The University of Tehran Press

Iranian Journal of Plant Protection Science

Online ISNN: 2008-4781

Homepage: http://ijpps.ut.ac.ir/

Investigation of the Effect of *Fusarium* Basal Plate and Root Rot Disease on morphological indices of some edible onion genotypes (*Allium cepa* L.)

Mansoore Hosseini-Koupaei [1]✉, Narges Ashrafi [2], Mehdi Nasr Esfahani [4] and Shabnam Abbasi [4]

1. Corresponding author, Department of Biology, Faculty of Science, Naghshejahan Higher Education Institute, Isfahan, Iran. E-mail: mansoorehosainy@gmail.com
2. Department of Biology, Faculty of Science, ShahreKord University, ShahreKord, Iran. E-mail: ashrafinarges1940@gmail.com
3. Plant Protection Research Department, Esfahan Agriculture and Natural Resource Research and Education Center, Esfahan, AREEO, Iran. E-mail: mne2011@gmail.com
4. Department of Biology Education, Farhangian University, Tehran, Iran. E-mail: sh.abbasi@cfu.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 19 December 2025

Revised: 29 December 2025

Accepted: 30 December 2025

Published online: Atumn and Winter 2025

Keywords:

Biotic Stress,

Genetic Resistance,

Red Onion Landraces,

Seed Yield.

ABSTRACT

The onion plant (*Allium cepa* L.), as one of the most strategic crops in the global food industry and the second most consumed vegetable after tomato, holds a significant position in agricultural economics. Due to its bioactive compounds such as flavonoids and phenolic compounds, it possesses extensive medicinal properties, including anti-diabetic, antimicrobial, and cardiovascular protective effects, in addition to its nutritional value. However, onion production faces serious biotic challenges, among which soil-borne diseases particularly basal rot caused by the fungus *Fusarium* represent the most critical threat to onion fields due to its long-term persistence in the soil and severe yield reduction. Given the limitations of chemical control, identifying resistant genotypes is the most sustainable strategy to address this crisis. Therefore, this research was designed to evaluate genetic diversity and identify genotypes tolerant to biotic stresses (specifically *Fusarium*) among Iranian landraces and commercial onion populations. To this end, ten genotypes comprising eight Iranian landraces and two international cultivars were investigated under both field and greenhouse conditions using a Randomized Complete Block Design (RCBD). Assessments were conducted based on changes in morphological indices and seed yield components in response to pathogen inoculation. Morphological evaluations revealed significant differences among cultivars regarding growth indices and resistance levels. Based on the findings, *Fusarium* infection led to a significant reduction in leaf number, leaf length, and stalk number in susceptible cultivars. Furthermore, correlation analyses demonstrated that morphological traits, such as leaf number and stalk length, have a direct relationship with seed yield and can serve as selection indices in breeding programs to introduce resistant and high-quality cultivars to farmers. Overall, the results of this study demonstrated that the response of indigenous landraces (such as 'Ghermez-e-Azarshahr') to the pathogen was more favorable compared to commercial cultivars, exhibiting higher stability in morphological indices.

Cite this article: Hosseini-Koupaei, M., Ashrafi, N., Nasr Esfehani, M. & Abbasi, Sh. (2025). Investigation of the Effect of *Fusarium* Basal Plate and Root Rot Disease on morphological indices of some edible onion genotypes (*Allium cepa L.*). *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 56 (2), 343-362. DOI: https://doi.org/10.22059/ijpps.2026.410377.1007113

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijpps.2026.410377.1007113

Extended Abstract

Introduction

The onion (*Allium cepa* L.) is one of the most widely cultivated and consumed vegetable crops globally, holding a pivotal position in both the agricultural sector and the human diet due to its extensive nutritional and medicinal properties. Historically, onions have been utilized not only as a food flavoring agent but also as a therapeutic remedy in traditional medicine systems. Modern scientific research has validated many of these traditional uses, confirming that onions are rich in bioactive compounds such as flavonoids (particularly quercetin), organosulfur compounds, and phenolic acids. These constituents confer significant antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial, anticoagulant, and anti-allergic properties to the plant. Consequently, regular consumption of onions is associated with a reduced risk of various chronic conditions, including cardiovascular diseases, diabetes, renal disorders, and arthritis. Despite its immense value, onion production is severely constrained by a myriad of biotic and abiotic stressors. Among the biotic factors, fungal diseases pose a critical threat to yield stability and quality. Specifically, Fusarium root and basal plate rot disease, caused primarily by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*, are devastating soil-borne pathogens that affect the bulb during the growing season and storage, leading to significant economic losses. These diseases are notoriously difficult to manage because chemical control methods are often ineffective and environmentally unsustainable. Therefore, the development of resistant varieties through the screening and selection of superior genotypes represents the most efficient and eco-friendly strategy to combat these pathogens. Identifying genotypes with desirable morphological traits and genetic resistance is essential for ensuring sustainable onion production and food security.

Methods

To address the challenges posed by Fusarium-related diseases and to identify superior genetic material for cultivation, a comprehensive study was conducted on 10 distinct genotypes of edible onion (*Allium cepa* L.). The research methodology focused on a detailed morphological characterization of these genotypes alongside an assessment of their resistance to Fusarium root and basal plate rot disease. The experiment was designed to evaluate the growth patterns, yield components, and disease incidence under controlled environmental conditions. The selected genotypes were cultivated in a randomized arrangement to minimize environmental bias. Throughout the growth cycle, key morphological parameters—such as plant height, leaf number, leaf length, bulb diameter, bulb weight, and neck thickness—were meticulously recorded and analyzed. Furthermore, to evaluate disease resistance, the plants were subjected to pathogen inoculation or were monitored in conditions conducive to disease development. The severity of Fusarium root and basal plate rot disease symptoms was scored using standardized disease rating scales. Data collected from both morphological assessments and disease screenings were subjected to statistical analysis to determine significant differences among the genotypes and to correlate morphological traits with disease resistance levels.

Results

The analysis of the data revealed significant morphological diversity among the 10 evaluated onion genotypes. The study demonstrated that genotypes varied considerably in their vegetative growth characteristics, bulb morphology, and overall yield potential. Certain genotypes exhibited robust vegetative growth, characterized by vigorous root systems and extensive leaf area, which are often correlated with higher photosynthetic capacity and bulb yield. In terms of disease resistance, the screening against Fusarium root and basal plate rot disease showed a spectrum of responses among the genotypes. While some genotypes displayed high susceptibility to *Fusarium* infection, manifesting severe rotting at the root and neck regions and subsequent yield reduction, others showed moderate to high levels of tolerance. The resistant genotypes maintained better bulb integrity and lower disease severity scores even under pathogen pressure. Importantly, the results indicated a potential correlation between specific morphological traits—such as neck thickness and root structure—and the degree of disease resistance. The yield analysis confirmed that genotypes combining favorable morphological features with disease resistance produced the highest marketable yields compared to susceptible ones.

Conclusion

This study underscores the critical importance of genetic diversity in onion breeding programs aimed at improving yield and disease resistance. The successful identification of morphological variations and differential responses to Fusarium root and basal plate rot disease among the 10 genotypes provides valuable genetic resources for future cultivation. The findings suggest that selecting genotypes with specific morphological traits can serve as a practical indicator for breeding disease-resistant varieties. For farmers and agricultural stakeholders, the adoption of the identified superior genotypes offers a sustainable solution to mitigate the impact of fungal diseases, thereby reducing reliance on chemical fungicides and lowering

production costs. Ultimately, the cultivation of these high-yielding, disease-resistant onion genotypes will contribute significantly to enhancing the productivity and quality of onions in the country, ensuring better economic returns for growers and a more stable supply of this essential crop for consumers.

Author Contributions

"Conceptualization, M.N-E., methodology, M.N-E., software, M.HK; validation, M.N-E, formal analysis, N.A.; investigation, N.A.; resources, S.A, writing—original draft preparation, S.A.

All authors have read and agreed to the published version of the manuscript." Please turn to the CRediT taxonomy for the term explanation. Authorship must be limited to those who have contributed substantially to the work re-ported.

Data Availability Statement

The data generated and analyzed during this study are included in this published article and its supplementary information files.

Acknowledgements

The authors would like to thank all participants of the present study.

Ethical considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

نشریه دانش گیاهپزشکی ایران، دوره ۵۶، شماره ۲

انتشارات دانشگاه تهران

شاپا الکترونیکی: ۷۸۶۸-۲۴۲۳

Homepage: http://ijpps.ut.ac.ir/

بررسی تأثیر بیماری پوسیدگی فوزاریومی ریشه و طبق بر شاخص‌های ریختی چند ژنوتیپ پیاز خوراکی (*Allium cepa* L.)

منصوره حسینی کوپائی [۱]✉ | نرگس اشرفی [۲] | مهدی نصر اصفهانی [۳] | شبنم عباسی [۴]

۱. نویسنده مسئول، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، موسسه آموزش عالی نقش جهان، اصفهان، ایران. رایانامه: mansoorehosainy@gmail.com

۲. گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران. رایانامه: ashrafinarges1940@gmail.com

۳. بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، ایران. رایانامه: mne2011@gmail.com

۴. گروه آموزش زیست شناسی، دانشگاه فرهنگیان، تهران، ایران. رایانامه: sh.abbasi@cfu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۰/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۰۹
تاریخ انتشار: پاییز و زمستان ۱۴۰۴

کلیدواژه‌ها:
تنش زیستی، توده های بومی پیاز قرمز، عملکرد بذر، مقاومت ژنتیکی.

چکیده

گیاه پیاز (*Allium cepa* L.)، به عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات استراتژیک در صنایع غذایی جهان و دومین محصول پرمصرف صیفی پس از گوجه‌فرنگی، جایگاه ویژه‌ای در اقتصاد کشاورزی دارد. این گیاه به دلیل دارا بودن ترکیبات زیست‌فعال نظیر فلاونوئیدها و ترکیبات فنولی، علاوه بر ارزش غذایی، دارای خواص دارویی گسترده از جمله اثرات ضددیابتی، ضد میکروبی و محافظت‌کننده از سیستم قلبی–عروقی است. با این حال، تولید این محصول با چالش‌های جدی زیستی روبروست که در میان آن‌ها، بیماری‌های خاک‌زاد به ویژه پوسیدگی ریشه و طبق ناشی از قارچ فوزاریوم، به دلیل ماندگاری طولانی در خاک و کاهش شدید عملکرد، جدی‌ترین تهدید برای مزارع پیاز محسوب می‌شود. با توجه به محدودیت‌های مبارزه شیمیایی، شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم پایدارترین راهکار مقابله با این بحران است. لذا این تحقیق با هدف ارزیابی تنوع ژنتیکی و شناسایی ارقام متحمل به تنش‌های زیستی (به‌ویژه فوزاریوم) در بین توده‌های بومی و تجاری پیاز طراحی گردید. در این راستا، ۱۰ ژنوتیپ شامل هشت توده بومی ایران و دو رقم خارجی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شرایط مزرعه و گلخانه مورد بررسی قرار گرفتند. ارزیابی‌ها بر اساس تغییرات شاخص‌های مورفولوژیک و اجزای عملکرد بذر در پاسخ به مایه زنی پاتوژن انجام شد. نتایج ارزیابی‌های مورفولوژیک نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار میان ارقام از نظر شاخص‌های رشد و میزان مقاومت بود. بر اساس یافته‌ها، بیماری فوزاریوم منجر به کاهش معنی‌دار تعداد برگ، طول برگ و تعداد ساقه در ارقام حساس گردید. همچنین، تحلیل‌های همبستگی نشان داد که صفات مورفولوژیک نظیر تعداد برگ و طول ساقه با میزان عملکرد بذر رابطه مستقیم دارند و می‌توانند به عنوان شاخص‌های گزینش در برنامه‌های اصلاحی برای معرفی ارقام مقاوم و باکیفیت به کشاورزان مورد استفاده قرار گیرند. در مجموع، نتایج این تحقیق نشان داد که واکنش ارقام بومی (مانند قرمز آذرشهر) نسبت به ارقام تجاری در برابر پاتوژن مطلوب‌تر بوده و پایداری شاخص‌های مورفولوژیک در آن‌ها بالاتر است.

