

Study the Effect of some Biofertilizers on Growth, Leaf Nutrient Contents and Yield Properties of Apple (*Malus domestica* cv. Red delicious)

A. Salehi¹, F. Nekounam^{1*}, F. Razavi¹

1- Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

(*- Corresponding author's Email: nekounam@znu.ac.ir)

Received: 06 March 2024

Revised: 19 June 2024

Accepted: 07 July 2024

Available Online: 07 July 2024

How to cite this article:

Salehi, A., Nekounam, F., & Razavi, F. (2026). Study the effect of some biofertilizers on growth, leaf nutrient contents and yield properties of apple (*Malus domestica* cv. Red delicious). *Journal of Horticultural Science*, 39(4), 567-582. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jhs.2024.87166.1329>

Introduction

Apple (*Malus domestica*) belongs to the Rosacea family and is one of the most important fruit trees in temperate regions. Apple fruit is a rich source of vitamins, sugars, organic acids, minerals, fibers, and bioactive compounds and is widely cultivated due to its pleasant taste, aroma, and texture. Due to the rising need for food and fiber per unit of land area, chemical fertilizers are becoming increasingly popular to increase yields from small plots of land. Chemical fertilizers pose significant health risks and can damage the environment when used excessively. As a result, research in this field increasingly focuses on identifying and evaluating more sustainable alternatives. One promising approach involves the use of biostimulants, which can enhance the effectiveness of conventional mineral fertilizers. Plant biostimulants contain some nutrients (marine plant extracts, humic acids, amino acids and other natural products such as saponins and compost teas) that stimulate plant growth, even when administered in small amounts. Foliar application of seaweed extracts at 0.2% recorded maximum no. of fruits/tree, fruit weight, and yield/tree in valencia orange.

Materials and Methods

In order to investigate the effect of biofertilizers on growth, yield and leaf nutrient contents of apple under climatic conditions of Zanjan, the experiment was carried out in a completely randomized block design with three replicates in 2023. Different concentration of seaweed (Alg; 0.075 and 0.15%), amino acid (GF Amino; 0.1 and 0.2%), humic acid (HA; 0.3%), commercial fertilizer Homarang, (Homa fert; 0.5%), combined chemical fertilizer (nitrogen, zinc and boron (Combinat fert; 1% urea, 0.3% zinc chelate and 0.1% boric acid)) and distilled water as a control were sprayed on the trees at 40 days after full bloom stage until runoff using a mechanical mist sprayer, and repeated three times with an 30 days interval until the physiological ripening of fruits. The experiment was carried out on 10-year-old Red Delicious apple trees grafted on M9 rootstocks. Shoot length, chlorophyll index, fruit drop percentage, yield efficiency, leaf area, leaf dry matter, leaf macro and micro nutrient were measured. The analysis of variance (ANOVA) and least significant difference test ($P \leq 0.05$) used to compare means within each sampling date. The Statistical analysis and standard error calculation were carried out using SAS software (V. 9.3).

Results and Discussion

The results showed that the foliar application of bio and chemical fertilizers significantly increased growth and fruit yield. So that, the highest increase in shoot length (39%) and leaf area (74.30%) compared to the control was obtained with application of seaweed 0.075%. Also, seaweed 0.15%, amino acid 0.2%, humic acid and amino acid 0.1% caused a significant increase in leaf area (42.02, 35.57, 22.27 and 16.20%, respectively)



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

<https://doi.org/10.22067/jhs.2024.87166.1329>

compared to the control. Foliar spray of seaweed, amino acid and chemical fertilizer increased chlorophyll index. The highest increase in chlorophyll index (50%) compared to the control was obtained with application of combined chemical fertilizer at 130 days after full bloom. These results are in agreement with the outcomes of other experiments conducted with seaweed on apple and on other crops such as grapevine. Therefore, this represents a further evidence of a possible role of seaweed extracts in the reduction of chlorophyll degradation and in delaying leaf senescence. The highest amount of nitrogen (1.66%), potassium (1.03%) zinc (150 mg.g⁻¹ DW) and boron (82.5 mg.g⁻¹ DW) and the lowest amount of phosphorus (0.44%) were obtained with application of combined chemical fertilizer. The highest value of iron was observed in leaf of trees treated with seaweed 0.15%, humic acid and commercial biofertilizer. Based on the results, it was observed that the amino acid, seaweed and combined chemical fertilizer have the greatest effect in reducing fruit drop (36.97, 33.37, 29.07%, respectively) compared to control) and increasing yield efficiency (respectively 2.75, 2.73 and 2.8 compared to control with 0.22 fruits No.cm⁻² SCSA). These results partially are in agreement with another research performed on apple, where the use of a similar seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) was found able to induce a higher final yield. The hormonal components found in the extracts, particularly cytokinins, are assumed to be responsible for the increased yield in plants treated with seaweed. Previous studies mentioned that the application of biological fertilizers alone or in combination with the mineral fertilizers had positive influences on the leaf plate area, mean fruit weight and fruit chemical composition.

Conclusion

According to the results of this research, the use of biofertilizers, especially seaweed (0.15%) and amino acid (0.1%), are suitable and nature-friendly substitutes for chemical fertilizers and can play a significant role in increasing growth indices and yield of apples.

Keywords: Amino acid, Chlorophyll index, Fruit drop, Yield efficiency, Seaweed

بررسی تأثیر برخی از کودهای زیستی بر خصوصیات رشدی، محتوای عناصر غذایی برگ و

عملکرد میوه سیب (*Malus domestica* cv. Red delicious)افسانه صالحی^۱ - فاطمه نکونام^{۱*} - فرهنگ رضوی^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۱۷

چکیده

پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر محلول پاشی برخی از کودهای زیستی بر خصوصیات رشدی و عملکرد میوه سیب (*Malus domestica* cv. Red delicious) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در شرایط آب‌وهوایی زنجان انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل محلول پاشی برخی جلبک دریایی (۰/۰۷۵ و ۰/۱۵ درصد)، اسیدآمین (۰/۱ و ۰/۲ درصد)، اسیدهیومیک (۰/۰۳ و ۰/۰۵ درصد)، کود شیمیایی ترکیبی (نیتروژن، روی و بور (اوره ۱ درصد، کلات روی ۰/۳ درصد و اسیدبوریک ۰/۱ درصد)) و محلول پاشی با آب مقطر (شاهد) بود. نتایج نشان داد که کاربرد برخی کودهای زیستی و شیمیایی به‌طور معنی‌داری رشد و عملکرد میوه را افزایش دادند. به‌طوری‌که بیشترین افزایش رشد شاخه سال جاری (۳۹ درصد) و سطح برگ (۷۴/۳۰ درصد) نسبت به شاهد با اعمال کود جلبک دریایی با غلظت ۰/۰۷۵ درصد به دست آمد. همچنین کود جلبک دریایی با غلظت ۰/۱۵ درصد، اسیدآمین ۰/۲ درصد، اسیدهیومیک و اسیدآمین ۰/۱ درصد باعث افزایش معنی‌دار سطح برگ (به‌ترتیب ۴۲/۰۲، ۴۵/۵۷، ۳۵/۲۷ و ۱۶/۲۰ درصد) نسبت به شاهد شدند. محلول پاشی جلبک دریایی، اسیدآمین و ترکیب شیمیایی، شاخص کلروفیل را افزایش دادند. حداکثر افزایش شاخص کلروفیل (۵۰ درصد) نسبت به شاهد با کاربرد کود شیمیایی ترکیبی در ۱۳۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها به دست آمد. بیشترین مقدار نیتروژن (۱/۶۶ درصد)، پتاسیم (۱/۰۳ درصد)، روی (۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده خشک) و بور (۸۲/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) و کمترین مقدار فسفر (۰/۴۴ درصد) با کاربرد برخی کود شیمیایی ترکیبی به دست آمد. بیشترین محتوای آهن در برگ درختان تیمار شده با کود جلبک دریایی ۰/۱۵ درصد، اسیدهیومیک و کود زیستی تجاری به دست آمد. براساس نتایج مشاهده شد که کاربرد اسیدآمین، جلبک دریایی و کود شیمیایی ترکیبی بیشترین تأثیر را در کاهش ریزش میوه (به‌ترتیب ۳۶/۹۷، ۳۳/۳۷ و ۲۹/۰۷ درصد نسبت به شاهد) و افزایش کارایی عملکرد (به‌ترتیب ۲/۷۵ و ۲/۷۳ و ۲/۸ درصد) در مقایسه با ۰/۲۲ میوه در واحد سطح مقطع شاخه در شاهد) داشتند. براساس نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش می‌توان گفت که کاربرد کودهای زیستی به‌خصوص جلبک دریایی (۰/۱۵ درصد) و اسیدآمین (۰/۱ درصد)، جایگزین‌های مناسب برای کودهای شیمیایی هستند و می‌توانند نقش به‌سزایی در افزایش شاخص‌های رشدی و عملکرد سیب بدون اثر مخرب بر محیط زیست داشته باشند.

واژه‌های کلیدی: اسیدآمین، جلبک دریایی، ریزش میوه، شاخص کلروفیل، کارایی عملکرد

مقدمه

امروزه استفاده وسیع از کودهای شیمیایی سبب افزایش نگرانی در مورد سلامت انسان و محیط زیست شده است که با جایگزین کردن کودهای آلی می‌توان تا حدودی این نگرانی را کاهش داد. در کشاورزی ارگانیک، از جمله تولید سیب (*Malus domestica*) ارگانیک، به‌علت عدم استفاده از کودها و سموم شیمیایی عملکرد

محصول در مقایسه با سیستم‌های تولید رایج کمتر است. بخش کشاورزی ارگانیک به‌منظور افزایش عملکرد، به‌طور مداوم به‌دنبال شیوه‌های جدید زراعی جهت ادغام در مدیریت سیستم‌های کشت است (Soppelsa et al., 2018).

