



Publisher: Soil Science Society of Iran

Journal of Soil Research
(Soil and Water Sci.)

<https://srjournal.areeo.ir/>


Amino Acid Extraction from Chicken, Fish, and Corn Wastes by Lactobacillus Bacteria and Evaluation of Its Effect on Growth and Yield of Greenhouse Cucumber

Hosein Akbarinejad Alamdari^a, Masoud Nazeri^a, Mostafa Marzi^{b*} , and Karim Shahbazi^b

^a Department of Horticultural Sciences, University College of Agriculture and Natural Resources, Tehran University, Karaj, Iran.

^b Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj, Iran.

Article Info

Article Type

Research Article

Received

January 25, 2026

Revised

June 27, 2026

Accepted

July 29, 2026

Published online

September 06, 2026

Extended Abstract

Background and Objectives: This study aimed to evaluate the effects of amino acid-rich hydrolysates produced from fish waste, corn residues, and chicken feathers on growth, mineral nutrition, biomass partitioning, and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.) under greenhouse conditions. A further objective was to characterize the chemical composition of these organic hydrolysates (total amino acids, organic carbon, and macro- and microelements) and to determine how different sources and concentrations influence source-sink relationships and allocation of assimilates to vegetative versus reproductive organs. The work was also designed to assess the potential of recycling plant and animal residues as sustainable organic fertilizers enriched with amino acids.

Keywords

Animal wastes,
Biomass,
Elements,
Hydrolytic products,
Plant wastes.

*Corresponding author's email

m.marzi@areeo.ac.ir

Materials and Methods: Organic amino acid fertilizers were produced by fermenting finely chopped fish, corn, and chicken feather residues with sugar beet molasses using Lactobacillus (Electrobacillus/Lactobacillus) at room temperature for 30 days, followed by filtration and chemical analysis. Total free amino acids in the liquid fertilizers were quantified by HPLC (C18 reverse-phase column, UV detection at 254 nm), and organic carbon and nutrient elements (N, P, K, Ca, Mg, S, and selected micronutrients) were determined using wet digestion and analysis by ICP-AES. A pot experiment was conducted as a factorial arrangement in a completely randomized design with three amino acid sources (fish, corn, chicken feather) at two application concentrations (2% and 4%), plus an unfertilized control, using cucumber cv. Vihan grown in cocopeat-perlite substrate under controlled greenhouse conditions. Plants were fertigated with a basal nutrient solution and received the organic amino acid fertilizers twice weekly; root, stem, leaf and fruit fresh weight, dry matter, nutrient contents, total plant biomass, and biomass allocation to organs, as well as fruit yield and average fruit weight, were measured and analyzed by ANOVA and Duncan's test.

Results: Chicken feather hydrolysate contained the highest total amino acid percentage (32.46%), while the fish-based amino acid showed the highest total N, P, Ca, and S contents and a distinctive amino acid profile rich in glutamic and aspartic acids. All three amino acids significantly increased root fresh weight and root dry matter compared with the control, with fish hydrolysate producing the greatest root mass (145 g fresh weight and 13.76% dry matter). Although root N, K, and Mg concentrations were sometimes higher in the control, amino acids markedly improved shoot and leaf growth, as reflected in higher leaf fresh weight, particularly under the fish fertilizer. In the stem, fish hydrolysate significantly enhanced P and K concentrations relative to the control, while chicken feather at 2% gave the highest Ca and

Mg contents, indicating source-specific effects on mineral partitioning. For reproductive traits, fish and chicken feather fertilizers produced the highest individual fruit fresh weight (about 75.7 g, 20% higher than control), whereas fish at 2% concentration maximized total fruit yield, increasing it by roughly 40% compared with the unfertilized control. Biomass allocation analysis showed that fish hydrolysate at 2% led to the highest proportion of total biomass directed to fruits (74%), while corn fertilizer favored allocation to leaves.

Conclusion: Amino acid-enriched hydrolysates derived from recycled plant and animal residues can effectively improve cucumber growth, nutrient uptake, and yield, with fish-based hydrolysate showing the strongest overall biostimulant effect. The results indicate that amino acids in these fertilizers enhance nutrient acquisition and translocation and modulate source-sink relations so that a greater share of assimilated carbon and nitrogen is directed to reproductive sinks, thereby increasing fruit weight and total yield. The observed reduction of some root nutrient concentrations under amino acid treatments, together with higher allocation of biomass and nutrients to fruits, supports the role of amino acids in regulating phloem loading and partitioning rather than simply enriching the root nutrient pool. Overall, amino acid hydrolysates from fish, corn, and chicken feather residues represent promising sustainable organic fertilizers that can recycle agro-industrial wastes while enhancing cucumber productivity and resource-use efficiency in protected cultivation systems.

Cite this article: Akbarinejad Alamdari, H., Nazeri, M., Marzi, M., Shahbazi, K., 2026. Amino Acid Extraction from Chicken, Fish, and Corn Wastes by Lactobacillus Bacteria and Evaluation of Its Effect on Growth and Yield of Greenhouse Cucumber. Research Article, *Journal of Soil Research*, 40 (2), pp 193-216.



DOI: <https://doi.org/10.22092/IJSR.2026.372052.811>

Publisher: Soil Science Society of Iran



استخراج آمینواسید از ضایعات مرغ، ماهی و ذرت به کمک باکتری لاکتوباسیلوس و ارزیابی اثر آن بر رشد و عملکرد خیار گلخانه‌ای

حسین اکبری نژاد علمداری^۱، مسعود ناظری^۱، مصطفی مارزی^{۲*} و کریم شهبازی^۲

^۱ گروه علوم باغبانی، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

^۲ مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۰۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۴/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۵/۰۷

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۶/۱۵

واژه‌های کلیدی

زیست توده،

ضایعات جانوری،

ضایعات گیاهی،

عناصر،

محصولات هیدرولیزی.

* ایمیل نویسنده مسئول

m.marzi@areeo.ac.ir

این پژوهش با هدف ارزیابی تأثیر محصولات هیدرولیزی حاوی اسیدهای آمینه بقایای ماهی، ذرت و پر مرغ بر رشد، تغذیه معدنی و عملکرد خیار انجام شد. بقایای ماهی، ذرت و پر مرغ همراه با ملاس چغندر قند تحت فرایند تخمیر و هیدرولیز قرار گرفتند و درصد اسیدهای آمینه، کربن آلی و عناصر غذایی آن‌ها تعیین شد. آزمایش گلدانی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه منبع کود آلی (ماهی، ذرت و پر مرغ) در دو غلظت ۲ و ۴ درصد و شاهد بدون کود آلی روی خیار رقم ویهان اجرا گردید. نتایج نشان داد بیشترین درصد اسیدهای آمینه در محصول پر مرغ و بیشترین نیتروژن، فسفر، کلسیم و گوگرد در محصول بقایای ماهی بود، درحالی‌که ذرت دارای بالاترین کربن آلی بود. کاربرد هر سه محرک رشد، وزن تر و درصد ماده خشک ریشه را نسبت به شاهد افزایش داد. کود ماهی بالاترین وزن تر ریشه، برگ و میوه و بیشترین زیست‌توده کل گیاه را ایجاد کرد. کود ماهی با غلظت ۲ درصد، عملکرد میوه را ۴۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد که بیانگر بهبود روابط منبع-مخزن و گسیل کربوهیدرات‌ها و نیتروژن به اندام زایشی است. این تیمار وزن و درصد ماده خشک میوه را به ترتیب ۱۷ و ۱۲ درصد افزایش داد. در مجموع، کود آلی ماهی با غلظت ۲ درصد با افزایش جذب عناصر غذایی، عملکرد، وزن میوه و درصد ماده خشک میوه را بهبود بخشید. بر اساس نتایج، روش‌های تولید آمینواسید، ارزان و کارآمد بوده و می‌توانند گزینه‌ای مؤثر در مدیریت پسماندهای کشاورزی باشند.

استناد: اکبری نژاد علمداری، ح.، ناظری، م.، مارزی، م.، شهبازی، ک.، ۱۴۰۵ استخراج آمینواسید از ضایعات مرغ، ماهی و ذرت به کمک باکتری

لاکتوباسیلوس و ارزیابی اثر آن بر رشد و عملکرد خیار گلخانه‌ای. مقاله پژوهشی، نشریه پژوهش‌های خاک، (۲) ۴۰، ص ۱۹۳-۲۱۶.

DOI: <https://doi.org/10.22092/IJSR.2026.372052.811>



مقدمه

اسیدآمینه‌ها مولکول‌های آمفی‌پاتیک حاوی یک گروه آمینی (NH_2) و یک گروه کربوکسیلی (COOH)، یک اتم کربن مرکزی (آلفا) و یک زنجیره جانبی متغیر (R) هستند که ویژگی‌های شیمیایی و نقش زیستی هر اسیدآمینه را تعیین می‌کند. اسیدهای آمینه عامل اصلی ساخت پروتئین‌ها در گیاه بوده و علاوه بر سنتز پروتئین، مستقیماً در سوخت‌وساز و مسیرهای انرژی مشارکت دارند (Akinniyi et al., 2024; Ingrisano et al., 2023). اسیدآمینه‌ها و مشتقات آن‌ها تنظیم‌کننده مسیرهای پاسخ به تنش‌های زیستی و غیرزیستی (مانند کم‌آبی، شوری و آلودگی‌ها) هستند (Decsi et al., 2024). این مواد مسیرهای متابولیکی مرتبط با تولید متابولیت‌های دفاعی و بیان ژن‌های مرتبط با ایمنی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند و موجب کاهش فشار آسیب‌پذیری در برابر پاتوژن‌ها و تنش‌های غیرزیستی شده‌اند (Sun et al., 2024). اسیدهای آمینه با بهبود محتوای کلروفیل و پروتئین گیاه و متابولیسم نیتروژن بر عملکرد و رشد گیاه تأثیر می‌گذارند. به‌عنوان مثال، اسید گلوتامیک به‌عنوان یک عامل اسمزی در سیتوپلاسم سلول‌های روزنه، بر باز و بسته شدن روزنه‌ها تأثیر می‌گذارد. آرژنین همچنین سنتز هورمون‌های گیاهی را که بر گلدهی و میوه‌دهی تأثیر می‌گذارند را افزایش می‌دهد (Pouryousef Miandoab & Shahravan, 2014). همچنین متیونین عملکرد، بهره‌وری و کیفیت محصول تأثیر بسزایی می‌گذارد (Droux, 2004). اسیدهای آمینه برای سلامت انسان نیز ضروری هستند و به‌عنوان بلوک‌های سازنده اساسی پروتئین‌ها عمل می‌کنند و نقش حیاتی در سنتز عضلات، پشتیبانی از سیستم ایمنی، تنظیم متابولیسم و عملکردهای عصبی ایفا می‌کنند. مصرف کافی اسیدهای آمینه در رژیم غذایی یا مکمل‌ها، به‌ویژه اسیدهای آمینه ضروری هستند (Fayomi et al., 2025). به‌طور کلی، بازار جهانی استفاده از آمینواسیدها در حال گسترش بوده و از رقم ۳۰ میلیارد دلار عبور کرده است و با رشد سالانه ۵-۷ درصد در حال بزرگ‌تر شدن است (Chen et al., 2026).