استناد: حسینی کوپائی، منصوره؛ اشرفی، نرگس؛ نصر اصفهانی، مهدی و عباسی، شبنم (۱۴۰۴). بررسی تأثیر بیماری پوسیدگی فوزاریومی ریشه و طبق بر شاخص‌های ریختی چند ژنوتیپ پیاز خوراکی (Allium cepa L.). *نشریه دانش گیاهپزشکی ایران*، ۵۶ (۲)، ۳۶۲-۳۴۳. DOI: https://doi.org/10.22059/ijpps.2026.410377.1007113

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijpps.2026.410377.1007113

مقدمه

گیاه پیاز خوراکی (*Allium cepa* L.)، متعلق به زیر رده Magnoliidae، راسته Asparagales و تیره Amaryllidaceae است (POWO, 2024). این محصول از جمله مهم‌ترین گیاهان خوراکی تک‌لپه‌ای در جهان محسوب می‌شود که سابقه کشت آن به بیش از پنج هزار سال پیش بازمی‌گردد. اگرچه بر اساس گزارش POWO، این گیاه بومی کشور ترکمنستان است که به سایر نقاط جهان معرفی شده، اما محققان معتقدند که فرآیند اهلی‌سازی آن ابتدا در نواحی کوهستانی آسیای میانه شامل ترکمنستان، ازبکستان، تاجیکستان، شمال ایران، افغانستان و پاکستان صورت گرفته است (Brewster, 1982; Suleria et al., 2015). این گیاه از ۴۰۰۰ سال پیش کشت می‌شده است. در نسخه‌های کتب قدیمی مصر که نوشته‌های خود را روی پاپیروس می‌نوشتند، از اثرات دارویی پیاز سخن به میان آمده است.

در حال حاضر، پیاز یکی از استراتژیک‌ترین محصولات زراعی است که در ایران و جهان سطح زیر کشت وسیعی را به خود اختصاص داده است. کشور ایران به دلیل قرارگیری در منشأ جغرافیایی این گیاه، به عنوان یکی از مراکز اصلی تنوع ژنتیکی پیاز شناخته می‌شود که این امر پتانسیل بالایی را برای برنامه‌های اصلاحی و گزینش ارقام مقاوم فراهم می‌آود (Poursakhi et al., 2025).

از نظر بیولوژیک، پیاز دارای چرخه زندگی دو ساله است؛ به این صورت که در سال اول رشد رویشی (تشکیل برگ و سوخ) صورت می‌گیرد و اندام‌های زایشی که مسئول تولید بذر هستند، در سال دوم پس از طی دوره سرمایی (بهاره‌سازی) تشکیل می‌شوند (Haile et al., 2017).

بیماری‌های مهم پیاز عبارتند از انواع بیماری‌های قارچی، انواع بیماری‌های باکتریایی، نماتدها و بعضی آفات مهم نظیر تریپس پیاز و مگس پیاز (Taylor *et al*., 2019، Yağmur *et al.*, 2024، Belo *et al.*, 2023، Chorolque *et al.*, 2018، Pandiyan *et al.*, 2024، Moretti *et al.*, 2021).

بیماری پوسیدگی فوزاریومی ریشه و طبق که توسط قارچ خاک‌زاد *Fusarium oxysporum* Schlecht. emend. Snyder & Hansen ایجاد می‌شود، یکی از مخرب‌ترین بیماری‌های پیاز در سطح جهان است. این بیمارگر قارچی با حمله به بافت‌های طبق و ریشه، باعث تخریب سیستم انتقال آب و مواد غذایی می‌شود. علائم اولیه به صورت زرد شدن و خشک شدن نوک برگ‌ها ظاهر شده و در نهایت به کل بوته گسترش می‌یابد. در مراحل پیشرفته، ریشه‌ها از بین رفته و طبق پیاز دچار پوسیدگی نرم و قهوه‌ای می‌شود که اغلب با پوشش قارچی سفید یا صورتی همراه است. این بیماری نه تنها در مزرعه باعث کاهش تراکم بوته و افت عملکرد می‌شود، بلکه یکی از عوامل اصلی ضایعات پس از برداشت در انبارها به شمار می‌رود. به دلیل توانایی تولید کلامیدوسپور (هاگ‌های مقاوم)، این قارچ می‌تواند تا سال‌ها در خاک زنده بماند که این امر مبارزه شیمیایی را دشوار و ناکارآمد می‌کند. محققان مختلفی بر اهمیت شناسایی ارقام مقاوم به عنوان راهکار اصلی مدیریت این بیماری تأکید کرده‌اند: Tylor و همکاران (۲۰۱۹)، در مطالعه‌ای بر روی تنوع ژنتیکی پیاز، دریافتند که مقاومت به پوسیدگی فوزاریومی یک صفت کمی و پیچیده است. آن‌ها تأکید کردند که استفاده از ژنوتیپ‌های بومی می‌تواند منابع ژنتیکی جدیدی را برای مقاومت به این بیماری فراهم کند. Yağmur و همکاران (۲۰۲۴)، نشان دادند که شدت آلودگی فوزاریومی رابطه مستقیمی با کاهش شاخص‌های مورفولوژیک از جمله ارتفاع بوته و وزن غده دارد. آن‌ها بیان کردند که گزینش ارقام بر اساس پتانسیل رشد در شرایط آلودگی، موثرترین روش برای کاهش خسارت است. Belo و همکاران (۲۰۲۳)، ر بررسی پاسخ‌های دفاعی پیاز، مشاهده کردند که ارقام مقاوم دارای ساختارهای سلولی مستحکم‌تری در ناحیه طبق هستند که مانع از نفوذ سریع ریسه‌های قارچ به داخل سوخ می‌شود.

با توجه به اینکه ارقام بومی پیاز ایران (مانند قرمز آذرشهر و سفید کاشان) تحت شرایط اقلیمی و فشارهای بیولوژیک منطقه تکامل یافته‌اند، احتمال وجود ژن‌های مقاومت در آن‌ها بسیار بالاست. ارزیابی این ارقام در مقایسه با ارقام حساس خارجی (مانند تگزاس ارلی گرانو)، علاوه بر معرفی بهترین گزینه برای کشت، به اصلاح‌گران کمک می‌کند تا از این توده‌ها به عنوان والد در برنامه‌های به‌نژادی استفاده کنند. از اینرو بنا بر اهمیت اقتصادی این محصول در امنیت غذایی و صادرات، حفظ سلامت آن در برابر تنش‌های زیستی از اولویت‌های بخش کشاورزی است. لذا در این پژوهش، ژنوتیپ‌های مورد کشت نسبت به یکدیگر مطالعه گردیدند. در این مطالعه، تعداد ۱۰ ژنوتیپ پیاز متعلق به گونه ی *A. cepa* با هدف تعیین رابطهٔ مورفولوژیکی، فنولوژیکی و ژنوتیپ‌های حساس، متحمل و مقاوم به بیماری پوسیدگی ریشه وطبق مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان بخش آفات و بیماری‌ها با طول جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۶ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۴ دقیقه شمالی و ارتفاع حدود ۱۵۰۰ متر از سطح دریا انجام شد. میانگین حداکثر دمای مطلق منطقه در طی دوره برابر با ۲۷/۳۰ درجه سانتی گراد بود. همچنین، ساعات آفتابی برابر با ۱۰/۱۵ ساعت گزارش شده است (ایستگاه هواشناسی استان اصفهان).

به منظور شناخت ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی بستر کشت و اطمینان از عدم وجود عوامل محدودکننده رشد، پیش از اجرای آزمایش، نمونه‌برداری ترکیبی از خاک مزرعه و گلخانه انجام و در آزمایشگاه خاک‌شناسی مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان تجزیه گردید (جدول ۱). بر اساس این نتایج، بافت خاک مزرعه از نوع لومی–شنی تعیین شد؛ این نوع بافت به دلیل تهویه مناسب و زهکشی مطلوب، بستری ایده‌آل برای توسعه سیستم ریشه‌ای پیاز و همچنین فراهم‌سازی شرایط بهینه جهت فعالیت و گسترش پاتوژن‌های خاک‌زاد (از جمله قارچ فوزاریوم) فراهم می‌آورد. همچنین، میزان اسیدیته (pH) خاک در محدوده ۷/۷ و ۷/۴ اندازه‌گیری شد که نشان‌دهنده واکنش قلیایی ملایم و شرایط استاندارد برای جذب عناصر غذایی توسط گیاه پیاز در اقلیم منطقه است.

جدول ۱. نتایج تجزیه خاک مربوط به مزرعه و گلخانه.

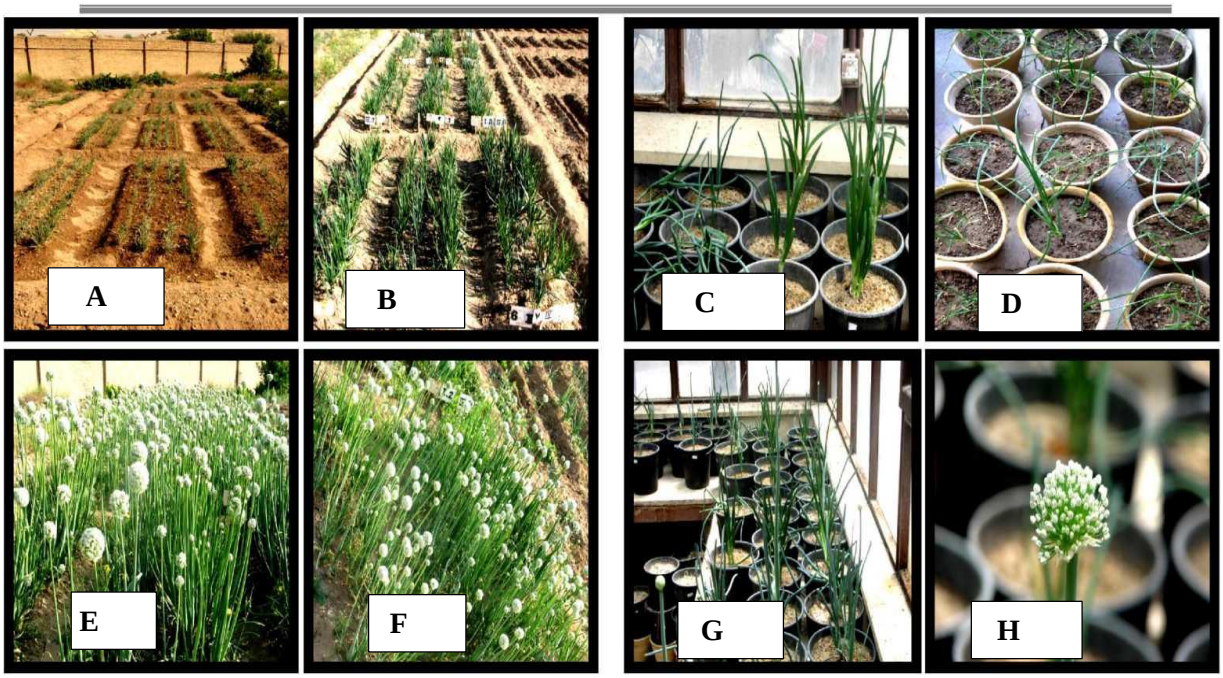
نمونه خاک	هدایت الکتریکی	اسیدیته کل اشباع	ازت کل	کربن آلی	فسفر قابل تبادل	پتاسیم قابل تبادل	شن	سیلت	رس
			درصد (%)		میلی گرم بر کیلوگرم (درصد) (mg/kg %)				
گلخانه	۲/۲۹	۷/۴	۰/۰۳	۱/۳۵	۵۸	۸۹/۳	۶۲/۶	۲۸	۹/۴
مزرعه	۵/۵۴	۷/۷	۰/۲	۲	۳۶/۵	۱۳۵	۵۸/۶	۲۴	۱۷/۴

در این آزمایش، هشت رقم بومی پیاز ایران شامل قرمز آذرشهر، سفید کاشان، سفید قم، درچه اصفهان، هرسین کرمانشاه، اسحاق‌آباد نیشابور، قولی‌قصه زنجان و ابرکوه یزد مورد بررسی قرار گرفتند و با دو رقم خارجی سویت اسپانیش و تگزاس ارلی گرانو مقایسه شدند. تمامی این ارقام متعلق به گونه *A. cepa* بودند؛ به طوری که نمونه‌های داخلی جزو ارقام پرکاربرد کشور و ارقام خارجی مربوط به کشورهای اسپانیا و آمریکا محسوب می‌شدند. در این تحقیق، ژنوتیپ‌های منتخب به منظور تعیین سطح دقیق مقاومت و گروه‌بندی در سه رده‌ی حساس، متحمل و مقاوم به بیماری پوسیدگی ریشه و طبق فوزاریومی مورد آزمایش قرار گرفتند. این بررسی بر پایه شاخص‌های رشد و صفات مورفولوژیک انجام شد تا تفاوت‌های عملکردی ارقام بومی و خارجی در مواجهه با پاتوژن به صورت آماری تبیین گردد.

