



Effect of Fruit Pruning on Qualitative and Performance Indices of Two Bell Pepper Cultivars (*Capsicum annuum* L.)

Sayede F. Moosavi¹, Maryam Haghghi^{2*} and Farinaz Parnianifard¹

1- Former M.Sc. Student, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

2- Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran

*Corresponding author: mhaghghi@cc.iut.ac.ir

(Received: 19 September 2022

Revise: 05 November 2022

Accepted: 13 November 2022)

Extended Abstract

- 1. Introduction:** Bell pepper is a popular agricultural product, not only for its economic value but also for the nutritional value of its fruits, which are enriched source of natural colors and antioxidant compounds. During developmental stages, the pepper fruit serves as a significant carbon sink, exerting a notable influence on the growth and carbon levels of adjacent organs including buds, flowers, and immature fruits. The occurrence of abortion and the abscission of flowers and immature fruits can lead to substantial alterations in crop output during the growth cycle. The fruiting patterns are influenced by both environmental conditions and the quantity of fruits. When specific fruits attain ripeness, their rate of sink power decelerates. Consequently, a novel fruit set initiates its growth, thereby initiating a fresh cycle of fruit production. Consequently, the presence of unpruned plants leads to flash fruiting, characterized by periodic variations in fruit output, thereby constituting a significant challenge in greenhouse cultivation of bell pepper. The purpose of the current experiment was to investigate the effect of fruit pruning and harvest sequence on the yield and qualitative characteristics of two common bell pepper cultivars grown under greenhouse condition.
- 2. Materials and Methods:** This study was conducted in a greenhouse located in the east of Isfahan during 2019. A factorial experiment was carried out based on completely randomized design with four replications. The experiment factors included a) fruit pruning at four levels: Non-pruning (control), and 10%, 20% and 30% pruning, b) pepper cultivar at two levels: Lumos yellow cultivar (from Syngenta company) and Lorka red cultivar (from Seminis company) and c) harvest sequence at four levels: first, second, third and fourth. Seeds sowing was done on October 23, 2019. Seeds were sown in transplant trays filled with a mixture of peat moss and perlite. Subsequently, on December 1, 2019, seedlings were transferred to the primary substrate, when they had developed four to six true leaves. The individuals were relocated to the greenhouse. During this period, the pepper plants were pruned and secured to the taut wires of the trellis. Furthermore, the greenhouse temperature was adjusted on 26-28 °C as day temperature and 16-18 °C as night temperature. Irrigation was implemented in a strip-wise manner. During this research, the effect of fruit pruning and cultivar on morpho-physiological traits and also, the effect of fruit pruning and harvest sequence on performance characteristics of pepper plant were investigated.
- 3. Results and Discussion:** Results indicated that pruning 10 % led to an increase in seed weight, flesh thickness and L* color index of yellow cultivar. The effect of pruning on fruit weight of yellow cultivar during successive harvests revealed that unpruned plants had relatively acceptable fruit weight on first harvest, but the weight of the fruits decreased over the time during subsequent harvests, indicating when fruit pruning is not done the number of fruits increases, and as a result, the weight of each fruit decreases. While, pruning 30% was able to maintain the fruit weight from the first harvest to the fourth harvest. Maintaining the fruit weight during successive harvests is highly important for pepper farmers. Reduction of fruit number through the pruning leads to prevention of fruit weight loss during successive harvests followed by higher fruits marketability. The effect of pruning on fruit weight of red cultivar during different harvests revealed that unpruned and pruned plants at 10 % level did not produce any fruits at first harvest, and fruit production initiated at second harvest leading to lower yield performance. The highest fruit diameter of yellow cultivar during successive harvests was recorded at pruning 30 %. Also, the highest fruit length of red cultivar was measured at first harvest and pruning 30 %. All pruning levels increased the total weight of first grade fruits of red cultivar, so that the lowest value of this trait was recorded in unpruned plants.

4. **Conclusion:** Fruit pruning appears to improve the source/sink relationship in pepper by increasing fruit yield and weight as well as fruit qualitative characteristics so that the red cultivar outperformed the yellow cultivar in most growth and qualitative traits, and pruning 10 and 20 % were more positively effective on fruit firmness and size (diameter and length) comparing to other levels. Based on results, it is recommendable to conduct pruning at levels of 10 and 20 % on two bell pepper cultivars, namely yellow (Lumos) and red (Lorka), in order to enhance the fruit yield and qualitative characteristics.

Keywords: Firmness, Fruit quality, Harvest sequence, Yield

Citation: Moosavi, S. F., Haghghi, M. & Parnianifard, F. (2023). Effect of fruit pruning on qualitative and performance indices of two sweet pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Vegetables Sciences*, 13(1), 61-79. doi: 10.22034/IUVS.2022.562380.1234

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



تأثیر هرس میوه بر شاخص‌های کیفی و عملکرد دو رقم فلفل دلمه‌ای (*Capsicum annuum* L.)سیده فاطمه موسوی^۱، مریم حقیقی^{۲*} و فریناز پرنیانی‌فرد^۱^۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران^۲- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

*نویسنده مسئول: mhaghghi@cc.iut.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۲۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۸

چکیده

عملیات هرس در فلفل با کنترل تعداد و اندازه میوه و مدیریت بخش هوایی بوته در ایجاد تعادل بین منبع و مقصد سهیم است. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل هرس میوه در چهار سطح بدون هرس (شاهد)، هرس ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد، رقم شامل رقم زرد لوموس (Lumos) و رقم قرمز لورکا (Lorka) و توالی برداشت شامل چهار سطح برداشت اول، دوم، سوم و چهارم بودند. در طی این پژوهش تأثیر دو فاکتور هرس و رقم بر صفات مورفو-فیزیولوژیکی میوه و تأثیر دو فاکتور هرس و توالی برداشت بر صفات عملکردی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که هرس ۱۰ درصد در رقم زرد موجب افزایش وزن بذر، ضخامت گوشت و شاخص رنگ *L گردید. در رقم قرمز هرس ۱۰ درصد وزن، طول، زمان رسیدن و شاخص رنگ *a میوه را بهبود بخشید. همچنین، هرس ۲۰ درصد منجر به افزایش سفتی ساقه‌گاه، سفتی گلگاه و محتوای آب نسبی میوه شد و هرس ۳۰ درصد بیشترین میزان مواد جامد محلول را در این رقم نشان داد. علاوه بر این عملکرد هر دو رقم زرد و قرمز در برداشت سوم با هرس ۱۰ و ۲۰ درصد افزایش پیدا کرد. آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان‌دهنده برتری خواص کمی و کیفی در رقم قرمز در سطوح ۱۰ و ۲۰ درصد هرس بود. به‌طور کلی به نظر می‌رسد هرس ملایم ۱۰ و ۲۰ درصد (خصوصاً ۱۰ درصد) باعث بهبود خصوصیات کیفی و عملکردی هر دو رقم زرد و قرمز شد.

واژه‌های کلیدی: توالی برداشت، سفتی، عملکرد، کیفیت میوه

استناد: موسوی، س. ف.، حقیقی، م. و پرنیانی‌فرد، ف. (۱۴۰۲). تأثیر هرس میوه بر شاخص‌های کیفی و عملکرد دو رقم فلفل دلمه‌ای (*Capsicum annuum* L.). علوم سبزی‌ها، ۱۳(۱)، ۶۱-۷۹.

حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

مقدمه

در گیاهان اندام یا بافتی که بیش از نیازهای متابولیکی و رشدی خود فرآورده‌های فتوسنتزی تولید می‌کند به- عنوان منبع (Source) در نظر گرفته می‌شود. منبع‌ها صادرکننده خالص یا تولیدکننده مواد فتوسنتزی هستند. از طرف دیگر، بخش‌های مقصد (Sink) مثل بافت‌های ریشه، ساقه و میوه‌های در حال رشد، دریافت‌کننده خالص یا مصرف‌کننده مواد فتوسنتزی به- شمار می‌روند. عمدتاً رابطه بین منبع‌ها و مقصدها تعیین‌کننده جهت انتقال مواد در مسیر طولانی آوند آبکش می‌باشد. در بعضی از سبزی‌های میوه‌ای مانند گوجه‌فرنگی، فلفل دلمه‌ای و خربزه عملیاتی مانند هرس، تراش و گل‌گیری در ساقه برای باروری و مرغوبیت بیشتر میوه‌های باقی‌مانده انجام می‌شود که در حقیقت با انجام این عملیات، نسبت منبع/ مقصد بوته تغییر داده می‌شود (Hopkins, 1995).

فلفل دلمه‌ای (*Capsicum annuum* L.) یک محصول مهم کشاورزی است که نه تنها به خاطر ارزش اقتصادی، بلکه به خاطر ارزش غذایی میوه‌های آن که منبع عالی رنگ‌های طبیعی و ترکیبات معدنی است، بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Ayyasizade *et al.*, 2018).