در اثر مدیریت نامناسب و عدم دسترسی بودن امکانات مناسب و کافی برای برداشت مناسب، حمل‌ونقل و انبارداری، ایران از جمله کشورهایی است که در آن حجم زیادی از محصولات کشاورزی تولید شده به ضایعات تبدیل شده و دور ریخته می‌شود. حجم ضایعات محصولات کشاورزی در ایران بالغ

بر ۳۵ میلیون تن تخمین زده می‌شود. میزان تولید مرغ گوشتی در ایران سالانه بالغ بر سه میلیون تن است. با توجه به اینکه پنج درصد از وزن مرغ مربوط به پر است (Muñoz et al., 2023)، میزان ضایعات پر مرغ ۱۵۰ هزار تن در سال است. پر مرغ حدود ۹۰ درصد پروتئین دارد که شامل اسیدهای آمینه سیستمین، گلیسین، آرژنین، هیستیدین و فنیل آلانین است (Kumar et al., 2011). بر اساس آمارنامه ۱۴۰۳ جهاد کشاورزی، مجموع تولید ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای ۱۴/۷ میلیون تن است (MAJ, 2026). میزان هدر رفت محصولات کشاورزی ۳۰ درصد تخمین زده می‌شود (Mirzaie Gorji et al., 2024). در بخش شیلات نیز میزان صید و آبی پروری در سال ۱۴۰۲، ۱/۴ میلیون تن برآورد شده است (MAJ, 2026). ضایعات ماهی شامل سر، پوست، استخوان و امعاء و احشاء می‌شود. سازمان جهانی خواربار ۳۵ درصد از تولید آبزیان در جهان به ضایعات و تلفات تبدیل می‌شود (Moradi, 2024). ضایعات کشاورزی اگر به درستی مدیریت نشوند، می‌توانند باعث آلودگی خاک، آب و هوا با انتشار بوهای نامطبوع و انتشار ترکیبات سمی مانند نیترات و فروتوز شوند که سلامت انسان و اکوسیستم را تهدید می‌کنند. ضایعات غذایی و کشاورزی در سال‌های اخیر به‌عنوان منابعی ارزشمند برای تولید اسیدهای آمینه مورد توجه قرار گرفته‌اند، زیرا این مواد اغلب حاوی مقدار قابل توجهی پروتئین، پپتید و ترکیبات آلی قابل تبدیل هستند. پسماندهای صنایع غذایی، بقایای پروتئینی گیاهی و برخی ضایعات دامی حاوی مقدار قابل توجهی پروتئین بوده و با هیدرولیز آنزیمی، شیمیایی یا آب زیربحرانی می‌توان اسیدهای آمینه آزاد و پپتیدهای ارزشمند از آن‌ها بازیابی کرد. اهمیت این منابع فقط در ارزان و در دسترس بودن آن‌ها نبوده، بلکه در این است که می‌توانند وارد زنجیره‌های پالایشگاه زیستی^۱ شوند (Di Domenico et al., 2020; Ziero et al., 2020; Li et al., 2018). در صورتی که این ظرفیت بازیابی و در خدمت تولید محرک‌های رشد از جمله آمینواسیدها قرار گیرد، ضمن مدیریت پسماند، باعث تولید منابع ارزان جهت افزایش تولید در واحد سطح خواهد گردید.

از نظر فنی، روش‌های اصلی تولید اسیدهای آمینه از ضایعات را می‌توان به هیدرولیز اسیدی، هیدرولیز قلیایی، هیدرولیز آنزیمی، هیدروترمال یا آب فوق بحرانی و هیدرولیز میکروبی تقسیم کرد. هر کدام از روش‌های دارای نقاط مثبت و منفی هستند که در (جدول ۱) آورده شده است.

^۱ Biorefinery

جدول ۱-مقایسه مزایا و معایب روش‌های مختلف استخراج آمینواسیدها

Table 1. Comparison of advantages and disadvantages of different methods for amino acid extraction.

منبع Reference	معایب Disadvantages	مزایا Advantages	میزان خروجی Extraction yield	روش Method
(Rehlund et al., 2025)	تخریب برخی اسیدهای آمینه حساس (مثل تریپتوفان)، کاهش فعالیت زیستی، شرایط شدید (دما/اسید) Degradation of certain amino acids (e.g., tryptophan); reduced bioactivity under harsh acidic conditions	فرآیند ارزان، صنعتی و پایدار، بازده کلی بالا Simple and well-established industrial process; stable and relatively high yield	بالا (معمولاً بالا ولی با تخریب جزئی AA) High (usually high) with partial amino acid degradation	هیدرولیز اسیدی Acid hydrolysis
(Álvarez et al., 2012)	تخریب ساختار برخی آمینواسیدها، تغییر ترکیب نهایی Degradation of some amino acid structures; changes in the final amino acid composition	مناسب برای برخی ترکیبات خاص، هزینه نسبتاً پایین Suitable for certain proteins; relatively low cost	متوسط تا بالا Moderate to high	هیدرولیز قلیایی Alkaline hydrolysis
(Zhu et al., 2022)	هزینه بالا (آنزیم‌ها)، نیاز به شرایط کنترل شده High enzyme cost; requires controlled processing conditions	انتخاب‌پذیری بالا، حفظ کیفیت و فعالیت زیستی، تولید پپتیدهای ارزشمند Selective and efficient while preserving product quality; production of valuable bioactive peptides	بالا High	هیدرولیز آنزیمی Enzymatic hydrolysis
(Sun et al., 2019)	زمان‌بر، کنترل پیچیده، وابسته به سویه میکروبی Processing time depends on microbial growth	فرآیند زیستی پایدار، امکان تولید همزمان متابولیت‌های مفید Sustainable bioprocess; simultaneous production of beneficial metabolites	متوسط تا بالا Moderate to high	تخمیر میکروبی Microbial fermentation
(Szopa et al., 2023)	مصرف انرژی بالا، تخریب اسیدهای آمینه، کارایی پایین High energy consumption; relatively low amino acid recovery	ساده، بدون نیاز به مواد شیمیایی پیچیده Simple process without the need for chemical reagents	پایین تا متوسط Low to moderate	آب فوق بحرانی Supercritical fluid
(Szopa et al., 2023)	نیاز به تجهیزات خاص، هزینه اولیه بالا Requires specialized equipment and relatively high initial investment	افزایش راندمان، کاهش زمان استخراج Reduces extraction time, increased efficiency	افزایش تا ۲٫۲ برابر نسبت به روش معمول Up to 2.2-fold increase compared with the conventional method	امواج فراصوت Ultrasound-assisted extraction
(Domínguez et al., 2024)	زمان طولانی، کنترل کمتر روی ترکیب نهایی Long processing time; difficult to control the final composition	ساده، بدون نیاز به آنزیم خارجی Simple process without the need for external enzymes	متوسط Moderate	اتولیز اسیدی Acid autolysis

Bacillus subtilis و *Bacillus lentus* به ترتیب ۴۱/۸۱ و ۴۳/۰۶ درصد بود (Ciurko et al., 2021).

بازچرخه بقایایی گیاهی و حیوانی یکی از عوامل مهم جهت جلوگیری از آلودگی‌های زیست‌محیطی است. استفاده از بقایای گیاهی و حیوانی در تولید اسیدآمینه به دلیل فراهم کردن منبع پایدار، اقتصادی و زیست‌محیطی برای تأمین اسیدهای آمینه است. بازیافت این مواد موجب بازیافت ارزش غذایی از پسماندها شده و به کاهش آلودگی محیط زیست کمک می‌کند. باکتری‌های جنس *Lactobacillus* با داشتن سیستم پروتئولیتیک قوی، قادرند پروتئین و اسیدهای آمینه موجود در محیط (سوبستراهای گیاهی و حیوانی) را توسط آنزیم‌های وابسته به سلول خود هیدرولیز کرده و پپتیدها و اسیدهای آمینه آزاد تولید کنند

هیدرولیز اسیدهای آمینه با استفاده از باکتری‌ها عمدتاً از طریق تولید و ترشح آنزیم‌های پروتئاز توسط باکتری‌هایی مانند *Bacillus subtilis* یا *Lactobacillus spp* یا سویه‌های هیدرولیتیک مختلط انجام می‌شود که پروتئین‌های ضایعات غذایی و کشاورزی را به اسیدهای آمینه آزاد و پپتیدهای کوچک تجزیه می‌کنند (Sak-Ubol et al., 2016). باکتری لاکتوباسیلوس به دلیل ترشح قوی آنزیم‌های پروتئاز و پپتیداز و توانایی تخمیر در شرایط اسیدی، به عنوان یک کشت مفید برای هیدرولیز پروتئین و تولید اسیدهای آمینه آزاد از ضایعات غذایی و کشاورزی است (Li et al., 2020). پژوهشگران نشان دادند میزان هیدرولیز پروتئین تفاله آجیو با استفاده از سویه باکتری‌های

(Raveschot et al., 2018). این باکتری‌ها به راحتی از منبع شیر قابل استخراج بوده و این ضمن ارزان کردن روش (نسبت به روش‌های آنزیمی و اسیدی)، پیچیدگی آن را نیز کاهش می‌دهد. در روش مورد استفاده در این تحقیق از یک مخلوط باکتریایی که از شیر استخراج شده بود، برای تجزیه مواد پروتئینی استفاده گردید که ضمن صرفه اقتصادی و عدم نیاز به خالص‌سازی گونه خاص، راندمان مناسبی نیز در تولید آمینواسید ایجاد نمود. این نوآوری ضمن ارزان کردن روش تولید آمینواسید، سطح مهارت پایینی نیاز دارد و می‌تواند توسط کشاورز برای تبدیل ضایعات به آمینواسید بکار گرفته شود. بنابراین، هدف این پژوهش تولید و ارزیابی هیدرولیزات‌های غنی از اسید آمینه حاصل از ماهی، ذرت و پر مرغ با استفاده از تخمیر توسط لاکتوباسیلوس و ارزیابی اثر محرکی رشد آن بر خصوصیات عملکردی و پارامترهای کیفی خیار گلخانه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

تولید اسید آمینه

جهت تولید اسید آمینه از ماهی، ۱۹۰۰ میلی‌لیتر آب به ۹۵۰ گرم ماهی ریز شده و ۹۵۰ گرم ملاس چغندر قند اضافه شد. جهت تولید اسید آمینه از ذرت ۱۸۰۰ میلی‌لیتر آب به ۹۰۰ گرم ذرت و ۹۰۰ گرم ملاس چغندر قند اضافه شد. جهت تولید اسید آمینه از پر مرغ ۱۶۰۰ میلی‌لیتر آب به ۸۰ گرم پر مرغ و ۸۰۰ گرم ملاس چغندر قند اضافه شد. این مواد درون سطل پلاستیکی همراه با باکتری لاکتوباسیلوس باهم مخلوط شده و در دمای اتاق قرار گرفتند. طی فرایند هیدرولیز، باکتری‌ها مواد پروتئینی را به ترکیبات تجزیه می‌کنند. ترکیب حاصل هر ۲۴ ساعت هم زده شد تا هوادهی به خوبی ایجاد شود. از ملاس چغندر قند به عنوان منبع مکمل کربوهیدرات استفاده شد (Mayta-Apaza et al., 2021). جهت تکثیر باکتری لاکتوباسیلوس ابتدا شیر محلی پرچرب را چند روز در دمای اتاق قرار داده شد تا تبدیل به دو فاز جداگانه شود. فاز مایع جمع‌آوری گردید و برای اطمینان از وجود لاکتوباسیلوس در فاز استخراجی، نمونه در محیط کشت MRF کشت داده شد. بر اساس مورفولوژی رشد گونه باکتریایی که از طریق چشم غیر مسلح و همچنین با میکروسکوپ قابل مشاهده بود، وجود لاکتوباسیلوس تشخیص داده شد. لاکتوباسیلوس حاصل در محیط رشدی NB تکثیر یافته به محیط نهایی یعنی تیمارهای کودی اضافه گردید. حجم اندکی از مایع حاوی باکتری را وارد محیط کشت مایع مخصوص تکثیر باکتری کرده و پس از ۴۸ ساعت در شیکر-انکوباتور در دمای ۲۷ درجه، باکتری‌ها به حداکثر جمعیت رسیده و سپس مقدار کمی (حدود ۵۰ سی‌سی) از این مایع حاوی

جمعیت بالای باکتری وارد ظرف تولید آمینواسید شد تا باکتری‌ها موجب تجزیه مواد پروتئینی شوند (Bettera et al., 2023).

پس از ۳۰ روز، این ترکیبات کودی صاف شده و برای انجام تجزیه به آزمایشگاه ارسال شد. در آزمایشگاه، این ترکیبات تا نسبت حجمی ۵۰ درصد تغلیظ شده و در نهایت سه پارامتر درصد آمینواسید کل، درصد کربن آلی و غلظت عناصر غذایی در این نمونه‌های کودی بررسی شدند.

بذور خیار رقم ویهان (Vihan) تولیدی شرکت ناسکو (Nasco) آمریکا در تاریخ ۱۴۰۳/۰۱/۱۵ در سینی نشاء ۷۲ حفره‌ای که حاوی بستر کشت کوکوپیت و پرلیت به نسبت مساوی بود، کشت شدند. نشاهای خیار پس از سه هفته در تاریخ ۱۴۰۳/۰۲/۰۵ به گلخانه موسسه تحقیقات خاک و آب منتقل شدند و به گلدان‌های ۸ لیتری (نسبت ۷۰ درصد کوکوپیت و ۳۰ درصد پرلیت) منتقل شدند. دمای گلخانه در روز ۲۵ و در شب ۱۸ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۵۵-۶۰ درصد تنظیم شد. در طول دوره کشت، گیاهان با محلول‌های غذایی مناسب آبیاری شدند (جدول ۲). در تیرماه ۱۴۰۳ گیاهان کف بر شده و نمونه‌های ریشه، ساقه، برگ و میوه جهت اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیکی به بخش آزمایشگاه‌های مؤسسه تحقیقات خاک و آب منتقل شدند.