گونه *F. oxysporum* از آزمایشگاه گیاه‌پزشکی مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان تهیه گردید. به منظور فعال‌سازی، جدایه‌ها مجدداً روی محیط تجدید کشت، تک اسپور و خالص سازی گردید. لذا، نمونه‌ها در شرایط استریل (هود استریل) روی محیط کشت PDAکشت و جهت رشد و تشکیل کلنی در آنکوباتور در دمای ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. سپس به منظور اطمینان از بیماری‌زایی مجدد جدایه‌ها، چند گلدان با تهیه سوسپانسیون رقیق از قارچ عامل بیماری مایه‌زنی شدند و در هر گلدان یک عدد پیاز کشت گردید. گلدان ها در آزمایشگاه در دمای محیطی ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد نگه داری و رطوبت لازم با قرار دادن تشتک های حاوی آب و نیز اسپری آب مقطر استریل حفظ گردید. پس از مشاهده‌ی علایم و ایجاد بیماری، از قسمت های فعال نقاط آلوده ی ریشه، نمونه‌هایی به روش ذیل کشت و جداسازی شد. نمونه‌های ریشه ی آلوده با جریان آب معمول شستشو و سپس توسط کلرور جیوه به مدت یک دقیقه ضدعفونی سطحی گردید. قطعات ضدعفونی شده را با آب مقطر ۳ بار شستشو داده و در اتاقک کشت، خشک و سپس این قطعات بر روی محیط کشت PDAو به آنکوباتور با دمای ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد منتقل گردید (Koycu and Ozer, 1997). دانه های گندم (۱۵۰ گرم) و ۳۰۰ میلی لیتر آب مقطر در ارلن تمیز قرار داده شد و اتوکلاو گردید. پس از سرد شدن ، هر ارلن با ۳ دیسک میسلیوم به قطر ۰/۵ سانتی متر از کلنی های قارچی کشت شده بر روی محیط کشت

PDA تلقیح گردید و به مدت ۱۴ روز، هر روز ۱ دقیقه با دست به هم زده و در دمای ۱±۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس، محتوی تمام ارلن ها را با هم مخلوط نموده تا یکنواخت و برای مایه زنی آماده گردند (Ozer et al., 2004).

آزمایشات گلخانه‌ای با استفاده از گلدان‌های حاوی حدود ۳ تا ۵ کیلوگرم خاک سترون مخلوط (با نسبت برابر ۱:۱:۱ از خاک، ماسه و کود پوسیده) انجام شد. پیش از کاشت غده‌های مربوط به هر ژنوتیپ، گلدان‌ها با قارچ رشد یافته روی دانه گندم آلوده شدند. بدین صورت که حدود ۱۰ گرم دانه گندم آلوده به قارچ بیماری‌زا در کف حفره کاشت قرار گرفت و سپس پیازهای آزمایشی روی آن گذاشته و با خاک همان گلدان پوشانده شد (Ozer et al., 2004). در این مرحله، برای هر رقم ۵ گلدان (هر گلدان شامل ۵ غده پیاز) در کنار ۵ نمونه شاهد کشت شد. عملیات کاشت مزرعه‌ای نیز در تاریخ ۲۵ اسفند ماه آغاز گردید. در این راستا، پیازهای مورد آزمون روی پشته‌هایی به طول ۲ تا ۵/۲ متر، به تعداد ۱۰ تا ۱۵ غده و با فاصله حدود ۲۰ سانتی‌متر کاشته شدند؛ به طوری که برای هر رقم، ۵ پیاز (تکرار)، از مجموع پیازهای ۲ پشته (معادل ۲۰ تا ۳۰ پیاز) جهت اندازه گیری فاکتورهای مورفولوژیکی در نظر گرفته شد. آلوده‌سازی در مزرعه نیز همانند روش گلخانه‌ای با عامل قارچی انجام پذیرفت. در مجموع برای هر رقم حدود ۱۰۰ تا ۱۲۰ پیاز کشت و مطالعه گردید (شکل ۱).



شکل ۱. تصاویر ارقام پیاز مورد کاشت در سطح مزرعه و گلخانه (A: نمای کلی از پلات‌های آزمایشی در سطح مزرعه و چیدمان ردیف‌های کاشت ارقام بومی و خارجی، B: وضعیت رشد رویشی و استقرار گیاهچه‌های پیاز در کرت‌های مزرعه همراه با اتیکت‌گذاری ژنوتیپ‌ها جهت تفکیک، C: مرحله رشد رویشی (تشکیل برگ‌ها) در گلدان‌های پلاستیکی تحت شرایط کنترل‌شده گلخانه، D: نمای عمودی از گلدان‌های کشت شده در گلخانه جهت ارزیابی یکنواختی سبز شدن بذور، E: مرحله گل‌دهی و تشکیل چترهای گل در ارقام پیاز در شرایط مزرعه (سال دوم رشد زایشی)، F: نمای نزدیک از تراکم چترهای گل و وضعیت ساقه گل‌دهنده در توده‌های بومی مورد بررسی، G: نگهداری و پایش گلدان‌های گلخانه‌ای در مرحله انتقال از فاز رویشی به زایشی، H: تصویر درشت‌نمایی شده از یک گل‌آذین چتر در حال باز شدن جهت بررسی‌های فنولوژیک).

عملیات نمونه‌برداری جهت تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشد و ارزیابی اجزای عملکرد بذر، از تاریخ ۲۲ فروردین ماه (حدود یک ماه پس از کشت) در هر دو محیط مزرعه و گلخانه با فواصل زمانی هفت روزه آغاز گردید. در هر مرحله از نمونه‌برداری، از هر ژنوتیپ تعداد ۱۰ بوته به صورت تصادفی (به عنوان ۱۰ تکرار) انتخاب و صفاتی نظیر تعداد برگ، طول بلندترین برگ، تعداد و طول ساقه گل‌دهنده، قطر ساقه و تعداد کل گل‌ها اندازه‌گیری شد. همچنین به منظور سنجش دقیق میزان بذر تولیدی در پایان فصل، گل‌آذین ۱۰ بوته منتخب از هر رقم پس از رسیدگی کامل (۳۱ خرداد) درون پاکت‌های کاغذی قرار گرفته و به طور مجزا توزین شدند. در این مرحله، فاکتورهایی شامل تعداد بذر در گل‌آذین، تعداد و وزن بذور پوک، وزن هزاردانه و وزن کل بذر بدون پوکی

مطابق با روش‌های استاندارد اندازه‌گیری و ثبت گردید. تیمارهای آزمایشی در قالب طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی با ده تکرار (پنج تکرار در مزرعه شاهد و پنج تکرار در مزرعه بیمار) و پنج تکرار (گلدان) در سطح گلخانه به اجرا در آمد. بررسی‌های آماری داده ها به وسیله نرم افزار SAS به صورت جداگانه و به طور مرکب مورد تجزیه ی قرار گرفته شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن (DMRT) و آزمون T مقایسه گردید. همچنین، برای گروه‌بندی داده‌ها از تجزیه آماری خوشه‌ای با ترسیم دندروگرام و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد بررسی با تشابهات موجود به وسیلهٔ نرم افزارهای (SPSS, SAS) انجام شد.

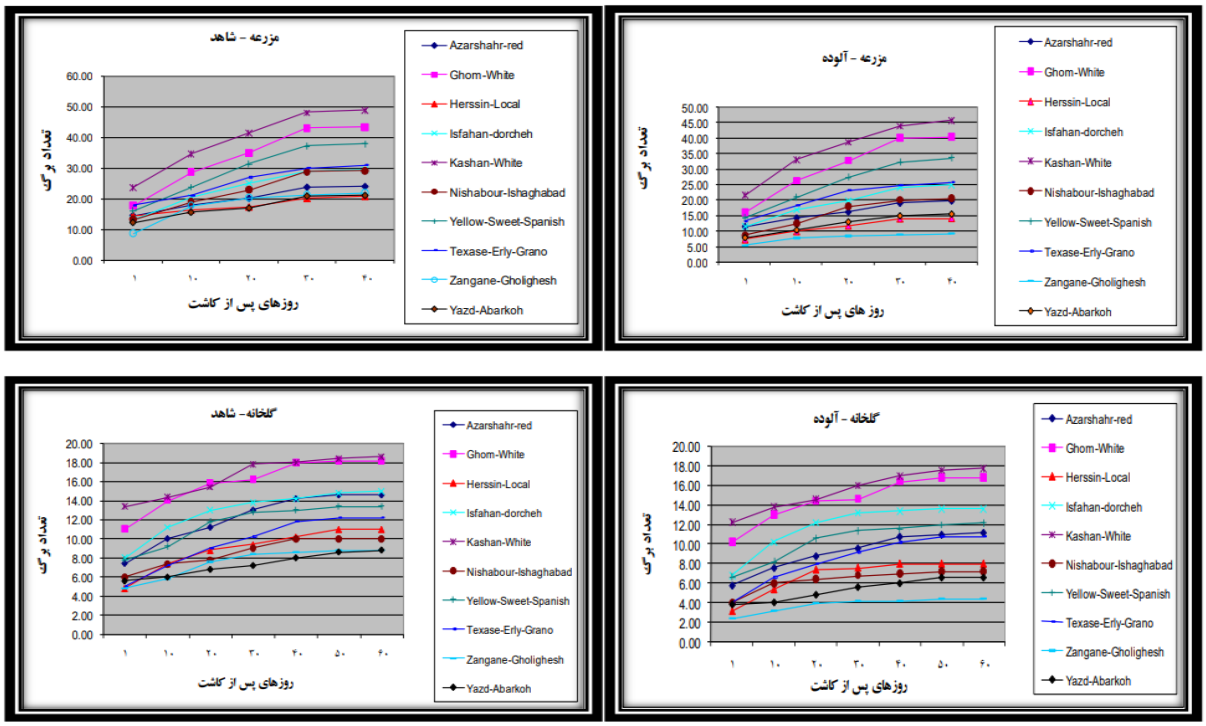
سپس داده ها مورد تجزیه واریانس مرکب قرار گرفت و صفاتی که معنی‌دار شدند مورد آزمون مقایسه میانگین قرار گرفتند. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. جهت تعیین مهم‌ترین اجزای عملکرد دانه از مدل رگرسیون خطی چندگانه به روش گام‌به‌گام (Stepwise Regression)، تجزیه ضرایب مسیر روی این صفات وارد شده به مدل انجام شد. جهت بررسی روابط درونی صفات و کشف عامل پنهانی از تجزیه به عامل‌ها استفاده گردید. جهت گروه‌بندی ژنوتیپ ها از تجزیه کلاستر به روش وارد (Ward) استفاده شد. همچنین جهت بررسی روابط بین صفات، تجزیه همبستگی به روش پیرسون انجام شد.

نتایج

نتایج ارزیابی‌های مورفولوژیک بر روی ارقام پیاز مورد مطالعه بیانگر وجود تفاوت‌های معنی‌دار بین این ارقام از نظر شاخص‌های رشدی بود که از نظر آماری نیز با یکدیگر معنی‌دار بوده و در گروه‌های مربوطه به تفکیک قرار گرفته‌اند. در قسمت ذیل به ارائه نتایج تعدادی از صفات، پرداخته شده است:

