



عنوان مقالات

- شناسایی اندوفیت‌های قارچی در کشت هوازی برنج استان گلستان ۱۰۷
ژنب زارع- سید اسماعیل رضوی- کامران رهنما- عبدالحسین طاهری- جاوید قرخلو
- ارزیابی نماتدهای انگل گیاهی در سامانه باغداری ارگانیک و رایج ۱۲۱
زهر اکبری- سیده فاطمه آقامیر-فراهم احمدزاده- حسین محمودی
- اثر برخی باکتری‌ها و قارچ‌های میکوریزی دارسناه‌ای بر بیماری بوته‌میری ریزوکتونیایی و ویژگی‌های رویشی لوبیا..... ۱۳۹
ناهد معرف‌زاده- هادی خاطری- روح‌اله شریفی
- برخی شاخص‌های تغذیه‌ای لمبه‌ای گندم (*Trogoderma granarium* (Everts) (Coleoptera: Dermestidae) روی دانه‌ی ژنوتیپ‌های مختلف گندم..... ۱۶۱
بهرام ناصری- سویل نوروزی‌نیا-سیدعلی اصغر فتحی- هوشنگ رفیعی دستجردی
- ساختار جوامع، تنوع گونه‌ای و نقشه پراکنش علف‌های هرز در چمن کاری بوستان‌های شهر تهران ۱۶۷
علی لشکری- مهدی راستگو- مهدی مین باشی معینی- علی قنبری
- بررسی تأثیر تنش‌های محیطی بر رشد و توسعه گیاه نی قمیش (*Arundo donax*) در شرایط آب و هوایی شهر مشهد..... ۱۷۹
محسن الهی نژاد- قربانعلی اسدی- رضا توکل افشاری
- بررسی تنوع و فلور علف‌های هرز و پراکنش گونه ماشک خرسی (*Vicia hircanica*) در مقایسه با سایر علف‌های هرز مورد بررسی در مزارع گندم و نخود کرمانشاه..... ۱۹۷
امین کریمی- ایرج نصرتی- غلامرضا محمدی- علیرضا باقری- سیروان بابایی
- الگوی رویش قیاق (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) در مزرعه ذرت تحت تأثیر عملیات مدیریتی ۲۱۷
مهدی ولی خانزادی- مرجان دیانت- مصطفی اویسی

Contents

- Identification of Fungal Endophytes in Aerobic Rice Cultivation of Golestan Province..... 105
Z. Zare, S.E. Razavi, K. Rahnema, A. Taheri, J. Gharekhloo
- Evaluation of Plant Parasitic Nematodes in Organic and Conventional Gardening Systems 119
Z. Akbari, F. Aghamir, F. Ahmadzadeh, H. Mahmoudi
- The Effect of Some Bacteria and Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Rhizoctonia Root rot and Growth Parameters of Common Bean Plants 137
N. Moarrefzadeh- H. Khateri- R. Sharifi
- Some Nutritional Indices of the Khapra Beetle, *Trogoderma granarium* (Everts) (Coleoptera: Dermestidae) on Grain of Various Wheat Genotypes 159
B. Naseri, S. Noruzinia, S.A.A Fathi- H. Rafiee-Dastjerdi
- Community Structure, Species Diversity and Weed Distribution Map in Turfgrass of Tehran City Parks..... 165
A. Lashkari, M. Rastgoo, M. Minbashi Moeini, A. Ghanbari
- Investigating the Effect of Environmental Stresses on the Growth and Development of Giant Reed (*Arundo donax*) under the Climatic Conditions of Mashhad City 177
M. Elahinejad , Gh. Asadi, R. Tavakolafshari
- Investigating the Diversity and Flora of Weeds and the Distribution of Caspian Vetch (*Vicia hircanica*) in Comparison to other Weeds in Kermanshah Wheat and Chickpea Fields..... 195
A. Karami, I. Nosratti, Gh. Mohammadi, A. Bagheri, S. Babaei
- The Pattern of Johnson Grass (*Sorghum hircanica* (Pers.) Emergence in Corn Field under the Influence of Management Operations 215
M. Valikhanzadi, M. Diyanat, M. Oveisi

نشریه پژوهش های حفاظت گیاهان ایران

(علوم و صنایع کشاورزی)

با شماره پروانه 21/2015 و درجه علمی - پژوهشی شماره 26524 از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
68/4/11 73/10/19

تابستان 1402

شماره 2

جلد 37

بر اساس مصوبه وزارت عتف از سال 1398، کلیه نشریات دارای درجه "علمی-پژوهشی" به نشریه "علمی" تغییر نام یافتند.