جدول ۲- محلول غذایی مورد استفاده در دوره‌های رشد مختلف

Table 2. Nutrient solution used in different growth periods.

عناصر Elements	غلظت (mg/L) Concentrate (mg/L)		
	نشاء Young plant	رشد Growth	میوه دهی Fruiting
N	150	200	170
P	50	50	40
K	180	220	300
Ca	140	180	160
Fe	2	2	2
Zn	0.6	0.6	0.6
Mg	42	42	36
S	90	90	120
Mn	0.7	0.7	0.7
B	0.4	0.4	0.4
Cu	0.1	0.1	0.1
Mo	0.05	0.05	0.05
pH	5.8-6	5.8-6	5.8-6
EC (dS/m ⁻¹)	2	2.2	2.5

اندازه‌گیری عناصر کود

یک گرم نمونه کودی با ۷/۵ میلی‌لیتر HCl و ۲/۵ میلی‌لیتر HNO₃ مخلوط و یک شب در آزمایشگاه قرار داده شد. سپس نمونه‌ها را به مدت ۲ ساعت روی هات‌پلیت با دمای ۹۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. پس از خنک شدن نمونه‌ها به بالن ۵۰ میلی‌لیتر کرده منتقل و با HNO₃ به حجم رسانده شد. عصاره حاصل برای قرائت عناصر فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم نمونه‌های کودی توسط دستگاه ICP^۱ (Perkin Elmer Optima 2100 DV) استفاده شدند (Shahbazi et al., 2018).

کربن آلی کود

جهت اندازه‌گیری کربن آلی ۰/۱-۰/۳ گرم نمونه کودی با ۲۰ میلی‌لیتر محلول بی‌کرومات پتاسیم و ۴۰ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک تجارتي غلیظ ۹۶ درصد مخلوط شد. پس از گذشت ۳۰ دقیقه ۲۰۰ میلی‌لیتر آب به نمونه‌ها اضافه شد. پس از ۳۰ دقیقه ۱۰ قطره معرف ارتوفتانترویلین به هر نمونه اضافه کرده و نمونه‌ها با محلول فروآمونیم سولفات ۰/۵ نرمال تیترا شدند تا جایی که رنگ نمونه‌ها از سبز به آبی تغییر پیدا کرد. از فرمول ۲ جهت محاسبه کربن آلی استفاده شد. نمونه شاهد حاوی همه ی مواد به جز نمونه‌های کودی است (Shahbazi et al., 2018).

$$OC(\%) = \frac{N \times 0.39 \times (V1 - V2)}{S} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در فرمول N برابر نرمالیت فرو آمونیوم سولفات، V1 برابر حجم فرو آمونیوم سولفات مصرفی برای شاهد (میلی‌لیتر)، V2 برابر حجم فرو آمونیوم سولفات مصرفی برای نمونه (میلی‌لیتر) و S وزن اولیه نمونه (گرم) است.

تیمارها شامل نوع کود آمینو اسیدی (ماهی، ذرت و پر مرغ) و محلول‌پاشی (دو و چهار درصد) و هفته‌ای دو مرتبه بود. این آزمایش در قالب طرح فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام گرفت.

اندازه‌گیری درصد آمینواسید کل نمونه‌های کودی

دو میلی‌لیتر از نمونه مایع کودی با ۱۶ میلی‌لیتر HCl ۰/۱ نرمال در بالن ۲۵ میلی‌لیتر به مدت ۲۰ دقیقه شیک شد. پس از شیک کامل نمونه، با HCl ۰/۱ نرمال به حجم رسانده شد. محتویات بالن با فیلتر سرسرنگی ۰/۴۵ میکرون فیلتر شد. از محلول صاف شده، مقادیر ۲۰ و ۴۰ میکرولیتر برداشته و به تیوب های شیشه‌ای متصل به خلاء منتقل و کاملاً خشک شد. اسیدهای آمینه در ستون C 18 با متد فاز معکوس و بر اساس آبگریزی گروه جانبی اسیدهای آمینه به کمک بافر هیدروفوب (استونیتریل) از ستون جدا و در طول موج ۲۵۴ نانومتر، توسط دستگاه HPLC (KNAUER) آشکارسازی شد. درصد آمینواسیدها از (فرمول ۱) محاسبه شد (Ahmadi Abd et al., 2021).

رابطه (۱)

$$AA(\%) = \frac{a \times 25 \times V1 \times M \times 10^{-6} \times 100}{m \times V2}$$

a برابر مقدار گزارش شده برای آمینواسید نمونه برحسب میکرومول بر لیتر، V2 برابر حجم برداشت شده جهت مشتق سازی، V1 برابر حجم نهایی نمونه مشتق سازی شده (رقیق کننده)، M برابر جرم مولی آمینواسید برحسب گرم بر مول و m برابر وزن اولیه نمونه برحسب گرم است.

¹ Inductively Coupled Plasma

عناصر گیاه

نمونه‌های ریشه، ساقه، برگ و میوه را به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک و آسیاب شدند و در نهایت از الک ۰/۵ میلی‌متری عبور داده شدند (Emami, 1996). یک گرم نمونه خشک‌شده درون کروزه چینی توزین و به مدت ۴ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس در کوره قرار داده شد. چند قطره آب به کروزه‌های حاوی خاکستر اضافه کرده و سپس ۵ میلی‌لیتر HCl دو نرمال به کروزه‌ها اضافه و به مدت یک ساعت به بن ماری منتقل شد تا مواد معدنی کاملاً حل شوند. در نهایت، نمونه‌ها را به بالن ۵۰ میلی‌لیتر منتقل و به حجم رسانده شد. از این عصاره جهت اندازه‌گیری عناصر فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در ریشه، ساقه، برگ و میوه استفاده و خوانش توسط دستگاه ICP صورت گرفت (Shahbazi et al., 2018).

جهت اندازه‌گیری نیتروژن بخش‌های مختلف گیاه، ۰/۳ گرم از نمونه‌های خشک با ۲/۵ میلی‌لیتر مخلوط اسید (اسیدسالیسیلیک + اسیدسولفوسلنیوم) در لوله آزمایش با هم مخلوط گردید. پس از یک شب لوله‌های آزمایش را به مدت ۲ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس روی اجاق قرار داده شد. در مرحله بعد، سه مرتبه و هر مرتبه یک میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن به نمونه‌ها اضافه شده و لوله‌ها را با دست به خوبی تکان داده شد. در مرحله بعد نمونه‌ها روی اجاق به مدت ۲ ساعت در دمای ۳۳۰ درجه سلسیوس قرار داده شد تا جایی که تقریباً بی رنگ شد. در مرحله آخر ۴/۳ میلی‌لیتر آب به لوله‌ها اضافه و با دستگاه ورتکس شد. نیتروژن کل در عصاره حاصل توسط دستگاه کج‌لداال قرائت گردید (Emami, 1996).

درصد ماده خشک

بعد از پایان کشت و شست‌وشوی کامل ریشه‌ها با آب، ریشه‌ها را چند دقیقه در معرض هوا قرار داده و سپس دور آن‌ها کاغذ پیچانده شد تا رطوبت ریشه را جذب کند. جهت اندازه‌گیری درصد ماده خشک ریشه، ساقه، برگ و میوه ابتدا وزن نمونه‌های تر با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفت. وزن خشک نمونه‌ها نیز با ترازو اندازه‌گیری و از فرمول ۳ جهت محاسبه میزان ماده خشک استفاده شد.

$$\text{رابطه (۳)} \quad 100 \times \frac{\text{وزن خشک نمونه}}{\text{وزن تر نمونه}} = \text{درصد خشک ماده}$$

زیست‌توده و محاسبه درصد تخصیص

برای اندازه‌گیری زیست‌توده، نمونه‌برداری از بخش‌های مختلف گیاه (ساقه، میوه، برگ و ریشه) انجام و وزن مجموع تمام قسمت‌ها به عنوان زیست‌توده گزارش گردید. همچنین برای محاسبه درصد تخصیص به هر بخش، وزن آن بخش به زیست‌توده کل تقسیم گردید.

عملکرد

در طول دوره کشت، میوه‌ها پس از برداشت، شمارش و وزن هر کدام با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری و ثبت شد. از تقسیم عملکرد گیاه بر تعداد میوه میانگین وزن تک‌میوه برای هر تیمار به دست آمد.

تجزیه آماری

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی صورت گرفت (سه نوع کود شامل آمینواسید پر مرغ، ضایعات ماهی و ذرت که در سه سطح ۲، ۴ و ۰ درصد و در چهار تکرار اعمال گردید). داده‌های حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت. نمودارهای مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم‌افزار اکسل نسخه ۲۰۲۴ ترسیم شد. همبستگی صفات توسط نرم‌افزار origin pro 2024 صورت گرفت.

نتایج

نتایج آنالیز کودهای آلی نشان داد بیشترین میزان آمینو اسید در کود آلی پر مرغ اندازه‌گیری شد (جدول ۳). کود آلی ذرت بیشترین کربن آلی به میزان ۲۵/۰۴ درصد را داشت. از بین آنالیز سه کود آلی بیشترین میزان نیتروژن، فسفر، کلسیم و گوگرد در کود آلی ماهی، منیزیم در کود آلی ذرت و پتاسیم در کود آلی پر مرغ مشاهده شد.

جدول ۳- آنالیز کودهای آلی

Table 3. Analysis of organic fertilizers.

متغیر Variable	آمینواسید کل (درصد٪) Total amino acids (%)	کربن آلی (درصد٪) OC (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)
ماهی Fish	16.15	22.83	1.31	0.17	0.63	0.66	0.03	0.26
ذرت Corn	30.33	25.04	0.97	0.1	0.65	0.44	0.08	0.24
پر مرغ Chicken feather	32.46	24.83	0.96	0.01	0.83	0.6	0.03	0.24

جدول ۴- جزئیات هر آمینواسید در نمونه‌های کودی (درصد٪)

Table 4- Details of each amino acid in fertilizer samples (%).

متغیر Variable	ماهی Fish	ذرت Corn	پر مرغ Chicken feather
آسپارتیک اسید (درصد٪) Aspartic acid (%)	1.7	0.83	0
گلوتامیک اسید (درصد٪) Glutamic acid (%)	2.54	0.6	1.68
سیرین (درصد٪) Serine (%)	0.51	0.14	0.31
گلیسین (درصد٪) Glycine (%)	0.89	0.09	0.63
هیستیدین (درصد٪) Histidine (%)	0	24.72	29.01
آرژینین (درصد٪) Arginine (%)	2.52	1.35	0
ترئونین (درصد٪) Threonine (%)	0.29	0.44	0.06
آلانین (درصد٪) Alanine (%)	0.4	0.21	0
پروлін (درصد٪) Proline (%)	0	0	0.07
تریپتوفان (درصد٪) Tryptophan (%)	1.12	0.38	0
والین (درصد٪) Valine (%)	0.9	0.33	0.24
متیونین (درصد٪) Methionine (%)	0.53	0.04	0
سیستئین (درصد٪) Cysteine (%)	0.81	0.32	0.35
ایزولوسین (درصد٪) Isoleucine (%)	1.09	0.23	0
لوسین (درصد٪) Leucine (%)	0	0	0
فنیل آلانین (درصد٪) Phenylalanine (%)	2.64	0.35	0
لیزین (درصد٪) Lysine (%)	0.21	0.3	0.11
آمینواسید کل (درصد٪) Total amino acids (%)	16.15	30.33	32.46

در محلول کودی ماهی مربوط به گلاتامیک به میزان ۲/۵۴ درصد بود. اگرچه محلول کودی پر مرغ بیشترین درصد آمینو اسید را داشت میزان اسیدهای آمینه آسپارتیک، آرژنین، آلانین، تریپتوفان، متیونین، ایزولوسین، لوسین و فنیل آلانین در آن توسط دستگاه HPLC شناسایی نشد.

نتایج (جدول ۴) میزان آمینو اسیدهای موجود در محلول‌های کودی مختلف را نشان داد. میزان آمینو اسید در محلول‌های کودی با منشاء ماهی، ذرت و پر مرغ به ترتیب ۱۶/۱۵، ۳۰/۳۳ و ۳۲/۴۶ درصد اندازه‌گیری شد. هیستیدین بیشترین درصد اسید آمینه را در محلول کودی ذرت و پر مرغ به میزان ۲۴/۷۲ و ۲۹/۰۱ درصد داشت. بیشترین غلظت آمینو اسید

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر کود آلی و غلظت بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ریشه

Table 5. Analysis of variance of the effect of organic fertilizer and concentration on root morphological and physiological traits.