تعداد برگ در بوته

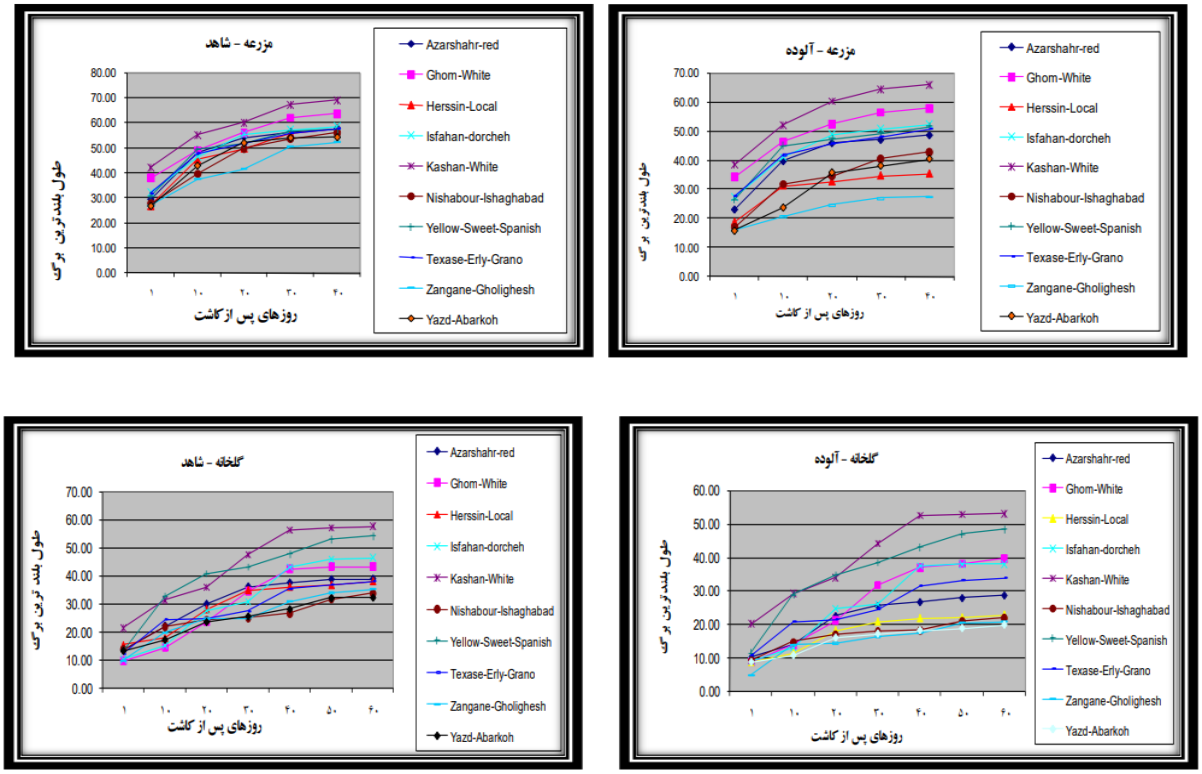
بر اساس نتایج تجزیه واریانس و میانگین داده‌ها (جداول ۲ تا ۵ پیوست)، در هر دو شرایط مزرعه و گلخانه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد بین ارقام، و همچنین بین ارقام آلوده و شاهد از نظر تعداد برگ در بوته مشاهده شد. بیشترین تعداد برگ در هر دو محیط متعلق به ارقام کاشان و قم بود، در حالی که کمترین مقدار مربوط به ارقام قولی‌قصه زنجان و یزد بود. بررسی روند رشد تعداد برگ در تاریخ‌های مختلف پس از کاشت، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین ارقام و مراحل مختلف رشد است. طبق جداول تجزیه واریانس (۶ تا ۹) و جداول میانگین (۱۰ تا ۱۳ پیوست)، در سطح مزرعه بین مراحل ۱، ۲، ۳ و ۴ (تاریخ‌های اول تا چهارم) تفاوت معنی‌داری وجود دارد، اما اختلاف بین مرحله ۴ و ۵ معنی‌دار نبود. در سطح گلخانه نیز تفاوت معنی‌داری بین مراحل ۱ تا ۴ مشاهده شد، اما بین مراحل ۴، ۵، ۶ و ۷ (چهارمین تا هفتمین تاریخ اندازه‌گیری) تفاوت قابل توجهی وجود نداشت؛ به طوری که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین مراحل ۴ و ۵ و همچنین بین ۶ و ۷ دیده نشد. تحلیل روند رشد تعداد برگ در مزرعه و گلخانه با استفاده از رگرسیون نشان داد که تغییرات تعداد برگ در ارقام طی مراحل مختلف به صورت افزایشی است؛ به این معنی که با گذشت زمان از تاریخ کاشت، تعداد برگ نیز افزایش می‌یابد. با توجه به جداول ضرایب همبستگی تعداد برگ با همه صفات در سطح مزرعه ۱ دارای هم بستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ می‌باشد و بیشترین هم بستگی را با تعداد کل چتر و کمترین هـمبستگی را با تعداد چتر شکفته شده را داشته است. در سطح مزرعه ۲ تعداد برگ با همه صفات در سطح مزرعه به جز صفت تعداد پوکی در هزار دانه دارای همبستگی مثبت و نیز همه صفات (به جز تعداد پوکی که در سطح ۵ معنی‌دار بود) در سطح ۱ معنی‌داری می‌باشند و بیشترین همبستگی را با تعداد چتر شکفته شده و کمترین همبستگی را با تعداد پوکی داشته است. در سطح گلخانه نیز تعداد برگ با همه صفات به جز صفت تعداد پوکی در هزاردانه دارای همبستگی مثبت و همچنین همه صفات به جز قطر ساقه و تعداد پوکی در هزاردانه که معنی‌دار نبودند در سطح ۱٪ معنی‌داری می‌باشند و بیشترین همبستگی را با طول بلندترین ساقه و کمترین همبستگی را با تعداد پوکی در هزاردانه داشته است (شکل ۲، جداول ۱۴-۱۶ پیوست).



شکل ۲. روند تغییرات تعداد برگ محصول در ارقام پیاز بذری مورد مطالعه در سطح گلخانه و مزرعه.

طول بلندترین برگ

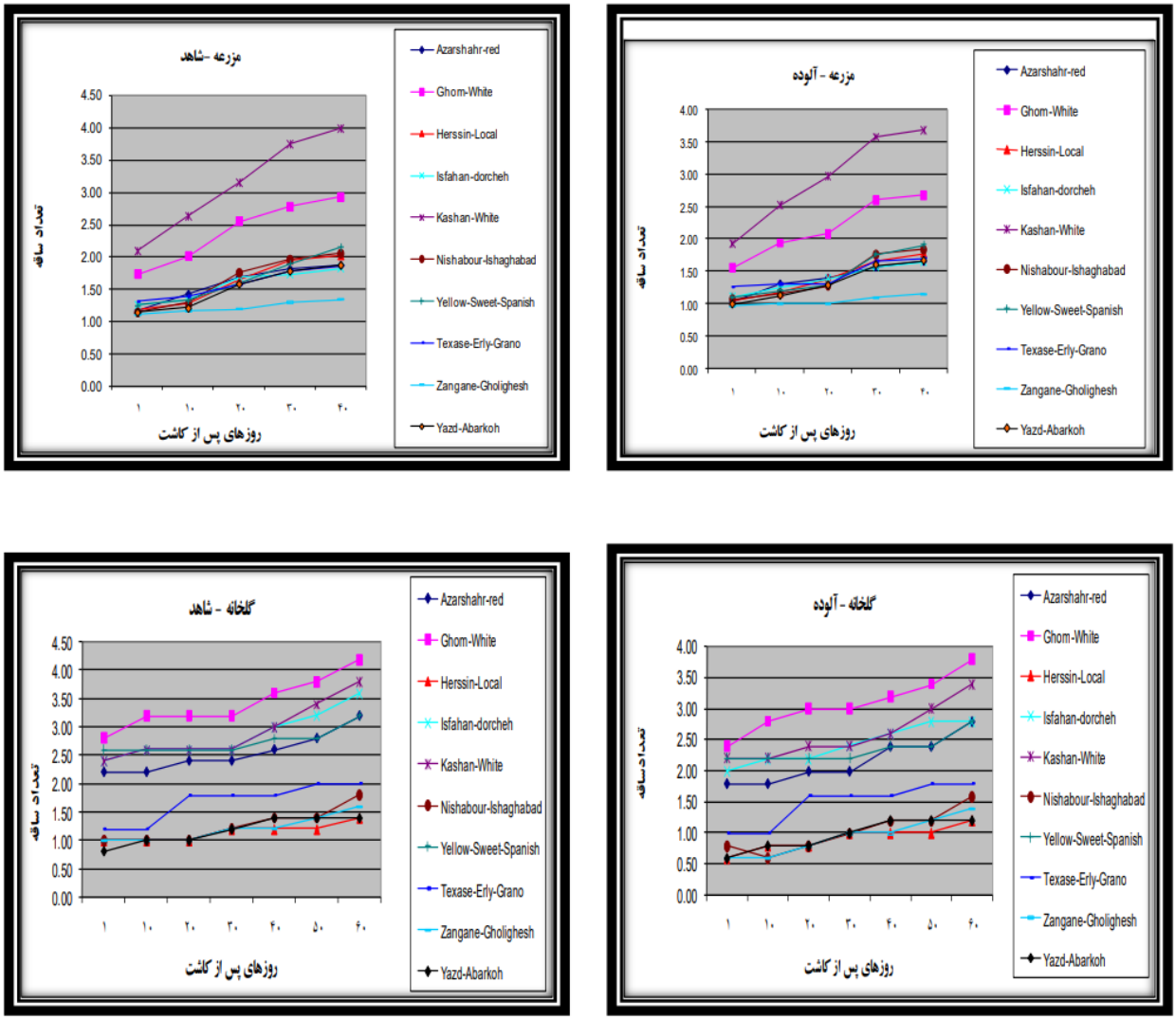
نتایج نشان داد که اثر رقم بر طول برگ در هر دو شرایط مزرعه و گلخانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بوده است؛ همچنین اختلاف بین ارقام آلوده و شاهد نیز در این سطح معنی‌دار بود. بر اساس جدول میانگین مرکب، در مرحله نهایی اندازه‌گیری رشد رویشی، رقم سفید کاشان دارای بلندترین و رقم زنجان کوتاه‌ترین طول برگ بود. سایر ارقام به ترتیب شامل قم، سویت اسپانیش، اصفهان، تگزاس، آذرشهر، نیشابور، هرسین و یزد در رتبه‌های بین این دو قرار گرفتند (جدول ۱۷ پیوست). شکل ۳ روند تغییرات طول برگ ارقام مورد مطالعه را در محیط‌های مزرعه و گلخانه به تصویر می‌کشد. بررسی جداول حاکی از آن است که طول بلندترین برگ در مراحل مختلف رشد، بین ارقام آلوده و شاهد و همچنین بین خود ارقام، تفاوت معنی‌داری دارد؛ اما در مرحله گل‌دهی، اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت مشاهده نشد و با توجه به جداول ضرایب همبستگی طول بلندترین برگ با همه صفات در سطح مزرعه ۱ و ۲ دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱٪ می‌باشد و بیشترین و کمترین همبستگی را به ترتیب در مزرعه ۱ با طول بلندترین ساقه و قطر ساقه و در مزرعه ۲ با وزن هزار دانه پوک و تعداد پوکی داشته است. در سطح گلخانه طول بلندترین برگ با همه صفات (به جز صفت تعداد پوکی در هزاردانه) دارای همبستگی مثبت و همچنین همه صفات به جز صفت تعداد پوکی در هزاردانه و تعداد پوکی که معنی‌دار نبودند و صفت قطر ساقه که در سطح ۵٪ معنی‌دار بود در سطح ۱٪ معنی‌داری می‌باشند و بیشترین همبستگی را با طول بلندترین ساقه و کمترین همبستگی را با تعداد پوکی در هزاردانه داشته است (جداول ۱۴-۱۶ پیوست).



شکل ۳. روند تغییرات طول بلندترین برگ در ارقام پیاز بذری مورد مطالعه در سطح گلخانه و مزرعه.

تعداد ساقه در بوته و ارتباط آن با فاکتورهای دیگر

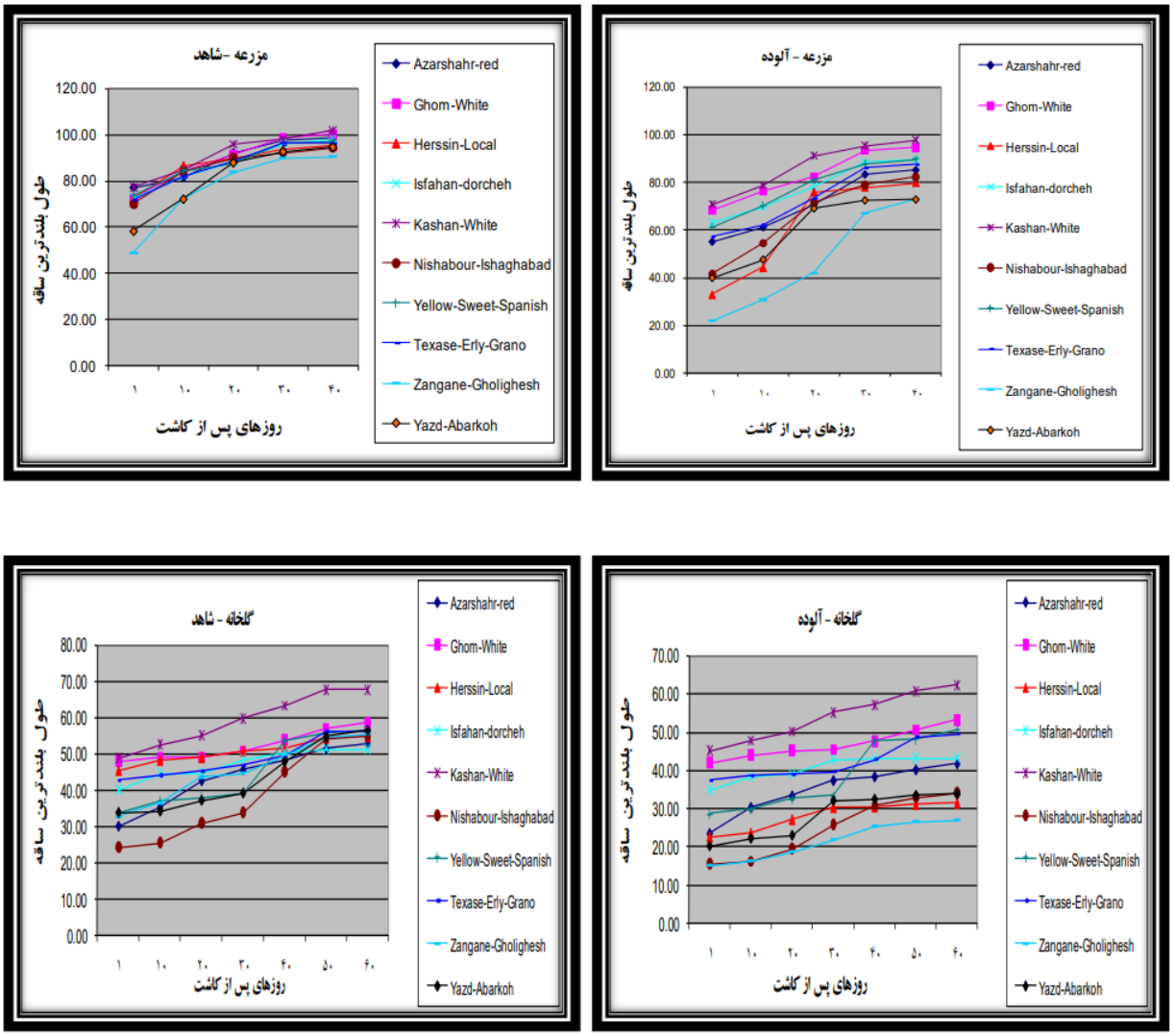
اثر رقم بر صفت تعداد ساقه در بوته در زمان بلوغ، در مزرعه در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد و در گلخانه در سطح ۵ درصد، بین ارقام شاهد و آلوده معنی‌دار بود (جداول ۲ تا ۵). نتایج نشان داد که ارقام سویت اسپانیش، آذرشهر و اصفهان در یک گروه آماری قرار گرفتند، در حالی که ارقام هرسین، نیشابور و تگزاس و همچنین زنجان و یزد در دو گروه دیگر و متفاوت بودند که این تفاوت‌ها در سطح ۱ درصد معنی‌دار بودند. در این میان، رقم زنجان کمترین و رقم کاشان بیشترین تعداد ساقه در بوته را در مرحله بلوغ به خود اختصاص دادند. بررسی روند تغییرات تعداد ساقه در تاریخ‌های مختلف بیانگر معنی‌دار بودن این صفت در سطح احتمال ۱ درصد در هر دو شرایط مزرعه و گلخانه بود. با گذشت زمان از تاریخ کاشت، تعداد ساقه افزایش یافت و گیاه ساقه‌های بیشتری تولید کرد، اما این روند در زمان قبل از گلدهی با کاهش مواجه شد (شکل ۴) و با توجه به جداول ضرایب هم‌بستگی تعداد ساقه با همه صفات در سطح مزرعه ۱ و ۲ دارای همبستگی مثبت به جز صفت تعداد پوکی در هزار دانه که در سطح مزرعه ۲ دارای هم بستگی منفی است و معنی‌داری در سطح ۱٪ می‌باشد و بیشترین همبستگی و کمترین همبستگی را به ترتیب در مزرعه ۱ با تعداد چتر و تعداد کل چتر شکفته شده و در مزرعه ۲ با تعداد چتر شکفته شده و تعداد پوکی در هزاردانه داشته است. در سطح گلخانه تعداد ساقه با همه صفات به جز صفت تعداد پوکی در هزاردانه و قطر ساقه دارای همبستگی مثبت و همچنین همه صفات به جز صفت تعداد پوکی در هزاردانه تعداد پوکی که معنی‌دار نبودند و صفت قطر ساقه که در سطح ۵٪ معنی‌دار بود در سطح ۱٪ معنی‌داری می‌باشند و بیشترین همبستگی را با طول بلندترین برگ و کمترین همبستگی را با تعداد پوکی در هزاردانه داشته است (جداول ۱۴-۱۶ پیوست).