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول: رضا ولی زاده استاد - تغذیه نشخوارکنندگان (دانشگاه فردوسی مشهد)

سرمدیر: راشد محصل، محمد حسن استاد - علوم علف های هرز (دانشگاه فردوسی مشهد)

اعضای هیئت تحریریه:

ایزدی دربندی، ابراهیم	استاد - علوم علف های هرز (دانشگاه فردوسی مشهد)
بقائی راوری، ساره	دانشیار - بیماری شناسی گیاهی (دانشگاه فردوسی مشهد)
پور جم، ابراهیم	استاد - بیماری شناسی گیاهی (دانشگاه تربیت مدرس تهران)
حسینی، مجتبی	دانشیار - حشره شناسی کشاورزی (دانشگاه فردوسی مشهد)
راشد محصل، محمد حسن	استاد - علوم علف های هرز (دانشگاه فردوسی مشهد)
راشد محصل، آرش	محقق، اکولوژی حشرات، تگزاس
راضی، هومن	دانشیار - ژنتیک مولکولی (دانشگاه شیراز)
رجائی، حسین	حشره شناس، مدیر کلکسیون بالهولکداران، موزه ایالتی تاریخ طبیعی اشتوتگارت (آلمان)
صادقی نامقی، حسین	استاد - حشره شناسی کشاورزی (دانشگاه فردوسی مشهد)
صبوری، علیرضا	استاد - حشره شناسی کشاورزی (دانشگاه تهران)
صحراگرد، احد	استاد - حشره شناسی کشاورزی (دانشگاه گیلان)
کریم مجنی، حسن	دانشیار - تولید و ژنتیک گیاهی (دانشگاه صنعتی اصفهان)
مرعشی، سید حسن	استاد - بیوتکنولوژی و به نژادی گیاهی (دانشگاه فردوسی مشهد)
مهدیخانی مقدم، عصمت	استاد - بیماری شناسی گیاهی (دانشگاه فردوسی مشهد)

ناشر: دانشگاه فردوسی مشهد

نشانی: مشهد - کد پستی 91775 صندوق پستی 1163

دانشکده کشاورزی - دبیرخانه نشریات علمی

پست الکترونیکی جهت مکاتبات: Jpp1@um.ac.ir نمابر: 0511-8787430

مقالات این شماره در سایت <https://jpp.um.ac.ir/> به صورت مقاله کامل نمایه شده است .

این نشریه به صورت فصلنامه (4 شماره در سال) چاپ و منتشر می شود.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

- 107 شناسایی اندوفیت‌های قارچی در کشت هوازی برنج استان گلستان
زینب زارع - سید اسماعیل رضوی - کامران رهنما - عبدالحسین طاهری - جاوید قرخلو
- 121 ارزیابی نماتدهای انگل گیاهی در سامانه باغداری ارگانیک و رایج
زهرا اکبری - سیده فاطمه آقامیر - فراهم احمدزاده - حسین محمودی
- 139 اثر برخی باکتری‌ها و قارچ‌های میکوریزی دارسانه‌ای بر بیماری بوتهمیری ریزوکتونیایی و ویژگی‌های رویشی لوبیا
ناهید معروف‌زاده - هادی خاطری - روح‌اله شریفی
- 161 برخی شاخص‌های تغذیه‌ای لمبه‌ای گندم *Trogoderma granarium* (Everts) (Coleoptera: Dermestidae) روی دانه‌ی
ژنوتیپ‌های مختلف گندم
بهرام ناصری - سوبیل نوروزی نیا - سیدعلی اصغر فتحی - هوشنگ رفیعی دستجردی
- 167 ساختار جوامع، تنوع گونه‌ای و نقشه پراکنش علف‌های هرز در چمن‌کاری بوستان‌های شهر تهران
علی لشکری - مهدی راستگو - مهدی مین‌باشی معینی - علی قنبری
- 179 بررسی تأثیر تنش‌های محیطی بر رشد و توسعه گیاه نی قمیش (*Arundo donax*) در شرایط آب و هوایی شهر مشهد
محسن الهی نژاد - قربانعل اسدی - رضا توکل افشاری
- 197 بررسی تنوع و فلور علف‌های هرز و پراکنش گونه ماشک خرسی (*Vicia hircanica*) در مقایسه با سایر علف‌های هرز مورد بررسی
در مزارع گندم و نخود کرمانشاه
امین کرمی - ایرج نصرتی - غلامرضا محمدی - علیرضا باقری - سیروان بابایی
- 217 الگوی رویش قیاق (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) در مزرعه ذرت تحت تأثیر عملیات مدیریتی
مهدی ولی خانزادی - مرجان دیانت - مصطفی اویسی