محرك‌های زیستی از جمله راهکارهای نوآورانه و امیدوارکننده برای بهبود پایداری و سودآوری کشاورزی ارگانیک است. مهم‌ترین محرك‌های زیستی گیاهی شامل اسیدهای هیومیک و فولویک، هیدرولیزهای پروتئین، عصاره جلبک‌های دریایی (Battacharyya et al., 2015)، قارچ‌های میکوریزا (Rouphael et al., 2015) و باکتری‌های محرك رشد گیاه (Ruzzi & Aroca, 2015) می‌باشند.

۱- گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
(Email: nekounam@znu.ac.ir)
(*) نویسنده مسئول:
<https://doi.org/10.22067/jhs.2024.87166.1329>

کشاورزی ارگانیک می‌تواند از محرک‌های زیستی استفاده کند، زیرا این مواد می‌توانند شکاف بین عملکرد در کشاورزی ارگانیک و معمولی را کاهش دهند (De Pascale et al., 2017). محرک‌های زیستی مانند مواد هیومیکی^۱ و هیدرولیزهای پروتئینی می‌توانند با تغییر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (یعنی افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک‌های شنی) و با تشکیل کمپلکس‌هایی با ریزمغذی‌ها، دسترسی به مواد مغذی را افزایش دهند (Canellas et al., 2015). علاوه بر این، استفاده از محرک‌های زیستی (مانند اسیدهای هیومیک، هیدرولیز پروتئین‌ها و عصاره جلبک‌های دریایی) می‌توانند رشدونمو ریشه را تقویت کنند و در نتیجه جذب مواد مغذی را بهبود دهند (Colla et al., 2017). همچنین افزایش فعالیت آنزیم‌های کلیدی (مانند نیترات ردوکتاز) به دنبال استفاده از مواد فعال زیستی (پروتئین هیدرولیز و عصاره جلبک دریایی) به ریشه و برگ نشان داده شده است (Schiavon et al., 2008). بنابراین افزایش جذب مواد مغذی توسط مواد محرک زیستی می‌تواند تحت تأثیر سازوکارهای مختلفی انجام شود. کودهای زیستی، رشد گیاهان را به وسیله بهبود جذب و کارایی استفاده از مواد مغذی افزایش و تحمل گیاهان را در برابر تنش‌ها بهبود می‌بخشند (Amlani, 2022).

از طرفی، با توجه به اینکه بخش وسیعی از خاک‌های اکثر مناطق ایران آهکی است، در چنین شرایطی جذب برخی از عناصر پرمصرف و اکثر عناصر کم‌مصرف کاهش می‌یابد و کاربرد خاکی کودها با مشکل مواجه می‌شود. مصرف کودها به روش محلول‌پاشی ضمن حفظ جنبه‌های اقتصادی و اثربخشی سریع موجب حفظ محیط زیست، ممانعت از تخریب ساختمان فیزیکی و شیمیایی خاک و برهم خوردن تعادل مواد غذایی خاک می‌گردد که تمامی آن‌ها در راستای نیل به کشاورزی پایدار بسیار سودمند می‌باشند (Staki et al., 2015). کاربرد کودها به صورت محلول‌پاشی برگی کمتر از کاربرد خاکی آن‌ها موجب آلودگی محیط زیست می‌گردد (Lanauskas et al., 2006). درصد موفقیت جذب عناصر غذایی از طریق تغذیه برگی در حدود ۹۵ درصد و جذب عناصر در روش تغذیه از طریق ریشه بسته به شرایط شیمیایی و فیزیکی خاک بسیار متغیر و در حدود ۱۰ درصد است (Desouky et al., 2009).

اسیدهیومیک، نوعی ترکیب پلیمری طبیعی به همراه مواد آلی هتروژن است که دارای خواص محرک زیستی بوده و جذب مواد مغذی اصلی مورد نیاز گیاهان مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم و رشد بهتر گیاه را فراهم می‌کند (Pizzeghello et al., 2020). فرارا و همکاران (Ferrara et al., 2008) گزارش کردند که محلول‌پاشی اسیدهیومیک در انگور (*Vitis vinifera* cv. Italia)، اندازه حبه‌ها و

در نتیجه عملکرد میوه، مواد جامد محلول کل و میزان اسیدیته را افزایش داد. در پژوهشی دیگر عامری و تهرانی‌فر (Ameri & Tehranifar, 2012) مشاهده کردند که کاربرد اسیدهیومیک موجب افزایش محتوای نیتروژن، فسفر و کلروفیل برگ توت‌فرنگی (*Fragaria ananassa* var. Camarosa) گردید. محلول‌پاشی اسیدهیومیک سبب کاهش خشک شدن سریع قطره‌های محلول غذایی در سطح برگ می‌شود که در نهایت می‌تواند در جذب سریع مواد غذایی تأثیر داشته باشد (Neri et al., 2002). محلول‌پاشی اسیدهیومیک در انگور 'رقم ایتالیا' سبب افزایش مواد جامد محلول، میزان اسیدیته و همچنین افزایش اندازه حبه‌ها و در نتیجه افزایش عملکرد شد (Ferrara et al., 2008).

عصاره جلبک دریایی سرشار از عناصر پرمصرف، کم‌مصرف و متابولیت‌های ثانویه است و به یکی از مهم‌ترین کودهای برگی برای محصولات میوه‌ای و سبزیجات تبدیل شده است (Jumadi et al., 2023). کاربرد عصاره جلبک دریایی به طور مؤثری رشد درختان سیب 'رقم جاناتان' را تحریک کرد و به طور قابل توجهی سطح برگ، محتوای کلروفیل برگ و میزان ماده‌سازی در برگ را بهبود بخشید (Soppelsa et al., 2018). کاربرد عصاره جلبک دریایی در انگور با بهبود سطح نیتروژن برگ، محتوای کلروفیل را افزایش داد و باعث بهبود عملکرد و وزن میوه شد (Sabir et al., 2014). استفاده از محرک‌های زیستی مانند جلبک دریایی در درختان سیب 'رقم جاناتان'، غلظت برخی از ریزمغذی‌ها (آهن و روی) را افزایش دادند (Soppelsa et al., 2019). همچنین شاه و همکاران (Shah et al., 2013) نیز گزارش نمودند که محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی باعث افزایش رشد و عملکرد گندم (*Triticum aestivum*) شد. سونارپی و همکاران (Sunarpi et al., 2010) در برنج (*Oryza sativa*) نشان دادند که محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی ارتفاع بوته، تعداد پنجه و تعداد برگ‌های برنج را افزایش داد.

اسیدهای آمینه نیز جزء کودهای زیستی هستند که با تحریک رشد گیاه باعث افزایش ماده خشک و تازه می‌شوند (Rouphael et al., 2017). هنگامی که اسیدهای آمینه از طریق سیستم ریشه یا تغذیه برگی استفاده می‌شوند، جذب مواد مغذی از جمله آهن و روی در برگ بهبود می‌یابد (Mohammadipour & Souri, 2019). محلول‌پاشی اسیدهای آمینه باعث افزایش زیست‌توده و بهره‌وری محصول می‌شود (Souri et al., 2018). عربلو و همکاران (Arablo et al., 2014) گزارش کردند که محلول‌پاشی برگی اسیدآمینه‌ها در دو رقم سیب، میزان کلروفیل کل را افزایش دادند.

با توجه به مطالب فوق، پژوهش حاضر با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی برگی تعدادی از کودهای زیستی در مقایسه با کود

شیمیایی ترکیبی حاوی نیتروژن، روی و بور در بهبود شاخص‌های رشدی، محتوای مواد معدنی و عملکرد سیب رقم رد دلشز در شرایط آب‌وهوایی زنجان انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال زراعی ۱۴۰۲ در باغ سیب دانشگاه زنجان با موقعیت جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۶۵۹/۴ متر از سطح دریا اجرا شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و یک درخت در هر تکرار اجرا شد. تیمارهای محلول‌پاشی شامل دو سطح جلبک دریایی (تولید شرکت آکادین پلنت - ساخت کشور کانادا) که حاوی ۹۳/۵ درصد عصاره جلبک دریایی *Ascophyllum nodosum* می‌باشد، دو سطح جی‌اف آمینواسید (تولید شرکت گرین فرت کراپ - ساخت کشور چین) که حاوی ۱۵ درصد نیتروژن و ۴۵ درصد آمینو اسید کل و ۴۰ درصد آمینو اسید آزاد می‌باشد، یک سطح اسیدهیومیک (تولید شرکت مرک - ساخت کشور آلمان) که دارای ۷۹ درصد اسیدهیومیک، ۱۲ درصد اسیدفولویک و

هشت درصد پتاسیم می‌باشد، یک سطح کود تجاری همارنگ (تولید شرکت فناور آزماهای همارنگ - ساخت کشور ایران) به‌صورت مایع و با قابلیت حل آسان در آب می‌باشد که محتوای اسیدآمینه، اسید فولویک و یک‌سری از عناصر غذایی ضروری شامل ۳/۵ درصد نیتروژن، ۵/۱ درصد پتاسیم محلول در آب، ۰/۰۳ درصد منیزیم محلول در آب، ۰/۹۱ درصد آهن محلول در آب، ۰/۰۳ درصد منگنز محلول در آب، ۳/۹ درصد کربن آلی می‌باشد، یک سطح کود شیمیایی ترکیبی حاوی عناصر غذایی نیتروژن، روی و بور (۱ درصد اوره، ۰/۳ درصد کلات روی و ۰/۱ درصد اسیدبوریک) و شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر) بود. حدود ۴۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها، محلول‌پاشی شروع و با فاصله ۳۰ روز تا زمان رسیدن فیزیولوژیکی میوه‌ها سه بار تکرار شد. برای افزایش بازده جذب، محلول‌پاشی هنگام غروب آفتاب و در ساعات خنک روز انجام گردید و تمام برگ‌های درخت به‌طور کامل خیس شد. آزمایش روی درختان ۱۰ ساله سیب رقم 'رد دلشز' پیوندشده روی پایه‌های رویشی 'M9' انجام شد. مدیریت باغ از نظر آبیاری، نحوه کوددهی و هرس در تمام درختان یکسان بود.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties on the site of experimental field

نیتروژن N (%)	پتاسیم K (mg.kg ⁻¹)	فسفر P (mg.kg ⁻¹)	کلسیم کربنات Ca(CO ₃) ₂ (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	ماده آلی Organic matter (%)	ظرفیت زراعی FC (%)	بافت Texture
0.07	145	15	27.5	8.07	1.32	1.14	13	لوم رسی شنی Sandy clay loam

صفات مورد ارزیابی

به‌منظور ارزیابی رشد رویشی، طول شاخه‌های سال جاری در چهار جهت درخت اندازه‌گیری و میانگین آن‌ها برحسب سانتی‌متر بیان شد. سطح برگ با دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (DELTA-T DEVICEC LTD, ENGLAND) برحسب سانتی‌مترمربع محاسبه شد. جهت تعیین درصد ماده خشک، ۱۰ برگ از هر واحد آزمایشی توزین و به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد در آون تهویه‌دار قرار گرفته و مجدد توزین شدند و با استفاده از معادله (۱)، درصد وزن خشک برگ به‌دست آمد.