شکل ٤. بررسی تغییرات تعداد ساقه در ارقام پیاز بذری مورد مطالعه در شرایط مزرعه و گلخانه

طول بلند ترین ساقه

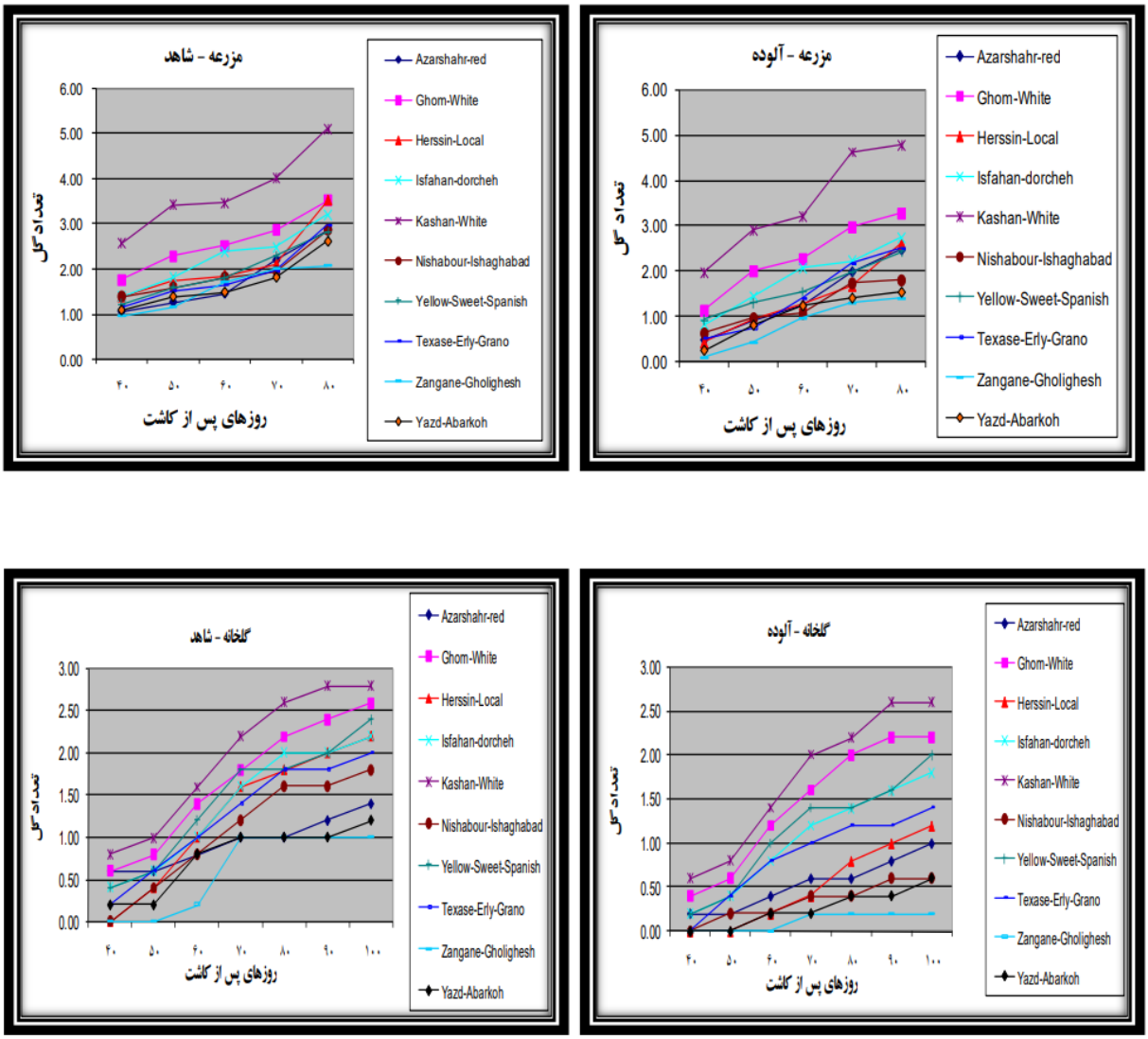
بر اساس نتایج تجزیه واریانس و میانگین‌ها، اکثر تیمارها در هر دو شرایط مزرعه و گلخانه از نظر طول بلندترین ساقه، در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد اختلاف معنی‌داری نشان دادند. طبق شکل ۵، بیشترین و کمترین مقدار طول ساقه به ترتیب متعلق به ارقام کاشان و زنجان بود. بررسی نمودارها حاکی از آن است که تغییرات طول ساقه در ارقام مختلف در هر دو محیط، روندی مشابه داشته است؛ به این صورت که در ابتدا شیب نمودار با سرعت افزایش یافت، اما در مرحله قبل از گلدهی نمودار به حالت ثابت درآمد و تغییرات معنی‌داری در طول بلندترین ساقه مشاهده نشد و با توجه به جداول ضرایب هم بستگی طول بلندترین ساقه با همه صفات در سطح مزرعه ۱ و ۲ دارای همبستگی مثبت به جز صفت تعداد پوکی در هزار دانه که در سطح مزرعه ۲ دارای همبستگی منفی است و معنی‌داری در سطح ۱٪ (به جز صفت تعداد پوکی که در سطح ۵ معنی‌دار است) می‌باشد و بیشترین همبستگی و کمترین همبستگی را به ترتیب در مزرعه ۱ با طول بلندترین برگ و تعداد چتر به بذر رفته و در مزرعه ۲ با طول بلندترین برگ و تعداد پوکی در هزاردانه داشته است. در سطح گلخانه طول بلندترین ساقه با همه صفات دارای همبستگی مثبت و همچنین همه صفات (به جز صفت تعداد پوکی در هزاردانه و قطر ساقه که در سطح ۵ معنی‌دار بود) در سطح ۱٪ معنی‌داری می‌باشند و بیشترین همبستگی را با طول بلندترین برگ و کمترین همبستگی را با تعداد پوکی در هزاردانه داشته است (جداول ۱۴-۱۶ پیوست).



شکل ۵. روند تغییرات سرعت رشد طول ساقه در ارقام پیاز بذری مورد مطالعه در سطح مزرعه و گلخانه.

تعداد چتر

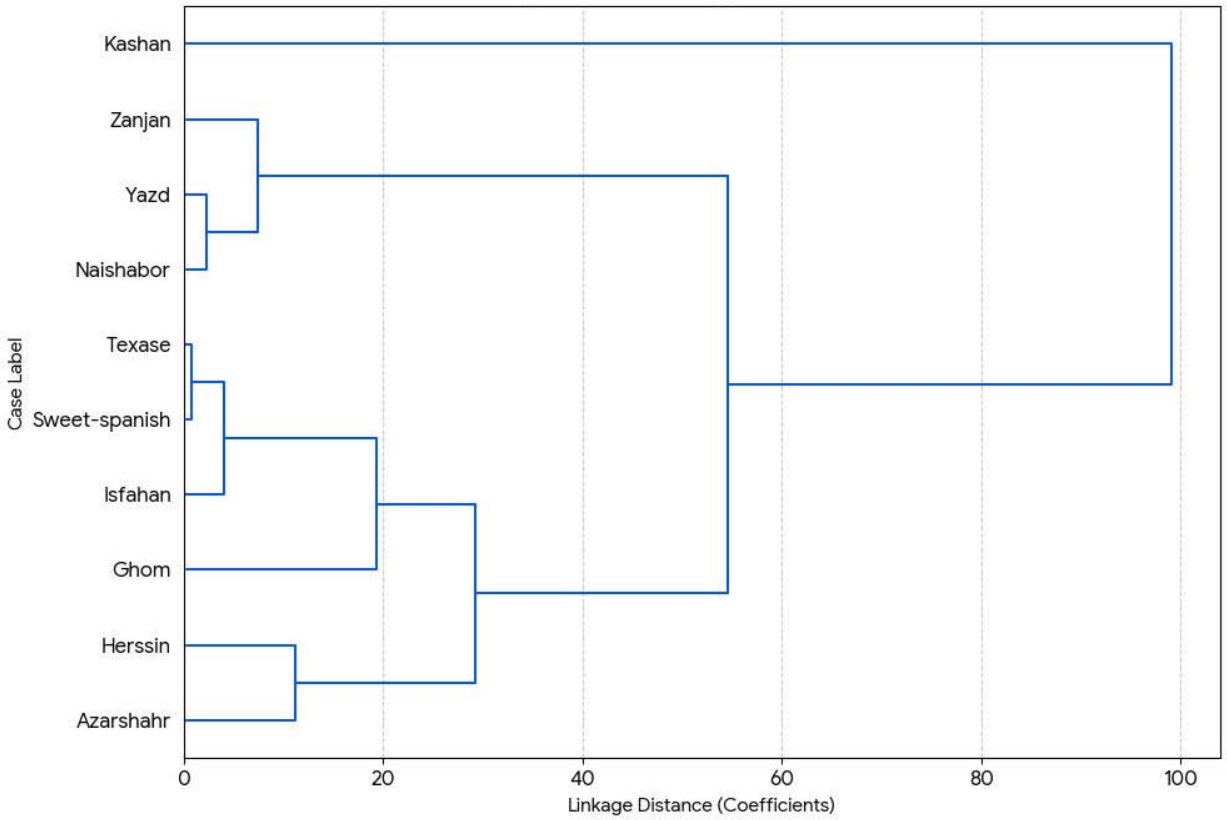
نتایج حاصل از بررسی تعداد چتر در سطح مزرعه و گلخانه نشان داد که ارقام مورد آزمون از نظر تعداد چتر متفاوت بوده و تفاوت معنی‌داری بین ارقام و هم چنین در بین گروه بیمار و تیمار وجود دارد. مقایسه میانگین ارقام نیز نشان‌دهنده ی اختلاف معنی‌دار در میان ارقام می‌باشد. در سطح مزرعه و گلخانه، روند رشد از روند صعودی پیروی می‌کند. روند رشد تعداد چتر از نظر گروه شاهد و آلوده در تاریخ های متفاوت و هم چنین ارقام مختلف در سطح ۱٪ معنی‌دار می باشد و با توجه به جداول ضرایب همبستگی، تعداد چتر با همه صفات در سطح مزرعه ۱ و ۲ دارای همبستگی مثبت به جز صفت تعداد پوکی در هزار دانه که در سطح مزرعه ۲ دارای همبستگی منفی است و معنی‌داری در سطح ۱٪ می باشد و بیشترین همبستگی و کمترین همبستگی را به ترتیب در مزرعه ۱ با تعداد ساقه و طول بلندترین برگ و در مزرعه ۲ با طول بلندترین ساقه و تعداد پوکی در هزاردانه داشته است. در سطح گلخانه تعداد چتر با همه صفات دارای همبستگی مثبت و همچنین همه صفات (به جز صفت تعداد پوکی در هزار دانه که معنی‌دار نبود) در سطح ۱ معنی‌داری می‌باشند و بیشترین همبستگی را با طول بلندترین برگ و کمترین همبستگی را با تعداد پوکی در هزاردانه داشته است (جداول ۱۴-۱۶ پیوست، شکل ۶).