Identification of Fungal Endophytes in Aerobic Rice Cultivation of Golestan Province

Z. Zare¹, S.E. Razavi^{2*}, K. Rahnama³, A. Taheri⁴, J. Gharekhloo⁵

Received: 20-08-2022

Revised: 25-02-2023

Accepted: 14-03-2023

Available Online: 14-03-2023

How to cite this article:

Zare, Z., Razavi, S.E., Rahnama, K., Taheri, A., & Gharekhloo, J. (2023). Identification of fungal endophytes in aerobic rice cultivation of Golestan province. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, 37(2), 105-117. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jpp.2023.78347.1100>

Introduction

Rice is one of the most important grains in the world and large part of its consumption is related to Middle East. Iran ranks 23rd in production, 26th in cultivation, and 13th in rice consumption with nearly 560,000-hectare rice lands and an annual production of nearly 2.5 million tons. In natural and agricultural ecosystems, plants are associated with large populations of microorganisms in the rhizosphere, endosphere (inside the root), leaves (phyllosphere), as well as pollen and seeds. These microorganisms spend all or part of their life cycle inside the healthy tissues of host plant without any obvious sign of disease. The stable coexistence between endophytes and plants is due to production of biological secondary metabolites with a unique structure, which positively affects the survival of plant growth in adverse conditions. Studies have shown that endophytic fungi increase resistance to drought, insects, diseases and host tolerance level, especially in stress conditions. Considering the increase in the risk of dehydration and the lack of sufficient water resources and the development and adoption of aerobic rice cultivation, it is important to identify endophytic fungi that increase tolerance to drought stress and improve the growth factors of the host plant. There are relatively few studies on endophytic fungi that colonize healthy tissues of rice plants under aerobic conditions. Therefore, the aim of this study is to evaluate endophytic fungal collections in different parts of aerobically cultivated rice plants.

Materials and Methods

In this study, in order to identify endophytic fungi in aerobic cultivation of rice in Golestan province, sampling were carried out from several aerobic rice fields in Golestan province, including Gorgan, Kordkuy, Bandar Gaz, Aliabad and Kalaleh cities during the months of May to September in 2019-2020. Plant tissues were transferred to the laboratory (Department of Plant Protection) in separate paper bags along with specifications. Purification was performed on a 2% water-agar medium using Hyphal tip method. Based on investigations and morphological data, a number of isolates were selected as representatives for molecular identification. Genomic DNA was extracted from mycelia grown in PDB (Potato Dextrose Broth) culture medium according to the CTAB method with a slight modification, and the polymerase chain reaction (PCR) was performed according to Nemati and Abdulhazadeh method. The ITS region (ITS4-5.8S-ITS5) of the selected isolates was amplified during the PCR reaction using ITS5 (5'-GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-3') and ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') primers and The β -tubulin region was amplified by T1 (5'-AACATGCGTGAGATTGTAAGT-3') and β Sandy-R (5'-GCRCGNGGVACRTACTTGTT-3') primers. Purification and sequencing of PCR products was done by Pishgam Biotechnology Company. The sequences of

1, 2, 3 and 4- Ph.D. Student, Assistant Professor and Associate Professors Department of Plant Protection, Plant Production Faculty, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, respectively.

(* - Corresponding Author Email: razavi@gau.ac.ir)

5- Associate Professor, Department of Agriculture, Plant Production Faculty, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

DOI: [10.22067/jpp.2023.78347.1100](https://doi.org/10.22067/jpp.2023.78347.1100)

ITS and β -tubulin regions were modified and extracted using Chromas 2.6.6 software. Nucleotide sequences of the selected isolates were compared with the available sequences in the Gene bank by Blast algorithm and the sequences data were submitted in the NCBI database website. Phylogenetic trees were drawn using the Maximum likelihood method and MEGA 6.06 software.

