدون هرس؛ B) هرس جامی؛ C) هرس جامی + برش شرقی؛ D) هرس جامی + برش جنوبی؛ E) هرس جامی + برش شرقی + برش غربی؛ F) هرس جامی + برش شرقی + برش غربی + برش جنوبی؛ G) هرس جنوبی + برش غربی

Figure 1. The shape of the tree canopy after pruning

A) No pruning; B) Open center; C) Open center + East pruned; D) Open center+ South pruned; E) Open center + East +West pruned; F) Open center+East+West+ South pruned; G) Open center +West

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر هرس بر توزیع نور در تاج درخت و برخی صفات زایشی پرتقال تامسون ناول

Table 1. Analysis of variance for the effect of pruning on light distribution in the tree canopy and some reproductive traits of Thompson Navel orange

S.O.V	Average light outer layer	Average light inner layer	Average blooming	Number of fruits	Fruit set Percentage
Block	70773*	0.01**	148.4^{ns}	0.49 ^{ns}	0.08^{ns}
Pruning	44.6*	5.78**	952.2*	8.31**	0.52**
Error	12.33	0.004	200.8	0.65	0.1
C.V(%)	6.39	21.84	8.77	15.76	14.6

علامت‌های ** و * به‌ترتیب نشان‌دهندهٔ معنی‌داری در سطوح احتمال یک و پنج درصد بوده و ns بیانگر عدم معنی‌داری است.

** and * indicate statistical significance at $P \leq 0.01$ and $P \leq 0.05$, respectively, whereas ns denotes non-significant differences.

جدول۲- تجزیه واریانس تأثیر هرس و توزیع نور در تاج درخت بر صفات فیزیکی پرتقال تامسون ناول

Table 2. Analysis of variance for the effect of pruning and light distribution in the tree canopy on the physical traits of Thomson Navel orangefruit

S.O.V	Fruit length inner canopy	Fruit length outer canopy	Fruit diameter inner canopy	Fruit diameter outer canopy	Fruit weight inner canopy	Fruit weight outer canopy	Fruit volume inner canopy	Fruit volume outer canopy
Block	3.24^{ns}	5.03^{ns}	0.373^{ns}	1.49^{ns}	28.03^{ns}	51.03^{ns}	105.06^{ns}	2.33^{ns}
pruning	21.02**	43.99**	19.96*	1.33^{ns}	727.08**	237.51*	226.28**	1146.7**
Error	2.7	3.19	4.51	4.86	18.03	29.31	22.62	36.37
C.V(%)	3.97	5.47	3.99	2.48	7.4	4.5	8.75	4.07

علامت‌های ** و * به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطوح احتمال یک و پنج درصد درصد بوده و ns بیانگر عدم معنی‌داری است.

** and * indicate statistical significance at $P \leq 0.01$ and $P \leq 0.05$, respectively, whereas ns denotes non-significant differences.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر هرس بر صفات شیمیایی میوهٔ پرتقال تامسون ناول

Table 3. Analysis of variance for the effect of pruning on chemical traits of Thompson Navel orange fruit

S.O. V	Fruit pH inside the canopy	Fruit pH outside the canopy	Fruit Tss inside the canopy	Fruit Tss outside the canopy	Fruit TA inside the canopy	Fruit TA outside the canopy	Fruit TSS/TA iInside the canopy	Fruit TSS/TA outside the canopy
Block	7.6^{ns}	0.001^{ns}	0.044^{ns}	0.12^{ns}	0.006^{ns}	0.004^{ns}	0.09^{ns}	0.22^{ns}
pruning	0.003^{ns}	0.007^{ns}	0.325*	0.13^{ns}	0.028*	0.018*	1.31**	0.82**
Error	0.003	0.003	0.111	0.048	0.008	0.006	0.17	0.14
C.V(%)	1.37	1.81	4.22	2.85	7.98	6.66	10.37	8.61

علامت‌های ** و * به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌داری در سطوح احتمال یک و پنج درصد بوده و ns بیانگر عدم معنی‌داری است.

** and * indicate statistical significance at $P \leq 0.01$ and $P \leq 0.05$, respectively, whereas ns denotes non-significant differences.