میوه فلفل دلمه‌ای هنگامی که در مرحله رشد کامل قرار دارد، یک مقصد قدرتمند محسوب می‌گردد و بر رشد و وضعیت کربن اندام‌های اطراف خود تأثیر می‌گذارد. به دلیل رقابت زیاد بین میوه‌ها (مقصد)، بوته‌های فلفل در طول چرخه رشد با نوسانات دوره‌ای از جمله سقط جوانه‌ها، گل‌ها و میوه‌های جوان مواجه هستند (Gonzalez-Real *et al.*, 2009). لذا، با توجه به اینکه سطح برگ و میزان فتوسنتز گیاه مقداری مشخص است، اگر تعداد گل و میوه‌ها که محل جذب مواد فتوسنتزی و کربوهیدرات‌ها هستند، به هر دلیلی کم شود تعادل لازم برای تولید محصول مرغوب حاصل می‌شود (Maghsoodi, 2016)، چراکه نوسانات میوه- دهی به عوامل محیطی و تعداد میوه‌ها بستگی دارد (Heuvelink *et al.*, 2002). در گیاهان فلفلی که

هرس روی آن‌ها صورت نگرفته است، هنگامی که برخی از میوه‌ها به مرحله رسیدگی می‌رسند، قدرت مقصد آن- ها کند می‌شود؛ بنابراین، تعدادی از میوه‌های جدید شروع به رشد می‌کنند و تولید میوه جدید آغاز می‌شود، لذا این بوته‌های هرس نشده دارای فلش میوه‌دهی هستند، یعنی دارای نوسانات چرخه‌ای در عملکرد میوه هستند که از مشکلات اصلی در گلخانه‌های تولید فلفل دلمه‌ای است. قدرت سینک (مقصد) گیاه با توجه به تعداد و موقعیت میوه‌های زودرس روی گیاهان هرس شده در هر بوته تغییر می‌کند. برای کنترل فلش میوه‌دهی باید گل‌ها و میوه‌ها هرس شوند. بارگرده بیشتر روی کلاله گل، تعداد دانه میوه را افزایش می‌دهد، بنابراین، افزایش تعداد میوه رقابت بین مجموعه میوه و رشد میوه و رشد رویشی را تشدید می‌کند. از این‌رو، رشد دانه در میوه‌ها دلیل اساسی سقط‌جنین در گل‌های جدید است که منجر به فلش میوه‌دهی و تغییر عملکرد در مراحل مختلف رشد می‌شود (Heuvelink *et al.*, 2002). هدف اصلی عملیات هرس در فلفل ایجاد تعادل بین منبع و مقصد با کنترل تعداد و اندازه میوه و مدیریت بخش هوایی بوته است. با توجه به رشد رویشی و عملکرد زیاد در گیاهان فلفل دلمه‌ای رنگی، هرس شاخه یکی از مهم‌ترین عوامل اجرایی در گلخانه می‌باشد (Lee & Kader, 2000; Khan *et al.*, 2005).

در تحقیقی نشان داده شد که انتخاب میوه روی شاخه اصلی و فرعی باعث می‌شود شاخه‌های فرعی تعداد میوه، عملکرد کل و تعداد میوه درجه دو بیشتری را نسبت به انتخاب میوه روی شاخه اصلی داشته باشند، درحالی که با انتخاب میوه روی شاخه اصلی میوه‌های درشت‌تری حاصل شد (Dashti & Rasouli, 2013). در پژوهشی بررسی اثر هرس روی عملکرد و کیفیت دو رقم فلفل شیرین نشان داد که انجام هرس، تعداد میوه غیربازارپسند را در هر بوته کاهش و وزن و طول میوه را در مقایسه با بوته‌های هرس نشده به میزان ۱۰ درصد افزایش داد. محدود کردن تعداد شاخه‌های فلفل شیرین بر وزن میوه تأثیرگذار است و هرچه تعداد میوه در بوته

برداشت بر صفات عملکردی مورد بررسی قرار گرفت. برای تولید نشاء، بذرهاى دو رقم فلفل دلمه‌ای مذکور در تاریخ ۱۳۹۸/۸/۱ در بستر پیت‌ماس و پرلایت در سینی‌های نشاء کاشته شدند و در تاریخ ۱۳۹۸/۹/۱۰ وقتی چهار الی شش برگ حقیقی داشتند به بستر اصلی گلخانه انتقال یافتند. سپس، بوته‌ها تربیت و به نخ‌های آویزان به سیم مهار بسته شدند. در طی دوره رشد، دمای گلخانه در روز بر روی ۲۶ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد و در شب بر روی ۱۶ تا ۱۸ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد و آبیاری به‌صورت نواری انجام گرفت. به‌منظور اعمال تیمارهای هرس میوه، هر پشته به چهار قسمت ۳۶ تایی برای هر هرس تقسیم و جداگانه نوارکشی و نام‌گذاری شد. برای انجام عملیات هرس تعداد کل میوه در هر بوته شمارش و برای هر ردیف، جداگانه میانگین گرفته شد و براساس آن هرس ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد میوه در هر رقم انجام شد. برگ‌های مسن پایین گیاه به‌طور مرتب قطع می‌شد تا بوته‌ها گردش هوا و نور بیشتری را دریافت کنند. در پایان آزمایش شاخص‌های وزن، طول، قطر و سفتی میوه، محتوای نسبی آب میوه، میزان مواد جامد محلول، طعم، وزن بذر میوه، ضخامت گوشت میوه، زمان رسیدگی میوه و میزان شاخص‌های رنگ a^* ، L^* و b^* اندازه‌گیری شدند. درحین اعمال هرس به‌مدت چهار هفته و هر هفته یک برداشت انجام و سپس وزن، طول، قطر، درجه یک یا دو بودن میوه‌ها و عملکرد آن‌ها برای هر دو رقم زرد و قرمز ثبت و آنالیز گردید.

طول و قطر میوه‌ها برحسب سانتی‌متر با کولیس اندازه‌گیری شده و وزن میوه‌ها برحسب گرم با ترازوی دیجیتال ارزیابی گردید. برای ثبت زمان رسیدگی میوه‌های هاله‌دار با نوار علامت‌گذاری شده تا بازه زمانی بین ایجاد هاله رنگی و رسیدگی مشخص و ثبت شود. پس از مشاهده رنگ‌پذیری تقریباً کل میوه (به‌عنوان شاخص رسیدگی)، زمان ثبت و میوه‌ها برداشت شدند. به‌طور متوسط اولین برداشت میوه‌ها به‌صورت رنگ کامل حدود ۱۲۰ الی ۱۳۰ روز پس از کاشت بذر صورت پذیرفت و از این زمان به بعد تقریباً هر هفته برداشت انجام شد. درجه‌بندی میوه (یک و دو) براساس شکل و وزن میوه‌ها

کمتر باشد میوه‌های تولیدشده وزن بیشتری خواهند داشت (Brakeboer, 2007; Singh & Kaur, 2018). در پژوهش Rodtaghi و همکاران (۲۰۲۱)، بیشترین تعداد میوه (۸۲ عدد) در هرس گره سوم و کمترین تعداد میوه (۵۲ عدد) در هرس کامل به‌دست آمد. یافته‌های این آزمایش نشان داد که افزایش تعداد میوه در هرس گره سوم، سبب انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به میوه‌ها و افزایش کیفیت آن‌ها می‌شود. هرس بوته فلفل‌دلمه‌ای به دو، سه یا چهار شاخه تأثیر مثبتی بر افزایش عملکرد و اندازه میوه دارد، بنابراین محدودیت در تعداد شاخه موجب افزایش کیفیت میوه فلفل‌دلمه‌ای می‌گردد (Brakeboer, 2007; Singh & Kaur, 2018). به‌طور کلی ثابت شده است که هرس یکی از عوامل حیاتی در استفاده مناسب از نسبت منبع/مقصد است (Maniutiu et al., 2010)، لذا برای تغییر تعادل منبع/مقصد، هرس میوه می‌تواند یکی از روش‌های ممکن برای ایجاد و رسیدن به بهترین عملکرد و کیفیت باشد، اما تعیین میزان هرس بسته به رقم و شرایط محیطی باید بررسی شود.

هدف از این آزمایش بررسی اثر هرس میوه و توالی برداشت در سطوح مختلف بر عملکرد و خصوصیات کیفی و نحوه رشد دو رقم متداول فلفل در کشت‌های گلخانه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار (هر تکرار شامل ۱۶ بوته) در گلخانه‌ای تجاری واقع در شرق اصفهان در طی سال ۱۳۹۸ انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل هرس میوه در چهار سطح بدون هرس (شاهد)، هرس ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد، نوع رقم شامل رقم زرد لوموس (Lumos) (از شرکت Syngenta) و رقم قرمز لورکا (Lorka) (از شرکت Seminis) و توالی برداشت شامل چهار سطح برداشت اول، دوم، سوم و چهارم بودند. در طی این پژوهش تأثیر دو فاکتور هرس و رقم بر صفات مورفوفیزیولوژیکی میوه و تأثیر دو فاکتور هرس و توالی

نسبی آب میوه به کمک رابطه ۱ محاسبه گردید (Richter *et al.*, 2009):

$$\% RWC = \left(\frac{Wf - Wd}{Wt - Wd} \right) \times 10 \quad \text{رابطه ۱:}$$

در این رابطه Wf وزن تر میوه، Wt وزن آماس میوه و Wd وزن خشک میوه است.

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول چند قطره عصاره میوه با استفاده از قطره‌چکان روی منشور دستگاه رفرکتومتر (مدل Japan K-0032) ریخته و عدد قرائت گردید. عدد حاصل بیانگر میزان مواد جامد محلول بوده که به صورت درصد بریکس بیان گردید (Seifi *et al.*, 2011; Sayyari & Alvandi, 2017). پس از شکافتن میوه، وزن بذریه‌های آن با بافت پنبه‌ای، توسط دستگاه ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ توزین و ثبت شد. بعد از برش زدن میوه با چاقوی تیز ضخامت گوشت میوه (حداقل قطر داخلی و خارجی میوه) توسط کولیس دیجیتال اندازه‌گیری و ثبت گردید.