Results and Discussion

Based on preliminary morphological studies, 20 isolates were selected as representatives of purified isolates and were identified by molecular analysis. In this study, a total of 39 fungal isolates were obtained, that the highest number of the isolates belonged to the pods of rice plants with the frequency of 17 isolates and the lowest number of isolates belonged to the roots of rice plants with 10 isolates. Among the 6 genera identified in this research, the largest number of isolates was belonged to *Alternaria* and *Fusarium* genera, with 18 and 6 isolates, respectively, and the highest number of species was belonged to *Fusarium* genus with 6 species. Fungal species include: *F. chlamydosporum*, *F. proliferatum*, *F. incarnatum*, *F. solani*, *F. fujikuroi*, *F. verticillioides*, *S. bactrocephalum*, *N. sphaerica*, *N. oryzae*, *A. alternata*, *E. nigrum*, *C. cladosporioides*. Among these species, *Nigrospora sphaerica*, *E. nigrum* and *S. bactrocephalum* are reported for the first time in this study as rice plant endophytes in Iran.

Conclusion

Investigation of endophytic fungi in the present study indicates that some of these isolates, including *F. chlamydosporum*, *F. proliferatum*, *F. fujikuroi* are pathogenic fungi. It means that range of the endophytic life and pathogenic life cannot be separated and determined and environmental conditions and nutritional status determine the type of interaction. *F. chlamydosporum* causes Fusarium root and crown rot, is reported in some sources as an endophytic fungus in various plants.

Keywords: Fusarium, Morphology, Molecular, Rice endophytic, *Sarocladium bactrocephalum*

شناسایی اندوفیت‌های قارچی در کشت هوازی برنج استان گلستان

زینب زارع^۱ - سید اسماعیل رضوی^{۲*} - کامران رهنما^۳ - عبدالحسین طاهری^۴ - جاوید قرخلو^۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۲۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۲/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۳

چکیده

برنج از مهم‌ترین غلات مورد مصرف غذایی مردم جهان به‌ویژه خاورمیانه می‌باشد. ایران با داشتن نزدیک به ۵۶۰ هزار هکتار زمین کشاورزی اختصاص یافته برای کشت برنج و تولید سالانه نزدیک به ۲/۵ میلیون تن، رتبه جهانی ۲۳ در تولید و ۲۶ در زمین‌های تحت کشت و رتبه ۱۳ در مصرف آن را به خود اختصاص داده است. در این پژوهش، به‌منظور شناسایی قارچ‌های اندوفیت در کشت هوازی برنج استان گلستان، بازدیدهایی از مزارع مختلف برنج هوازی استان گلستان شامل شهرستان‌های گرگان، کردکوی، بندرگز، علی‌آباد و کلاله طی ماه‌های اردیبهشت تا شهریور سال ۱۳۹۸-۱۳۹۹ به‌عمل آمد. پس از خالص‌سازی، شناسایی جدایه‌ها بر اساس خصوصیات ریخت‌شناسی و توالی ناحیه ITS و TUB انجام گرفت. در این پژوهش، در مجموع ۳۹ جدایه قارچی متعلق به ۱۲ گونه از ۶ جنس به‌دست آمد که بیشترین تعداد جدایه متعلق به غلاف گیاه برنج با فراوانی ۱۶ جدایه و کمترین آن ۱۱ جدایه به ریشه گیاه برنج تعلق داشت. از بین ۶ جنس شناسایی شده در این تحقیق، بیشترین تعداد جدایه متعلق به جنس‌های *Alternaria* و *Fusarium* به‌ترتیب هر یک با فراوانی ۱۹ و ۶ جدایه، و همچنین بیشترین تعداد گونه حاصل به جنس *Fusarium* با فراوانی شش گونه تعلق داشت. گونه‌های قارچی شامل: *Fusarium chlamydosporum*، *Fusarium proliferatum*، *F. incarnatum*، *F. solani*، *F. fujikuroi*، *F. F.*، *Epicoccum Alternaria alternata*، *N. oryzae*، *Nigrospora sphaerica*، *Sarocladium bactrocephalum*، *verticillioides* و *Epicoccum nigrum*، *Nigrospora sphaerica* هستند. در این میان گونه‌های *Cladosporium cladosporioides nigrum* و *Sarocladium bactrocephalum* برای اولین بار در این مطالعه به‌عنوان اندوفیت گیاه برنج در ایران گزارش می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: اندوفیت برنج، ریخت‌شناسی، فوزاریوم، مولکولی، *Sarocladium bactrocephalum*