میانگین مربعات Mean square					درجه آزادی d.f		منابع تغییرات S.O.V
Mg	Ca	K	P	N	درصد ماده خشک dry matter percentage	وزن تر fresh weight	
0.0012 *	0.004 ns	0.077 *	0.004 ns	0.18 **	6.75 **	3276.86 **	نوع کود (F) Fertilizer model (F)
0.0001 ns	0.017 *	0.006 ns	0.002 ns	0.19 *	0.001 ns	913.78 ns	غلظت (C) Concentration (C)
0.0007 ns	0.01 *	0.008 ns	0.003 ns	0.04 ns	0.43 ns	191.11 ns	F×C
0.0005	0.002	0.018	0.003	0.03	0.51	334.59	Error
12.01	4.98	35.69	12.32	10.38	5.42	14.92	CV

ns, ** و * به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significant, significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively

کمترین میزان کلسیم در کود آلی ذرت به غلظت چهار درصد اندازه‌گیری شد.

جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل نوع کود و غلظت فقط بر میزان کلسیم ریشه تأثیر معنی‌داری ایجاد کرد (جدول ۵). اثر اصلی نوع کود بر وزن تر، درصد ماده خشک، نیتروژن، پتاسیم و منیزیم ریشه معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار بود. اثر اصلی و متقابل نوع کود و غلظت تأثیر معنی‌داری بر فسفر ریشه نداشت.

اثر اصلی نوع کود آلی تأثیر معنی‌داری بر وزن تر ریشه و درصد ماده خشک ریشه داشت (جدول ۶). تیمارهای نوع کود آلی با منشاء ماهی، ذرت و پر مرغ وزن تر و درصد ماده خشک ریشه را نسبت به شاهد افزایش دادند. در این بین کود آلی ماهی با مقایسه میانگین ۱۴۵ گرم و ۱۳/۷۶ درصد به ترتیب بیشترین وزن تر و درصد ماده خشک ریشه را داشتند.

علی‌رغم اینکه کودهای آلی وزن تر و درصد ماده خشک ریشه را افزایش دادند اما بیشترین میزان عناصر نیتروژن، پتاسیم و منیزیم در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۶). سطح چهار درصد میزان نیتروژن ریشه را نسبت به سطح دو درصد افزایش داد (شکل ۱). شکل (۲) اثر متقابل نوع و غلظت کود آلی بر میزان کلسیم ریشه را نشان داد. کوددهی با کود آلی از منبع پر مرغ به غلظت دو درصد بیشترین میزان کلسیم را ایجاد کرد. درحالی‌که

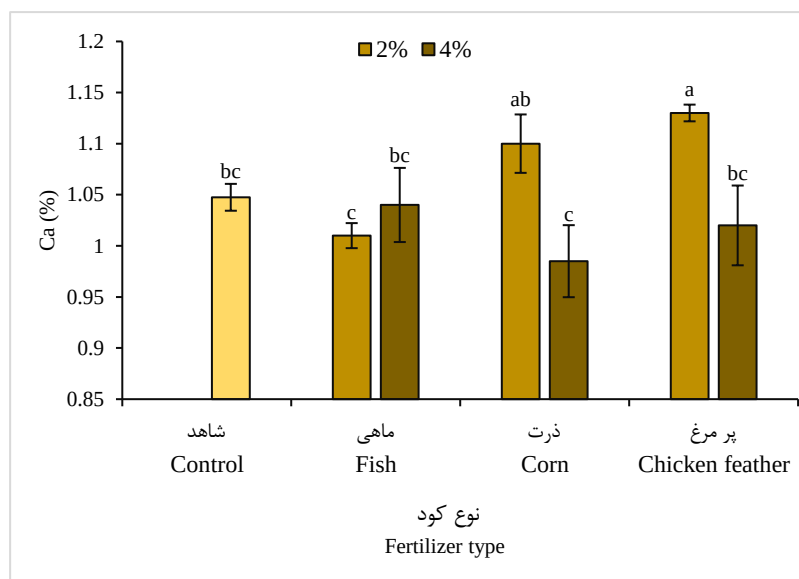
جدول ۶- مقایسه میانگین اثر کود آلی بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ریشه

Table 6. Comparison of the average effect of organic fertilizer on morphological and physiological traits of roots.

Mg (%)	K (%)	N (%)	درصد ماده خشک	وزن تر (g)	تیمار Treatment
			(درصد) Dry matter percentage (%)	Fresh weight (g)	
0.2±0.01 a	0.48±0.06 a	2.04±0.1 a	11.82±0.14 b	96.75±3.52 c	شاهد Control
0.178±0.01 b	0.245±0.05 b	1.67±0.1 b	13.76±0.23 a	145±8.59 a	ماهی Fish
0.188±0.008 ab	0.377±0.05 ab	1.86±0.07 ab	13.67±0.34 a	129.3±7.38 ab	ذرت Corn
0.185±0.003 ab	0.4±0.02 a	1.81±0.02 b	13.52±0.24 a	119±6.01 b	پر مرغ Chicken feather

حروف غیریکسان نشان دهنده تفاوت معنی‌داری است.

Dissimilar letters show significant differences.



شکل ۲- اثر متقابل نوع و غلظت کود آلی بر میزان کلسیم ریشه

Figure 2- Interaction effect of organic fertilizer type and concentration on root calcium content

خشک ساقه تحت تأثیر اثر متقابل نوع و غلظت کود آلی قرار گرفت. بیشترین میزان ماده خشک ساقه در تیمار شاهد اندازه‌گیری شد (شکل ۴-۱). مقایسه میانگین اثر متقابل نوع و غلظت کود آلی نشان داد بیشترین و کمترین مقدار منیزیم ساقه به ترتیب در تیمارهای کود آلی پر مرغ با غلظت دو درصد و کود آلی ماهی با غلظت دو درصد اندازه‌گیری شد (شکل ۴-۲). همانند عنصر منیزیم، تیمار کود آلی پر مرغ با غلظت دو درصد بیشترین میزان کلسیم ساقه را داشت. تیمار کود آلی ذرت به غلظت چهار درصد نیز کمترین میزان کلسیم را در ساقه داشت (شکل ۴-۳).

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر کود آلی و غلظت بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ساقه نشان داد اثر متقابل نوع کود و غلظت بر درصد ماده خشک ساقه، مقدار کلسیم و منیزیم ساقه تأثیر معنی‌دار داشت (جدول ۷). اثر اصلی نوع کود بر فسفر، کلسیم و منیزیم در سطح پنج درصد و بر پتاسیم در سطح یک درصد تأثیر معنی‌دار ایجاد کرد. مقایسه میانگین اثر نوع کود نشان داد که کود آلی از منبع ماهی بیشترین میزان فسفر و پتاسیم ساقه را ایجاد کرد (شکل ۳). این افزایش نسبت به شاهد به ترتیب ۱۰ درصد و ۱/۳ برابر محاسبه شد. کودهای آلی ذرت و پر مرغ در رده بعدی میزان فسفر و پتاسیم قرار گرفتند. میزان ماده

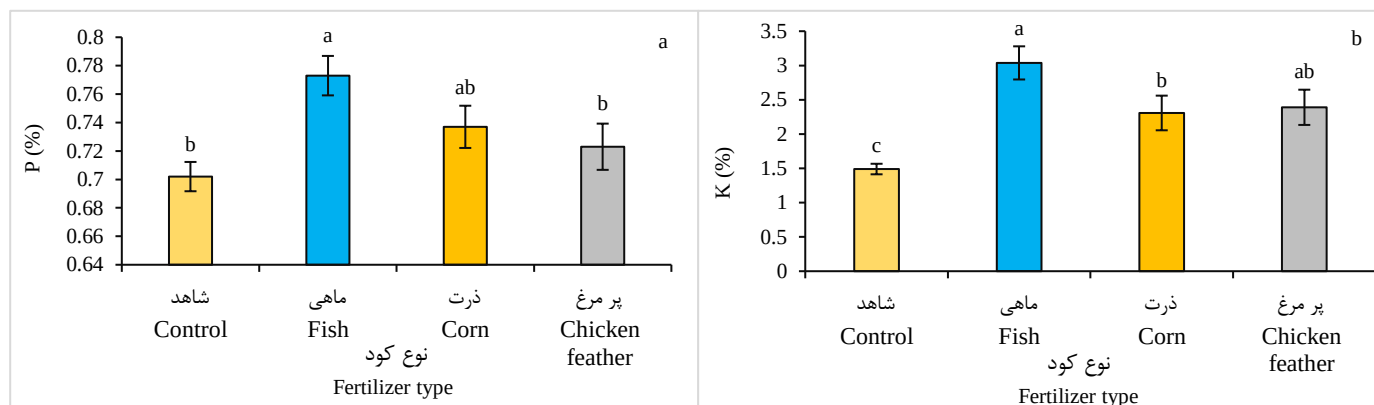
جدول ۷- تجزیه واریانس اثر کود آلی و غلظت بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ساقه

Table 7- Analysis of variance of the effect of organic fertilizer and concentration on morphological and physiological traits of the stem.

میانگین مربعات Mean square								درجه آزادی d.f	منابع تغییرات S.O.V
Mg	Ca	K	P	N	درصد ماده خشک dry matter percentage	وزن تر fresh weight	طول ساقه Stem length		
0.0020 *	0.02147 *	3.22 **	0.0071 *	0.019 ns	1.99 **	178.78 ns	338.20 ns	3	نوع کود (F) Fertilizer model (F)
0.00061 ns	0.00005 ns	0.24 ns	0.00005 ns	0.049 ns	0.05 ns	75.03 ns	2.00 ns	1	غلظت (C) Concentration (C)
0.00241 *	0.01429 *	0.12 ns	0.00044 ns	0.016 ns	0.702 *	32.53 ns	111.25 ns	3	F×C
0.00083	0.00576	0.41	0.00162	0.07	0.29	153.92	168/81	24	Error
5.95	11.81	28.09	5.49	8.92	5.15	7.36	7.77	-	CV

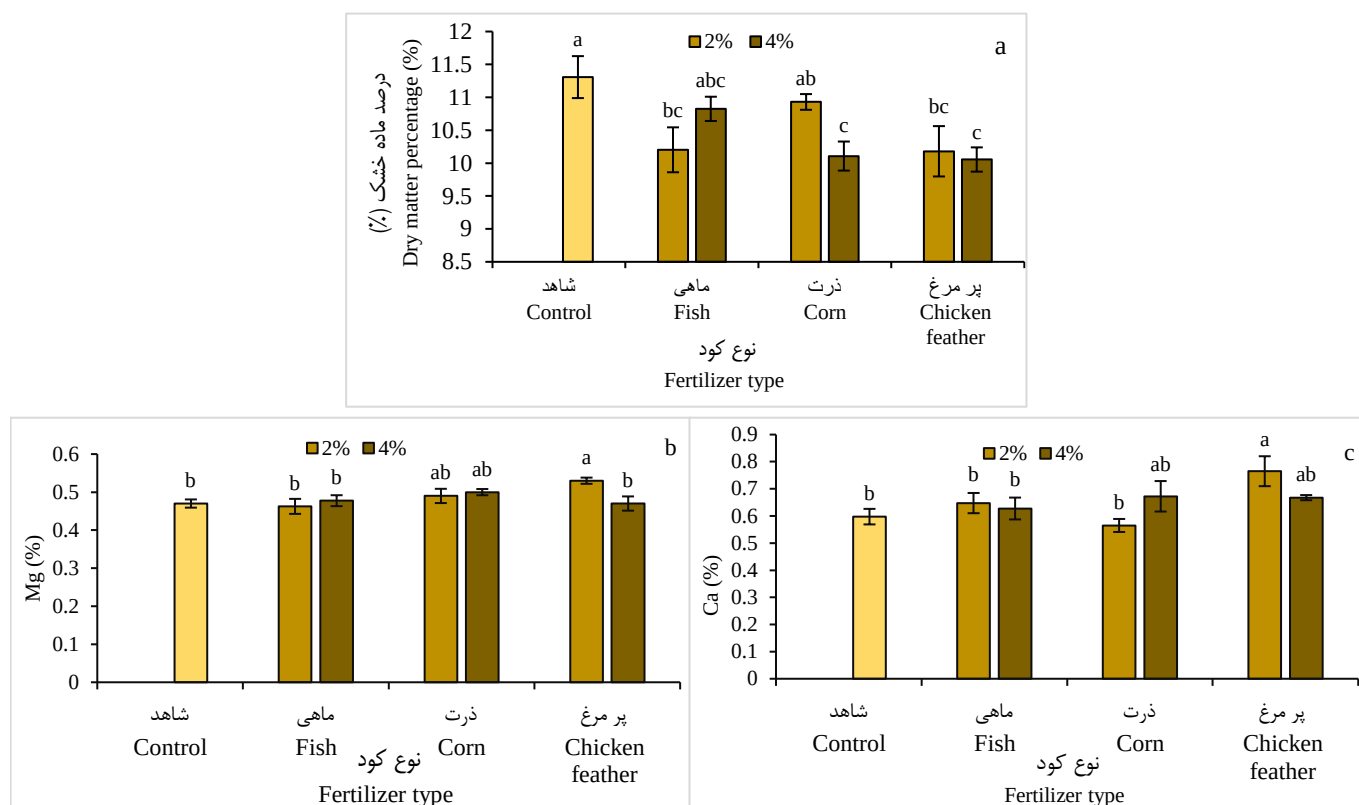
ns, **, * و * به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significant, significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively



شکل ۳- اثر نوع کود آلی بر میزان فسفر (a) و پتاسیم (b) ساقه

Figure 3- Effect of organic fertilizer type on the amount of P (a) and K (b) in the stem



شکل ۴- اثر متقابل نوع و غلظت کود آلی بر درصد ماده خشک (a)، منیزیم (b) و کلسیم (c) ساقه گیاه.