شکل ٦. روند تغییرات تعداد چتر در ارقام پیاز بذری مورد مطالعه درسطح مزرعه وگلخانه.

آنالیز خوشه ای ویژگی های مورفولوژیکی در سطح مزرعه– شاهد

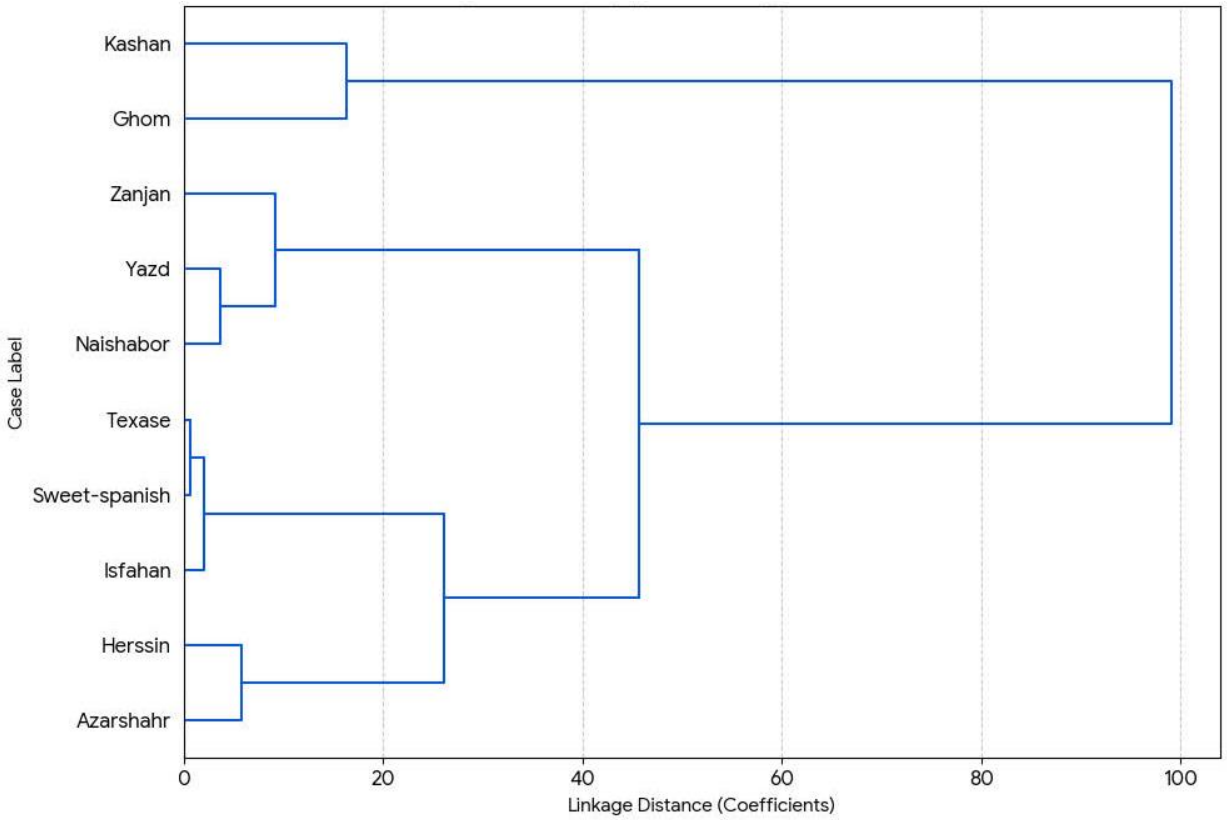
در این پژوهش، تجزیه خوشه‌ای با استفاده از روش وارد و برش دندروگرام در فاصله تقریبی ۵، بر مبنای ۱۰ صفت مورد مطالعه صورت پذیرفت. جمعیت‌ها در ۵ گروه مجزا قرار گرفتند که با نتایج مقایسه میانگین‌های دانکن از نظر تقسیم‌بندی گروه‌ها هم‌خوانی دارد. در این دسته‌بندی، گروه اول شامل ارقام سویت اسپانیش، درچه اصفهان و تگزاس ارلی گرانو؛ گروه دوم شامل رقم سفید قم؛ گروه سوم شامل ارقام آذرشهر و هرسین؛ گروه چهارم شامل ارقام اسحاق‌آباد نیشابور، ابرکوه یزد و قولی‌قصه زنجان؛ و گروه پنجم شامل رقم سفید کاشان بود. بر اساس این گروه‌بندی، کمترین فاصله بین ارقام سویت اسپانیش و تگزاس ارلی گرانو و بیشترین فاصله ژنتیکی بین ارقام آذرشهر و سفید کاشان مشاهده شد که این امر بیانگر تفاوت‌های مورفولوژیک میان این دو گروه است (شکل ۷).



شکل ۷. دندروگرام تجزیه ی خوشه ای به روش وارد بر اساس صفات فنولوژیکی ارقام پیاز مورد آزمون در سطح مزرعه شاهد.

آنالیز خوشه ای ویژگی‌های مورفولوژیکی در سطح مزرعه – آلوده

آنالیز خوشه‌ای ارقام به روش Ward با قطع دندروگرام در فاصله ی حدود ۵ با استفاده از ۱۰ صفات اندازه‌گیری شده انجام شد و جمعیت‌ها در ۴ گروه مجزا تفکیک نمود که با نتایج مقایسه میانگین دانکن از نظر تقسیم بندی گروه‌ها هم‌خوانی دارد. گروه اول شامل ارقام سوئیت اسپانیش تگزاس ارلی گرانو و درچه اصفهان گروه دوم شامل ارقام آذرشهر و هرسین، گروه سوم شامل: ارقام اسحاق آباد نیشابور ابر کوه یزد و قولی قصه زنجان و در این طبقه‌بندی، گروه چهارم متشکل از ارقام سفید قم و سفید کاشان بود. نتایج نشان داد که ارقام سویت اسپانیش و تگزاس ارلی گرانو کمترین فاصله را داشتند، در حالی که بیشترین فاصله ژنتیکی بین ارقام آذرشهر و سفید کاشان و قم مشاهده شد؛ این امر بیانگر تفاوت‌های مورفولوژیک قابل توجه بین این دو گروه است (شکل ۸).



شکل ۸. دندروگرام تجزیه ی خوشه ای به روش وارد بر اساس صفات فنولوژیکی ارقام پیاز مورد آزمون در سطح مزرعه آلوده.

بحث

در این پژوهش، با توجه به اینکه بررسی شاخص‌های بیماری‌زایی (درصد آلودگی، شدت و شاخص بیماری) و مقایسه میانگین آن‌ها در ژنوتیپ‌های مورد آزمون، که نشان‌دهنده اختلافات معنی‌دار بین ژنوتیپ‌هاست، پیش از این در مطالعه‌ای توسط نصر اصفهانی و همکاران (Nasr Esfahani et al, 2013) انجام و منتشر شده است، تمرکز اصلی بر سایر جنبه‌های تحقیق معطوف گردیده است.

نتایج بررسی‌های مورفولوژیک ارقام پیاز بذری بومی و غیربومی در این پژوهش نشان داد که ارقام مورد مطالعه از نظر شاخص‌های رشد و تولید بذر، هم در مقایسه با یکدیگر و هم نسبت به شاهد (به‌ویژه ارقام آلوده به قارچ عامل پوسیدگی فوزاریومی ریشه و طبق) دارای اختلاف هستند. این تفاوت‌ها از نظر آماری نیز معنی‌دار بود و منجر به تفکیک ارقام در گروه‌های مجزا گردید. شایان ذکر است که یکی از بیماری‌های مهم قارچی پیاز در کشور، پوسیدگی ریشه و طبق فوزاریومی است که عامل آن یک بیمارگر خاکزی می‌باشد و در مزرعه و انبار به محصول خسارت وارد می‌آورد. نتایج این تحقیق مانند سایر مطالعات (Ghalandar & Lak, 2003، Peighami et al., 2002، Sutton, 1993)، نیز نشان داد که بیماری پوسیدگی ریشه و طبق پیاز بذری یکی از عوامل محدود کنندهٔ رشد و نیز تولید بذر پیاز می‌باشد. در این تحقیق، مقایسه ژنوتیپ‌ها در دو محیط مزرعه و گلخانه نشان داد که حضور عامل بیماری پوسیدگی ریشه و طبق فوزاریومی، فرآیندهای فیزیولوژیک منجر به تولید بذر و رشد رویشی را مختل کرده است. از آنجا که این کاهش رشد در گروه‌های آلوده نسبت به گروه‌های شاهد در هر رقم به طور جداگانه سنجیده شد، می‌توان نتیجه گرفت که بخشی از تفاوت‌های مشاهده شده، فراتر از تنوع ژنتیکی ارقام، ناشی از واکنش دفاعی یا آسیب‌های بافتی حاصل از فعالیت قارچ بوده است. این قارچ با نام علمی *Fusarium oxysporum f.sp.cepae* موجب بیماری پوسیدگی ریشه و طبق پیاز شده و به خصوص در غده‌های بذری که به منظور تولید بذر در سال دوم رویش استفاده می‌شوند، باعث ایجاد خسارات قابل توجهی در کمیت و کیفیت بذور پیاز تولیدی می‌شود. این بیماری مزارع پیاز بذری را در هر مرحله از رشد بالاخص گلدهی تهدید می‌نماید و بر حسب شدت بیماری و حساسیت رقم، تولید بذر پیاز را به مخاطره می‌اندازد و موجب کاهش تولید بذر پوکی بذرها و ریز شدن

بذور تولیدی می‌گردد (Taylor et al., 2019; Brewster, 2008). پدیده بادزدگی می‌تواند باعث افزایش بذرهای پیاز تولیدی شود، زیرا جذب آب و املاح ضروری، به‌ویژه در مرحله گلدهی را مختل کرده و در نهایت منجر به توقف تولید بذر می‌گردد. قارچ بیماری‌زا بر کمیت و کیفیت بذرهای تولیدی تأثیرگذار است و ارقام بومی در مقایسه با ارقام خارجی کشت شده در کشور، واکنش‌های متفاوتی نسبت به عامل بیماری فوزاریوم از خود نشان می‌دهند. این بیماری در حال حاضر یکی از آفات مهم این محصول محسوب می‌شود که یافته‌های پژوهش حاضر با آن همخوانی دارد. علاوه بر این، گزارش‌های منتشر شده از سایر کشورها نیز بر اساس شرایط اقلیمی مختلف، این نتایج را تأیید می‌کنند (Sutton, 1993). اصلی‌ترین راهکار برای مدیریت بیماری فوزاریوم ریشه و طبق پیاز، بهره‌گیری از ارقامی است که حساسیت کمتری نسبت به این بیماری دارند. در همین راستا، ارقام مقاوم و متنوعی اصلاح شده‌اند که در حال حاضر در دسترس قرار گرفته‌اند (Cramer, 2000). در این تحقیق نیز با بررسی فاکتورهای رویشی و زایشی و هم چنین صفت‌های مربوط به تولید بذر نشان داده شده که ارقام کاشان و قم کمترین آلودگی و بیشترین رشد و ارقام زنجان و یزد بیشترین آلودگی و کمترین رشد درمیان ارقام به خود اختصاص داده‌اند که با استفاده از ارقام برتر می‌توان مدیریت بهتری در روند رشد و نیز کنترل بیماری اعمال کرد.

نتایج تحقیق Haghani و همکاران (2013) بیانگر آن است که توده‌های پیاز واکنش‌های متفاوتی نسبت به بیماری پوسیدگی ریشه و طبق از خود نشان داده‌اند که با داده‌های به‌دست‌آمده در این پژوهش همخوانی دارد. بر اساس یافته‌ها، برخی ارقام مانند کاشان، قم و سویت اسپانیش علی‌رغم وجود بیماری، از نظر صفات فنولوژیک رشد بهتری داشتند و در برابر فوزاریوم کاهش کمتری در رشد و تولید بذر نشان دادند. در مقابل، ارقام زنجان، ابرکوه یزد و هرسین کمترین رشد را داشتند و به بیماری فوزاریومی بیشتری نسبت به سایر ارقام مبتلا شدند.