مقدمه

میکروارگانیزم‌ها تمام یا بخشی از چرخه زندگی خود را داخل بافت های سالم گیاه میزبان و بدون علائم آشکاری از بیماری سپری می‌کنند (Faeth and Fagan, 2002). اگرچه در دوران پیری میزبان، این عوامل اندوفیت ممکن است موجب ایجاد بیماری در میزبان شوند (Rodriguez et al., 2009). باید توجه نمود که اندوفیت‌ها، بافت های سالم گیاهی را کلونیزه می‌کنند و این تعامل به‌عنوان واکنش متقابل تلقی می‌شود (Liu et al., 2020a). اندوفیت‌ها در بافت‌های گیاهی، مواد غذایی را از گیاه میزبان دریافت می‌کنند و در مقابل با تولید متابولیت‌هایی موجب افزایش تحمل میزبان در برابر عوامل زنده و غیر زنده می‌شوند (Rodriguez et al., 2005). اندوفیت‌ها شامل باکتری‌ها و قارچ‌هایی هستند که بافت‌های گیاه را به صورت درون سلولی یا بین سلولی به اشغال خود در آورده، بدون اینکه آسیبی به گیاه وارد شود (Arnold, 2007; Porras Alfaro and Bayman, 2007).

در اکوسیستم‌های طبیعی و زراعی، گیاهان با توده‌های بسیاری از جمعیت میکروارگانیزم‌ها در خاک اطراف ریشه، آندوسفر (درون ریشه)، برگ‌ها (فیلوسفر)، و همچنین گرده‌ها و دانه‌ها مرتبط هستند (Liu et al., 2017; Nair and Padmavathy, 2014). این

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استادیار و دانشیاران گروه گیاه‌پزشکی،

دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(*) نویسنده مسئول: (Email: razavi@gau.ac.ir)

۵- دانشیار گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

DOI: 10.22067/jpp.2023.78347.1100

(2011). از زمان کشف اندوفیت، پژوهشگران تعاریف متعددی را برای توصیف این عوامل درون‌رست ذکر نموده‌اند. به طور کلی اندوفیت‌ها نقش‌های فیزیولوژیکی و اکولوژیکی مهمی را در زندگی میزبان خود ایفا می‌کنند (Tintjer and Rudgers, 2006). برهمکنش گیاه و اندوفیت برای کسب مواد مغذی، رشد، نمو و افزایش تحمل به تنش‌های مختلف محیطی بسیار مهم است (Schulz and Boyle, 2005). این برهمکنش ممکن است موقتی بوده و عامل اندوفیت تحت عوامل متعددی از جمله تنش به عامل بیماری‌زا تغییر پیدا کند (Schulz and Boyle, 2005). همزیستی پایدار بین اندوفیت‌ها و گیاهان به دلیل تولید متابولیت‌های ثانویه زیستی با ساختار منحصر به فرد است که به طور مثبت بر بقای رشد گیاه در شرایط نامطلوب تأثیر می‌گذارد (Sheteiwy et al., 2021b). این متابولیت‌ها شامل هورمون‌های گیاهی، پلی ساکاریدهای خارج سلولی (EPS)، آلکالوئیدها، ترپنوئیدها، اسیدهای فنولی، بنزوپیرانول‌ها، کینون و کوئینون‌ها، استروئیدها، تترالون‌ها، زانتون‌ها، آنزیم‌هایی مانند ۱-آمینو سیکلوپروپان-۱-کربوکسیلیک اسید دامیناز (ACCD) و غیره می‌باشد (Hatamzadeh and Hamilton et al., 2016). این میکروارگانیسم‌ها با تولید متابولیت‌های ثانویه ساز و کارهایی را برای غلبه بر عوامل بیماری‌زا به کار می‌برند (Tan and Zou, 2001). بنابراین به نظر می‌رسد گیاهان میزبان مواد مغذی را برای اندوفیت‌ها فراهم می‌کنند و در مقابل این اندوفیت‌ها ممکن است موجب مقاومت گیاه در برابر آفات و بیماری‌ها شوند و یا وظایف مفید دیگری داشته باشند (Arnold and Herre, 2003). اندوفیت‌ها تقریباً از همه گونه‌های گیاهی گزارش شده‌اند. تخمین زده می‌شود که حداقل یک میلیون گونه قارچ اندوفیت در ۳۰۰۰۰۰ گونه گیاهی شناخته شده در جهان وجود داشته باشد. اندوفیت‌ها تا به امروز تقریباً از همه بافت‌های گیاهی جداسازی شده‌اند (Staniek et al., 2008). جداسازی قارچ‌ها از گیاهان زراعی بسیار بیشتر از درختان بوده است و در بین درختان، درختان غیر مثمر بیشتر از درختان مثمر مورد بررسی قرار گرفته‌اند (Hatamzadeh and Rahnema, 2016). بیشتر این مطالعات روی برگ و بررسی اندکی در زمینه بافت چوبی و بافت پوست انجام شده است (Weber, 2009).