(۱) $100 \times (\text{وزن تر برگ} / \text{وزن خشک برگ}) = \text{درصد ماده خشک برگ}$
یک ماه بعد از هر محلول‌پاشی، شاخص کلروفیل برگ (۱۰ برگ از هر تکرار) (در سه مرحله) با دستگاه کلروفیل‌سنج دستی (SPAD مدل CCM Opti Science-uk) اندازه‌گیری گردید.

برای تعیین درصد ریزش میوه‌ها، از هر واحد آزمایشی سه شاخه با قطر، اندازه و قدرت رشدی یکسان انتخاب شد و تعداد میوه‌ها در هر شاخه قبل از محلول‌پاشی، سه هفته بعد از آن و در زمان برداشت شمارش گردید و با استفاده از معادله ۲ درصد ریزش میوه محاسبه شد. همچنین کارایی عملکرد براساس شاخص تعداد میوه در سطح مقطع شاخه (معادله ۳) محاسبه شد.

(۲)

$100 \times (\text{تعداد میوه شمارش شده} / \text{تعداد میوه ریزش یافته}) = \text{درصد ریزش میوه‌ها}$

(۳)

سطح مقطع شاخه / وزن میوه یا تعداد میوه در شاخه = کارایی عملکرد

درصد و رسم نمودارها با کمک نرم افزار Excel و Sigma Plot 12.0 انجام گرفت.

نتایج و بحث

طول شاخه سال جاری

براساس نتایج مقایسه میانگین (شکل ۱)، مشاهده شد که محلول پاشی کود جلبک دریایی با غلظت ۰/۰۷۵ درصد باعث افزایش معنی دار طول شاخه های سال جاری (۳۹ درصد) نسبت به شاهد گردید. طول شاخه ها در سایر تیمارها در مقایسه با شاهد تحت تأثیر قرار نگرفت.

بسیاری از مزایای استفاده از عصاره جلبک دریایی به دلیل وجود هورمون های گیاهی به ویژه سیتوکینین ها است. سیتوکینین با افزایش تکثیر سلول ها در مریستم رأسی ساقه سبب تحریک رشد ساقه می شود (Ruban & Govindasamy, 2018). البته تنها دلیل تأثیر جلبک دریایی بر رشد طولی شاخه ها وجود هورمون ها نیست و براساس نتایج به دست آمده، محلول پاشی کود جلبک دریایی باعث افزایش سطح برگ (شکل ۲)، شاخص کلروفیل (شکل ۳) و محتوای بعضی از عناصر از جمله نیتروژن، آهن و فسفر (جدول ۲) شد. بر این اساس می توان گفت که مجموعه ای از عوامل باعث افزایش رشد رویشی در درختان تحت محلول پاشی جلبک دریایی شدند. اسیدهای آمینه باعث افزایش و تحریک رشد گیاه می شوند (Rouphael et al., 2017). ماگدا (Magda, 2012) این گونه استنباط کرد که اسیدهای آمینه با افزایش شدت فتوسنتز همراه با افزایش میزان کلروفیل باعث افزایش ارتفاع بوته و قطر ساقه در گیاهان زراعی شدند. همچنین محققان دیگر بیان داشتند که کاربرد اسید آمینه باعث افزایش ارتفاع بوته در گیاهان زراعی گردید (Noroozlo et al., 2019). علی و همکاران (Ali et al., 2015) گزارش کردند که محلول پاشی برگی توأم بور و روی احتمالاً با افزایش تولید هورمون اکسین و جلوگیری از اکسیداسیون IAA می تواند تأثیر مثبتی بر عملکرد و صفات رویشی گیاه گوجه فرنگی داشته باشد. البته در مطالعه حاضر، بررسی ضرایب همبستگی رابطه معنی داری بین طول شاخه و محتوای عناصر برگ و سایر صفات مورد مطالعه نشان نداد (جدول ۳).

سطح و درصد ماده خشک برگ

براساس نتایج حاصل از این پژوهش، تأثیر محلول پاشی کودهای زیستی و شیمیایی بر سطح برگ معنی دار شد، اما درصد ماده خشک برگ تغییر معنی داری نشان نداد. براساس نتایج مقایسه میانگین مشاهده شد که کاربرد کودهای زیستی به خصوص جلبک دریایی باعث افزایش معنی دار سطح برگ نسبت به شاهد شدند. بیشترین

برای اندازه گیری عناصر از نمونه های برگی استفاده شد و مجموع سه عنصر پرمصرف (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) و سه عنصر کم مصرف (بور، روی و آهن) اندازه گیری گردید. برای اندازه گیری نیتروژن برگ، میزان پنج میلی لیتر از عصاره به دست آمده از روش هضم مرطوب به بالن تقطیر منتقل شد. دو میلی لیتر از محلول سود ۱۰ نرمال اضافه و قیف دهانه بالن تقطیر کاملاً شسته شد تا حجم محلول ۲۰ میلی لیتر گردد. ۱۰ میلی لیتر اسیدبوریک دو درصد و سه قطره مخلوط معرف ها (معرف بروموکروزول سبز به اضافه متیل قرمز) در ارلن مایر ۱۰۰ میلی لیتری ریخته شد و زیر مبرد دستگاه تقطیر قرار گرفت. عمل تقطیر تا تغییر رنگ محلول اسیدبوریک از صورتی به سبز انجام گردید. برای اطمینان از جمع آوری کل گاز آمونیاک، عمل تقطیر تا رسیدن حجم اسیدبوریک به ۶۰ میلی لیتر ادامه یافت. سپس محتویات بشر به ارلن انتقال داده شد و با اسیدسولفوریک یک درصد نرمال تیترو گردید، تا رنگ سبز به صورتی تبدیل شود. در نهایت، مقدار نیتروژن برگ به درصد بیان شد (Svecnjak & Rengel, 2006).

جهت اندازه گیری فسفر کل در برگ، میزان پنج میلی لیتر از محلول های عصاره و شاهد را به لوله آزمایش ۲۵ میلی لیتری منتقل و سپس میزان پنج میلی لیتر از محلول آمونیوم مولیبدات-وانادات به آن اضافه شده و به حجم رسانده شد. بعد از ۲۰ دقیقه، نمونه ها به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر^۱ (ساخت کشور ژاپن- کارخانه APEL- مدل PD-303) در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید و مقدار فسفر به درصد گزارش شد (Jackson, 1958).

به منظور اندازه گیری پتاسیم کل در برگ های درختان تیمار شده، ابتدا دو میلی لیتر از سری محلول های استاندارد، نمونه شاهد و عصاره گیاه تهیه گردید و طبق روش هضم گیاه در بالن ۲۵ میلی لیتر ریخته و با آب مقطر به حجم رسانده شد. سپس به وسیله دستگاه فلیم فتومتر^۲ (ساخت کشور انگلیس - کارخانه GENWAY - مدل PFP7) پتاسیم آنالیز شد (Olsen et al., 1954) و برحسب درصد ماده خشک گیاهی گزارش گردید.

اندازه گیری روی و بور به روش جذب اتمی شعله ای در عصاره حاصل از سوزاندن خشک با اسید هیدروکلریک صورت گرفت که به ترتیب در طول موج های ۲۱۳/۹ و ۴۳۰ نانومتر اندازه گیری شدند (Emami, 1996).

در نهایت، آنالیز داده ها توسط نرم افزار آماری SAS 9.3، مقایسه میانگین ها به روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵

1- Spectrophotometer

2- Flame photometr

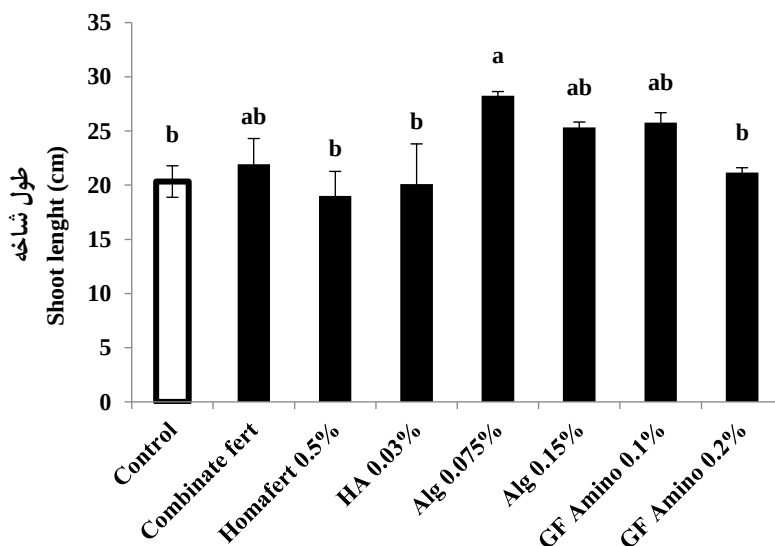
را افزایش را داد (Ma et al., 2017). البته در مطالعه حاضر، رابطه معنی‌داری بین محتوای رومی و سطح برگ مشاهده نشد (جدول ۳).