آنالیز واریانس و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS (v. 9-1) صورت پذیرفت. آنالیز بای پلات با نرم‌افزار Statgraph (v. 18) صورت پذیرفت. مقایسات میانگین توسط آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها در نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

الف) تأثیر عملیات هرس و نوع رقم بر صفات مورفو-فیزیولوژیکی میوه

بیشترین میزان وزن میوه در هرس ۱۰ درصد بر روی رقم قرمز به ثبت رسید که از نظر آماری تفاوت معناداری با هرس ۱۰ درصد بر روی رقم زرد نداشت. هرس ۳۰ درصد در هر دو رقم، وزن میوه را کاهش داد (جدول ۱). از نظر صفت طول میوه، در رقم زرد بین سطوح مختلف هرس تفاوت معناداری مشاهده نشد. در رقم قرمز طول میوه با هرس ۱۰ درصد نسبت به عدم هرس و هرس ۲۰ درصد افزایش پیدا کرد، اما با هرس ۳۰ درصد تفاوت

(بر اساس استاندارد هر رقم) در گلخانه انجام شد. عملکرد هر بوته از مجموع وزن تازه میوه‌های برداشت‌شده از هر بوته به دست آمد. اندازه‌گیری سفتی میوه توسط دستگاه سفتی‌سنج (OSK-I-10516-Japan) با پروب ۱۱ میلی‌متری در سه قسمت از دم، بخش میانی و گلگاه میوه صورت گرفت. میزان فشار دستگاه برحسب نیوتن از روی صفحه دستگاه قرائت گردید (Wubs *et al.*, 2009).

میزان رنگ میوه توسط دوربین دیجیتال کانن مدل EOS 6D بر روی سه پایه و با فاصله ثابت ۲۵ سانتی‌متر از نمونه در داخل یک محفظه به ابعاد ۴۰ × ۴۰ و به عمق ۵۰ سانتی‌متر انجام شد و با استفاده از تکنیک‌های پردازش تصویر و کد نویسی مربوطه با استفاده از برنامه فتوشاپ 5 Cs، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای این کار دایره‌هایی به قطر ۱۰۰ پیکسل انتخاب و از طریق گزینه Filter-Blur- Average میانگین رنگ پیکسل‌های قسمت منتخب محاسبه و از پنجره Information مقادیر *L، *a و *b استخراج گردید. مؤلفه *L نشان‌دهنده میزان روشنایی تصویر می‌باشد. مؤلفه *a بین منفی ۱۲۰ تا مثبت ۱۲۰ قرار داشته و مقادیر مثبت معادل رنگ قرمز و مقادیر منفی معادل رنگ سبز هستند. همچنین، برای مؤلفه *b مقادیر منفی معادل رنگ آبی و مقادیر مثبت معادل رنگ زرد می‌باشند (Tian & Wang, 2009).

محتوای نسبی آب میوه با روش Richter و همکاران (۲۰۰۹) اندازه‌گیری شد، برای این منظور یک گرم از بافت تازه میوه در آب مقطر (آب دو بار تقطیر) در پتری-دیش به مدت ۲۴ ساعت در شدت نور کم (برای جلوگیری از کاهش وزن در اثر فعالیت تنفسی) قرار داده شد. بعد از این مدت، با روزنامه یا دستمال حوله‌ای آب سطحی آن را آرام گرفته و وزن کرده و مقدار ثبت شده برابر با وزن آماس یا اشباع نمونه در نظر گرفته شد. سپس، با قرار دادن نمونه‌های اشباع‌شده، در آون تحت دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت وزن خشک نمونه به دست آمد. اندازه‌گیری‌های وزن با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم بوده و مقدار محتوای

زودرس‌تر بوده است که عوامل ژنتیکی و توانایی این رقم در بهره‌برداری از عوامل محیطی منجر به این اختلاف گردیده است (Singh & Kaur, 2018). این نتایج با مشاهدات حاصل از پژوهش حاضر در یک راستا قرار دارد. زمانی که تعداد شاخه در نتیجه هرس کاهش می‌یابد، در واقع میوه کمتری بر روی بوته باقی‌مانده و در نتیجه میوه‌ها بزرگ‌تر و سنگین‌تر خواهند شد. علت این موضوع کاهش میزان رقابت بر سر آب و مواد غذایی می‌باشد (Singh & Kaur, 2018).

در پژوهش Guerra و همکاران (2021)، هرس تابستانی سبب موجب کاهش میزان سفتی میوه نسبت به تیمار عدم هرس شد. هرس تابستانه ممکن است در دسترس بودن کربوهیدرات را محدود کند که می‌تواند بر رشد میوه و سطح قند تأثیر بگذارد. محتوای ماده خشک با میوه سفت‌تر در هنگام برداشت مرتبط است، بنابراین میوه درختان هرس شده، با دسترسی به کربوهیدرات کمتر، مقادیر سفتی کمتری نسبت به میوه درختان بدون هرس از خود نشان دادند. در این پژوهش نیز مطابق با نتایج فوق میزان سفتی ساقه‌گاه، سفتی میانی و سفتی گلگاه میوه در شرایط بدون هرس بالاتر بود و با انجام هرس سفتی قسمت‌های مختلف میوه کمتر شد و میزان مواد جامد محلول نیز با افزایش سطوح هرس کاهش یافت.

در پژوهش Parniani و همکاران (۲۰۲۲)، بیشترین وزن بذر فلفل در گیاهان بدون اعمال هرس و کمترین وزن بذر در نگهداشتن ۵ و ۷ میوه در هر بوته مشاهده شد. نتایج حاصل از پژوهش ما نیز مطابق با نتایج فوق نشان داد که هرس ۳۰ درصد موجب کاهش وزن بذر نسبت به تیمار عدم هرس گردید.

در پژوهش Aydin و همکاران (۲۰۲۲)، سیستم‌های هرس اعمال‌شده در انواع فلفل راپیدو (Rapido) و روکسی (Roxy) باعث افزایش ضخامت پریکارپ در مقایسه با گیاهان هرس نشده شد و بیشترین ضخامت پریکارپ در گیاهان هرس شده با سه ساقه مشاهده شد. Alsdon و همکاران (۲۰۱۳) نیز مشاهده کردند هرس بوته‌های فلفل رقم لیرسیا (Lirica) به

معناداری نداشت (جدول ۱). هرس ۳۰ درصد به‌طور مشترک در هر دو رقم زرد و قرمز کمترین قطر میوه را نشان داد و بیشترین قطر میوه در تیمار بدون هرس و در رقم قرمز مشاهده شد (جدول ۱). به‌طور کلی رقم قرمز تحت تأثیر سطوح مختلف هرس، سفتی ساقه‌گاه، سفتی میانی و سفتی گلگاه بیشتری را در مقایسه با رقم زرد از خود نشان داد. در رقم زرد سفتی ساقه‌گاه و سفتی میانی میوه با هرس ۳۰ درصد کاهش پیدا کرد (جدول ۱). وزن بذر در هر دو رقم در هرس ۱۰ درصد نسبت به سایر سطوح هرس افزایش پیدا کرد و بیشترین وزن بذر، در رقم زرد تحت هرس ۱۰ درصد مشاهده شد. کمترین وزن بذر در هر دو رقم در هرس ۳۰ درصد مشاهده گردید (جدول ۱). انجام هرس منجر به افزایش ضخامت گوشت میوه در هر دو رقم شد و بیشترین میزان این صفت در هر دو رقم با اعمال هرس ۱۰ درصد مشاهده گردید (جدول ۱).

مطالعات نشان داده است که هرس گیاهان باعث بهبود وزن میوه، اندازه آن و در نهایت باعث افزایش کیفیت محصول تولیدشده می‌شود (Alsdon et al., 2013). کمتر بودن مقدار وزن، طول و قطر میوه در هرس ۳۰ درصد می‌تواند به این دلیل باشد که با اعمال سطوح شدیدتر هرس، تعداد میوه به‌طور محسوسی کم‌تر شده و موجب رسیدگی زودتر محصول و برداشت زودهنگام خواهد شد. این موضوع موجب می‌گردد که گیاه وارد فلش بعدی میوه‌دهی شده و نیروی خود را به‌جای افزایش وزن، طول و قطر میوه‌های باقی‌مانده روی بوته، صرف گلدهی کرده و وارد فاز زایشی بعدی شود (Seifi et al., 2015).

در تحقیقی که توسط Alsdon و همکاران (۲۰۱۳) بر روی ارقام زرد و قرمز فلفل دلمه‌ای صورت گرفت مشخص شد که ارقام زرد نسبت به ارقام قرمز دارای عملکرد بالاتری بوده و میوه سنگین‌تر، ضخیم‌تر و کشیده‌تری تولید می‌کنند. همچنین در رقم زرد اولین گلدهی با تعداد روز کمتری اتفاق افتاده و میوه

در بررسی اثر وزن بذر بر عملکرد مشاهده شد که تعداد کم بذر منجر به تشکیل میوه با گوشت بیشتر در فلفل گردید (Marcelis *et al.*, 1997). به نظر می‌رسد تیمارهای هرس به‌جای انتقال اسیمیلات‌ها به بذر و افزایش وزن بذر باعث افزایش وزن گوشت میوه شده‌اند.

یک شاخه در مقایسه با هرس ۲ یا ۴ شاخه منجر به تولید میوه‌های با وزن بیش‌تر و گوشت ضخیم‌تر شد که موجب شد میوه سنگین‌تری تولید کند. در پژوهش حاضر نیز هرس ۱۰ درصد موجب افزایش ۲۴ درصدی ضخامت گوشت میوه نسبت به عدم هرس گردید و بیشترین وزن میوه نیز در همین سطح از هرس مشاهده شد.