نتایج نشان داد که اثر رقم بر طول بلندترین برگ در هر بوته، در هر دو مرحله (یک ماه پس از سبز شدن و زمان رسیدگی)، بسیار معنی‌دار بود. این تفاوت در طول برگ، علاوه بر پتانسیل ژنتیکی متفاوت ارقام، ناشی از واکنش‌های فیزیولوژیک به حضور پاتوژن در بستر کشت است. پاتوژن *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* با کلونیزه کردن بافت طبق و متعاقباً انسداد آوندهای چوبی توسط میسلیوم‌ها و تولید تایلوزها، منجر به اختلال در انتقال هیدرولیکی آب و مواد معدنی به بخش‌های هوایی می‌گردد. این «تنش آبی القایی» باعث کاهش فشار تورژانس سلولی و در نتیجه توقف توسعه سلولی و طویل شدن برگ‌ها می‌شود. این یافته‌ها با گزارش‌های Yoo و همکاران (۲۰۰۶) در مورد تفاوت‌های مورفولوژیک ارقام و همچنین با نتایج Taylor و همکاران (۲۰۱۹) مبنی بر کاهش بنیه گیاه در اثر پوسیدگی طبق، همخوانی دارد.

در تبیین تفاوت واکنش ارقام به آلودگی، می‌توان گفت که جدایه‌های بیماری‌زای *Fusarium oxysporum* با ترشح **آنزیم‌های تخریب‌کننده دیواره سلولی** (مانند سلولاز، پکتیناز و پلی‌گالاکتوروناز) و همچنین تولید **توکسین‌های گیاه‌سوزی** نظیر **اسید فوزاریک**، باعث فروپاشی بافت طبق و ایجاد نکروز گسترده در سیستم ریشه‌ای می‌شوند. این وضعیت منجر به ایجاد یک «**تنش آبی القایی**» در گیاه شده که با کاهش فشار تورژانس سلولی، مستقیماً باعث توقف توسعه برگ‌ها و پیری زودرس آن‌ها می‌گردد. علاوه بر این، ترشح توکسین‌هایی مانند **اسید فوزاریک** توسط قارچ، منجر به نکروزه شدن بافت‌های حیاتی غده مادری می‌شود. تفاوت معنی‌دار بین ارقام بومی (مانند قرمز آذرشهر) و ارقام تجاری حساس (مانند تگزاس ارلی گرانو) نشان‌دهنده وجود مکانیسم‌های دفاعی متفاوت است. پایداری ارقام بومی احتمالاً به دلیل **ضخامت بیشتر دیواره سلولی** در ناحیه طبق و سرعت بالای تجمع **ترکیبات فنولی دفاعی** در پاسخ به نفوذ قارچ است که از پیشروی پاتوژن به سمت ساقه‌ی گل‌دهنده جلوگیری می‌کند.

دلیل پایداری و آسیب کمتر در ارقام مقاوم نظیر «**قرمز آذرشهر**» در مقایسه با ارقام حساسی چون «تگزاس ارلی گرانو»، احتمالاً به ساختارهای دفاعی پیش‌ساخته یا القایی در این ارقام مربوط می‌شود. ضخامت بیشتر دیواره‌های سلولی در ناحیه طبق و همچنین **تولید سریع‌تر و تجمع بالاتر ترکیبات فنولی دفاعی** (مانند کاتکول و پروتوکاتچوئیک اسید) در پاسخ به نفوذ میسلیوم‌های قارچ، از پیشروی سریع پاتوژن به سمت بافت‌های داخلی سوخ جلوگیری کرده است. این مکانیسم‌های بازدارنده در ارقام بومی، با محدود کردن کلونیزاسیون قارچ، منجر به حفظ بهتر شاخص‌های رشد رویشی و عملکرد بذر در شرایط تنش شده است.

اثر رقم بر تعداد برگ در هر بوته در زمان‌های مختلف (یک ماه پس از سبز شدن و زمان رسیدگی) در مزرعه و گلخانه معنی‌دار بود. همچنین دو گروه آلوده و شاهد از نظر تعداد برگ متمایز و دارای اختلاف معنی‌دار بودند که این امر تأثیر بیماری بر ویژگی‌های فنولوژیک و مورفولوژیک را نشان می‌دهد. ارقام کاشان، قم و سویت اسپانیش در طول دوره رشد نسبت به سایر ارقام رشد بالاتری داشتند و می‌توان آن‌ها را به عنوان ارقام برتر این تحقیق در نظر گرفت. در حالی که ارقام قولی‌قصه، زنجان، یزد و هرسین روند رشد کمتری داشتند و به عنوان ارقام با کمترین رشد در برابر بیماری شناخته شدند.

با استفاده از تجزیه خوشه‌ای مشخص شد که در شرایط شاهد (در مزرعه و گلخانه)، ارقام درچه اصفهان، سویت اسپانیش، سفید قم و سفید کاشان در یک گروه قرار گرفتند؛ در حالی که ارقام قولی‌قصه، زنجان، ابرکوه یزد و همچنین ارقام اسحاق‌آباد نیشابور، تگزاس ارلی گرانو و آذرشهر و رقم هرسین سه گروه آماری متفاوت و معنی‌دار را تشکیل دادند. در شرایط آلوده نیز در هر دو سطح مزرعه و گلخانه، ارقام در سه گروه مجزا دسته‌بندی شدند: گروه اول شامل ارقام درچه اصفهان، سویت اسپانیش، تگزاس ارلی گرانو، هرسین، نیشابور، عشق‌آباد و آذرشهر؛ گروه دوم شامل ارقام قولی‌قصه، زنجان و ابرکوه یزد؛ و گروه سوم شامل ارقام سفید کاشان و سفید قم. در این گروه‌بندی‌ها، در هر دو شرایط شاهد و آلوده، ارقام درچه اصفهان و سویت اسپانیش کمترین فاصله و ارقام آذرشهر و سفید قم بیشترین فاصله ژنتیکی را با یکدیگر داشتند که بیانگر اختلاف مورفولوژیک بین این دو گروه است. بررسی روند رشد تعداد برگ و طول برگ در تاریخ‌های مختلف نشان‌دهنده معنی‌داری این صفات در سطوح آماری مختلف در مزرعه و گلخانه است. با افزایش روزها از زمان کاشت، تعداد برگ و طول بلندترین برگ در هر بوته افزایش یافت و گیاه تعداد و طول برگ بیشتری تولید کرد. اما قبل از گلدهی، تغییرات تعداد و طول برگ کاهش یافت که نشان می‌دهد انرژی حاصل از فتوسنتز پیش از ورود به فاز گلدهی صرف رشد رویشی شده است. همچنین با شروع فرآیند گلدهی، رشد رویشی کاهش یافت تا انرژی برای رشد زایشی گیاه مصرف شود. تحقیقات مختلف روی ارقام پیاز، وجود تفاوت معنی‌دار بین ارقام را از نظر تعداد برگ تولیدی در هر گیاه اثبات کرده‌اند (Darbyshire & Henry, 1981، Haydar et al., 2007، Lamei Harvani, 1998، Mousavizadeh et al., 2006، Mettananda & Fordham, 1999).

بر اساس نتایج تحقیق حاضر که روی پیاز بذری انجام شده است، می‌توان بیان کرد که تغییرات تعداد برگ و طول بلندترین برگ در هر بوته همبستگی مثبتی با سایر صفات داشته، به‌جز صفت تعداد پوکی که با آن همبستگی منفی نشان داد. همچنین ضریب همبستگی تعداد برگ و طول بلندترین برگ، بیشترین مقدار را با صفت طول بلندترین ساقه داشت. در این پژوهش، با ارزیابی صفات فنولوژیک و مورفولوژیک ارقام مورد آزمایش، مشخص شد که ارقام کاشان، قم و سویت اسپانیش جزو ارقام برتر هستند و ارقام تگزاس، اصفهان، آذرشهر و نیشابور در سطح متوسط قرار گرفتند؛ بنابراین می‌توان با استفاده از این ارقام، مدیریت بهتری بر روند رشد و بیماری اعمال نمود. تأثیر متقابل ارقام بر صفات تعداد ساقه، طول بلندترین ساقه و قطر ساقه در زمان بلوغ، در مزرعه در سطح احتمال ۱ درصد و در گلخانه در سطح ۵ درصد بین تیمارهای شاهد و آلوده معنی‌دار بود که این امر بیانگر تأثیر بیماری بر ویژگی‌های مورفولوژیک ارقام است. در برخی ارقام تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد که نشان‌دهنده شباهت رشدی آن‌ها و قرارگیری در گروه‌های مشابه است. بیشترین و کمترین مقادیر تعداد ساقه، طول ساقه و قطر ساقه در هر دو محیط مزرعه و گلخانه به ترتیب مربوط به ارقام کاشان و قم و رقم زنجان یزد بود. این نتایج نشان می‌دهد که ارقام کاشان و قم واکنش یکسانی نسبت به بیماری در طول دوره رشد داشته‌اند و می‌توان آن‌ها را به عنوان ارقام مقاوم که کمترین واکنش را به بیماری نشان داده‌اند، در نظر گرفت. در مقابل، ارقام قولی‌قصه، زنجان و یزد بیشترین میزان آلودگی را داشتند و می‌توان آن‌ها را به عنوان ارقام حساس به بیماری پوسیدگی ریشه و طبق معرفی نمود. با توجه به این موضوع، می‌توان از ارقام برتر برای کنترل هرچه بیشتر این بیماری بهره برد. با گذشت زمان از کاشت، قطر ساقه، تعداد ساقه و طول بلندترین ساقه افزایش یافت، اما قبل از گلدهی تغییرات قطر ساقه کاهش یافت. این امر نشان می‌دهد که انرژی حاصل از فتوسنتز در مرحله زایشی صرف تولید اندام‌های گلدار می‌شود و در نتیجه رشد رویشی مانند تعداد ساقه، طول و قطر ساقه کاهش یا متوقف می‌گردد. همچنین با افزایش اندازه غده بذری از محدوده ۳۵ تا ۴۵ گرم به ۷۵ تا ۸۵ گرم، تعداد ساقه‌های اصلی در هر بوته و در هر متر مربع افزایش می‌یابد. این پدیده احتمالاً به دلیل تسریع در سبز شدن بوته‌ها و تأخیر در تشکیل غده است؛ به طوری که مقدار زیادی از مواد فتوسنتزی صرف رشد و توسعه اندام‌های رویشی گیاه می‌شود و در نتیجه تعداد ساقه‌های اصلی تولید شده افزایش می‌یابد (Imani & Easouli, 2006). در این مطالعه اثر سطوح مختلف اندازه غده بذری بر تعداد ساقه اصلی معنی‌دار می‌باشد به طوری که با افزایش وزن غده بذری تعداد ساقه ها در هر بوته و در متر مربع افزایش یافته است. دلیل این امر را مربوط به وجود مواد غذایی ذخیره بیشتر در غده‌های بذری بزرگتر می‌باشد.

با توجه به نتایج این تحقیق نیز بین صفات تعداد ساقه قطر ساقه و طول بلندترین ساقه در بوته و اندازه غده بذری رابطه وجود دارد زیرا ارقام از لحاظ اندازه غده های بذری متفاوت هستند. رقم کاشان دارای بزرگترین اندازه غده بذری و بیشترین رشد و مقاومت نسبت به بیماری فوزاریم بوده و رقم زنجان دارای کوچکترین اندازه غده بذری و کمترین رشد و مقاومت نسبت به بیماری فوزاریم در میان ارقام دیگر بوده است.

برخی از ارقام بومی مانند کاشان و قم و ارقام غیر بومی مانند سویت اسپانیش هم از لحاظ رشد و هم از لحاظ واکنش نسبت به بیماری در طول دوره رشد در مقایسه با ارقام دیگر از رشد بیشتری برخوردار بوده اند که نشان‌دهنده مقاوم بودن و دارا بودن قدرت بیشتر رشد در میان ارقام دیگر بوده که می‌توان آنها به عنوان ارقام برتر معرفی نمود.

در بررسی تعداد بذر، نتایج مشخص کرد که ارقام ،کاشان قم و سوئیت اسپانیش نسبت به بیماری در طول دورهٔ رشد کمترین واکنش را نسبت به بیماری داشته در صورتی که ارقام قولی قصه زنجان، یزد و هرسین نسبت به بیماری از واکنش و تاثیر بذری بیشتری برخوردار بودند. ارقام تگزاس ارلی گرانو، درچه اصفهان، آذرشهر و اسحاق آباد نیشابور در بین این دو گروه به عنوان حد واسط قرار گرفتند. در نهایت، کاهش در شاخص‌های تولید بذر (وزن هزاردانه و افزایش پوکی) ناشی از اختلال در انتقال مواد فتوسنتزی به گل‌آذین در اثر آسیب‌های آوندی است. این یافته‌ها با نتایج **Taylor و همکاران (۲۰۱۹)**، که بر اهمیت پوسیدگی طبق در کاهش بنیه گیاه تأکید داشتند و همچنین مطالعات **Yoo و همکاران (۲۰۰۶)**، در زمینه تفاوت‌های ژنتیکی مورفولوژیک ارقام پیاز، همخوانی کامل دارد.