شاخص کلروفیل برگ

نتایج حاصل از بررسی تأثیر محلول‌پاشی کودهای زیستی و کود شیمیایی ترکیبی بر شاخص کلروفیل برگ نشان داد که در طول فصل رشد (از ۷۰ تا ۱۳۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها) شاخص کلروفیل افزایش یافت. به‌خصوص در ۱۳۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها، تأثیرگذاری تیمارها بیشتر مشهود بود. براساس نتایج حاصل از این پژوهش، تفاوت معنی‌داری بین تیمارها در مرحله اول (۷۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها) مشاهده نشد، اما در مراحل دوم (۱۰۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها) و به‌خصوص مرحله سوم (۱۳۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها)، شاخص کلروفیل در اثر کاربرد برگی کودها تفاوت معنی‌داری نشان داد (شکل ۳). براساس نتایج مقایسه میانگین مشاهده شد که کود شیمیایی ترکیبی در هر سه مرحله (به‌خصوص در ۱۳۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها) باعث افزایش ۵۰ درصدی شاخص کلروفیل نسبت به شاهد شد. بعد از آن، محلول‌پاشی جلبک دریایی با غلظت ۰/۱۵ درصد و اسیدآمینه با غلظت ۰/۱ درصد (به‌ترتیب ۲۹/۶ و ۲۳/۷ درصد) بیشترین میزان شاخص کلروفیل را نسبت به شاهد دارا بودند. در کل تمام کودهای به‌کاربرده شده باعث افزایش شاخص کلروفیل نسبت به شاهد شدند.

سطح برگ (۲۷ سانتی‌متر مربع) با کاربرد جلبک دریایی با غلظت ۰/۰۷۵ درصد و کم‌ترین مقدار آن (۱۵/۴۹ سانتی‌متر مربع) در شاهد مشاهده شد. سایر کودهای زیستی شامل کود جلبک دریایی ۰/۱۵ درصد، اسیدهیومیک، اسیدآمینه ۰/۲ و ۰/۱ درصد به‌ترتیب با ۴۲/۰۲، ۳۵/۵۷ و ۲۲/۲۷ درصد باعث افزایش معنی‌دار سطح برگ نسبت به شاهد شدند، اما کود تجاری همارنگ و کود شیمیایی ترکیبی با وجود سطح برگ بیشتر تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشتند (شکل ۲).

نتایج این پژوهش با نتایج اسپینلی و همکاران (Spinelli et al., 2010) مطابقت دارد که گزارش کردند، سطح برگ توت‌فرنگی تحت تأثیر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی در شرایط گلخانه افزایش یافت. سوپلسا و همکاران (Soppelsa et al., 2018) در پژوهشی روی سیب جانانان دریافتند که محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی به‌طور قابل توجهی سطح برگ، محتوای کلروفیل برگ و میزان آسیمیلات‌ها در برگ را افزایش و به‌طور مؤثری رشد درختان را بهبود بخشیدند که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. سبیر و همکاران (Sabir et al., 2014) نیز گزارش کردند که استفاده از ترکیب عصاره جلبک تأثیر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ داشت. محلول‌پاشی عنصر رومی، با تنظیم روزه‌ها، بهبود کارایی فتوسنتز، افزایش سنتز کلروفیل و همچنین افزایش سطح برگ گیاه، رشد محصول و عملکرد

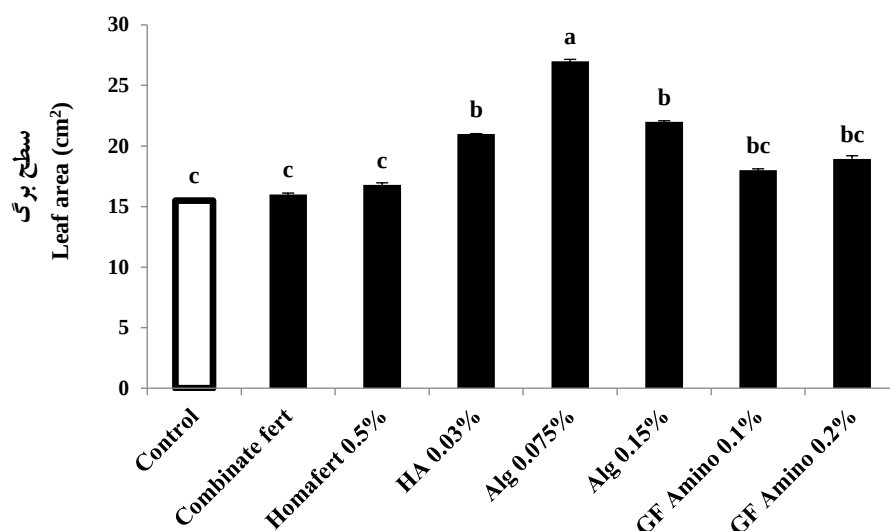


شکل ۱- تأثیر محلول‌پاشی کود شیمیایی و کودهای زیستی بر طول شاخه‌های سال جاری سیب رقم 'رُد دلشز'

Figure 1- The effect of foliar application of chemical fertilizer and biofertilizers on the shoot length of Red Delicious apple (DMRT, $p \leq 0.05$)

Combine fert: نیتروژن، روی و بور، Homafert: کود تجاری همارنگ، HA: اسیدهیومیک، Alg: جلبک دریایی و GF Amino: اسیدآمینه

Combine fert: nitrogen, zinc and boron, Homafert: Homarang commercial fertilizer, HA: humic acid, Alg: seaweed and GF Amino: amino acid



شکل ۲- تأثیر محلول پاشی کود شیمیایی و کودهای زیستی بر سطح برگ سیب رقم 'رد دلشیز'

Figure 2- The effect of foliar application of chemical fertilizer and biofertilizers on the leaf area of Red Delicious apple (DMRT, $p \leq 0.05$)

Combine fert: نیتروژن، روی و بور، Homafert: کود تجاری همارنگ، HA: اسیدهیومیک، Alg: جلبک دریایی و GF Amino: اسیدآمینه

Combine fert: nitrogen, zinc and boron, Homafert: homarang commercial fertilizer, HA: humic acid, Alg: seaweed and GF Amino: amino acid

مقابل شاخص کلروفیل در تیمار مذکور بالاتر بود. به طور کلی براساس نتایج به دست آمده، وجود همبستگی منفی بین سطح برگ و شاخص کلروفیل ($r = -0.53$) مشهود است (جدول ۳) و با توجه به بحث صورت گرفته و در نظر گرفتن همزمان تغییرات سطح برگ و شاخص کلروفیل می توان چنین گفت که تمام تیمارهای تغذیه ای باعث افزایش سطح کلروفیل در برگ درختان سیب رقم رد دلشیز نسبت به شاهد شدند.

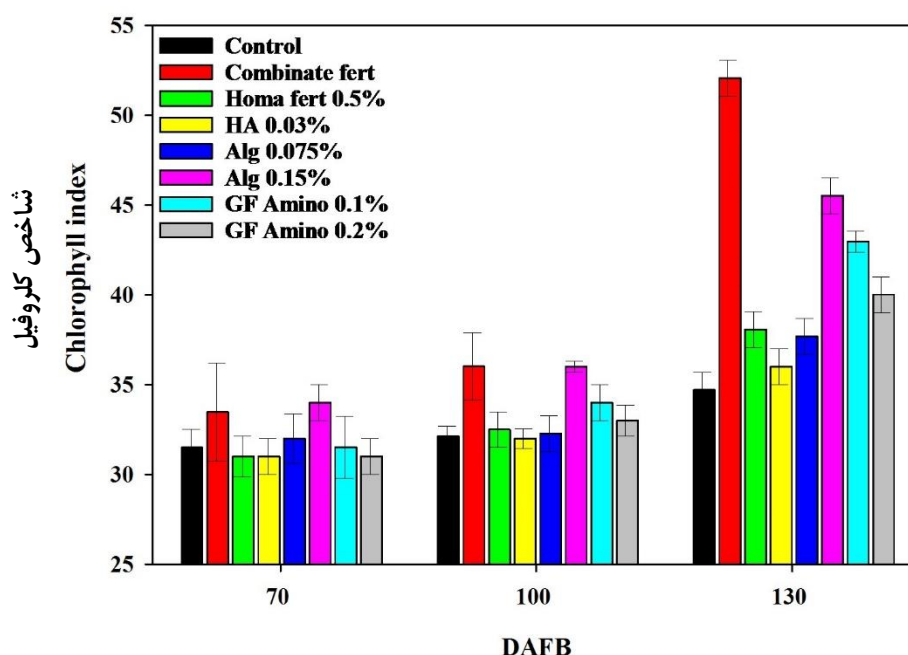
دبروملیسکا و همکاران (Dobromilska et al., 2008) در مطالعات خود نشان دادند که محلول پاشی عصاره جلبک دریایی باعث افزایش محتوای کلروفیل در گوجه فرنگی شد. از علل تأثیر مثبت عصاره جلبک بر افزایش محتوای کلروفیل می تواند وجود هورمون های رشد اکسین و جیبرلیک اسید در این کود باشد. وجود بتائین در عصاره جلبک دریایی نیز بر کاهش تخریب کلروفیل تأثیر مثبت داشت (Shahbazi et al., 2015). عربلو و همکاران (Arablo et al., 2014) گزارش کردند که محلول پاشی برگی اسیدآمینه در دو رقم سیب، میزان کلروفیل کل را افزایش داد.