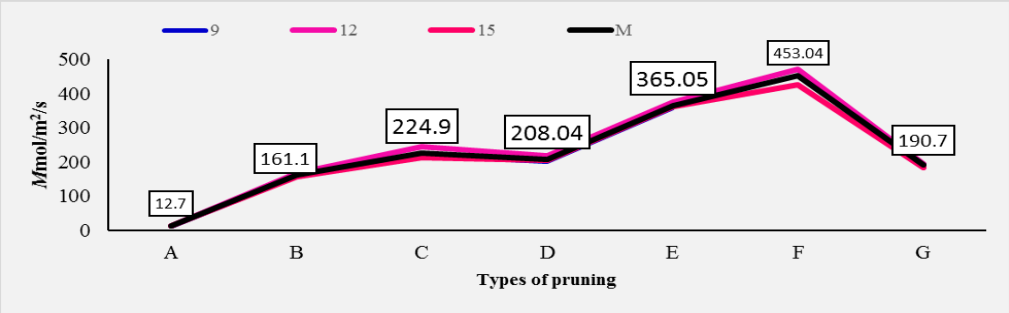
جدول ٤- تأثیر هرس بر میزان دریافت نور و صفات زایشی درخت پرتقال تامسون ناول

Table 4. Effect of pruning on light interception and reproductive traits of Thompson Navel orange tree

(SOC) / (Pruning)	Inner light (µmol. $m^{-2}.s^{-1}$)	Average light outer layer (µmol. $m^{-2}.s^{-1}$)	Leaf inflorescence	Flower number	Fruit set (%)
(A)	12.7 g	1316b	9.67 d	9.66 c	2.3 b
(B)	161.1 f	1314.9b	13.3 c	9.66 c	2.99 b
(C)	224.9 c	1316.3b	15.0 c	10 c	3.04 b
(D)	208.04 d	1318b	15.0 c	10.3 c	3.11 b
(E)	365.05 b	1321ab	18.0 b	12.3 b	3.33 b
(F)	453.04 a	1326a	21.7 a	14 a	4.15 a
(G)	190.07 e	1317.3b	14.3 c	10 c	3.19 b

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند، اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means within each column followed by the same letter are not significantly different.



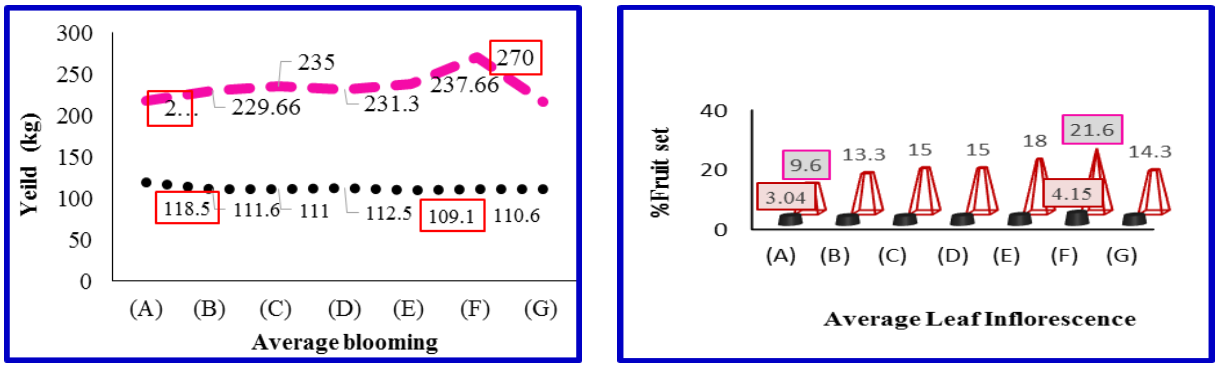
شکل ۲- میزان نفوذ نور از طریق هرس به لایه‌های داخلی تاج درخت

A) بدون هرس؛ B) هرس جامی؛ C) هرس جامی + برش شرقی؛ D) هرس جامی + برش جنوبی؛ E) هرس جامی + برش شرقی + برش غربی؛ F) هرس جامی + برش شرقی + برش غربی + برش جنوبی؛ G) هرس جنوبی + برش غربی

Figure 2. Amount of light penetration through pruning into the inner layers of the tree crownA