جدول ۱- اثر متقابل رقم و هرس میوه بر شاخص‌های مورفولوژیکی میوه فلفل

Table 1- Interaction of cultivar and fruit pruning on the morphological indices of pepper fruit					
رقم Cultivar	هرس Pruning	وزن میوه (گرم) Fruit weight (g)	طول میوه (سانتی‌متر) Fruit length (cm)	قطر میوه (سانتی‌متر) Fruit diameter (cm)	سفتی ساقه‌گاه (نیوتن) Firmness of stem end (N)
زرد Yellow	بدون هرس Non-pruning	223 ^{bc}	8.8 ^b	8.56 ^{ab}	3.13 ^{bc}
	10%	265 ^{ab}	9.83 ^{ab}	8.43 ^{ab}	2.83 ^c
	20%	260.33 ^b	9.86 ^{ab}	8.76 ^{ab}	2.66 ^c
	30%	212.67 ^c	9.56 ^{ab}	7.73 ^c	2.66 ^c
قرمز Red	بدون هرس Non-pruning	260.67 ^b	8.8 ^b	9.30 ^a	3.9 ^a
	10%	293.33 ^a	10.76 ^a	8.86 ^{ab}	3.53 ^{ab}
	20%	203.33 ^c	8.66 ^b	7.13 ^{bc}	3.9 ^a
	30%	197.67 ^c	9.16 ^{ab}	7.9 ^c	3.76 ^a
رقم Cultivar	هرس Pruning	سفتی میانی میوه (نیوتن) Firmness of middle fruit (N)	سفتی گلگاه میوه (نیوتن) Firmness of blossom end (N)	وزن بذر (گرم) Seed weight (g)	ضخامت گوشت میوه (میلی‌متر) Thickness of fruit flesh (mm)
زرد Yellow	بدون هرس Non-pruning	2.83 ^{bc}	2.83 ^{bc}	12.33 ^{bc}	7.36 ^c
	10%	3.26 ^{ab}	3.3 ^{ab}	18 ^a	9.10 ^a
	20%	2.3 ^c	2.56 ^c	12.33 ^{bc}	8.93 ^{ab}
	30%	2.3 ^c	2.63 ^c	4.01 ^d	8.75 ^{ab}
قرمز Red	بدون هرس Non-pruning	3.66 ^a	3.76 ^a	10.66 ^c	7.30 ^c
	10%	3.16 ^{ab}	3.7 ^a	14 ^b	9 ^a
	20%	3.43 ^{ab}	3.73 ^a	12 ^{bc}	7.6 ^{bc}
	30%	3.36 ^{ab}	3.53 ^a	5.33 ^d	7.86 ^{abc}

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند

In each column, means followed by the same letters are not significantly different according LSD test at 5 % probability level

نیز اختلاف معناداری از نظر این صفت مشاهده نشد (جدول ۲). به‌طور کلی شاخص‌های رنگ *L و *b در رقم زرد نسبت به قرمز بیشتر بوده و با هرس ۱۰ درصد

نتایج اثرات متقابل هرس و رقم بر صفت زمان رسیدن نشان داد که بیشترین میزان این صفت مربوط به هرس ۱۰ درصد در رقم قرمز بوده و بین سایر تیمارها

محلول در هرس ۳۰ درصد نسبت به عدم هرس حدود ۱۱ درصد افزایش پیدا کرد. افزایش مواد جامد محلول ممکن است به این دلیل باشد که گیاهان هرس شده نسبت برگ/میوه بالاتری در مقایسه با گیاهان هرس نشده پیدا کرده که ممکن است به دلیل سنتز بیشتر متابولیت‌ها در افزایش غلظت مواد جامد محلول باشد (Adhikari & Kandel, 2015). در پژوهشی Raturi و Hiwale (۱۹۹۳) گزارش کردند که افزایش مواد جامد محلول میوه در اثر افزایش شدت هرس، می تواند به دلیل افزایش نورگیری گیاه، بهبود فتوسنتز و کاهش نرخ رقابت باشد.

با انجام هرس محتوای آب نسبی به مقدار کمی کاهش یافته است، به طوری که در رقم زرد با هرس ۲۰ درصد محتوای نسبی آب میوه ۱۳ درصد نسبت به عدم هرس کاهش یافت. با کمی دقت خواهیم دید وقتی آب میوه کم شده همزمان با آن میزان سفتی میوه نیز کمتر شده است، زیرا کلسیم یک حرکت غیرفعال و توده‌ای داشته و حرکت آن وابسته به حرکت آب به داخل بافت میوه است (Khaldbarin & Islamzadeh, 2005). نتایج بای پلات نشان می‌دهد که رقم قرمز در اکثر صفات مورد بررسی در این پژوهش بهتر از رقم زرد عمل نمود و هرس ۱۰ و ۲۰ درصد در این رقم موجب بهبود اندازه و سفتی میوه و در رقم زرد موجب افزایش ضخامت گوشت و شاخص رنگ L^* و b^* گردید. اما بطور کلی در هر دو رقم، هرس ۱۰ و ۲۰ درصد همبستگی بیشتری با صفات کمی و کیفی فلفل نشان دادند (شکل ۱).

میزان شاخص L^* نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد، اگرچه این افزایش از نظر آماری معنادار نبود. کمترین میزان شاخص L^* و b^* در رقم قرمز و در هرس ۲۰ درصد مشاهده شد. رقم قرمز بالاترین شاخص a^* را در هرس ۱۰ درصد نشان داد و کمترین میزان این شاخص در رقم زرد با هرس ۱۰ درصد مشاهده شد (جدول ۲). محتوای نسبی آب میوه در هرس ۲۰ درصد در رقم زرد کمترین مقدار و در رقم قرمز با هرس ۲۰ درصد بیشترین مقدار را نشان داد اگرچه اختلاف معناداری بین سطوح مختلف هرس در این رقم مشاهده نشد (جدول ۲)

به طور کلی، مواد جامد محلول در رقم قرمز نسبت به زرد بیشتر بود، بیشترین میزان مواد جامد محلول در هرس ۳۰ درصد در رقم قرمز و کمترین مقدار آن در رقم زرد با هرس ۲۰ درصد مشاهده شد (جدول ۲). در بررسی اثر متقابل رقم و هرس بر صفت زمان رسیدگی، هرس ۳۰ درصد در کمترین زمان، شروع به رسیدن کرده است. Marcelis و همکاران (۲۰۰۴) نیز مشاهده کردند که با نگه داشتن یک شاخه (کاهش تعداد میوه در هر بوته) در مقایسه با نگه داشتن چهار شاخه در هر بوته، میوه‌های تولید شده بزرگ‌تر و زودرس‌تر شدند. Parniani و همکاران (۲۰۲۲) مشاهده کردند که تیمارهای P_3 (نگه داشتن ۳ میوه روی بوته) و P_7 (نگه داشتن ۷ میوه روی بوته) بیشترین میزان مواد جامد محلول میوه را نسبت به عدم هرس از خود نشان دادند. نتایج حاصل از این پژوهش نیز نشان داد که مواد جامد

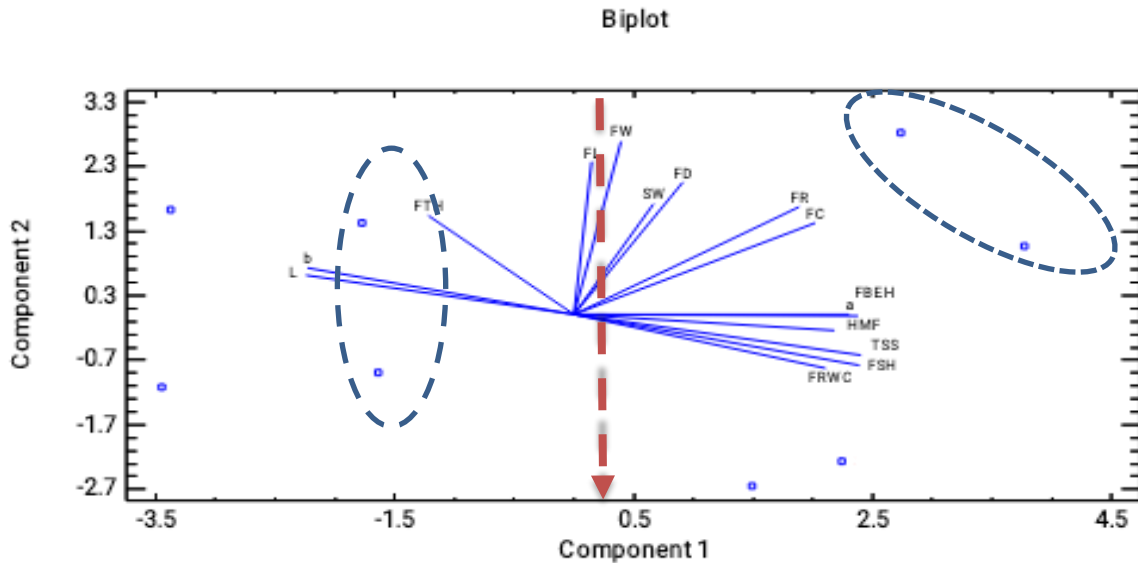
جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و هرس میوه بر برخی از ویژگی‌های فلفل دلمه‌ای زرد و قرمز
 Table 2- Mean comparison of interaction of cultivar and fruit pruning on some characteristics of yellow and red pepper