Figure 4- Interaction effect of organic fertilizer type and concentration on dry matter percentage (a), Mg (b) and Ca (c) of plant stem.

در سطح پنج درصد ایجاد کرد. در بین اثر نوع کود آلی بر وزن تر برگ نیز بیشترین و کمترین وزن تر برگ به ترتیب در تیمارهای کود آلی ماهی و پر مرغ مشاهده شد.

جدول (۸) نتایج تجزیه واریانس را نشان می‌دهد که اثر متقابل نوع و غلظت کود آلی بر هیچ یک از صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک برگ تأثیر معنی‌دار ایجاد نکرده است. در اثرات اصلی نیز نوع کود فقط بر وزن تر برگ تأثیر معنی‌داری

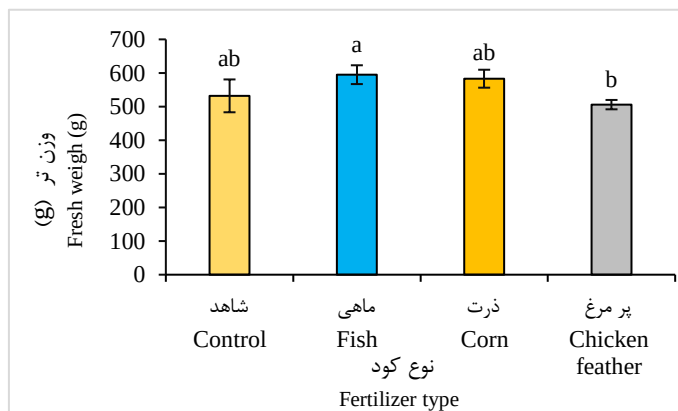
جدول ۸- تجزیه واریانس اثر کود آلی و غلظت بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک برگ.

Table 9- Analysis of variance of the effect of organic fertilizer and concentration on morphological and physiological traits of the leaf.

میانگین مربعات Mean square						درجه آزادی d.f	منابع تغییرات S.O.V
Mg	Ca	K	P	N	درصد ماده خشک dry matter percentage		
0.00003 ^{ns}	0.1236 ^{ns}	0.1946 ^{ns}	0.0071 ^{ns}	0.03138 ^{ns}	0.8989 ^{ns}	14192.03 *	نوع کود (F) Fertilizer model (F)
0.0098 ^{ns}	0.31 ^{ns}	0.0741 ^{ns}	0.0008 ^{ns}	0.0036 ^{ns}	1.8192 ^{ns}	34.03 ^{ns}	غلظت (C) Concentration (C)
0.0048 ^{ns}	0.0522 ^{ns}	0.1661 ^{ns}	0.0076 ^{ns}	0.0031 ^{ns}	0.5049 ^{ns}	8577.86 ^{ns}	F×C
0.0061	0.4881	0.2103	0.0058	0.0163	1.5216	5250.38	Error
10.74	21.62	34.81	18.03	3.6	6.47	13.08	CV

ns, ** و * به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significant, significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively



شکل ۵- اثر نوع کود آلی بر وزن تر برگ

Figure 5- Effect of organic fertilizer type on leaf fresh weight

جدول ۹- تجزیه واریانس اثر کود و غلظت آلی بر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک میوه.

Table 9- Analysis of variance of the effect of organic fertilizer and concentration on morphological and physiological traits of the fruit.

میانگین مربعات Mean square					درصد ماده خشک Dry matter percentage	وزن میوه Fruit weight	عملکرد Yield	درجه آزادی d.f	منابع تغییرات S.O.V
Mg	Ca	K	P	N					
0.00021 ^{ns}	0.00031 ^{ns}	0.0021 ^{ns}	0.0026 ^{ns}	0.0857 ^{ns}	3.19*	249.45*	326682**	3	نوع کود (F) Fertilizer model (F)
0.0015*	0.00003 ^{ns}	0.0242 ^{ns}	0.0028 ^{ns}	0.076 ^{ns}	3.55 ^{ns}	8.01 ^{ns}	172284*	1	غلظت (C) Concentration (C)
0.00154*	0.0013*	0.0204 ^{ns}	0.0015 ^{ns}	0.0166 ^{ns}	0.51 ^{ns}	17.66 ^{ns}	123876*	3	F×C
0.00039	0.00034	0.0162	0.0017	0.1117	1.28	75.31	46096	24	Error
8.96	9.91	11.24	6.95	10.72	10.3	13.52	10.43	-	CV

ns و ** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significant, significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively

در تیمارهای کود آلی ماهی دو درصد و کود آلی ذرت چهار درصد اندازه‌گیری شد اما بیشترین میزان منیزیم میوه در کود آلی ماهی دو درصد اندازه‌گیری شد. بیشترین وزن تر میوه به صورت یکسان در کود آلی ماهی و پر مرغ اندازه با میانگین ۶۷/۷۵ گرم اندازه‌گیری شد و وزن میوه را نسبت به شاهد ۲۰ درصد افزایش دادند (شکل ۶). در مقابل بیشترین ماده خشک میوه فقط در تیمار کود آلی ماهی اندازه‌گیری شد و تیمار شاهد کمترین درصد ماده خشک میوه را داشت.

جدول تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک میوه نشان داد که اثر متقابل نوع و غلظت کود آلی بر عملکرد، کلسیم و منیزیم میوه تأثیر معنی‌دار ایجاد کرد. در صفات وزن میوه و درصد ماده خشک میوه نوع کود آلی تأثیر معنی‌دار در سطح پنج درصد داشت (جدول ۹).

از بین تیمارهای کودی و غلظت، بیشترین و کمترین عملکرد به ترتیب در تیمار کود آلی ماهی با غلظت دو درصد و شاهد مشاهده شد. این تیمار عملکرد را نسبت به شاهد ۴۰ درصد افزایش داد (جدول ۱۰). بیشترین میزان کلسیم به طور مشترک

جدول ۱۰ - مقایسه میانگین اثر متقابل کود آلی و غلظت بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک میوه.

Table 10 - Comparison of the average interaction effect of organic fertilizer and concentration on morphological and physiological characteristics of fruit.

Mg (%)	Ca (%)	عملکرد (g) Yield (g)	غلظت (درصد %) Concentration (%)	نوع کود Fertilizer model
0.22±0.006 ab	0.185±0.002 ab	1843.3±50.46 c	-	شاهد Control
0.245±0.018 a	0.205±0.01 a	2571±187.74 a	2	ماهی
0.19±0.008 c	0.17±0.008 b	2065±88.96 bc	4	Fish
0.22±0.002 ab	0.19±0.012 ab	1953.3±23.18 bc	2	ذرت
0.23±0.008 ab	0.205±0.002 a	1992.3±102.34 bc	4	Corn
0.22±0.011 ab	0.1725±0.011 b	2157±61.16 b	2	پر مرغ
0.21±0.01 ab	0.195±0.014 ab	2037±170.82 bc	4	Chicken feather

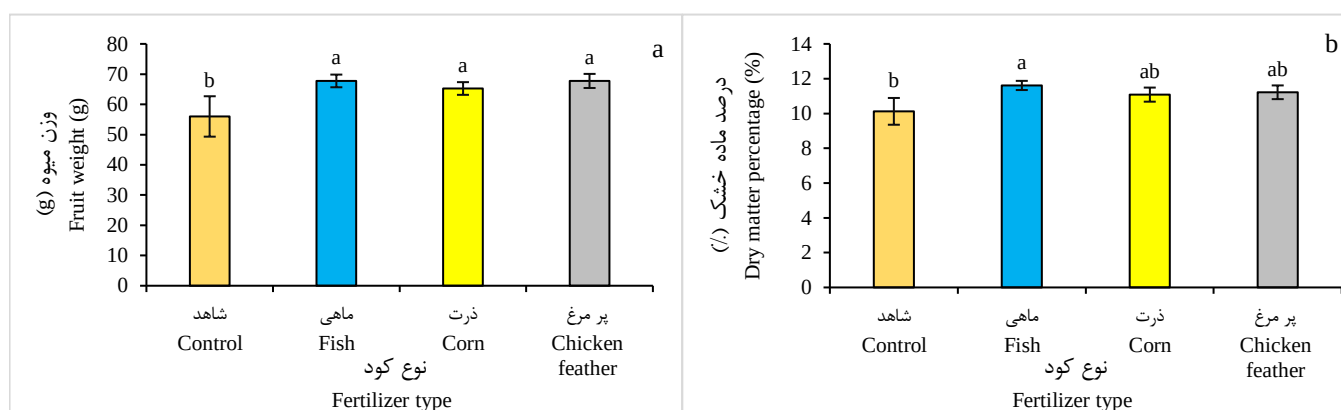
حروف غیریکسان نشان دهنده تفاوت معنی‌داری است.

Dissimilar letters show significant differences.

میوه اختصاص داد و پس از آن کود آلی پر مرغ دو در جایگاه بعدی قرار گرفت (جدول ۱۲).

در اثر اصلی نوع کود آلی بر زیست توده کل گیاه، کود آلی ماهی با میانگین ۳۲۳۱ گرم بر گیاه و تیمار شاهد با میانگین ۲۶۳۸ گرم بر گیاه به ترتیب بیشترین و کمترین زیست توده کل را داشتند. تیمار کود آلی ذرت بیشترین زیست توده را به ریشه تخصیص داد و تیمار شاهد کمترین تخصیص به ریشه را داشت. در مقابل تیمار شاهد بیشترین تخصیص زیست توده به ساقه را داشت (جدول ۱۳).

اثر متقابل نوع و غلظت کود آلی فقط بر درصد تخصیص زیست توده به برگ و میوه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱۱). نوع کود آلی بر تخصیص زیست توده به هر اندام تأثیر معنی‌دار ایجاد کرد. کود آلی ذرت بیشترین میزان زیست توده را به برگ اختصاص داد که این تخصیص را نسبت به شاهد ۷/۷ درصد افزایش پیدا کرد. در مقابل این تیمار کمترین زیست توده را به میوه تخصیص داد. تیمار کود آلی پر مرغ نیز کمترین تخصیص زیست توده به برگ را داشت. تیمار کود آلی ماهی به غلظت دو درصد با میانگین ۷۴ درصد بیشترین زیست توده را به



شکل ۶- اثر نوع کود آلی بر وزن تر (a) و درصد ماده خشک میوه (b).

Figure 6- Effect of organic fertilizer type on fresh weight (a) and dry matter percentage of fruit (b).

جدول ۱۱- تجزیه واریانس اثر نوع کود و غلظت بر زیست توده کل و درصد تخصیص زیست توده به اندام گیاه.

Table 11- Analysis of variance of the effect of fertilizer type and concentration on total biomass and percentage of biomass allocation to plant organs.

میانگین مربعات Mean square					درجه آزادی d.f	منابع تغییرات S.O.V
درصد تخصیص به میوه Percentage allocated to fruit	درصد تخصیص به برگ Percentage allocation to leaf	درصد تخصیص به ساقه Percentage of allocation to the stem	درصد تخصیص به ریشه Percentage of allocation to the root	زیست توده کل Total biomass		
19.0455*	12.5486*	1.2537*	1.2495**	480778**	3	نوع کود (F) Fertilizer model (F)
8.020 ^{ns}	6.9192 ^{ns}	0.2775 ^{ns}	0.1035 ^{ns}	200819 ^{ns}	1	غلظت (C) Concentration (C)
25.1579*	16.9123*	0.2623 ^{ns}	0.2253 ^{ns}	84738 ^{ns}	3	F×C
5.4195	5.1596	0.4478	0.2175	55191	24	Error
3.29	11.83	11.41	11.1	8.09	-	CV

ns, ** و * به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significant, significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively

جدول ۱۲- مقایسه میانگین اثر متقابل کود آلی و غلظت بر تخصیص زیست توده به اندام مختلف.