A) No pruning; B) Open center; C) Open center + East pruned; D) Open center+ South pruned; E) Open center + East +West pruned; F) Open center+East+West+ South pruned; G) Open center +West

اشباع نوری برای فعالیت فتوسنتزی مرکبات در شدت‌های نور حدود ۵۰۰ تا ۶۰۰ میکرو مول بر مترمربع بر ثانیه است؛ که تقریباً معادل ۳۰ درصد تابش خورشیدی است. نتایج این آزمایش نشان داد شکل کروی و متراکم درخت پرتقال، یک عامل محدودکننده نفوذ نور به درون تاج محسوب می‌شود نتایج این آزمایش با نتایج (Asadi Kangarshahi, 2021) که گزارش کردند در باغ‌های مرکبات، اشباع نوری فقط در سطح خارجی تاج درختان برای چندین ساعت فراهم می‌شود ولی در بخش‌های داخلی تاج شدت نور ممکن است کمتر از یک درصد تابش کامل خورشید باشد و به اشباع نوری نمی‌رسند، مشابهت دارد. میزان نور دریافتی بیرون تاج درختان بیش از حد میزان اشباع نوری برای فعالیت فتوسنتزی بود اما در داخل کانوپی تابش نور تاج کافی نبود. همچنین نتایج این آزمایش با نتایج (Hardy *et al.*, 2017) که گزارش کرده بودند باز کردن تاج و حذف قسمت‌هایی از شاخه‌های اطراف پیرامون تاج سبب افزایش نفوذ نور تاج درخت می‌شود مطابقت داشت. یکی از تأثیرات نور مستقیم تأثیر بر گل انگیزی و گل آغازی است که در درختان پرتقال اواخر پاییز و اوایل زمستان است. در این آزمایش درختانی که بیشتر در معرض نور قرار داده شدند به این عمل واکنش نشان دادند و بیشترین تعداد گل بر روی آن‌ها دیده شد. هرس نوع F دارای بیشترین تعداد گل و هرس نوع A (بدون هرس) دارای کمترین تعداد گل بود. همین نتیجه در مورد گل‌آذین برگ‌دار مشاهده شد گل‌آذین برگ‌دار از این نظر مورد توجه است که به دلیل برگی که همراه گل به وجود می‌آید با همین مقدار کم مواد فتوسنتزی که تولید می‌کند مانع ریزش گل می‌شود و در هنگامی که به هر دلیل گل‌دهی درخت کم باشد با اهمیت می‌شوند در این آزمایش نیز مشاهده شد که نور بیشتر در داخل تاج درخت باعث شد گل آذین‌های برگ‌دار افزایش یابند. نتایج این آزمایش با نتایج (Iglesias *et al.*, 2007) که گزارش دادند مدیریت رشد رویشی در درختان مرکبات و تنظیم تعادل بین رشد رویشی و زایشی می‌تواند موجب افزایش گل‌دهی و بهبود تشکیل گل‌آذین‌های قوی‌تر شود، که این امر در نهایت منجر به تولید میوه‌های درشت‌تر و با کیفیت بالاتر می‌گردد مطابقت داشته است .مطالعات (Marini *et al.*, 2020) نشان داد که حذف بخشی از سرشاخه‌های تاج درختان میوه، شرایط را برای تحریک رشد شاخه‌های جدید به‌ویژه در نواحی داخلی تاج فراهم می‌کند. این شاخه‌های جدید معمولاً تمایل بیشتری به تشکیل گل‌آذین‌های برگ‌دار.درصد میوه بستن هم در این گل‌ها بیشتر بود اما وزن تک میوه‌ها و عملکرد سال درخت در درختان کمتر هرس شده دیده شد این موضوع کاملاً بدیهی بود زیرا بخش زیادی از شاخه‌های بارده حذف شده بودند و منطقی بود که عملکرد کمتری داشته باشند.