مطالعات متعددی روی قارچ‌های اندوفیت در محصولات مختلف مانند ذرت (Fisher and Petrini, 1992)، موز (Cao et al., 2002)، قهوه (Santamaria and Bayman, 2005) و گندم (Larran et al., 2007) انجام شده است که نشان‌دهنده تنوع قارچ‌های اندوفیت می‌باشد. برنج یکی از مهمترین محصولات زراعی است که نقش بسیار مهمی را در جیره غذایی مردم جهان ایفا می‌کند. خشک‌سالی و کم‌آبی از عوامل تهدیدکننده حیات در مناطق وسیعی از ایران بوده و پیش‌بینی می‌شود که مشکل کم‌آبی در سال‌های آینده بحرانی‌تر خواهد شد. معرفی روش‌های جایگزین تولید برنج که نیاز به

آب کم‌تری داشته باشد بسیار ضروری است. بنابراین تغییر شیوه کشت برنج از مرسوم به هوازی به دلیل مصرف میزان کمتر آب مورد توجه کشاورزان قرار گرفته است. به‌طور کلی در سال ۲۰۰۷ حدود ۲۳ درصد برنج در سطح جهان به صورت کاشت مستقیم بذر به شیوه کاشت بذر در بستر خشک تولید شده است (Rao et al., 2007). مطالعات نشان داده‌است، قارچ‌های اندوفیت در افزایش مقاومت به خشکی، حشرات، مقاومت به بیماری و به‌طور کلی به تحمل میزبان به ویژه در شرایط تنش کمک می‌کنند (Rodriguez et al., 2009). با توجه به افزایش روند خطر کم‌آبی و نبود منابع کافی آب و توسعه و پذیرش کشت برنج به صورت هوازی، شناسایی قارچ‌های اندوفیتی که موجب افزایش تحمل به تنش خشکی و بهبود فاکتورهای رشدی گیاه میزبان می‌شود، حائز اهمیت است. بررسی‌های نسبتاً کمی بر روی قارچ‌های اندوفیتی که بافت‌های سالم گیاه برنج را در شرایط هوازی کلونیزه می‌کنند، وجود دارد. بنابراین، هدف از مطالعه حاضر ارزیابی مجموعه‌های قارچی اندوفیت در بخش‌های مختلف گیاهان برنج کشت شده به روش هوازی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی

برای نمونه‌برداری، بازدیدهایی از مزارع مختلف برنج هوازی استان گلستان شامل شهرستان‌های گرگان، کردکو، بندرگز، علی‌آباد و کلاله طی ماه‌های اردیبهشت تا شهریور سال ۱۳۹۹-۱۳۹۸ به عمل آمد. نمونه‌برداری به صورت تصادفی و از قسمت‌های مختلف گیاهان برنج سالم و فاقد هرگونه علائم آفات و بیماری‌ها در مرحله پنجه‌زنی، ساقه‌دهی و خوشه‌دهی انجام گرفت و در مجموع ۱۰ بوته از هر مکان جمع‌آوری شد. اندام‌های گیاهی به تفکیک، درون پاکت‌های کاغذی با ثبت مشخصات به آزمایشگاه گروه گیاهپزشکی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان منتقل شدند. جداسازی قارچ‌ها به روش گنجعلی و همکاران با اندکی تغییرات انجام گرفت (Ganjali et al., 2004). برای جداسازی قارچ‌های اندوفیت، نمونه‌های گیاهی پس از چندبار شستشو با آب جاری، ابتدا به مدت ۳۰ ثانیه در الکل ۷۰ درصد و سپس به مدت ۳۰-۳۵ دقیقه در هیپوکلریت سدیم نیم درصد روی یک همزن الکتریکی قرار داده شدند. در نهایت قطعات پس از سه مرتبه شستشو با آب مقطر سترون و خشک‌شدن روی کاغذ صافی استریل، روی محیط کشت سیب‌زمینی-دکستروز-آگار (PDA) همراه با آنتی‌بیوتیک تتراسایکلین با میزان ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر قرار داده شدند. تشتک‌های پتری در دمای 1 ± 26 درجه سانتی‌گراد در انکوباتور قرار گرفتند. خالص‌سازی قارچ‌های رشد یافته، با استفاده از روش نوک ریشه روی محیط کشت آب-آگار دو درصد صورت گرفت.