Table 12- Comparison of the average interaction effect of organic fertilizer and concentration on biomass allocation to different organs.

درصد تخصیص به میوه (درصد %) Percentage allocated to fruit (%)	درصد تخصیص به برگ (درصد %) Percentage allocation to leaf (%)	غلظت (درصد %) Concentration (%)	نوع کود Fertilizer model
69.94±1.09 bc	20.06±1.33 a	–	شاهد Control
74±2.24 a	16.55±2.08 b	2	ماهی Fish
68.75±0.68 bc	20.88±0.38 a	4	ذرت Corn
67.47±0.67 c	21.61±0.62 a	2	پر مرغ Chicken feather
70.68±0.4 abc	19.09±0.41 ab	4	
73.55±0.79 a	16.69±0.55 b	2	
71.58±1.28 ab	18.6±1.18 ab	4	

حروف غیریکسان نشان دهنده تفاوت معنی‌داری می‌باشد.

Dissimilar letters show significant differences.

جدول ۱۳- مقایسه میانگین اثر کود آلی بر زیست توده گیاه و تخصیص به اندام مختلف.

Table 13- Comparison of the average effect of organic fertilizer on plant biomass and allocation to different organs.

درصد تخصیص به ساقه (درصد٪) Percentage of allocation to the stem (%)	درصد تخصیص به ریشه (درصد٪) Percentage of allocation to the root (%)	زیست توده کل (g/plant) Total biomass (g/plant)	تیمار Treatment
6.31±0.27 a	3.67±0.15 b	2638±89.27 b	شاهد Control
5.42±0.27 b	4.48±0.18 a	3231±119.83 a	ماهی Fish
6.04±0.25 ab	4.53±0.23 a	2856.6±68.04 b	ذرت Corn
5.66±0.19 ab	4.11±0.1 ab	2884.8±96.81 b	پر مرغ Chicken feather

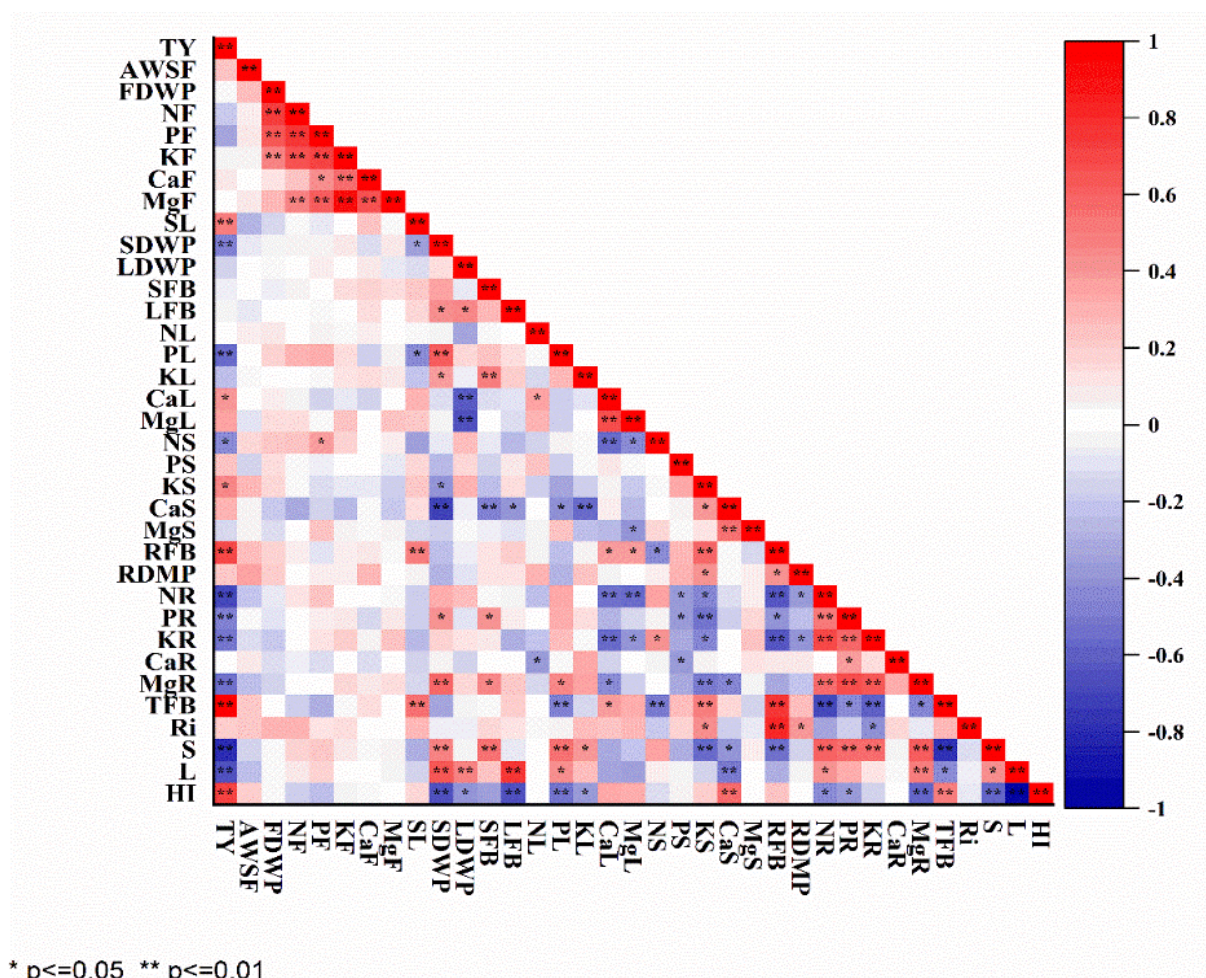
حروف غیریکسان نشان دهنده تفاوت معنی‌داری می‌باشد.

Dissimilar letters show significant differences.

همبستگی بین شاخص‌های ارزیابی شده

همانطور که در (شکل ۷) مشاهده می‌شود بر اساس نتایج حاصل از همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده بر اساس

روش پیرسون بین صفات نیتروژن، فسفر و پتاسیم میوه و درصد ماده خشک میوه، همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد در صورتیکه بین پتاسیم و منیزیم برگ و درصد ماده خشک برگ همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح یک درصد مشاهده شد.



شکل ۷- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده خیار به روش پیرسون. TY: عملکرد، AWSF: وزن میوه، FDWP: درصد ماده خشک میوه، NF: نیتروژن میوه، PF: فسفر میوه، KF: پتاسیم میوه، CaF: کلسیم میوه، MgF: منیزیم میوه، SL: طول ساقه، SDWP: درصد ماده خشک ساقه، LDWP: درصد ماده خشک برگ، SFB: وزن تر ساقه، LFB: وزن تر برگ، NL: نیتروژن برگ، PL: فسفر برگ، KL: پتاسیم برگ، CaL: کلسیم برگ، MgL: منیزیم برگ، NS: نیتروژن ساقه، PS: فسفر ساقه، KS: پتاسیم ساقه، CaS: کلسیم ساقه، MgS: منیزیم ساقه، RFB: وزن تر ریشه، RDMP: درصد ماده خشک ریشه، NR: نیتروژن ریشه، PR: فسفر ریشه، KR: پتاسیم ریشه، CaR: کلسیم ریشه، MgR: منیزیم ریشه، TFB: زیست توده کل، Ri: درصد تخصیص زیست توده به ریشه، S: درصد تخصیص زیست توده به ساقه، L: درصد تخصیص زیست توده به برگ، HI: درصد تخصیص زیست توده به میوه.

Figure 7- Correlation coefficients between traits measured in cucumber using Pearson's method. TY: Yield, AWSF: Fruit weight, FDWP: Fruit dry matter percentage, NF: Fruit N, PF: Fruit P, KF: Fruit K, CaF: Fruit Ca, MgF: Fruit Mg, SL: Stem length, SDWP: Stem dry matter percentage, LDWP: Leaf dry matter percentage, SFB: Stem fresh weight, LFB: Leaf fresh weight, NL: Leaf N, PL: Leaf P, KL: Leaf K, CaL: Leaf Ca, MgL: Leaf Mg, NS: Stem N, PS: Stem P, KS: Stem K, CaS: Stem Ca, MgS: Stem Mg, RFB: Root fresh weight, RDMP: Root dry matter percentage, NR: Root N, PR: Root P, KR: Root K, CaR: Root Ca, MgR: Root Mg, TFB: Total biomass, Ri: Percentage of biomass allocated to roots, S: Percentage of biomass allocated to stems, L: Percentage of biomass allocated to leaves, HI: Percentage of biomass allocated to fruits.

بحث

پپتیدهای کوتاه و سپس اسیدهای آمینه آزاد تبدیل می‌کنند (Zhang et al., 2022). باکتری‌های مختلفی که در محصولات هیدرولیزی آمینو اسید استفاده می‌شوند می‌توانند نتایج متفاوتی را نشان دهند (Yusuf et al., 2020). بر اساس اطلاعات گزارش شده در (جدول ۳)، بیشترین مقدار آمینواسید از بقایای پر مرغ و

لاکتوباسیلوس یکی از باکتری‌هایی است که در محصولات هیدرولیزی اسیدآمینه استفاده می‌شود. لاکتوباسیلوس‌ها سیستم پروتئولیتیک قوی دارند و اگر محیط حاوی پروتئین یا پپتیدهای بلند باشد آنزیم‌ها زنجیره‌های را به

کمترین مقدار آن از بقایای ماهی استخراج گردید. مقدار بیشتر آمینواسید استخراج شده از پر مرغ احتمالاً به دلیل محتوای بیشتر پروتئین پر مرغ است. بر اساس گزارش‌های موجود بیش از ۹۰ درصد پر مرغ را پروتئین از نوع کراتین تشکیل می‌دهد (Kumar, 2021). مقدار کمتر پروتئین استخراج شده از ضایعات ماهی نیز احتمالاً به دلیل کم بودن مقدار کل پروتئین در نوع ضایعات ماهی استفاده شده است. بقایای ماهی مورد استفاده در این تحقیق شامل سر و دم ماهی بود که کمترین میزان پروتئین بدن ماهی را شامل می‌شود (Harianti, 2020). مزیت عمده آمینواسیدهای استخراج شده از بقایای ماهی نسبت به انواع استخراج شده از پر مرغ و ذرت، تنوع آمینواسیدهای استخراجی بود. همانطور که در (جدول ۴) نمایش داده شده است ترکیب عمده آمینواسیدی در پر مرغ و ذرت هیستیدین بوده در حالی که در ماهی آمینواسیدهای عمده شامل گلوتامیک اسید، آرژینین، فنیل آلانین و آسپارتیک اسید است. تنوع در پروفایل آمینواسیدی بقایای ماهی توسط پژوهش‌های قبلی از جمله Lise و همکاران (2021) و Mohanty و همکاران (2014) گزارش شده است. در تحقیقی دیگر Li و همکاران (2022) بیشترین آمینواسید غالب استخراج شده از پیش‌ماده ذرت را گلوتامیک اسید گزارش کردند. در حالی که در تحقیقی دیگر آمینواسید سرین بعنوان گونه غالب استخراج شده از پر مرغ گزارش شد (2021). تنوع نتایج گزارش شده به دلیل نوع روش بکار برده شده در استخراج آمینواسید است. بسته به روش مورد استفاده برخی از ترکیبات پروتئینی شکسته شده و به صورت آمینواسید استخراج می‌شوند که ممکن است باعث شد گونه خاصی از آمینواسیدها در محصول نهایی غالب باشد.