شکل ۳- تأثیر هرس بر توزیع نور در تاج درخت و برخی صفات زایشی پرتقال تامسون ناول

A) بدون هرس؛ B) هرس جامی؛ C) هرس جامی + برش شرقی؛ D) هرس جامی + برش جنوبی؛ E) هرس جامی + برش شرقی + برش غربی؛ F) هرس جامی + برش شرقی + برش غربی + برش جنوبی؛ G) هرس جنوبی + برش غربی

Figure 3. The effect of pruning on light distribution in the tree canopy and some reproductive traits of Thomson Navel orange

A) No pruning; B) Open center; C) Open center + East pruned; D) Open center+ South pruned; E) Open center + East +West pruned; F) Open center+East+West+ South pruned; G) Open center +West

هرس F (جامی+شرقی غربی جنوبی) با میانگین ۲۴۹/۵ سانتی‌متر مکعب، دارای بیشترین و هرس B (هرس جامی) با میانگین ۲۲۲/۲ سانتی‌متر مکعب، دارای کمترین حجم میوه بوده است. هرس F (جامی+شرقی غربی غربی) با میانگین ۲۴۱/۴ سانتی‌متر مکعب، دارای بیشترین حجم میوه و پس از آن هرس نوع E (جامی + شرقی غربی) با ۲۳۹/۸ سانتی‌متر بیشترین حجم میوه را داشتند. هرس A (بدون هرس) با میانگین ۱۸۸/۸ سانتی‌متر مکعب، دارای کمترین حجم میوه در لایه داخلی تاج درخت بوده است. بالاترین میزان رنگ گیری پوست پرتقال مربوط به هرس‌های نوع F و E با کم‌ترین لکه سبز روی پوست میوه بود. کمترین میزان رنگ گیری پوست میوه پرتقال مربوط به هرس نوع A با بیشترین لکه سبزی روی پوست میوه بود نتایج این آزمون با نتایج (Kavousi and Hassanpour, 2018) که گزارش کردند هرس در تغییر رنگ پوست میوه انگور از سبز به زرد مؤثر است، زیرا هرس موجب نفوذ بیشتر نور به داخل تاج درخت و قرارگیری خوشه‌های انگور در معرض نور تابشی خورشید می‌شود. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که ویژگی‌های رنگی میوه‌های کینو تحت تأثیر شرایط فیزیولوژیکی و مدیریت باغی قرار می‌گیرد. در طی فرآیند رسیدگی، تغییر رنگ پوست میوه از سبز به زرد و سپس به نارنجی–قرمز عمدتاً ناشی از کاهش کلروفیل و افزایش تجمع کاروتنوئیدها است. این تغییرات می‌تواند با عملیات مدیریتی مانند هرس درختان تشدید شود، به‌طوری‌که هرس مناسب با بهبود نفوذ نور به درون تاج درخت و افزایش کارایی فتوسنتز، موجب تقویت تشکیل رنگدانه‌های کاروتنوئیدی و در نتیجه بهبود یکنواختی و شدت رنگ میوه می‌شود. در مقابل، تراکم بالای شاخ‌وبرگ یا عدم انجام هرس مناسب ممکن است موجب کاهش کیفیت رنگ و باقی ماندن لکه‌های سبز در پوست میوه گردد. بنابراین، مدیریت صحیح باغ و به‌ویژه تنظیم شدت هرس نقش مهمی در بهبود کیفیت ظاهری و بازارپسندی میوه کینو دارد (Umar et al., 2019).

به نظر می‌رسد در درختانی مانند مرکبات که دارای تاج متراکمی هستند تیمار هرس موجب نفوذ بهتر نور خورشید در تاج درخت می‌شود، در نتیجه شرایط جذب بیشتر مواد فتوسنتزی فراهم می‌شود. در پی آن به دلیل در دسترس بودن بیشتر مواد فتوسنتزی (کربوهیدرات) وزن میوه افزایش می‌یابد، با افزایش وزن میوه، حجم میوه افزایش می‌یابد.