گزارش شده است که کاربرد اسیدآمینه تأثیرات مثبتی بر محتوای مواد معدنی برگ و غلظت کلروفیل برگ داشت (Garcia et al., 2011). تحقیقات نشان داده اند که به دلیل اینکه اجزای سازنده پروتئین ها، اسیدآمینه ها هستند و رنگیزه های فتوسنتزی نیز از پروتئین

نتایج به دست آمده با یافته های سوپلزا و همکاران (Soppelsa et al., 2018) و سایر محققان مطابقت دارد. چه بسا که با افزایش دما، طول روز و شدت نور در طول فصل رشد، کلروفیل سازی در گیاهان افزایش و با عبور از شرایط دمایی و نور ایده آل کلروفیل سازی کاهش و تخریب کلروفیل صورت می گیرد. در شرایط یکسان هرچه کلروفیل سازی در برگ ها بیشتر باشد، فتوسنتز بیشتری صورت خواهد گرفت و رشد و عملکرد گیاه بهبود خواهد یافت (Arablo et al., 2013). افزایش محتوای کلروفیل برگ در اثر کاربرد کود شیمیایی ترکیبی به احتمال زیاد تحت تأثیر نیتروژن موجود در کود حاصل شده است (Tegeder & Masclaux-Daubresse, 2018). کود ترکیبی حاوی یک درصد اوره بود که احتمالاً توسط برگ ها به سرعت جذب و درصدی از نیتروژن موجود در اوره وارد ساختار کلروفیل ها شده است. طبق نتایج جدول همبستگی (جدول ۳)، بین محتوای نیتروژن برگ و شاخص کلروفیل برگ رابطه مثبت و معنی داری ($r = 0.64$) مشاهده شد. البته با توجه به اینکه کود ترکیبی تأثیر معنی داری بر سطح برگ نداشته است، می توان گفت که تراکم کلروفیل ها در سطح برگ کمتری نسبت به سایر تیمارها مثل سطوح جلبک، اسیدآمینه و اسیدهیومیک صورت گرفته است. چه بسا که مشاهده می شود درختان تیمار شده با جلبک دریایی با غلظت ۰/۱۵، سطح برگ کمتری نسبت به درختان تیمار شده با ۰/۰۷۵ درصد جلبک دریایی داشتند، اما در

(*al., 2010*) که نتایج این آزمایش نیز نشان داد محتوای کلروفیل با کاربرد اسیدآمین به افزایش پیدا کرد.

ساخته شده‌اند، کاربرد اسیدآمین می‌تواند به‌طور مستقیم بر محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی مانند کلروفیل‌ها اثر داشته باشد (*Nahed et*



روزها بعد از شکوفایی کامل

شکل ۳- تأثیر محلول‌پاشی کود شیمیایی و کودهای زیستی بر شاخص کلروفیل برگ در سه مرحله ۷۰، ۱۰۰ و ۱۳۰ روز بعد از شکوفایی کامل گل‌ها در سیب رقم 'رُد دلشز'

Figure 3- The effect of foliar application of chemical fertilizer and biofertilizers on the leaf chlorophyll index in three stages 70, 100, 130 days after full bloom (DAFB) in Red Delicious apple (Bars=±SE)

Combinat fert: نیتروژن، روی و بور، Homa fert: کود تجاری همارنگ، HA: اسیدهیومیک، Alg: جلبک دریایی و GF Amino: اسیدآمین
Combinat fert: nitrogen, zinc and boron, Homa fert: homarang commercial fertilizer, HA: humic acid, Alg: seaweed and GF Amino: amino acid

درصد ریزش میوه و کارایی عملکرد

براساس نتایج به‌دست‌آمده مشاهده شد که کاربرد کودهای زیستی اسیدآمین و جلبک دریایی و کود شیمیایی ترکیبی باعث کاهش معنی‌دار میزان ریزش میوه شد. اسیدهیومیک نیز با اثرگذاری کمتر باعث کاهش معنی‌دار ریزش میوه نسبت به شاهد گردید، اما کود تجاری همارنگ تأثیر معنی‌داری بر درصد ریزش میوه نسبت به شاهد نداشت. بیشترین ریزش میوه (۹۴/۰۴ درصد) مربوط به شاهد و کمترین ریزش (۵۳/۶۸ درصد) مربوط به تیمار کود جلبک دریایی ۰/۱۵ درصد بود (شکل ۴).

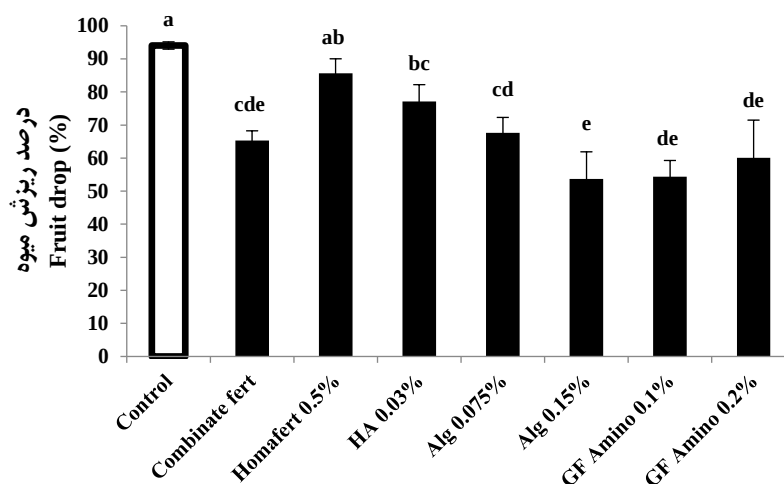
کارایی عملکرد درختان سیب تیمار شده با کودهای زیستی و شیمیایی به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفت. طبق نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، تمام تیمارهای محلول‌پاشی باعث افزایش کارایی عملکرد شدند. بیشترین مقدار کارایی عملکرد (۳/۰۳، ۲/۹ و ۲/۸ میوه در واحد سطح مقطع شاخه) به‌ترتیب مربوط به تیمارهای اسیدآمین

۰/۱ درصد، جلبک دریایی ۰/۱۵ درصد و کود شیمیایی ترکیبی و کم‌ترین مقدار (۰/۲۲ میوه در واحد سطح مقطع شاخه) مربوط به تیمار شاهد بود. البته بین سطوح جلبک و اسیدآمین تفاوت معنی‌داری از نظر کارایی عملکرد وجود نداشت. کود زیستی اسیدهیومیک نیز تأثیر معنی‌داری در افزایش کارایی عملکرد درختان سیب داشت، اما کود تجاری همارنگ با وجود افزایش کارایی عملکرد، تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت (شکل ۵).

نتایج به‌دست‌آمده با یافته‌های سایر محققان در این زمینه همخوانی دارد. خان و همکاران (*Khan et al., 2022*) گزارش کردند که استفاده از عصاره جلبک دریایی و اسیدهای آمینه باعث افزایش عملکرد و وزن انگور شد. اسیدهای آمینه می‌توانند به‌عنوان منبع کربن و انرژی به کار روند، یعنی اسیدهای آلی وارد چرخه کربس شده و طی تنفس انرژی تولید می‌کنند (*Nahed et al., 2010*). جوانمردی و ستار (*Javanmardi & Sattar, 2016*) در پژوهشی

برگ‌ها شده و موجب تقسیم سلولی و افزایش کلروفیل و رشد بهتر برگ‌های گیاه شده است. گزارش شده است که محلول‌پاشی اسیدهیومیک بر انگور رقم ایتالیا سبب افزایش محتوای مواد جامد محلول، میزان اسیدیته و همچنین افزایش اندازه حبه‌ها و در نتیجه افزایش عملکرد گردید (Ferrara et al., 2008).

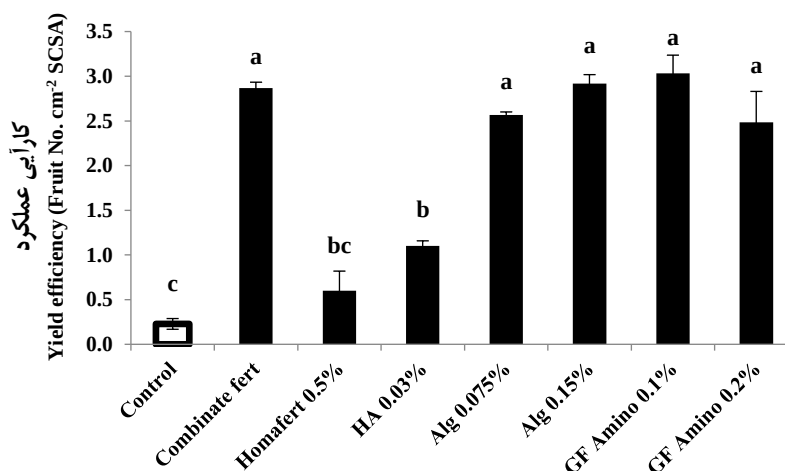
گزارش کردند که تیمار مخلوط اسیدآمینو و جلبک دریایی، عملکرد کل بوته را در بعضی از ارقام گوجه‌فرنگی افزایش داد و دلیل این امر را افزایش سطح برگ و محتوای کلروفیل برگ در تیمار اسیدآمینو و افزایش جذب عناصر غذایی و تنظیم‌کننده‌های رشد در اثر تیمار جلبک دریایی بیان کردند که باعث انتقال شیره خام با کیفیت به



شکل ۴- تأثیر محلول‌پاشی کود شیمیایی و کودهای زیستی بر درصد ریزش میوه سیب رقم 'رُد دلشز'

Figure 4- The effect of foliar application of chemical fertilizer and biofertilizers on the fruit drop percentage of Red Delicious apple (DMRT, $p \leq 0.05$)

Combine fert: نیتروژن، روی و بور، Homafert: کود تجاری همارنگ، HA: اسیدهیومیک، Alg: جلبک دریایی و GF Amino: اسیدآمینو.
Combine fert: nitrogen, zinc and boron, Homafert: homarang commercial fertilizer, HA: humic acid, Alg: seaweed and GF Amino: amino acid.



شکل ۵- تأثیر محلول‌پاشی کود شیمیایی و کودهای زیستی بر کارایی عملکرد براساس تعداد میوه در سطح مقطع شاخه سیب رقم 'رُد دلشز'

Figure 5- The effect of foliar application of chemical fertilizer and biofertilizers on yield efficiency based on the fruit number in shoot cross sectional area of Red Delicious apple (DMRT, $p \leq 0.05$)

Combine fert: نیتروژن، روی و بور، Homafert: کود تجاری همارنگ، HA: اسیدهیومیک، Alg: جلبک دریایی و GF Amino: اسیدآمینو.
Combine fert: nitrogen, zinc and boron, Homafert: homarang commercial fertilizer, HA: humic acid, Alg: seaweed and GF Amino: amino acid.