رقم Cultivar	هرس Pruning	زمان رسیدن (روز بعد از شروع تیمار) Ripening time (day after starting the treatment)	L*	a*
زرد Yellow	بدون هرس Non-pruning	58 ^b	73 ^{ab}	22 ^c
	10%	58 ^b	74 ^a	22 ^c
	20%	59.66 ^b	66.33 ^{bc}	26 ^c
	30%	52.66 ^b	62.66 ^c	26.66 ^c
قرمز Red	بدون هرس Non-pruning	58.33 ^b	26.33 ^d	48.66 ^{ab}
	10%	78.33 ^a	30.33 ^d	52.33 ^a
	20%	59.66 ^b	23 ^d	44.33 ^b
	30%	58 ^b	24.66 ^d	46.33 ^{ab}

رقم Cultivar	هرس Pruning	b*	محتوای نسبی آب میوه (درصد) Relative water content of fruit (%)	مواد جامد محلول (درصد بریکس) Total Soluble solids (%B)
زرد Yellow	بدون هرس Non-pruning	74.33 ^a	95.33 ^{abc}	7.83 ^b
	10%	72.33 ^a	91.56 ^{bc}	7.20 ^{bc}
	20%	69.66 ^{ab}	82.43 ^d	5.40 ^c
	30%	65.66 ^b	90.08 ^c	6.26 ^{bc}
قرمز Red	بدون هرس Non-pruning	39 ^{cd}	97.5 ^{ab}	9.16 ^b
	10%	42.33 ^c	98.26 ^{ab}	9.83 ^a
	20%	33 ^e	99.52 ^a	10 ^a
	30%	35.66 ^d	96.97 ^{ab}	10.16 ^a

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند

In each column, means followed by the same letters are not significantly different according LSD test at 5 % probability level



شکل ۱- نمودار بای پلات اثر متقابل رقم و هرس بر برخی از صفات فلفل دلمه‌ای زرد و قرمز

اعداد اول مربوط به رقم: ۱ = رقم زرد، ۲ = رقم قرمز

اعداد دوم مربوط به نوع هرس: ۱ = بدون هرس، ۲ = ۱۰٪، ۳ = ۲۰٪ و ۴ = ۳۰٪

FW = وزن میوه، FL = طول میوه، FD = قطر میوه، FSH = سفتی ساقه‌گاه، FMH = سفتی میانی میوه، FBEH = سفتی گلگاه میوه، FR = رسیدگی میوه، FC = رنگ‌اندازی میوه، FTH = ضخامت گوشت میوه، SW = وزن بذر، TSS = مواد جامد محلول میوه، FRWC = محتوای نسبی آب میوه و L a b = شاخص رنگی میوه

Figure 1- Bi-plot diagram of interaction of cultivar and pruning on some traits of yellow and red bell pepper

The first numbers related to the cultivar: 1 = yellow cultivar, 2 = red cultivar

The second numbers related to the type of pruning: 1 = control, 2 = 10%, 3 = 20% and 4 = 30%.

FW = fruit weight, FL = fruit length, FD = fruit diameter, FSH = firmness of stem, FMH = firmness of middle fruit, FBEH = firmness blossom end, FR = fruit ripening, FC = fruit color, FTH = fruit flesh thickness, SW = seed weight, TSS = fruit soluble solids, FRWC = relative fruit juice content and L a b = fruit color index

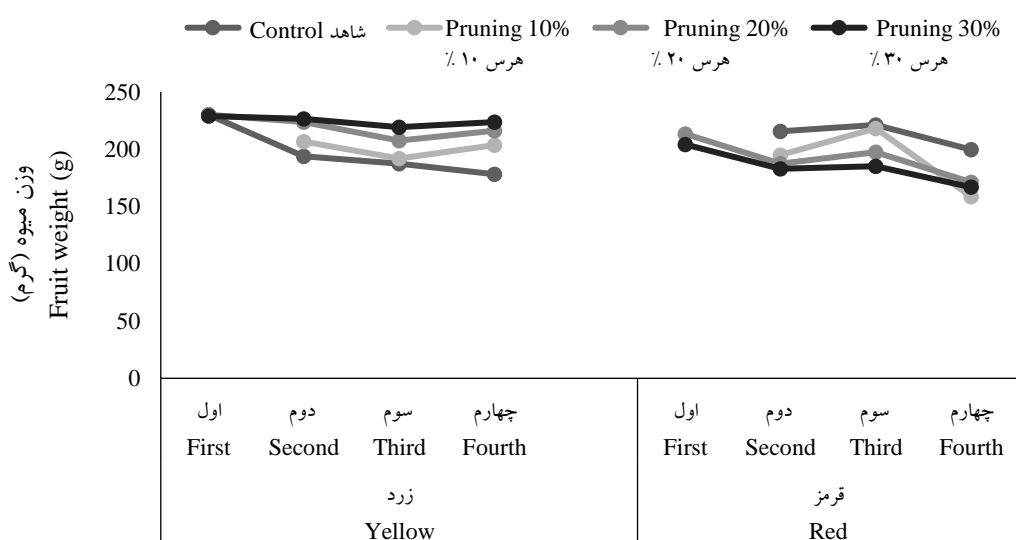
است. عدم تغییر محسوس وزن میوه در طی توالی‌های مختلف برداشت از عوامل بسیار مهم در تولید محصول فلفل است. این مسأله به‌خوبی بیانگر این مطلب است که هرچه تعداد میوه کمتری روی بوته نگه داشته شود، وزن، کیفیت و بازارپسندی هر میوه افزایش خواهد یافت. نتایج حاصل از پژوهش Dashti و Rasouli (۲۰۱۳) نشان داد که وزن تک میوه در بوته فلفل با کاهش تعداد شاخه‌ها افزایش یافت و هرس دو شاخه بیشترین وزن تک میوه (۱۶۵/۸۷ گرم در بوته) را داشت. در این پژوهش نیز بیشترین وزن میوه در رقم زرد ۲۳۰ گرم ثبت شد که در برداشت اول و در هرس ۲۰ درصد مشاهده گردید.

ب) تأثیر عملیات هرس و توالی برداشت بر صفات مرتبط با عملکرد

اثر هرس بر وزن میوه رقم زرد در برداشت‌های متوالی نشان داد که در بوته‌های بدون هرس، وزن میوه در برداشت اول در بالاترین مقدار خود قرار داشته ولی به‌مرور در برداشت‌های بعدی وزن میوه‌ها کاهش یافته است و این موضوع نشان‌دهنده این است که وقتی هرس میوه در بوته انجام نشود تعداد میوه در هر بوته زیاد می‌شود و در نتیجه وزن تک میوه کم می‌شود. پس از تیمار بدون هرس وزن میوه به‌ترتیب در هرس‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد افزایش یافت و هرس ۳۰ درصد ضمن اینکه بیشترین وزن میوه را دارا بوده است، از نظر این صفت، از برداشت اول تا برداشت آخر یکسان عمل کرده

Mashayekhi و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند که وزن تر و خشک میوه شلیل به‌مرور زمان افزایش یافت بطوریکه در برداشت چهارم، بیشترین وزن تر (۵۳۶ گرم) و خشک (۷۴ گرم) میوه نسبت به سایر برداشت‌ها مشاهده شد. نسبت وزن تر به خشک میوه نیز در مرحله اول برداشت کمتر از سه مرحله دیگر بود که نشان می‌دهد میوه‌ها در اوایل فصل میزان مواد جامد محلول بیشتر و مقدار آب میوه کمتری داشته‌اند که در نهایت موجب کاهش وزن آن‌ها گردیده است. در این پژوهش نیز وزن میوه در رقم زرد و در هرس ۱۰ و ۲۰ درصد از برداشت سوم به بعد روند افزایشی نشان داد.

اثر متقابل هرس و توالی برداشت بر وزن میوه رقم قرمز نشان داد که تیمار شاهد و هرس ۱۰ درصد در برداشت اول فاقد میوه بوده و دیرتر به بار نشستند. از سوی دیگر، در برداشت سوم هر دو تیمار ذکرشده، بیشترین وزن میوه را به ترتیب به میزان ۲۲۱/۰۷ و ۲۱۸/۰۹۵ گرم داشتند. کمترین وزن میوه در برداشت چهارم مربوط به هرس ۱۰ درصد بود، زیرا شدت هرس کمتر بوده و بنابراین تعداد میوه بیشتر و وزن میوه کمتر بوده است. هرس ۲۰ و ۳۰ درصد در این رقم طی توالی‌های مختلف برداشت تقریباً روند یکسانی را از نظر وزن میوه نشان دادند، اما به‌طور کلی، هرس ۲۰ درصد در برداشت سوم کمی بهتر از هرس ۳۰ درصد عمل کرد (شکل ۲).