جدول۵- تأثیر هرس بر صفات فیزیکی میوه پرتقال تامسون ناول

Table 5. Effect of pruning on physical traits of Thomson Navel orangefruit

(SOC) / Pruning	Fruit length inner canopy (mm)	Fruit length outer canopy (mm)	Fruit diameter inner canopy (mm)	Fruit diameter outer canopy (mm)	Fruit weight inner canopy (gr)	Fruit weight outer canopy (gr)	Fruit volume onner canopy (cm^3)	Fruit volume outer canopy (cm^3)	Fruit color inner canopy	Fruit color outer canopy
(A)	68.2d	70.7bc	70.9c	73.7a	180.8f	214.4b	233.3bc	188.83c	4a	1d
(B)	70.3cd	78.6a	75.42ab	74.8a	210.3c	200.6c	222.16d	219.7b	4a	3b
(C)	73.1bc	72.07b	76.4ab	75.5a	214.4bc	214.6b	241.08ab	219.7b	3b	3b
(D)	73.2bc	72.02b	72.6bc	75.2a	190.03e	210.1bc	229d	198.16c	3b	3b
(E)	73.5ab	72.6b	75.3ab	75.4a	219.3ab	217.3b	234.5bc	239.83a	4a	4a
(F)	76.4a	71.1b	77.01a	75.4a	222.9a	229.9a	249.5a	241.4a	4a	4a
(G)	70.9bcd	73.8b	70.08c	75.6a	202.5c	219.1b	236.3b	222.58b	3b	2c

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشابه هستند، اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means within each column followed by the same letter are not significantly different.

به نظر می‌رسد در لایه بیرونی تاج تمام سطوح هرس از میانگین نور برخوردی بالایی در تاج برخوردار بودند لذا در کیفیت رنگ میوه تفاوت معنی‌داری نداشتند. ولی در لایه داخلی تاج در میزان نور برخوردی در تاج تفاوت معنی‌دار بالایی دارند، در درختانی مانند مرکبات که ذاتاً دارای سطح شاخه و برگ بالایی هستند و تمام محیط تاج از شاخه و برگ پوشیده شده است؛ بنابراین هرس موجب نفوذ بهتر نور در تاج درخت، به‌خصوص در قسمت‌های سایه گیر در لایه داخلی تاج می‌شود، در نتیجه سنتز کارتنوییدها در پوست افزایش می‌یابد. رنگ میوه‌ها در درختان هرس شده به دلیل نفوذ بیشتر نور بهتر از درختان بدون هرس است.

افزایش سنتز کربوهیدرات و عرضه بیشتر آن از برگ به میوه در درختان هرس شده در افزایش TSS میوه‌ها اثر داشته است؛ زیرا مواد جامد محلول شامل قندها، اسیدآمینه، ویتامین‌ها و عناصر غذایی می‌شود. (Bera *et al.*, 2019) گزارش کردند درختان نارنج با (تاج باز و حذف برخی از شاخه‌ها و شاخه‌های خشکیده و ضعیف) از نظر TSS، قندهای کل و محتوای ویتامین ث طور قابل‌توجهی نسبت به درختان بدون هرس (شاهد) برتری داشتند. یافته‌های ذکر شده با نتایج این آزمایش به خصوص با نتایج هرس نوع (F) و هرس نوع (A) مشابهت دارد.

نتیجه‌گیری

یافته‌های این آزمایش نشان داد با افزایش میزان نور، تشکیل گل و گل‌آذین برگ‌دار داخل تاج درخت افزایش می‌یابد که افزایش تشکیل میوه را در پی دارد. همچنین افزایش میزان نور در لایه داخلی تاج درخت، سبب بهبود صفات فیزیکی میوه مانند طول، قطر، وزن و رنگ میوه می‌شود؛ بنابراین صفات مورفوفیزیولوژیک میوه پرتقال تامسون ناول با افزایش تابش نور به داخل تاج درخت افزایش می‌یابد.

سپاس گزاری

نویسندگان این مقاله از مساعدت‌های آزمایشگاه درختان میوه گروه باغبانی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری جهت فرآهم آوردن امکانات کمال تشکر را دارند.

References

Abobatta, W. F. (2019). Citrus varieties in Egypt: An impression. *International Research Journal of Applied Sciences*, 1, 63-66. http://scirange.com/pdf/irjas.2019.63.66.pdf

Akhlaghi Amiri, N., Asadi Kangarshahi, A. & Mahdavi Reykandeh, J. (2016). Investigation of flower and fruit set in some citrus varieties in east of Mazandaran climate. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 47(2), 257-264. https://doi.org/10.22059/ijhs.2016.58525 [In Persian].