سطح بالای عناصر غذایی برگ در شاهد نسبت به تیمارهای تغذیه‌ای احتمالاً با عملکرد پایین میوه در درختان شاهد نسبت به تیمارهای تغذیه‌ای مرتبط است. میوه‌ها مخزن غالب و قوی هستند و نیاز به دریافت میزان بالایی از کربوهیدرات‌ها و مواد معدنی به‌خصوص در مراحل اولیه رشد دارند. هرچه تعداد میوه‌ها و بار درخت بیشتر باشد، کربوهیدرات‌ها و مواد معدنی بیشتری به میوه‌ها منتقل می‌شود (Meszaros et al., 2021). نیلسن و نیلسن (Neilsen & Neilsen, 2015) بیان کردند که میزان محصول یک عامل بسیار مهم و تأثیرگذار بر غلظت مواد مغذی برگ و میوه سیب شناخته شده است. محصول زیاد اغلب جذب مواد مغذی به‌خصوص پتاسیم درخت را تحریک می‌کند و منجر به کاهش پتاسیم برگ نسبت به غلظت پتاسیم میوه می‌شود. در پژوهش حاضر، محتوای پتاسیم برگ در کودهای زیستی نسبت به شاهد کاهش نشان داد که می‌توان علت را تأثیر عمده این کودها در افزایش طول شاخه، افزایش سطح برگ و افزایش کارایی عملکرد درختان سیب نسبت داد که با جذب زیاد پتاسیم از برگ باعث کاهش محتوای پتاسیم شده‌اند، که طبق بررسی ضرایب همبستگی، وجود رابطه منفی بین محتوای پتاسیم برگ و برخی از شاخص‌های رویشی مثل سطح برگ ($r = -0.56$) را می‌توان به این مسئله نسبت داد (جدول ۳). پوزشی و همکاران (Pozshi et al., 2011)، دلیل کاهش انباشت پتاسیم در تیمارهای روی در برگ انگور را چنین توجیه نمودند که در این تیمارها عنصر روی با افزایش طول سرشاخه سبب ایجاد رقت حاصل از توسعه سلول می‌گردد. همسو با این نتایج گزارش شده است که محلول‌پاشی اوره در افزایش غلظت نیتروژن برگ‌ی در درختان زیتون (*Olea europaea*) بسیار مؤثر بوده است (Fernandez-Escobar et al., 2011). همچنین اوره می‌تواند به جذب سایر مواد مغذی مانند روی و بور (Sanchez et al., 2005) که به‌صورت محلول‌پاشی استفاده می‌شوند، کمک می‌کند. به گفته برخی از محققان (Soppelsa et al., 2019)، عصاره جلبک دریایی بیان ژن ناقل نیتروژن را تنظیم می‌کند و تخصیص نیتروژن و انتقال اکسین را بهبود می‌بخشد. باتاکاریا و همکاران (Battacharyya et al., 2015) مشاهده کردند که عصاره جلبک دریایی تجمع نیتروژن را بهبود بخشید. براساس تحقیقات، تیمار برگ‌ی گونه‌های گیاهی مختلف با محرک‌های زیستی، محتوای نیتروژن برگ را افزایش دادند (Cristiano et al., 2018). در پژوهش حاضر، محتوای نیتروژن تحت تأثیر کاربرد برگ‌ی کودهای زیستی افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد پیدا نکرد. با توجه به اینکه تیمارهای مربوطه باعث افزایش سطح برگ نسبت به شاهد و همین‌طور نسبت به کود شیمیایی ترکیبی شده بودند، می‌توان عدم

بررسی ضرایب همبستگی بین صفات رویشی (جدول ۳) حاکی از وجود رابطه مثبت و معنی‌دار کارایی عملکرد با شاخص کلروفیل ($r = 0.53$) و طول شاخه ($r = 0.58$) و رابطه قوی و منفی با درصد ریزش میوه ($r = -0.90$) است. بر این اساس می‌توان گفت که یکی از اثرات مهم تیمارهای اعمال‌شده، تأثیر بر محتوای کلروفیل برگ و احتمالاً بهبود شرایط فتوسنتزی درختان بوده است. به‌طوری‌که علاوه بر بهبود رشد رویشی گیاه باعث افزایش کارایی عملکرد و کاهش معنی‌دار ریزش میوه شده است.

محتوای عناصر غذایی در برگ

همان‌طور که نتایج (جدول ۲) نشان می‌دهد، بیشترین مقدار نیتروژن (۱/۶۶ درصد) در برگ درختان محلول‌پاشی‌شده با کود ترکیبی (اوره، کلات روی و اسیدبوریک) در مقایسه با شاهد و سایر تیمارها حاصل شد. مقدار نیتروژن در تیمارهای اسیدهیومیک، جلبک-ها و اسیدهای آمینه مشابه شاهد بود و کمترین درصد نیتروژن برگ در تیمار کود تجاری همارنگ در مقایسه با شاهد و سایر تیمارها مشاهده شد.

براساس نتایج حاصل از این پژوهش (جدول ۲)، بیشترین مقدار پتاسیم (۱/۰۳ و ۰/۹۰ درصد) به‌ترتیب در تیمارهای کود ترکیبی و شاهد و کمترین مقدار (۰/۶۴ درصد) مربوط به تیمار اسیدآمینه ۰/۲ درصد بود.

براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲)، محلول‌پاشی جلبک و اسیدآمینه باعث افزایش معنی‌دار محتوای فسفر نسبت به شاهد، کود ترکیبی، اسیدهیومیک و کود تجاری همارنگ شد. بیشترین محتوای فسفر (۱ و ۰/۸۲ درصد) به‌ترتیب در برگ درختان تیمارشده با جلبک ۰/۱۵ درصد و اسیدآمینه ۰/۱ درصد حاصل شد و کمترین مقدار فسفر (۰/۴۲ درصد) مربوط به تیمار اسیدهیومیک بود. کاربرد برگ‌ی جلبک ۰/۱۵ درصد، اسیدهیومیک و کود همارنگ، محتوای آهن برگ را افزایش دادند، ولی تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشتند و در درختان محلول‌پاشی‌شده با اسیدآمینه کمترین مقدار آهن (۱۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) مشاهده شد.

بیشترین مقدار عنصر روی (۱۵۰ و ۱۳۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک) به‌ترتیب در تیمارهای کود ترکیبی و کود همارنگ در مقایسه با شاهد و سایر تیمارها به دست آمد و بین تیمارهای اسیدهیومیک، جلبک و اسیدآمینه و شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۲). غلظت عنصر بور برگ در شاهد با تیمارهای محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری نشان نداد، اگرچه بیشترین مقدار بور در تیمار کود ترکیبی مشاهده شد.

معنی‌داری محتوای نیتروژن را به تراکم کمتر عنصر نیتروژن در سطح برگ بیشتر نسبت داد. چه بسا که کودهای زیستی تأثیر چشمگیری در افزایش طول شاخه‌های سال جاری، سطح برگ و شاخص کلروفیل داشتند. بررسی نتایج همبستگی بین محتوای نیتروژن برگ و صفات رویشی نشان داد که محتوای نیتروژن برگ با شاخص کلروفیل ($r=0.64$) و کارایی عملکرد ($r=0.58$) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت که احتمالاً حاکی از نقش مهم این عنصر در ساختار کلروفیل و در همین راستا بهبود فتوسنتز گیاه است که در نهایت باعث کاهش ریزش میوه و متعاقب آن افزایش کارایی عملکرد شده است (جدول ۳).

بسیاری از محققان (Rathore et al., 2009) مشاهده کردند که محرک‌های زیستی مبتنی بر عصاره جلبک دریایی، جذب فسفر توسط گیاهان را بهبود می‌بخشند که با یافته‌های این پژوهش همسو بود. تاران و کوز (Turan & Kose, 2004) گزارش کردند که محلول پاشی تاک‌های جوان با عصاره جلبک دریایی باعث افزایش جذب نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز و مس توسط گیاه گردید که در این پژوهش، جلبک دریایی مقدار فسفر و

آهن را افزایش داد. فارایا و همکاران (Furuya & Umemiya, 2002) مشاهده کردند که استفاده از محرک‌های زیستی مبتنی بر اسیدآمین‌ها باعث افزایش جذب مواد مغذی توسط درخت هلو (*Prunus persica*) شد. براساس بررسی ضرایب همبستگی بین محتوای عنصر فسفر و صفات رویشی مشاهده شد که رابطه مثبت و معنی‌داری بین محتوای فسفر و طول شاخه ($r=0.50$) و کارایی عملکرد ($r=0.50$) و رابطه منفی معنی‌داری بین محتوای عنصر فسفر و ریزش میوه ($r=-0.55$) وجود داشت (جدول ۳).

در تیمار کود ترکیبی، فسفر نسبت به شاهد کاهش یافت. سدری و همکاران (Sedri et al., 2021) با محلول‌پاشی نیتروژن، روی و بور روی بوته‌های انگور گزارش کردند که کاربرد روی سبب کاهش غلظت فسفر در برگ‌های انگور شد. رسولی و ملکوتی (Rasouli & Malkouti, 2000) نتایج مشابه را با محلول‌پاشی روی در سیب گزارش نمودند. براساس نتایج جدول همبستگی نیز رابطه منفی معنی‌دار بین محتوای فسفر و روی برگ ($r=-0.51$) مشاهده شد که با گزارش‌های مطرح‌شده هم‌خوانی دارد.