شکل ۲- تأثیر هرس و توالی برداشت (اول تا چهارم) بر صفت وزن میوه

Figure 2- Effect of pruning and sequence of harvest (first to fourth) on fruit weight trait

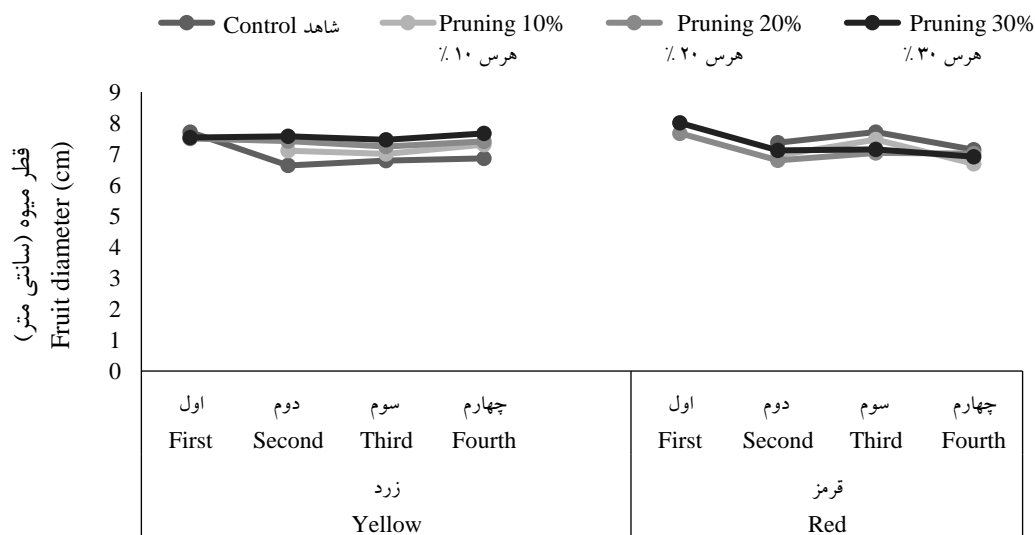
قطر میوه در رقم قرمز ۸ سانتی‌متر بود که در هرس ۳۰ درصد و در طی برداشت اول به ثبت رسید که نسبت به برداشت چهارم ۱۶ درصد بیشتر بود (شکل ۳). Moghadami و همکاران (۲۰۱۷) مشاهده کردند که بیشترین قطر میوه لیمو رقم لیسون (۵۴/۸۱ میلی‌متر) در مرحله چهارم برداشت و کمترین قطر میوه (۲۰/۷۵ میلی‌متر) در مرحله اول برداشت در رقم اورکا به‌وجود آمد. نتایج پژوهش حاضر در راستای نتایج فوق نشان داد که در رقم زرد و تمامی سطوح هرس، از

اثر هرس بر قطر میوه رقم زرد در برداشت‌های متوالی نشان داد که هرس‌های ۱۰ و ۲۰ درصد تقریباً روند یکسانی را از نظر این صفت در طی برداشت‌های مختلف طی کرده و تفاوت چندانی با یکدیگر نداشتند. بالاترین مقادیر قطر میوه رقم زرد در طی برداشت‌های مختلف در هرس ۳۰ درصد مشاهده شد.

اثر هرس بر قطر میوه رقم قرمز در طی برداشت‌های متوالی نشان داد که تمامی سطوح مختلف هرس، روند یکسانی را از نظر این صفت از خود نشان دادند. بالاترین

زیاد میوه در بوته و کاهش قطر هر میوه می‌باشد که مطلوب نیست.

برداشت دوم به چهارم قطر میوه کمی افزایش پیدا کرد اما در رقم قرمز قطر میوه در برداشت چهارم مقدار کمتری را نشان داد که این مسأله نشان‌دهنده تعداد

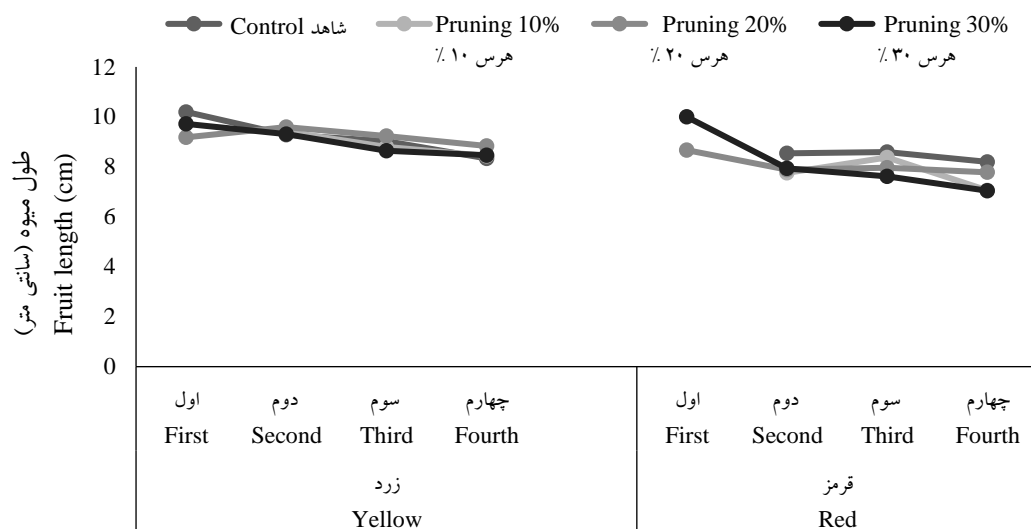


شکل ۳- تأثیر هرس و توالی برداشت (اول تا چهارم) بر صفت قطر میوه

Figure 3- Effect of pruning and sequence of harvest (first to fourth) on fruit diameter trait

در پژوهش Mohebi و همکاران (۲۰۱۴) سیب‌های مربوط به برداشت سوم کشیده‌ترین میوه‌ها (نسبت طول به قطر) را داشتند و پهن‌ترین میوه‌ها متعلق به نمونه‌های مربوط به برداشت پنجم بود. نتایج حاصل از این پژوهش برخلاف نتایج فوق نشان داد که در هر دو رقم بیشترین طول میوه در برداشت اول مشاهده شد و می‌توان حدس زد که با برداشت بیشتر میوه، بوته‌های فلفل وارد فاز گلدهی شده و نیروی خود را بیشتر صرف فاز زایشی می‌کنند.

اثر هرس بر طول میوه رقم زرد در برداشت‌های متوالی نشان داد که بیشترین طول میوه در برداشت اول و به ترتیب در تیمار بدون هرس و سپس هرس ۳۰ درصد مشاهده شد. تیمار بدون هرس و هرس ۱۰ درصد در رقم قرمز در طی برداشت اول فاقد میوه بودند. در طی برداشت سوم طول میوه در تیمار شاهد و هرس ۱۰ درصد اختلاف معناداری نداشت. در تیمارهای هرس ۲۰ و ۳۰ درصد، در برداشت اول میوه‌ها دارای طول بیشتری بودند. بالاترین میزان طول میوه در رقم قرمز در هرس ۳۰ درصد و در طی برداشت اول ۱۰ سانتی‌متر ثبت شد (شکل ۴).



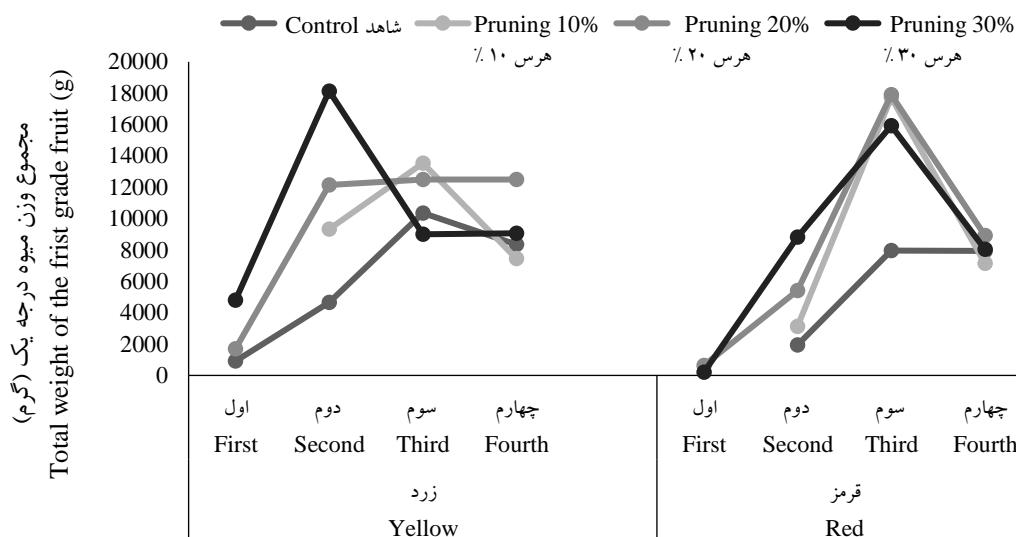
شکل ۴- تأثیر هرس و توالی برداشت (اول تا چهارم) بر صفت طول میوه

Figure 4- Effect of pruning and sequence of harvest (first to fourth) on fruit length trait

در بالاترین نقطه قرار گرفتند. در این رقم نیز در شرایط بدون هرس کمترین مقدار از این صفت به ثبت رسید (شکل ۵).

نتایج حاصل از پژوهشی نشان داد که هرس دو و سه شاخه در بادمجان موجب افزایش طول بوته و افزایش کیفیت میوه‌های درجه یک و کاهش میوه‌های درجه دوم و ضایعات میوه شد (Paksoy & Akilli, 1994). نتایج حاصل از این پژوهش نیز نشان داد که در برداشت سوم هرس ۱۰ و ۲۰ درصد در هر دو رقم موجب افزایش وزن میوه‌های درجه یک شد.