Asadi Kangarshahi, A. (2021). Investigation of zinc status and management of zinc sulfate application for citrus in calcareous soils of East Mazandaran. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 11(3), 77–97. https://doi.org/10.22069/ejsms.2021.18568.1990 [In Persian].

Asadi Kangarshahi, A. A., Savaghebi, G., & Amiri, N. A. (2012). Alleviation of alternate bearing in Satsuma mandarin by nitrogen management and pruning in East Mazandaran Province. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 42(3), 217–225. http://journals.ut.ac.ir/page/articleframe.html?articleId=669600 [In Persian].

Bera, M., Ghosh, G. K., Mondal, S., Biswas, P. K., & Kundu, M. C. (2019). Yield of Boro rice as influenced by integrated nutrient management in lateritic soils of West Bengal, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(1), 1743–1754. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.801.185

Brar, J. S., Thakur, A. T., & Arora, N. K. (2007). Effect of pruning intensity on fruit yield and quality of guava (*Psidium guajava* L.) cv. Sardar. *Haryana Journal of Horticultural Sciences*, 36(1–2), 65–66. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20093252948

De Casas, R. R., Vargas, P., Pérez-Corona, E., Manrique, E., García-Verdugo, C., & Balaguer, L. (2011). Sun and shade leaves of Olea europaea respond differently to plant size, light availability and genetic variation. *Functional Ecology*, 25(4), 802–812. https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2011.01851.x

Ehtesham Nia, A., Taghipour, S., & Siahmansour, S. (2022). Putrescine with *Aloe vera* gel coating improves bioactive compounds and quality of table grapes under cold storage. *Journal of Food Science and Technology*, 59(10), 4085-4096. https://doi .org/10.1007/s13197-022-05461-w

Hamdy, A. E. (2018). Effect of pruning severity on yield and fruit quality of 'Murcott' and 'Fremont' mandarin. *Acta Horticulturae*, 1216, 85–89. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1216.17

Hanke, M. V., Flachowsky, H., Peil, A., & Hättasch, C. (2007). No flower no fruit-genetic potentials to trigger flowering in fruit trees. *Genes, Genomes and Genomics*, 1(1), 1–20. http://www.globalsciencebooks.info/

Hardy, S., Barkley, P., Treeby, M. T., Smith, M. W., & Sanderson, G. (2017). Australian mandarin production manual. NSW Government.

Iglesias, D. J., Cercós, M., Colmenero-Flores, J. M., Naranjo, M. A., Ríos, G., Carrera, E., Ruiz-Rivero, O., Lliso, I., Morillon, R., & Tadeo, F. R. (2007). Physiology of citrus fruiting. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19(4), 333-362. https://doi.org/10.1590/S1677-04202007000400006

Kavousi, B., & Hassanpour, B. (2018). Effect of branching time and pre-harvest irrigation on quantitative and qualitative characteristics of Asgar grapes. *Journal of Agricultural Crop Production*, 41, 1. https://doi.org/10.22055/ppd.2018.13552 [In Persian].

Li, T., & Yang, Q. (2015). Advantages of diffuse light for horticultural production and perspectives for further research. *Frontiers in Plant Science*, 6, 704. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00704

Marini, R. P., Sherif, S. M., & Smith, A. H. (2020). Physiology of pruning fruit trees. Virginia Tech. http://hdl.handle.net/10919/100448

Ministry of Agriculture Jehad. (2024). Department of Planning and Economic, Office of Statistics and Information Technology. Tehran, Iran. https://agrodl.ir/statistics/

Paradiso, R., & Proietti, S. (2022). Light-quality manipulation to control plant growth and photomorphogenesis in greenhouse horticulture. *Journal of Plant Growth Regulation*, 41(2), 742–780. https://doi.org/10.1007/s00344-021-10337-y

Umar, M., Ahmad, S., Haider, S. T. A., & Naz, S. (2019). Effect of pruning to improve yield and fruit quality of 'Kinnow' mandarin plants under high density plantation. *Journal of Horticultural Science & Technology*, 2(3), 85–89 https://doi.org/10.46653/jhst190203085

Zhang, J., Serra, S., Leisso, R. S., & Musacchi, S. (2016). Effect of light microclimate on the quality of 'd'Anjou' pears in mature open-centre tree architecture. *Biosystems Engineering*, 141, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2015.11.002