کاربرد آمینواسیدهای استخراج از هر سه منبع بطور کلی باعث افزایش رشد قسمت‌های مختلف گیاه از جمله شاخه، میوه، ریشه و جذب عناصر غذایی گردید (جداول ۶-۱۳ و شکل‌های ۱-۶). اثر محرکی رشد آمینواسیدها بر رشد گیاه و تولید محصول در منابع مختلف به خوبی مستند شده است (Baqir et al., 2019; Kawade et al., 2023; Trovato et al., 2021). اما در مورد مکانیسم درگیر در رابطه مباحث متعددی وجود دارد که در ادامه مورد بحث قرار خواهند گرفت. اسیدهای آمینه و پپتیدهای موجود در محصولات هیدرولیز پروتئینی می‌توانند فعالیت آنزیم‌های دخیل در هم‌سازی نیتروژن (مانند نیترات رداکتاز و گلوتامین سنتتاز) را تنظیم کنند. آن‌ها بر مسیرهای سیگنال‌دهی جذب نیتروژن در ریشه تأثیر گذاشته و به گیاه کمک می‌کنند تا نیتروژن را به‌طور کارآمدتری جذب و متابولیزه کند (Du Jardin, 2015). علاوه بر این، اسیدهای آمینه با تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی و اسمولاریته سلولی، تنش‌های خشکی و اکسیداتیو را تعدیل می‌کنند و در نتیجه غشاها پایدارتر شده و جذب و انتقال یونی در

سطح ریشه کارآمدتر می‌شود (Yang et al., 2020). اسیدهای آمینه با تحریک نقل و انتقال مواد (Yang et al., 2020) تنظیم منبع-مخزن و تحریک رشد زایشی، موجب کاهش رشد رویشی غیرضروری و افزایش تخصیص منابع به اندام‌های اقتصادی (میوه‌ها) می‌شوند (Calvo et al., 2014). بیشتر بودن عناصر نیتروژن، پتاسیم و منیزیم ریشه در تیمار شاهد نیز می‌تواند به دلیل تنظیم بین منبع-مخزن توسط آمینو اسیدهای موجود در کودهای آلی باشد. اسیدهای آمینه با ایجاد سیگنال قوی‌تر برای میوه از طریق تولید اتیلن، افزایش فتوسنتز و فعال‌سازی کانال‌های ترابری قند، باعث می‌شوند گیاه کربوهیدرات‌های خود را به‌طور ترجیحی به سمت میوه هدایت کند. این فرآیند منجر به افزایش عملکرد و بهبود کیفیت میوه می‌شود (Jia et al., 2016; Luo et al., 2024). بعلاوه، اسیدآمینه‌ها با بهبود فتوسنتز، افزایش جذب عناصر غذایی و تنظیم هورمونی رشد گیاه شرایط بهینه‌ای برای تقسیم و گسترش سلول‌های برگ ایجاد می‌کنند. بخشی از افزایش وزن تر ناشی از افزایش محتوای آب برگ است؛ اسیدآمینه‌ها (یا مشتقات آن‌ها مثل پرولین و بتائین) به‌عنوان اوسمولیت، تنظیم فشار اسمزی و حفظ تورژسانس سلولی را بهبود می‌دهند و در نتیجه وزن تر اندام هوایی افزایش می‌یابد (Malécange et al., 2022). افزایش وزن تر برگ و وزن میوه در تیمارهای کود آلی نیز به همین دلیل می‌باشد. مرورهای اخیر نشان می‌دهد که محرک‌های رشد (از جمله آمینواسیدها) در مزرعه به‌طور میانگین حدود ۱۵-۲۰ درصد افزایش عملکرد اضافی ایجاد می‌کنند (J. Li et al., 2022). افزایش عملکرد در تیمارهای کود آلی نشان دهنده تأثیر مثبت اسیدهای آمینه بر میزان فتوسنتز در تولید کربوهیدرات است. مطالعات روی ریحان، کاهو و گوجه‌فرنگی نشان داده‌اند که تیمارهای حاوی اسیدآمینه باعث افزایش هدایت روزنه‌ای، کارایی فتوسنتس II و نرخ جذب CO₂ شده‌اند (Della Lucia et al., 2022; Malécange et al., 2022). تقویت فتوسنتز به‌طور مستقیم باعث افزایش تولید قندهای محلول (گلوکز، فروکتوز، ساکاروز) و نشاسته در برگ و اندام‌های ذخیره‌ای می‌شود؛ در گیاهان تحت تیمار آمینواسید، افزایش معنی‌دار قندهای محلول و نشاسته گزارش شده است (Zarbaksh & Shahsavar, 2023).

در تحقیق حاضر کاربرد آمینواسیدها باعث افزایش مقدار عناصر غذایی جذب شده گردید (جداول ۵، ۶ و ۱۰)، هرچند که نتایج نشان از کاهش غلظت عناصر غذایی می‌دهد که آن را می‌توان به اثر رقت ناشی از افزایش رشد و تولید زیتوده بیشتر نسبت داد؛ اما بطور کلی مقدار عنصر غذایی جذب شده (حاصلضرب عملکرد در غلظت) افزایش یافته است. آمینواسیدها از طریق مکانیسم‌های مختلفی باعث افزایش جذب عناصر غذایی

نتیجه گیری

این پژوهش به منظور بررسی اثر محصولات هیدرولیزی کود آلی (آمینواسیدها) از منبع جانوری و گیاهی بر کشت خیار صورت گرفت. محصولات هیدرولیزی غنی از آمینواسید حاصل از بقایای ماهی، ذرت و پرمغ در این پژوهش توانستند با بهبود رشد رویشی و زایشی، جذب و انتقال عناصر غذایی و تنظیم روابط منبع-مخزن، عملکرد خیار گلخانه‌ای را به طور معنی‌داری افزایش دهند. اگرچه بیشترین درصد آمینواسید کل در هیدرولیز پرمغ به دست آمد، تیمار اسید آمینه از منبع ماهی با غلظت ۲ درصد با افزایش زیست‌توده ریشه، وزن تر برگ و میوه و تخصیص بیشتر زیست‌توده به میوه، بالاترین عملکرد را حدود ۴۰ درصد بیش از شاهد رقم زد و کارآمدترین اثر محرک رشد را نشان داد. کاهش نسبی غلظت برخی عناصر در ریشه تحت تیمارهای آمینواسیدی در کنار افزایش تجمع عناصر و زیست‌توده در میوه، بیانگر آن است که نقش اصلی این ترکیبات، تنظیم بارگیری آبکش و هدایت کربن و نیتروژن به مخازن زایشی است نه صرفاً غنی‌سازی مخزن غذایی ریشه. در مجموع، هیدرولیزات‌های حاوی آمینواسید از بقایای گیاهی و دامی، گزینه‌ای پایدار برای بازیافت پسماندهای کشاورزی و بهبود بهره‌وری کود و افزایش کمی و کیفی محصول خیار در سامانه‌های کشت حفاظت‌شده به‌شمار می‌آیند. همچنین تکنیک مورد استفاده در این آزمایش به دلیل سادگی در اجرا می‌تواند توسط کشاورزان در محل مزرعه مورد استفاده قرار بگیرد. توصیه می‌گردد جهت پژوهش‌های آتی از ضایعات دیگر محصولات کشاورزی به عنوان منبع هیدرولیز استفاده و جهت مقایسه عملکرد نهایی استفاده گردد.

تعارض منافع

هیچگونه تعارض منافع در بین نویسندگان در انتشار این پژوهش وجود ندارد.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از موسسه تحقیقات خاک و آب و کلیه پرسنل بخش تحقیقات شیمی و فیزیک خاک و فناوری کود/آزمایشگاه‌ها جهت همکاری در این پژوهش کمال تشکر و قدردانی می‌شود.

می‌شوند. بعنوان مثال، اسیدهای آمینه می‌توانند به عنوان کلات کننده عمل کرده و جذب و انتقال عناصر غذایی را افزایش دهند. اثر کلات کنندگی آمینواسیدها در تحقیق دیگری توسط سانی و یانگ (2021) نیز گزارش شده است. همچنین آمینواسیدها با بهبود فتوسنتز، رشد ریشه و وضعیت آبی، ظرفیت جذب معدنی گیاه را بالا می‌برند، به‌طوری‌که در سویا و نیشکر تحت تنش، محلول‌پاشی مخلوط اسیدهای آمینه باعث افزایش جذب P ، N ، K و Zn و بهبود عملکرد شده است (Rahman et al., 2021). تحقیقات پیشین گزارش کرده است که اسیدهای آمینه با تأثیر بر فیزیولوژی ریشه و مسیرهای جذب فعال، می‌توانند کارایی جذب عناصر ماکرو و میکرو را بهبود بخشند (Lucini et al., 2018). بطور کلی از بین آمینواسیدهای مورد استفاده، انواع استخراج شده از ضایعات ماهی اثر محرک رشد بیشتری نسبت به دو نوع دیگر از خود نشان دادند. همچنین بهترین تأثیر آمینواسیدها در سطح ۲ درصد مشاهده شد و با افزایش سطح به ۴ درصد افزایش معنی‌داری مشاهده نشد. تأثیر بیشتر آمینواسید استخراج شده از ضایعات ماهی را می‌توان به تنوع بیشتر پروفایل آمینواسیدی آن نسبت داد. همانطور که در بالا بحث گردید در محصولات هیدرولیزی حاصل از ضایعات ماهی آمینواسیدهای گلوتامیک اسید (۲/۵۴ درصد)، آرژنین (۲/۵۴ درصد)، فنیل آلانین (۲/۶۴ درصد) و آسپارتیک اسید (۱/۷ درصد) غالب بودند (جدول ۴). گلوتامیک اسید یکی از انواع اسیدهای آمینه به عنوان سیگنال دهنده باعث تغییراتی در ساختار ریشه می‌شود. گلوتامیک اسید با مهار مریستم انتهایی ریشه اصلی و تحریک انشعاب‌دهی ریشه‌های جانبی، ساختار ریشه را به گونه‌ای تغییر می‌دهد که تراکم ریشه در مناطق غنی از نیتروژن افزایش یابد (Walch-Liu & Forde, 2007). در تحقیق دیگر نیز گزارش شده است که آسپارتیک اسید و گلوتامیک اسید با تحریک فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز و افزایش توانایی کلات‌کنندگی می‌توانند جذب فسفر را افزایش دهند (Colla et al., 2015; Ertani et al., 2012). اثر موثر آمینواسیدهای استخراج شده از بقایای ماهی بر رشد خیار و شاخص‌های عملکردی مانند وزن، طول و قطر میوه، تعداد میوه در گیاه و همچنین عملکرد کل توسط (HASSAN et al., 2024) گزارش شده است.

References

- Ahmadi Abd, B., Hasheminasab, K. S., Payehghadr, M., & Shahbazi, K. (2021). Measurement of free amino acids in soil and fertilizer samples using high performance liquid chromatography equipped with ultraviolet detector. *Applied Chemistry Today*, 16(59), 21-32. <https://doi.org/10.22075/chem.2021.21427.1899>
- Akinniyi, G., Akinboye, A. J., Yang, I., & Lee, J.-G. (2024). Plant proteins, peptides, and non-protein amino acids: Toxicity, sources, and analysis. *Heliyon*, 10(15). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34890>
- Álvarez, C., Rendueles, M., & Díaz, M. (2012). Alkaline hydrolysis of porcine blood haemoglobin: applications for peptide and amino acid production. *Animal Production Science*, 53(2), 121-128. <https://doi.org/10.1071/an12148>
- Baqir, H., Zeboon, N., & Al-Behadili, A. (2019). The role and importance of amino acids within plants: A review. *Plant Archives*, 19(2), 1402-1410.
- Bettera, L., Dreier, M., Schmidt, R. S., Gatti, M., Berthoud, H., & Bachmann, H. P. (2023). Selective enrichment of the raw milk microbiota in cheese production: Concept of a natural adjunct milk culture. *Front Microbiol*, 14, 1154508. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1154508>
- Bharathi, S., & Raj, I. V. (2021). Comparative Studies on the Amino Acid and Protein Content of Broiler and Layer Chicken Feathers. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 10(7), 446-451. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2021.1007.049>
- Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and soil*, 383(1), 3-41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
- Chen, J., Ding, D., Du, G., Qi, L., Wang, H., Ren, X., Yang, J., Wang, Y., Jin, Z., & Zhang, D. (2026). Metabolic Engineering Strategies for Microbial Amino Acid Production: From Molecular Mechanisms to Systems Optimization. *Enzyme and Microbial Technology*, 110901. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2026.110901>
- Ciurko, D., Łaba, W., Żarowska, B., & Janek, T. (2021). Enzymatic hydrolysis using bacterial cultures as a novel method for obtaining antioxidant peptides from brewers' spent grain. *RSC Adv*, 11(8), 4688-4700. <https://doi.org/10.1039/d0ra08830g>
- Colla, G., Nardi, S., Cardarelli, M., Ertani, A., Lucini, L., Canaguier, R., & Rouphael, Y. (2015). Protein hydrolysates as biostimulants in horticulture. *Scientia horticulturae*, 196, 28-38. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.08.037>
- Decsi, K., Ahmed, M., Rizk, R., Abdul-Hamid, D., Kovács, G. P., & Tóth, Z. (2024). Emerging trends in non-protein amino acids as potential priming agents: implications for stress management strategies and unveiling their regulatory functions. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(11), 6203. <https://doi.org/10.3390/ijms25116203>
- Della Lucia, M. C., Baghdadi, A., Mangione, F., Borella, M., Zegada-Lizarazu, W., Ravi, S., Deb, S., Broccanello, C., Concheri, G., & Monti, A. (2022). Transcriptional and physiological analyses to assess the effects of a novel biostimulant in tomato. *Frontiers in Plant Science*, 12, 781993. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.781993>
- Di Domenico Ziero, H., Buller, L. S., Mudhoo, A., Ampese, L. C., Mussatto, S. I., & Carneiro, T. F. (2020). An overview of subcritical and supercritical water treatment of different biomasses for protein and amino acids production and recovery. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 8(5), 104406. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104406>
- Domínguez, H., Iñarra, B., Labidi, J., Mendiola, D., & Bald, C. (2024). Comparison of amino acid release between enzymatic hydrolysis and acid autolysis of rainbow trout viscera. *Heliyon*, 10(5), e27030. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27030>
- Droux, M. (2004). Sulfur assimilation and the role of sulfur in plant metabolism: a survey. *Photosynthesis Research*, 79(3), 331-348. <https://doi.org/10.1023/B:PRES.0000017196.95499.11>
- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia horticulturae*, 196, 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>