نتایج برهمکنش هرس و توالی برداشت بر مجموع وزن میوه‌های درجه یک در رقم زرد نشان داد که بیشترین میزان این صفت در هرس ۳۰ درصد و در طی برداشت دوم مشاهده شد. براساس نتایج، هرس ۱۰ درصد نسبت به شرایط بدون هرس از نظر این صفت روند بهتری را طی کرده است. بررسی اثر هرس بر مجموع وزن میوه‌های درجه یک در رقم قرمز در طی برداشت‌های متوالی نشان داد که همه تیمارهای هرس میزان این صفت را افزایش دادند. بیشترین مقادیر در طی برداشت سوم به ثبت رسیدند. در طی این برداشت، هرس ۱۰ و ۲۰ درصد و بعد از آن‌ها هرس ۳۰ درصد

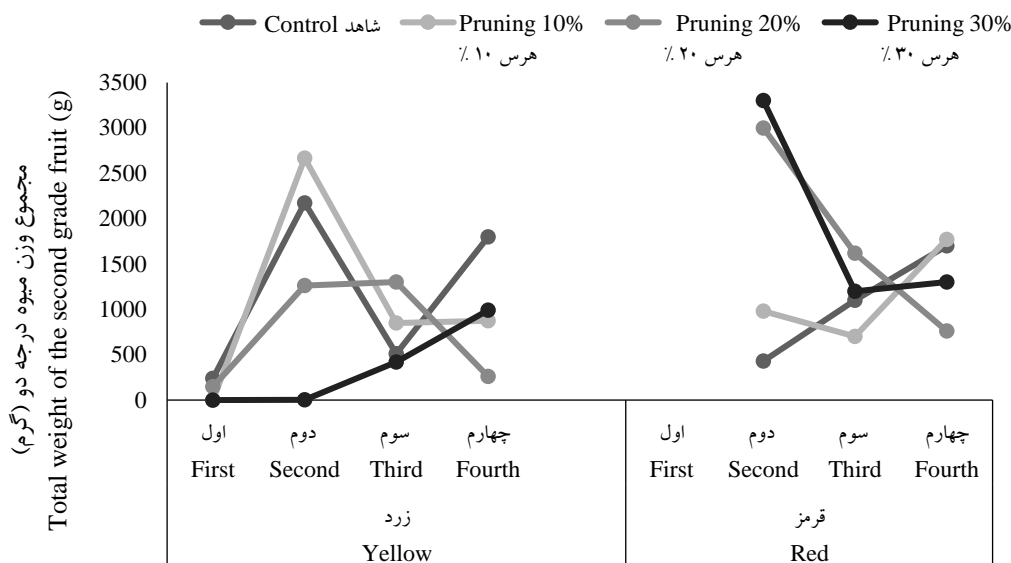


شکل ۵- تأثیر هرس و توالی برداشت (اول تا چهارم) بر مجموع وزن میوه درجه یک

Figure 5- Effect of pruning and sequence of harvest (first to fourth) on total weight of first grade fruit

بررسی اثر هرس بر میزان میوه‌های درجه دو در رقم قرمز در طی برداشت‌های متوالی نشان داد که در شرایط بدون هرس میزان میوه درجه دو با افزایش توالی برداشت دچار افزایش شد. هرس ۱۰ درصد، موجب کاهش این صفت در طی برداشت سوم شد، اما سپس در برداشت چهارم مقدار آن افزایش یافت. در هرس ۲۰ درصد، با افزایش توالی برداشت میزان این صفت دچار سیر نزولی شد که این مسأله مطلوب می‌باشد. هرس ۳۰ درصد میزان این صفت را در برداشت سوم نسبت به برداشت دوم کاهش داد، اما تفاوت معناداری بین برداشت‌های سوم و چهارم مشاهده نشد. براساس نتایج، در رقم قرمز هرس ۲۰ و ۳۰ درصد تیمارهای مناسبی برای کاهش میزان میوه‌های درجه دو هستند (شکل ۶). Farhadi و Aronii (۲۰۱۵) مشاهده کردند در پایان دوره برداشت درصد میوه درجه دو خیار بیشتر از اوایل یا اواسط دوره برداشت می‌باشد. آن‌ها عنوان کردند که دمای بالا و شرایط رطوبتی نامناسب آب و خاک می‌تواند یکی از دلایل افزایش میوه درجه دو در اواخر مراحل برداشت باشد.

بررسی اثر هرس بر مجموع وزن میوه‌های درجه دو در رقم زرد در طی برداشت‌های متوالی نشان داد که در این رقم بالاترین میزان این صفت در هرس ۱۰ درصد و بعد از آن در شرایط بدون هرس در طی برداشت دوم مشاهده گردید. در هرس ۳۰ درصد در برداشت اول و دوم هیچ میوه درجه دوئی تولید نشد. زمانی که میزان هرس به ۳۰ درصد افزایش یافت، میوه‌های بدشکل و دفرمه حذف شده و میوه‌های باقیمانده رقابت کمتری بر سر مواد غذایی داشته که این موضوع باعث کاهش میوه درجه دو شد. اما به‌مرور در طی برداشت‌های بعدی با افزایش تعداد میوه‌ها، میزان میوه‌های درجه دو نیز طبیعتاً دچار افزایش شد. در طی برداشت‌های اول و دوم، در شرایط بدون هرس و هرس ۱۰ درصد میزان میوه درجه دو بیشتری مشاهده شد، اما در ادامه هرس ۱۰ درصد سیر ثابتی را طی نموده و در شرایط بدون هرس، میزان میوه درجه دو در طی برداشت چهارم افزایش یافت که فاکتور خوبی نبوده و نشان می‌دهد که در طی برداشت‌های پایانی، هرس ۱۰ درصد نسبت به شرایط بدون هرس بهتر عمل می‌کند (شکل ۶).

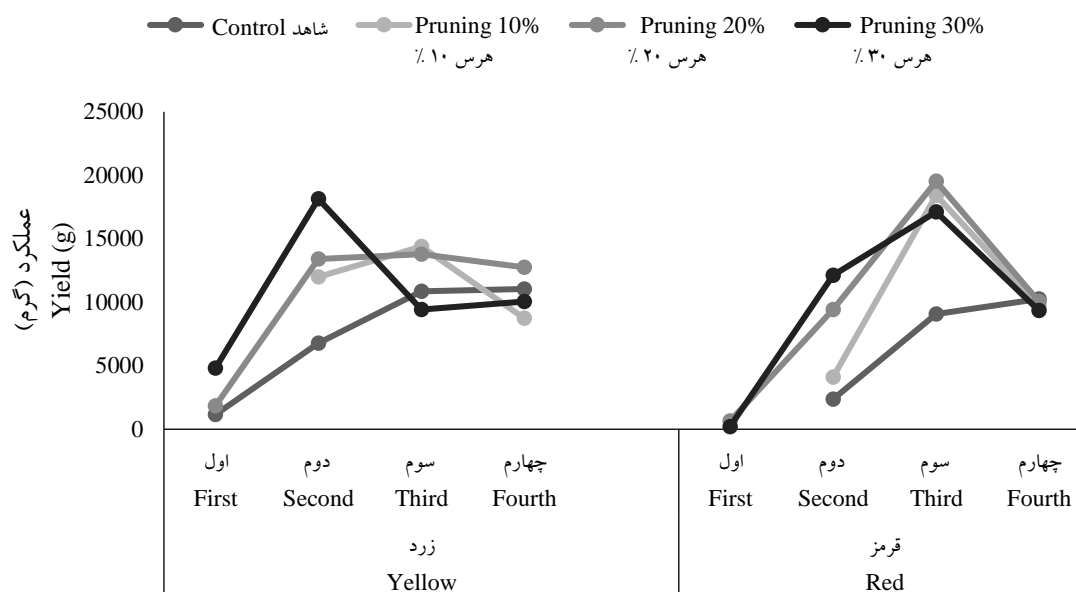


شکل ۶- تأثیر هرس و توالی برداشت (اول تا چهارم) بر مجموع وزن میوه درجه دو

Figure 6- Effect of pruning and sequence of harvest (first to fourth) on total weight of second grade fruit

تا برداشت سوم روند صعودی را طی کرده و در برداشت چهارم ناگهان عملکرد دچار کاهش شد (شکل ۷). Tashi و همکاران (۲۰۲۲) بالاترین میزان عملکرد را در بوته‌های گوجه‌فرنگی هرس شده به یک شاخه در برداشت سوم مشاهده کردند، اما در طول برداشت چهارم و ششم، بوته‌های هرس نشده و بوته‌های هرس شده به چند شاخه عملکرد بالاتری نسبت به گیاهان هرس شده با یک شاخه داشتند. آن‌ها عنوان کردند گیاهان هرس شده زودتر از گیاهان هرس نشده شروع به باردهی کردند. جدای از آن، مشاهده شد که میوه‌ها در گیاهان هرس شده زودتر از میوه‌های هرس نشده شروع به بالغ شدن کردند که این می‌تواند دلیل احتمالی برای بیشتر بودن عملکرد دو سیستم نسبت به گیاهان هرس نشده در طول برداشت اولیه باشد. نتایج این پژوهش نیز مطابق با نتایج فوق نشان داد که در رقم قرمز گیاهان هرس شده با سطوح ۲۰ و ۳۰ درصد نسبت به عدم هرس زودتر شروع به باردهی کردند که می‌تواند دلیلی برای افزایش عملکرد در برداشت سوم نسبت به تیمار بدون هرس باشد.