جدول ۲- تأثیر محلول‌پاشی کود شیمیایی و کودهای زیستی بر محتوای عناصر درشت و ریزمغذی برگ در سیب رقم 'رُد دلشیز'

Table 2- The effect of foliar application of chemical fertilizer and bio-fertilizers on the leaf macro and micro nutrient contents of Red Delicious apple

تیمارها Treatments	عناصر پر مصرف Macronutrient (%)			عناصر کم مصرف Micronutrient (mg.kg ⁻¹ DW)		
	نیتروژن N	فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe	روی Zn	بور B
شاهد Control	1.48 b	0.55 e	0.90 a	235 ab	100.5 c	70 ab
کود ترکیبی Combinate fert	1.66 a	0.44 f	1.03 a	235.60 ab	150 a	82.50 a
کود همارنگ ۰.۰۵٪ Homa fert 0.05%	1.34 c	0.56 de	0.81 b	245.50 a	131 ab	66 b
اسید هیومیک ۰.۰۳٪ HA 0.03%	1.40 bc	0.42 f	0.79 b	254.50 a	107 c	63 bc
عصاره جلبک ۰.۰۷۵٪ Alg 0.075%	1.42 bc	0.65 c	0.73 bc	224.75 abc	94.50 c	58 c
عصاره جلبک ۰.۱۵٪ Alg 0.15%	1.49 b	1.00 a	0.70 bc	256.33 a	99 c	61 bc
اسیدآمین‌ه جی‌اف ۰.۱٪ GF Amino 0.1%	1.46 b	0.81 b	0.66 bc	191 bc	95.5 c	67.50 b
اسیدآمین‌ه جی‌اف ۰.۲٪ GF Amino 0.2%	1.48 b	0.62 cd	0.64 c	180 c	114.50 bc	59.87 c

Combinate fert: نیتروژن، روی و بور، Homa fert: کود تجاری همارنگ، HA: اسید هیومیک، Alg: جلبک دریایی و GF Amino: اسیدآمین‌ه

Combinate fert: nitrogen, zinc and boron, Homa fert: homarang commercial fertilizer, HA: humic acid, Alg: seaweed and GF Amino: amino acid

جدول ۳- ضرایب همبستگی پیرسون بین محتوای عناصر غذایی برگ، صفات رویشی و عملکردی سیب رقم 'رد دلشز'

Table 3- Pearson's correlation coefficients between leaf nutrient contents, growth and yield properties of Red Delicious apple

	N	P	K	B	Fe	Zn	LE	DW	SL	Chl	FD	YE
N	1											
P	-0.38	1										
K	0.64**	-0.45	1									
B	0.51	-0.31	0.45	1								
Fe	-0.12	-0.29	-0.48	-0.10	1							
Zn	0.47	-0.51*	-0.48	0.36	-0.08	1						
LE	-0.35	0.43	-0.56*	-0.39	-0.11	-0.40	1					
DW	-0.36	0.36	-0.41	-0.37	0.05	-0.49	0.48	1				
SL	0.23	0.50*	-0.23	0.01	-0.35	-0.43	0.46	0.30	1			
Chl	0.64**	0.27	0.50	0.45	-0.21	0.48	-0.53*	-0.27	0.28	1		
FD	-0.40	-0.55**	-0.10	0.04	0.11	-0.26	-0.50	0.007	-0.46	-0.50	1	
YE	0.58*	0.50**	0.27	0.12	-0.21	0.28	0.45	-0.05	0.58*	0.53*	-0.90**	1

** : معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد؛ * : معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد در همبستگی پیرسون است.

LE: سطح برگ، DW: درصد ماده خشک، SL: طول شاخه، Chl: شاخص کلروفیل، FD: درصد ریزش میوه، YE: کارایی عملکرد.

** : significant at $p \leq 0.01$ (2-tailed); * : significant at $p \leq 0.05$ (2-tailed).

LE: Leaf area, DW: Dry weight, SL: Shoot length, Chl: Chlorophyll ratio, FD: Fruit drop percentage, YE: Yield efficiency.

جاری، سطح برگ و شاخص کلروفیل شدند. بنابراین این ترکیبات درصد ریزش میوه را به‌طور قابل توجهی کاهش دادند و باعث افزایش معنی‌دار کارایی عملکرد در مقایسه با شاهد شدند. کود تجاری همارنگ تأثیری بر رشد و بهبود عملکرد میوه سیب نداشت. براساس نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش مشاهده می‌شود که ترکیب کود شیمیایی توانسته خصوصیات رشدی و عملکردی و محتوای عناصر غذایی داخل برگ را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دهد، اما با توجه به اینکه در کشاورزی امروز، هدف استفاده از ترکیبات دوستدار طبیعت و بالا بردن ارزش تغذیه‌ای محصولات و حفظ خاک و ریزجانداران و به عبارتی توسعه کشاورزی پایدار است؛ با توجه به نتایج می‌توان کودهای زیستی جلبک دریایی به‌خصوص سطح ۰/۱۵ درصد و اسیدآمین به‌خصوص سطح ۰/۱ درصد را به‌عنوان جایگزین مناسب کود شیمیایی در راستای افزایش بهبود خصوصیات رشدی و عملکردی درختان سیب رقم 'رد دلشز' پیشنهاد داد.

سپاسگزاری

نویسندگان بدینوسیله از آقای دکتر محمد بابا اکبری ساری عضو هیأت علمی گروه علوم خاک‌شناسی دانشگاه زنجان جهت همکاری در آنالیز خاک و عناصر غذایی گیاه تقدیر و تشکر می‌نمایند.

کودهای زیستی تأثیر معنی‌داری بر محتوای عناصر ریزمغذی روی و بور نداشتند، اما محتوای آهن برگ به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. بیشترین محتوای آهن در نتیجه کاربرد جلبک دریایی ۰/۱۵، اسیدهیومیک و کود همارنگ حاصل شد که با نتایج سوپلسا و همکاران (Soppelsa, et al., 2019) مطابقت دارد؛ آن‌ها از چندین محرک زیستی شامل (اسیدهیومیک، عصاره جلبک دریایی و اسیدآمین) استفاده کردند و دریافتند که این تیمارها، غلظت برخی از ریزمغذی‌ها (آهن و روی) را افزایش می‌دهند. چه بسا که کاربرد کودهای مربوطه با افزایش شدت فتوسنتز باعث انتقال کربوهیدرات بیشتری به ریشه‌ها شده باشند و لذا رشد و جذب عناصر غذایی توسط ریشه زیاد شود و در نتیجه غلظت عناصر در گیاه افزایش می‌یابد. براساس بررسی ضرایب همبستگی، رابطه معنی‌داری بین عناصر ریزمغذی (بور، روی و آهن) و شاخص‌های رویشی سیب رقم رددلشز در مطالعه حاضر مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از آزمایش می‌توان بیان نمود که محلول‌پاشی کودهای زیستی و شیمیایی تأثیر معنی‌داری بر رشد و عملکرد درخت سیب نداشتند. کاربرد کودهای زیستی به‌خصوص جلبک دریایی و اسیدآمین باعث افزایش معنی‌دار رشد شاخه سال

References

1. Ali, M.R., Mehraj, H., & Jamal Uddin, A.F.M. (2015). Effects of foliar application of zinc and boron on growth and yield of summer tomato. *Journal of Bioscience Agriculture Research*, 6(1), 512-517.
2. Ameri, A., & Tehranifar, A. (2012). Effect of humic acid on nutrient uptake and physiological characteristic *Fragaria ananassa* var Camarosa. *Biology Environmental Science*, 6(16), 77-79. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1049.54>
3. Amlani, M., & Yetgin, S. (2022). Seaweeds: Bioactive components and properties, potential risk factors, uses, extraction and purification methods. *Marine Science and Technology Bulletin*, 11, 9-31. <https://doi.org/10.33714/masteb.1021121>
4. Arablo, M., Imani, A., Rasouli, M., & Shahmoradi, M. (2014). Foliar application of calcium chelated and amino acids on nutritional status, chlorophyll and leaf area surface of Golden Delicious and Granny Smith apple cultivars. *Modern Science of Sustainable Agriculture Journal*, 10(2), 43-52. (In persian with English abstract)
5. Battacharyya, D., Babgohari, M.Z., Rathor, P., & Prithivraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 39-48. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.012>
6. Canellas, L.P., Olivares, F.L., Aguiar, N.O., Jones, D.L., Nebbioso, A., & Mazzei, P. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 15-27. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>
7. Colla, G., Hoagland, L., Ruzzi, M., Cardarelli, M., Bonini, P., & Canaguier, R. (2017). Biostimulant action of protein hydrolysates: Unraveling their effects on plant physiology and microbiome. *Frontiers in Plant Science*, 8, 2202. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02202>
8. Cristiano, G., Pallozzi, E., Conversa, G., Tufarelli, V., & De Lucia, B. (2018). Effects of an animal-derived biostimulant on the growth and physiological parameters of potted snapdragon (*Antirrhinum majus* L.). *Frontiers in Plant Science*, 9, 861. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00861>
9. De Pascale, S., Roupahel, Y., & Colla, G. (2017). Plant biostimulants: innovative tool for enhancing plant nutrition in organic farming. *European Journal of Horticultural Science*, 82(6), 277-285. <https://doi.org/10.17660/eJHS.2017/82.6.2>
10. Desouky, I.M., Haggag, L.F., & Hadi, E.S. (2009). Effect of boron and calcium nutrients sprays on fruit set, oil content and oil quality of some olive oil cultivars. *Agriculture Sciences*, 5, 180-185.
11. Dobromilska, R., Mikiciuk, M., & Gubarewicz, K. (2008). Evaluation of cherry tomato yielding and fruit mineral composition after using of Bio-algeen S-90 preparation. *Journal Elementol*, 13(4), 491-499.
12. Emami, A. (1996). Plant analysis methods. *Soil and Water Research Institute*, 2(982), 128.
13. Fernandez-Escobar, R., Garcia-Novelo, J., & Restrepo-Diaz, H. (2011). Mobilization of nitrogen in the olive bearing shoots after foliar application of urea. *Scientia Horticulturae*, 127(3), 452-454. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.10.006>
14. Ferrara, G., Pacifico, A., Simeone, P., & Ferrara, E. (2008). Preliminary study on the effects of foliar applications of humic acids on Italia table grape. *Proceedings of XXX O.I.V World Congress of Vine and Wine Budapest, 10-16 June. Bari University, Budapest, Hungary*. 79-87.
15. Furuya, S., & Umekiya, Y. (2002). The influence of chemical forms on foliar-applied nitrogen absorption for peach trees. *Acta Horticulturae*, 594, 97-103. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.594.8>
16. Garcia, A.L., Madrid, R., Gimeno, V., Rodriguez-Ortega, W.M., Nicolas, N., & Garcia-Sanchez, F. (2011). The effects of amino acids fertilization incorporated to the nutrient solution on mineral composition and growth in tomato seedlings. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9(3), 852-861. <https://doi.org/10.5424/sjar/20110903-399-10>
17. Jackson, M.L. (1958). *Soil Chemical Analysis*, Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey. United States of America, p. 498.
18. Javanmardi, J., & Sattar, H. (2016). Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of five greenhouse tomato cultivars in response to fertilizers containing seaweed extract and amino acids. *Journal of Soil and Plant Interactions-Isfahan University of Technology*, 7(1), 121-130.
19. Jumadi, O., Annisi, A.D., Djawad, Y.A., Bourgougnon, N., Amaliah, N.A., Asmawati, A., Manguntungi, A.B., & Inubushi, K. (2023). Brown algae (*Sargassum* sp) extract prepared by indigenous microbe fermentation enhanced tomato germination parameters. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 47, 102601. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2023.102601>
20. Khan, A., Munir, M., Shaheen, T., Tassawar, T., Rafiq, M., & Malik, A. (2022). Supplemental foliar applied mixture of amino acid and seaweed extract improved vegetative growth, yield and quality of citrus fruit. *Scientia Horticulturae*, 296, 110903.
21. Lanauskas, J., Uselis, N., Valiuskaite, A., & Viskelis, P., (2006). Effect of foliar and soil applied fertilizers on strawberry healthiness, yield and berry quality. *Agronomy Research*, 4, 247-250.