همچنین زرگران در بررسی کیفیت ارقام پیاز، رقم قرمز آذرشهر را به عنوان رقم برتر معرفی کرد (Zargaran, 1995). همچنین بین برخی ارقام نسبت به هم تفاوت معنی‌داری وجود ندارد که نشان‌دهندهٔ این است که از نظر مقاومت و رشد با هم مشابه می‌باشند که می‌توان آن‌ها را در گروه‌های مشابه گروه بندی کرد. به همین منظور با تجزیه آماری خوشه ای ارقام در سطح مزرعه و گلخانه در دو گروه شاهد و آلوده به طور جداگانه به روش Ward بر اساس ده صفت مورد مطالعه ی بذر ارقام مربوطه در چهار گروه مجزا به تفکیک قرار گرفتند که نشان دهندهٔ اختلاف مورفولوژیکی بین دو گروه فوق می‌باشد. نتایج آزمایش انجام شده توسط Basol و همکاران (۱۹۹۷)، شان داد که اندازه پیاز بر تولید بذر تأثیرگذار است؛ به طوری که در پیازهای درشت با قطر ۶ تا ۸ سانتی‌متر، تعداد بوته‌هایی که پس از کاشت در مزرعه گل می‌دهند، بیشتر است. مطالعات آرساگوا و زکایدز (۱۹۷۴) نیز بیانگر آن است که بالاترین کیفیت و راندمان محصول از پیازهای مادری با اندازه ۵/۵ تا ۷ سانتی‌متر به دست می‌آید. علاوه بر این، لال و همکاران (۱۹۸۷) گزارش کرده‌اند که در میان چهار اندازه مختلف پیاز (۵/۲ تا ۴، ۴ تا ۵/۵، ۵/۵ تا ۷ و بزرگتر از ۷ سانتی‌متر)، بالاترین عملکرد بذر از پیازهای با اندازه بزرگتر از ۵/۵ سانتی‌متر حاصل شد. محققان در نهایت نتیجه گرفتند که اثر اندازه پیاز مادری بر عملکرد بذر در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است. از سوی دیگر، با توجه به رقابت گیاهان در تراکم‌های مختلف کاشت برای جذب نور و مواد غذایی، فاصله خطوط کاشت می‌تواند تأثیرات قابل‌توجهی بر تولید بذر پیاز داشته باشد. همان‌طور که سایر تحقیقات نشان داده‌اند، در تولید بذر پیاز، کاهش فاصله بین ردیف‌ها تا یک حد مشخص، منجر به افزایش عملکرد بذر می‌شود (Rabinowitch & Brewster, 1990، Pandey et al.,1984، Arsagova & Zakaidez, 1974، Chanu et al., 2022).

نتیجه گیری

تجزیهٔ واریانس و آزمون دانکن در این تحقیق نشان داد که میان ارقام مورد مطالعه در این تحقیق از نظر کلیه صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری وجود دارد و همچنین بیماری پوسیدگی ریشه و طبق روی رشد و عملکرد پیاز اثر کاهشی داشته است که این نتایج حاکی از تنوع ژنتیکی نسبتاً زیاد در ارقام مورد بررسی بود. رقم سفید کاشان که دارای بزرگترین اندازهٔ غده بذری بود دارای بیشترین رشد و کمترین واکنش نسبت به بیماری بوده است و نیز رقم زنجان که دارای کوچکترین اندازهٔ غده بذری بود دارای کمترین رشد و بیشترین واکنش نسبت به بیماری بود.

REFERENCES

Arena, D., Ben Ammar, H., Major, N., Kovačević, T. K., Goreta Ban, S., Al Achkar, N., ... & Branca, F. (2024). Diversity of the Morphometric and Biochemical Traits of Allium cepa L. Varieties. *Plants*, 13(13), 1727.

Arsagova, I.P. and Zakaidez. P.F. (1974). The effect of spacing and bulb size on the yield and quality of onion seed. Trudy Sev. Kavkaz NII gornogo. PRedgornoge Sel' skogo Khozyaistva, 1: 96-100.

Basol, L., Ram L.and Pandey. U.B. (1997). Effects of onion size and storing method one seed yield and some agronomical factors of onion (Allium cepa). *Seed Research*, 13(3): 68-80.

Belo, T., du Toit, L. J., & LaHue, G. T. (2023). Reducing the risk of onion bacterial diseases: A review of cultural management strategies. *Agronomy Journal*, *115*(2), 459-473.

Brewster, I. 1. (1982). Flowering and seed production in overwintered Cultivars of bulb onions. *Journal of Horticultural Science*, 57: 93-108.

Chanu, K. I., Devi, A. K. B., Singh, U. C., Devi, N. S., & Singh, S. N. G. (2022). Effect of different levels of nitrogen and spacing on growth and yield of common onion (Allium cepa L.) cv. Prema 178 under Manipur condition. *The Pharma Innovation Journal*, *11*(4), 1268-1274.

Chorolque, A., Pozzo Ardizzi, C., Pellejero, G., Aschkar, G., García Navarro, F. J., & Jiménez Ballesta, R. (2018). Incidence of bacterial diseases associated with irrigation methods on onions (Allium cepa). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *98*(14), 5534-5540.

Cramer, C. (2000). Breeding and genetics of fusarium basal rot resistance in onion. *Euphytica*, 115, 159–66.

Darbyshire, B., & Henry, R. J. (1981). Differences in fructan content and synthesis in some Allium species. *New Phytologist*, 87(2), 249-256.

Galavi, A., Hosseinzadeh, H., & Razavi, B. M. (2021). The effects of *Allium cepa* L.(onion) and its active constituents on metabolic syndrome: A review. *Iranian journal of basic medical sciences*, *24*(1), 3.

Ghalandar, M, Lak, MR. (2003). Investigation of fusarium root rot disease of edible onion in central province. Summary of articles of the 16th Congress of Iranian Herbal Medicine of Tabriz University. Pp.238.

Haghani, B, Nasr Esfahani, M. and Torabi, M. (2013). Investigating resistance gene in Iranian onion genotypes to root rot disease. The second national conference on new topics in agriculture. Saveh, Iran.

Haile, A., Tesfaye, B., & Worku, W. (2017). Seed yield of onion (Allium cepa L.) as affected by bulb size and intra-row spacing. *African Journal of Agricultural Research*, *12*(12), 987-996.

Haydar, A., Sharker, N., Ahmed, M. B., Hannan, M. M., Razavy, M. A., Hossain, M., Hoque, A., and Karim, R. (2007). Genetic Variability and Interralationship in Onion.

Holubec, V., Dvořáček, V., Svobodová Leišová, L., & Ercisli, S. (2021). Morphological, Genetic and Biochemical Evaluation of Dasypyrum villosum (L.) P. Candargy in the Gene Bank Collection. *Agronomy*, *11*(7), 1316.

Imani, A., & Rasouli, M. (2006). Effects of seed tuber size on growth and yield of potato cultivar Moron.

Koycu, N. D., and Ozer, N. 1997. Determination of seed borne fungi in onion and their transminassion to onion set. Phytoparasitica. 25: 25-31.

Lal, S., Malik, Y.S. & Pandey, U.C. (1987). Effect of bulb size and spacing on seed production of onion. *Haryana Journal of Horticultural Sciences*, 16, 164-168.

Lamei Harvani, J. (1998). Quantitative and qualitative traits evaluation of the results obtained from Homai Gomzainesh Tamudeh onion Gouli Kase with its cultivated local populations in Zanjan province. Summary of the article of the 5th Congress of Horticultural Sciences of Iran, Shahrivar, 1377, Faculty of Agriculture, Shiraz University, p. 3.

Leon, J. (1977, January). Origin, evolution and early dispersal of root and tuber crops. In *Proceedings of Fourth Symposium of International Society of Tropical Root Crops. CIAT, Cali, Columbia* (pp. 20-36).

Matheson, E. M., Mainous III, A. G., & Carnemolla, M. A. (2009). The association between onion consumption and bone density in perimenopausal and postmenopausal non-Hispanic white women 50 years and older. *Menopause*, *16*(4), 756-759.

Mettananda, K.A. and Fordham, R. (1999). The effects of plant size and Leaf No.umber on the bulbing of tropical short-day onion Cultivars (Allium cepa L.) under controlled environments in the United

Kingdom and tropical field condition in Sri Lanka. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 74(5), 622-631.

Miguel, A. C. A., Durigan, M. F. B., Durigan, J. F., and Moretti, C. L. (2005). Postharvest quality of twelve onion cultivars grown in the southeast of Brazil. *Acta Horticulturae*, 688, 265-268.

Moretti, E., Wickings, K., & Nault, B. (2021). Environmental factors and crop management that affect Delia antiqua damage in onion fields. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *314*, 107420.

Mousavizadeh, S., Moghadam, A., Tourchi, M, Mohammadi, SA. Masiha. (2006). Morphological and agronomic diversity of native Iranian onion stands. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 1-27(2): 193-202.

Nasr Esfahani, M., Hosseini, M., Nasehi, A., & Golkhandan, E. (2013). Screening of onion seed sets for resistance against new Iranian isolates of *Fusarium oxyporum* f. sp. *cepa*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 1-9.

Ozer, N., Koycu, N. D., Chilosi, G., and Margo, P. 2004. Resistance to Fusarium basal rot of onion in greenhouse and field and associated expression of antifungal compounds. Phytoparasitica. 32: 388-394.

Pandey, U.C., Dhingra, R.D. Singh, K. and Mongal, J.L. (1984). Effect of nitrogen fertilization, spacing and their interaction on seed yiled of onion (*Allium cepa* L.), var. Hissar. Horticultural Science Abstracts, 54(3).

Pandiyan, I., Ayyathurai, V., & Ramesh, V. (2024). Integrated Pest and Disease Management (IPDM) Module for Major Insect Pest Thrips and Diseases of Onion (Allium cepa var. aggregatum). *Madras Agricultural Journal*, *110* (december (10-12)), 1.

Peighami, A, Masiha, SV., Samadi, A. (2002). Investigating the resistance of different varieties of onion, Allium cepa L, to Fusarium spp root rot agents and onion. Summary of articles of the 16th Iranian Herbal Medicine Congress of Razi University of Kermanshah, p. 178.

Poursakhi, S., Asadi-Gharneh, H. A., Nasr-Esfahani, M., Abbasi, Z., & Hassanzadeh Khankahdani, H. (2025). Genetic diversity and population structure analysis of short-day onions using molecular markers in association with resistance to Fusarium basal rot. *Physiologia Plantarum*, *177*(1), e70042.

Rabinowitch, H. D., and Brewster, J. L. (1990). Onion and Allied crops, V. I, II. CRC Press, Inc. US.

Schwartz, H. F., and Mohan S. K., (1995) (Editors): Compendium of Onion and Garlic Diseases. *The American Phytopathological Society*, (ISBN: 0-89054-170-1).

Shafiq, S., Shakir, M., & Ali, Q. (2017). Medicinal uses of onion (*Allium cepa* L.): An overview. *Life Science Journal*, 14(6), 100-107.

Suleria H. A. R., Butt M. S., Anjum F. M., Saeed F., Khalid N. (2015). Onion: nature protection against physiological threats. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(1), 50–66. doi: 10.1080/10408398.2011.646364.

Sulistyaningsih, E., Tashiro, Y., & Shigyo, M. (1997). Morphological and Cytological Characteristics of Haploid Shallot. *Bulletin of the Faculty of Agriculture, Saga University*, 82, 7- 15.

Sutton, A. (1993). Onions. Ciba Plant Protection Vegetables. Switzerland. 72 p .

Taylor, A., Teakle, G. R., Walley, P. G., Finch-Savage, W. E., Jackson, A. C., Jones, J. E., ... & Clarkson, J. P. (2019). Assembly and characterisation of a unique onion diversity set identifies resistance to Fusarium basal rot and improved seedling vigour. *Theoretical and Applied Genetics*, 132, 3245-3264.

Teshika, J. D., Zakariyyah, A. M., Zaynab, T., Zengin, G., Rengasamy, K. R., Pandian, S. K., & Fawzi, M. M. (2019). Traditional and modern uses of onion bulb (Allium cepa L.): a systematic review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(sup1), S39-S70.

Yağmur, A., Demir, S., Canpolat, S., Rezaee Danesh, Y., Farda, B., Djebaili, R., ... & Pellegrini, M. (2024). Onion Fusarium basal rot disease control by arbuscular mycorrhizal fungi and Trichoderma harzianum. *Plants*, *13*(3), 386.

Yoo, K. S., Pike, L., Crosby, K., Jones, R., and Leskovar, D. (2006). Differences in onion pungency due to Cultivars, growth environment, and bulb sizes. *Scientia Horticulturae*, 100. 144-149.

Zargaran, A. (1995). Investigating and comparing the performance of onion cultivars. Summary of the article of the second seminar on vegetable and summer research. Karaj Institute of Quality Analysis and Seedling and Seed Production. 97-98.