در رقم زرد، بالاترین میزان عملکرد مربوط به هرس ۳۰ درصد در برداشت دوم و پایین‌ترین میزان مربوط به شرایط بدون هرس در برداشت اول بوده است. در شرایط بدون هرس در برداشت اول میزان عملکرد پایین بوده، اما به مرور تا برداشت سوم سیر صعودی داشته است و در برداشت چهارم دچار تغییر معناداری نشد. در هرس ۱۰ درصد، عملکرد در برداشت سوم افزایش یافته، اما در برداشت چهارم کاهش می‌یابد. در هرس ۲۰ درصد و در برداشت اول میزان عملکرد پایین بوده، اما در برداشت دوم روند افزایشی و در برداشت‌های بعد روند ثابتی را طی نموده است. در هرس ۳۰ درصد، بالاترین میزان عملکرد در برداشت دوم (۱۸۱۳۷ گرم) به ثبت رسید (شکل ۷). بررسی اثر هرس بر عملکرد رقم قرمز در طی برداشت‌های متوالی نشان داد که در این رقم بالاترین عملکرد مربوط به هرس ۲۰ درصد در برداشت سوم و پایین‌ترین عملکرد مربوط به هرس ۳۰ درصد در برداشت اول بوده است. هر سه هرس ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد از نظر صفت عملکرد، در طی برداشت‌های متوالی



شکل ۷- تأثیر هرس و توالی برداشت (اول تا چهارم) بر عملکرد

Figure 7- Effect of pruning and sequence of harvest (first to fourth) on yield

نتیجه‌گیری کلی

مورد بررسی به هرس یکسان نبود، اما بطور کلی انجام هرس ۱۰ تا ۲۰ درصد در دو رقم زرد لوموس (Lumos) و رقم قرمز لورکا (Lorka) جهت بهبود میوه‌دهی را می‌توان توصیه نمود.

برای حصول حداکثر عملکرد و کیفیت در گلخانه‌های تولید فلفل عملیات هرس راهکاری بهینه می‌باشد. در این پژوهش هرس فلفل دلمه‌ای تأثیر مثبتی بر صفات کیفی و عملکردی این گیاه داشت، البته پاسخ رقم‌های

References

- Adhikari, S. & Kandel, T.P. (2015). Effect of time and level of pruning on vegetative growth, flowering, yield, and quality of guava. *International Journal of Fruit Science*, 15, 290-301.
- Alsadon, A., Wahb-Allah, M., Abdel-Rezzak, H. & Ibrahim, A. (2013). Effect of pruning systems on growth, fruit yield and quality traits of three greenhouse-grown bell pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *Australian Journal of Crop Science*, 7, 1309-1316.
- Aydın, A., Başak, H. & Çetin, A.N. (2022). Effects of different pruning systems on fruit quality and yield in California Wonder peppers (*Capsicum annuum* L.) grown in soilless culture. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences*, 12(1), 31-39.
- Ayyasizade, S., Alamzadehansari, N., & Sedighi Dehkordi, F. (2018). Effect of pruning and cultivar on growth, yield and fruit quality of greenhouse cucumber under Ahvaz conditions. *Journal of Soil and Plant Interactions Isfahan University of Technology*, 4, 91-102. (In Farsi)
- Brakeboer, T. (2007). Better balance between work and yield. *Fruit and vegetables Technology*, 7, 18-19.
- Dashti, F. & Rasouli, M. (2013). Effect of shoot pruning and fruit thinning on yield and qualitative characteristics of two greenhouse pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 43, 371-379.

(In Farsi)

- Farhadi, A. & Aroii, H. (2015). Study and determination of most suitable planting date under polyethylene semi tunnel and mulch conditions in cucumber (*Cucumis sativus* L.) in Isfahan. *Journal of Crop Production and Processing*, 5(15), 177-188. (In Farsi)
- Gonzalez-Real, M.M., Liu, H.Q. & Baille, A. (2009). Influence of fruit sink strength on the distribution of leaf photosynthetic traits in fruit-bearing shoots of pepper plants (*Capsicum annuum* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 66, 195-202.
- Guerra, M., Sanz, M.Á., Rodríguez-González, Á. & Casquero, P.A. (2021). Summer pruning, an eco-friendly approach to controlling bitter pit and preserving sensory quality in highly vigorous apple cv. 'Reinette du Canada'. *Agriculture*, 11(11), 1081.
- Heuvelink, E., Marcelis, L.F.M. & Körner, O. (2002). How to reduce yield fluctuations in sweet pepper? ISHS. *Acta Horticulturae*, 633 (42), 349-355.
- Hiwale, S.S & Raturi, G.B. (1993). Effect of pruning severity on growth, yield and quality of ber. *Progressive Horticulture*, 25(3/4), 161-163.
- Hopkins, W. G. (1995). *Introduction to Plant Physiology*. John Wiley and sons, Inc.
- Khaldbarin, B. & Islamzadeh, T. (2005). Mineral nutrition of higher plants (second edition). Shiraz University Press. (In Farsi)
- Khan, M., Chattha, T. & Saleem, N. (2005). Influence of different irrigation intervals on growth and yield of bell pepper (*Capsicum annuum* Grossum Group). *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 1, 125-128.
- Lee, S.K. & Kader, A.A. (2000). Pre-harvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20, 207-220.
- Maniutiu, D., Sima, R., Apahide, A.S., Apahidean, M. & Ficior, D. (2010). The influence of plant density and shoot pruning on yield of sweet pepper cultivated in plastic tunnel. *Bulletin of the University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Horticulture*, 67(1), 259-263.
- Maqhsoodi, Sh. (2016). Pruning plants and trees in simple language (first edition). Mr book Publisher, Tehran. (In Farsi)
- Marcelis, F.M. & Baan Hofman-Eijer, L.R. (1997). Effects of seed number on competition and dominance among fruits in *Capsicum annuum* L. *Annals of Botany*, 79, 687-693.
- Marcelis, L.F., Heuvelink, E., Hofman-Eijer, L.R., Den, B.J. & Xue, L.B. (2004). Flower and fruit abortion in sweet pepper in relation to source and sink strength. *Journal of Experimental Botany*, 55, 2261-2268.
- Mashayekhi, K., Sadeghi, H., Akbarpour, V., Atashi, S., Ghasemi, Y. & Mousavizadeh, S.J. (2014). Carbohydrate variations of leaf and fruit of nectarine cv. red gold during growth season at gorgan climate. *Journal of Horticultural Science*, 28(1), 1-9. (In Farsi)
- Moghadami, F., Hemti, K. & Akbarpour, V. (2017). Effect of harvest time and type of fruit texture on hesperidin content in lime cultivars. *Journal of Horticultural Science*, 31(1), 40-48. (In Farsi)
- Mohebi, M., Babalar, M. & Asgari Sarcheshmeh, M.A. (2014). The effect of harvest time on the physicochemical characteristics of "Fuji" apple fruit at the time of

- harvest and during storage. *The 3rd National Congress on Organic and Conventional Agriculture*, 20-21 August, Ardabil, Iran. (In Farsi)
- Paksoy, M. & Akilli, M. (1994). The effects of different pruning on the yield and quality of eggplant cultivars grown in the greenhouse conditions. *Acta Horticulturae*, 366, 287-292.
 - Parniani, F., Haghghi, M. & Mireei, S. (2022). The effect of adjusting fruit loading by pruning on the yield and quality of sweet pepper in low light condition. *South African Journal of Botany*, 147: 903-914.
 - Richter, A., Wanek, W., Werner, R.A., Ghashghaie, J., Jaggi, M., Gessler, A., Brugnoli, E., Hettmann, E., Gottlicher, S.G., Salmon, Y., Bathellier, C., Kodama, N., Noques, S., Soe, A., Volders, F., Sorgel, K., Blochl, A., Sieqwolf, R.T., Buchmann, N. & Gleixner, G. (2009). Preparation of starch and soluble sugars of plant material for the analysis of carbon isotope composition: a comparison of methods. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 23, 2476-2488.
 - Rostaghi, M., Mousavizadeh, S.J., Mashayekhi, K. & Sangdoveini, S. (2021). Combined application of branch pruning and biofertilizer on leaf photosynthetic pigments and fruit quantity and quality of greenhouse cucumber. *Sciences Vegetables of Journal*, 4(2), 177-188. (In Farsi)
 - Sayyari, M. & Alvandi, S. (2017). The effect of calcium ascorbate and heat treatment on increase the shelf life of button mushroom. *Journal of Crop Improvement*, 18, 921-933. (In Farsi)
 - Seifi, S., Nemati, S.H., Shoor, M. & Abedi, B. (2011). Effect of plant density and shoot pruning on fruit quality characteristics of two cultivars of sweet pepper. *Journal of Horticultural Science*, 25(2), 194-200. (In Farsi)
 - Seifi, S., Nemati, S.H., Shoor, M. & Abedi, B. (2015). The effect of plant density and shoot pruning on growth and yield of two greenhouse bell pepper cultivars. *Journal of Soil and Plant Interactions Isfahan University of Technology*, 3, 77-83. (In Farsi)
 - Singh, I. & Kaur, A. (2018). Effect of pruning systems on growth and yield traits of greenhouse grown bell pepper (*Capsicum annuum* L. var. grossum). *Indian Journal of Agricultural Research*, 52, 414-418.
 - Tashi, L., Tashi, G., Thinley, P. & Yadunath, B. (2022). Effect of Different Pruning Systems on Yield and Quality of Tomato Grown Under Greenhouse. *Bhutanese Journal of Agriculture*, 5, 71-82.
 - Tian, Y.W. & Wang, X.J. (2009). Analysis of leaf parameters measurement of cucumber based on image processing. In: *World Congress on Software Engineering*, 19-21 May, Xiamen, China, pp 34-37.
 - Wubs, M., Heuvelind, E. & Marcelis, L.F.M. (2009). Abortion of reproductive organs in sweet pepper (*Capsicum annuum* L.): A review. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 84, 467-475