22. Ma, D., Sun, D., Wang, C., Ding, H., Qin, H., Hou, J., Huang, X., Xie, Y., & Guo, T. (2017). Physiological responses and yield of wheat plants in zinc-mediated alleviation of drought stress. *Frontiers in Plant Science*, 8, 860. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00860>
23. Magda, M.M.F. (2012). Nitrogen containing compounds and adaptation of plants to salinity stress. *Biologia Plantarum*, 43, 491-500.
24. Meszaros, M., Hnátková, H., Conka, P., & N ámestek, J. (2021). Linking mineral nutrition and fruit quality to growth intensity and crop load in apple. *Agronomy*, 11(3), 506. <https://doi.org/10.3390/agronomy11030506>
25. Mohammadipour, N., & Souri, M.K. (2019). Beneficial effects of glycine on growth and leaf nutrient concentrations of coriander (*Coriandrum sativum*) plants. *Journal of Plant Nutrition*, 42, 1637-1644. <https://doi.org/10.1080/01904167.2019.1628985>
26. Nahed, G., Abdel Aziz, A., Mazher, A.M., & Farahat, M.M. (2010). Response of vegetative growth and chemical constituents of *Thuja orientalis* L. Plant to foliar application of different amino acids at Nubaria . *Journal of American Science*, 6(3), 295-301.
27. Neilsen, G.H., & Denise Neilsen, D. (2015). The effect of deficit irrigation and crop load on leaf and fruit nutrition of fertigated 'Ambrosia'/'M.9' apple. *Hortscience*, 50(9), 1387-1393. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.50.9.1387>
28. Neri, D., Lodolini, E.M., Luciano, M., Sabbatini, P., & Savini, G. (2002). The persistence of humic acid droplets on leaf surface. *Acta Horticulture*, 594, 303-314. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.594.36>
29. Noroozlo, Y.A., Souri, M.K., & Delshad, M. (2019). Stimulation effects of foliar applied glycine and glutamine amino acids on lettuce growth. *The Open Agriculture Journal*, 4, 164-172. <https://doi.org/10.1515/opag-2019-0016>
30. Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., & Dean, L.A. (1954). Estimation of Available Phosphorous in Soil by Extraction with Sodium Bicarbonate. *United States Department of Agriculture*, Cris 939. USA.
31. Pizzeghello, D., Schiavon, M., Francioso, O., Dalla Vecchia, F., Ertani, A., & Nardi, S. (2020). Bioactivity of size-fractionated and unfractionated humic substances from two forest soils and comparative effects on N and S metabolism, nutrition, and root anatomy of *Alium sativum* L. *Frontier in Plant Science*, 11, 01203. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01203>
32. Pozshi, R., Zabihi, H.R., Ramezani Moghadam, M.R., Rajabzadeh, M., & Mokhtari, A. (2011). Yield and yield components of grape (*Vitis vinefera* cv .peykani) as affected by foliar application of zinc, humic acid and acetic acid. *Journal of Horticultural Sciences (Agricultural Sciences and Engineering)*, 25(3), 351-360. (In persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/JHORTS4.V1390I0.11380>
33. Rasouli, M.H., & Malkouti, M.J. (2000). Investigating the methods of using zinc sulfate to solve zinc deficiency, the concentration of mineral elements and the quality of apples in Selmas region. *Soil and Water Magazine, Special Issue of Horticulture*, 12(8), 64-75. (In persian)
34. Rathore, S.S., Chaudhary, D.R., Boricha, G.N., Ghosh, A., Bhatt, B.P., Zodape, S.T., & Patolia, J.S. (2009). Effect of seaweed extract on the growth, yield and nutrient uptake of soybean (*Glycine max*) under rainfed conditions. *South African Journal of Botany*, 75, 351-355. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2008.10.009>
35. Rouphael, Y., Colla, G., Giordano, M., EL-Nakhel, C., Kyriacou, M.C., & De Pascale, S. (2017). Foliar applications of a legume-derived protein hydrolysate elicit dose-dependent increases of growth, leaf mineral composition, yield and fruit quality in two greenhouse tomato cultivars. *Scientia Horticulturae*, 226, 353-360. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.007>
36. Rouphael, Y., Franken, P., Schneider, C., Schwarz, D., Giovannetti, M., & Agnolucci, M., De Pascale, S., Bonini, P., & Colla, G. (2015). Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 196, 91-108. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.002>
37. Ruban, P., & Govindasamy, C. (2018). Seaweed fertilizers in modern agriculture. *International Journal of Research Publications*, 14(1), 4-4. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13410.38088>
38. Ruzzi, M., & Aroca, R. (2015). Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 124-134. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.042>
39. Sabir, A., Yazar, K., Sabir, F., Kara, Z., Yazici, M.A., & Goksu, N. (2014). Vine growth, yield, berry quality attributes and leaf nutrient content of grapevines as influenced by seaweed extract (*Ascophyllum nodosum*) and nanosize fertilizer pulverizations. *Scientia Horticulturae*, 175, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.05.021>
40. Sanchez, E.E., & Righetti, T.L. (2005). Effects of postharvest soil and foliar application of boron fertilizer on the partitioning of boron in apple trees. *HortScience*, 40(7), 2115-2117. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.7.2115>
41. Schiavon, M., Ertani, A., & Nardi, S. (2008). Effects of an alfalfa protein hydrolysate on the gene expression and activity of enzymes of the tricarboxylic acid (TCA) cycle and nitrogen metabolism in *Zea mays* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(24), 11800-11808. <https://doi.org/10.1021/jf802362g>

42. Sedri, M.H., Karami, F., & Avestan, S. (2021). Effect of nitrogen, zinc, boron, and magnesium and time of foliar application on quality and quantity of rainfed grapevine. *Iranian Journal of Soil Research*, 35(2), 135-154. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22092/ijsr.2021.354395.604>
43. Shah, M.T., Zodape, S.T., Chaudhary, D.R., Eswaran, K., & Chikara, J. (2013). Seaweed sap as an alternative liquid fertilizer for yield and quality improvement of wheat. *Journal of Plant Nutrition*, 36, 192-200. <https://doi.org/10.1080/01904167.2012.737886>
44. Shahbazi, F., Seyyed Nejad, F., Salimi, M., & Gilani, A. (2015). Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of wheat. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 8(3), 283-287.
45. Soppelsa, S., Kelderer, M., Casera, C., Bassi, M., Robatscher, P., Matteazzi, A., & Andreotti, C. (2019). Foliar applications of biostimulants promote growth, yield and fruit quality of strawberry plants grown under nutrient limitation. *Agronomy*, 9, 483. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090483>
46. Soppelsa, S., Kelderer, M., Casera, C., Bassi, M., Robatscher, P., & Andreotti, C. (2018). Use of biostimulants for organic apple production: Effects on tree growth, yield, and fruit quality at harvest and during storage. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1342. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01342>
47. Souri, M.K., Naiji, M., & Aslani, M. (2018). Effect of Fe-glycine aminochelate on pod quality and iron concentrations of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under lime soil conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49, 215-224. <https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1421655>
48. Spinelli, F., Fiori, G., Noferini, M., Sprocatti, M., & Costa, G. (2010). Anovel type of seaweed extract as a natural alternative to the use of iron chelates in strawberry production. *Scientia Horticulturae*, 125, 263-269. <https://doi.org/1016/j.scienta.2010.03.011>
49. Staki, M., Karimi Alawijeh, M., & Esfandiari, H. (2015). Apple Tree Cultivationguide. *Tehran Publication of Agricultural Education Research and Natural Resources Tak, Tehran, Iran*. 260 p.
50. Sunarpi, B., Jupri, J., Kurnianingsih, R., Indah Julisaniah, N., & Nikmatullah, N. (2010). Effect of seaweed extracts on growth and yield of rice plants. *Bioscience*, 2, 73-77. <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n020204>
51. Svecnjak, Z., & Rengel, Z. (2006). Nitrogen utilization efficiency in canola cultivars at grain harvest. *Plant and Soil*, 283, 299-307. <https://doi.org/10.1007/s11104-006-0020-5>
52. Tegeder, M., & Masclaux-Daubresse, C. (2018). Source and sink mechanisms of nitrogen transport and use-review. *New Phytologist Foundation*, 217, 35-53. <https://doi.org/10.1111/nph.14876>
53. Turan, M., & Kose, C. (2004). Seaweed extracts improve copper uptake of grapevine, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 54, 213-220. <https://doi.org/10.1080/09064710410030311>