17. Emami, A. (1996). *Methods of Plant Analysis* (Vol. 1). Soil & Water Research Institute of Iran .
18. Ertani, A., Nardi, S., & Altissimo, A. (2012). Long-term research activity on the biostimulant properties of natural origin compounds. I World Congress on the Use of Biostimulants in Agriculture 1009, pp 181-187. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.1009.22>
19. Fayomi, S. I., Erukainure, O. L., & Zimbili Msomi, N. (2025). The Essentiality of Amino Acids in Healthiness and Disease State: Type II Diabetes as a Case Study. *Food Science & Nutrition*, 13(6), e70346. <https://doi.org/10.1002/fsn3.70346>Digital Object Identifier (DOI)
20. Harianti. (2020). Characterization chemical composition of skin and head bones barracuda (*Sphyraena jello*) as collagen raw material. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, (Vol. 564, No. 1, p. 012046). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/564/1/012046>
21. Hassan, m., al-maliki, a .H. Q., & abbas, h. (2024). Effect of fish protein hydrolysate on growth, yield and storability of some female cucumber hybrids (*cucumis sativus* l) grown in plastic house in basra. *Journal for technology and science ynpedumeli: antis publisher*, 1(3), 49-74. <https://doi.org/10.61796/ipteks.v1i3.200>
22. Ingrisano, R., Tosato, E., Trost, P., Gurrieri, L., & Sparla, F. (2023). Proline, cysteine and branched-chain amino acids in abiotic stress response of land plants and microalgae. *Plants*, 12(19), 3410. <https://doi.org/10.3390/plants12193410>
23. Jia, H., Jiu, S., Zhang, C., Wang, C., Tariq, P .,Liu, Z., Wang, B., Cui, L., & Fang, J. (2016). Absciscic acid and sucrose regulate tomato and strawberry fruit ripening through the absciscic acid-stress-ripening transcription factor. *Plant Biotechnology Journal*, 14(10), 2045-2065. <https://doi.org/10.1111/pbi.12563>
24. Kawade, K., Tabeta, H., Ferjani, A., & Hirai, M. Y. (2023). The roles of functional amino acids in plant growth and development. *Plant and Cell Physiology*, 64(12), 1482-1493. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcad071>
25. Kumar, B., Patel, A. K., & Rao, A. R. (2011). Mass transfer and shear rate in baffled surface aerator. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 28(2), 502-506. <https://doi.org/10.1007/s11814-010-0377-2>
26. Kumar, J. (2021). *Microbial hydrolysed feather protein as a source of amino acids and protein in the diets of animals including poultry*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.96925>
27. Li, J., Van Gerrewey, T., & Geelen, D. (2022). A meta-analysis of biostimulant yield effectiveness in field trials. *Frontiers in Plant Science*, 13, 836702. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.836702>
28. Li, S. Y., Ng, I. S., Chen, P. T., Chiang, C. J & .Chao, Y. P. (2018). Biorefining of protein waste for production of sustainable fuels and chemicals. *Biotechnol Biofuels*, 11, 256. <https://doi.org/10.1186/s13068-018-1234-5>
29. Li, X., Lee, P.-R., Taniyasuri, F., & Liu, S.-Q. (2020). Effect of lactic acid bacterial fermentation on amino acids and volatile compounds of pork trimming hydrolysate. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(1), 429-440. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14658>
30. Li, Z., Hong, T., Shen, G., Gu, Y., Guo, Y., & Han, J. (2022). Amino acid profiles and nutritional evaluation of fresh sweet-waxy corn from three different regions of China. *Nutrients*, 14(19), 3887. <https://doi.org/10.3390/nu14193887>
31. Lise, C. C., Marques, C., Bonadimann, F. S., Pereira, E. A., & Mitterer-Daltoé, M. L. (2021). Amino acid profile of food fishes with potential to diversify fish farming activity. *Journal of Food Science and Technology*, 58(1), 383-388. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04747-1>
32. Lucini, L., Roupahel, Y., Cardarelli, M., Bonini, P., Baffi, C., & Colla, G. (2018). A vegetal biopolymer-based biostimulant promoted root growth in melon while triggering brassinosteroids and stress-related compounds. *Frontiers in Plant Science*, 9, 472. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00472>
33. Luo, M., Jia, M., Pan, L., Chen, W., Zhou, K., & Xi, W. (2024). Sugar transporters PpSWEET9a and PpSWEET14 synergistically mediate peach sucrose allocation from source leaves to fruit. *Commun Biol*, 7(1), 1068. <https://doi.org/10.1038/s42003-024-06767-5>
34. MAJ, M. o. A. J. (2026). *Agricultural Jahad statistics*. <https://agrodl.ir/statistics/> (In persian)

35. Malécange, M., Pérez-Garcia, M.-D., Citerne, S., Sergheraert, R., Lalande, J., Teulat, B., Mounier, E., Sakr, S., & Lothier, J. (2022). Leafamine®, a free amino acid-rich biostimulant, promotes growth performance of deficit-irrigated lettuce. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(13), 7338. <https://doi.org/10.3390/ijms23137338>
36. Mayta-Apaza, A. C., García-Cano, I., Dabrowski, K., & Jiménez-Flores, R. (2021). Bacterial Diversity Analysis and Evaluation Proteins Hydrolysis during the Acid Whey and Fish Waste Fermentation. *Microorganisms*, 9(1), 100. <https://doi.org/10.3390/microorganisms9010100>
37. Mirzaie Gorji, N., Shabanali Fami, H., Asadi, A., Barati, A. A., & Asgari Sarcheshmeh, M. A. (2024). An Analysis of the Strategic Space of Apple Waste Management in the Supply Chain of Tehran Province. *Village and Development*, 26(4), 1-24. <https://doi.org/10.30490/rvt.2023.359571>. 1477
38. Mohanty, B., Mahanty, A., Ganguly, S., Sankar, T., Chakraborty, K., Rangasamy, A., Paul, B., Sarma, D., Mathew, S., & Asha, K. K. (2014). Amino acid compositions of 27 food fishes and their importance in clinical nutrition. *Journal of amino acids*, 2014(1), 269797. <https://doi.org/10.1155/2014/269797>
39. Moradi, y. (2024). Governance ethics in the management of aquatic processing waste in the country The First National Conference on Ethics in Agriculture and Food, Tehran, iran. (In persian)
40. Muñoz, J. A., Suckeveris, D., Demuner, L. F., Caetano, V. C., Silva, A. D. L., Almeida, T. W., Faria Filho, D. E., & Faria, D. E. (2023). Productive and economic performance of broiler chickens fed diets with different nutritional levels. *An Acad Bras Cienc*, 95(4), e20200683. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202320200683>
41. Pouryousef Miandoab, M., & Shahravan, N. (2014). Effect of foliar application of Amino Acids at different times on yield and yield components of maize. *crop physiology journal*, 6(23), 21-32. <https://doi.org/20.1001.1.2008403.1393.6.23.2.6>
42. Rahman, M., Mostofa, M. G., Keya, S. S., Rahman, A., Das, A. K., Islam, R., Abdelrahman, M., Bhuiyan, S. U., Naznin, T., & Ansary, M. U. (2021). Acetic acid improves drought acclimation in soybean: an integrative response of photosynthesis, osmoregulation, mineral uptake and antioxidant defense. *Physiologia plantarum*, 172(2), 334-350. <https://doi.org/10.1111/ppl.13191>
43. Raveschot, C., Cudennec, B., Coutte, F., Flahaut, C., Fremont, M., Drider, D., & Dhulster, P. (2018). Production of bioactive peptides by Lactobacillus species: from gene to application. *Frontiers in microbiology*, 9, 2354. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02354>
44. Rehlund, A.-S. G., Canoy, T. S., Nielsen, D. S., Lund, M. N., & Poojary, M. M. (2025). Protein hydrolysis for amino acid analysis revisited. *Food Chemistry*, 495, 146224. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.146224>
45. Sak-Ubol, S., Namvijitr, P., Pechsrichuang, P., Haltrich, D., Nguyen, T. H., Mathiesen, G., Eijsink, V. G., & Yamabhai, M. (2016). Secretory production of a beta-mannanase and a chitosanase using a Lactobacillus plantarum expression system. *Microb Cell Fact*, 15, 81. <https://doi.org/10.1186/s12934-016-0481-z>
46. Sani, M., & Yong, J. (2021). Harnessing synergistic biostimulatory processes: a plausible approach for enhanced crop growth and resilience in organic farming. *Biology*. 2022; 11: 41. In: s Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published. <https://doi.org/10.3390/biology11010041>
47. Shahbazi, K., Davoodi, M. H., & Ardebili, F. (2018). *Methods of Fertilizer Analysis*. Soil & Water Research Institute of Iran.
48. Sun, T., Xiao, W., Jiang, C., Wang, J., & Liu, Z. (2019). Producing amino acid fertilizer by hydrolysis of the fermented mash of food waste with the synergy of three proteases expressed by engineered Candida utilis. *Bioresource Technology Reports*, 7, 100268. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2019.100268>
49. Sun, W., Shahrajabian, M. H., Kuang, Y., & Wang, N. (2024). Amino acids biostimulants and protein hydrolysates in agricultural sciences. *Plants*, 13(2), 210. <https://doi.org/10.3390/plants13020210>
50. Szopa, D., Skrzypczak, D., Izydorczyk, G., Chojnacka, K., Moustakas, K., & Witek-Krowiak, A. (2023). Waste Valorization towards Industrial Products through Chemo- and Enzymatic- Hydrolysis. *Bioengineered*, 14(1), 2184480.

- <https://doi.org/10.1080/21655979.2023.2184480>
51. Trovato, M., Funck, D., Forlani, G., Okumoto, S., & Amir, R. (2021). Amino acids in plants: Regulation and functions in development and stress defense. In (Vol. 12, pp. 772810): Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.772810>
 52. Walch-Liu, P., & Forde, B. G. (2007). L-Glutamate as a novel modifier of root growth and branching: what's the sensor? *Plant Signaling & Behavior*, 2(4), 284-286. <https://doi.org/10.4161/psb.2.4.4016>
 53. Yang, G., Wei, Q., Huang, H., & Xia, J. (2020). Amino acid transporters in plant cells: a brief review. *Plants*, 9(8), 967. <https://doi.org/10.3390/plants9080967>
 54. Yusuf, I., Garba, L., Shehu, M. A., Oyiza, A. M., Kabir, M. R., & Haruna, M. (2020). Selective biodegradation of recalcitrant black chicken feathers by a newly isolated thermotolerant bacterium *Pseudochrobactrum* sp. IY-BUK1 for enhanced production of keratinase and protein-rich hydrolysates. *International Microbiology*, 23(2), 189-200. <https://doi.org/10.1007/s10123-019-00090-4>
 55. Zarbakhsh, S., & Shahsavar, A. R. (2023). Exogenous γ -aminobutyric acid improves the photosynthesis efficiency, soluble sugar contents, and mineral nutrients in pomegranate plants exposed to drought, salinity, and drought-salinity stresses. *BMC Plant Biology*, 23(1), 543. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04568-2>
 56. Zhang, H., Xu, M., Hu, S., Zhao, H., & Zhang, B. (2022). The enzyme gene expression of protein utilization and metabolism by *Lactobacillus helveticus* CICC 22171. *Microorganisms*, 10(9), 1724. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10091724>
 57. Zhu, L., Wang, J., Feng, Y., Yin, H., Lai, H., Xiao, R., He, S., Yang, Z., & He, Y. (2022). Process Optimization, Amino Acid Composition, and Antioxidant Activities of Protein and Polypeptide Extracted from Waste Beer Yeast. *Molecules*, 27(20). <https://doi.org/10.3390/molecules2720682>