بررسی ریخت‌شناسی جدایه‌ها و شناسایی گونه‌ها

قارچ‌های اندوفیت خالص شده با بررسی ساختارهای میکروسکوپی و ماکروسکوپی شناسایی شدند. برای شناسایی هر یک از این قارچ‌ها با توجه به رنگ پرگنه و اسپور تولید شده، از ۲ محلول اسیدلاکتیک برای تیره رنگ‌ها و لاکتوفنل آنیلین بلو برای رنگ روشن‌ها استفاده گردید. برای شناسایی، صفات ریخت‌شناسی مانند خصوصیات پرگنه، شکل پرگنه، رنگ سطح رویی و قسمت زیرین پرگنه، وضعیت میسلیم هوایی، ساختارهای تولیدمثلی، خصوصیات اسپور و غیره بررسی شد و با استفاده از کلیدهای معتبر قارچ‌شناسی از جمله راهنمای قارچی الیس، بارنت و هانتز و لزلی و سامرل شناسایی قارچ‌ها انجام شد (Ellis, 1971; Barnett and Hunter, 1998; Leslie and Summerell, 2006).

استخراج DNA، تکثیر و توالی‌یابی و شناسایی مولکولی جدایه‌ها

بر اساس بررسی‌ها و داده‌های ریخت‌شناسی تعدادی از جدایه‌ها به‌عنوان نماینده، برای مطالعات مولکولی و شناسایی مولکولی انتخاب شدند (جدول ۱). استخراج DNA ژنومی از میسلیم‌های رشد یافته در محیط کشت مایع PDB (Potato Dextrose Broth) و طبق روش CTAB با اندکی تغییر انجام و مخلوط واکنش زنجیره‌ای پلیمریز (PCR) مطابق با روش نعمتی و عبداله‌زاده انجام گرفت (Nemati and Abdollahzadeh, 2009). ناحیه ITS (ITS4-5.8S-ITS5) طی واکنش PCR و با استفاده از دو آغازگر ITS5 (5'-GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-3') و ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') (White et al., 1990) و ناحیه β -tubulin توسط دو آغازگر T1 (5'-AACATGCGTGAGATTGTAAGT-3') و β -Sandy-R (5'-GCRCGNGGVACRTACTTGTT-3') تکثیر شدند (O'Donnell and Cigelnik, 1997). شرایط PCR شامل ۵ دقیقه واسرشت‌سازی اولیه در دمای ۹۴ درجه سانتی‌گراد، ۳۵ چرخه که در هر یک ۳۰ ثانیه در دمای ۹۴ درجه سانتی‌گراد برای واسرشت‌سازی، ۳۰ ثانیه در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد برای اتصال آغازگر، ۱ دقیقه در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد برای بسط و ۵ دقیقه در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد برای بسط نهایی بود. در نهایت یک چرخه بسط نهایی در دمای ۷۲ درجه سلسیوس به مدت ۱۰ دقیقه انجام شد. خالص‌سازی و تعیین توالی محصولات PCR توسط شرکت زیست‌فناوری پیشگام انجام گرفت. توالی‌های نواحی ITS و β -tubulin با استفاده از نرم افزار Chromas 2.6.6 اصلاح و استخراج شدند. به‌منظور شناسایی مولکولی جدایه‌ها، ابتدا با استفاده از ابزار جستجوی BLAST

پایگاه اطلاعاتی NCBI توالی‌های نواحی ITS و β -tubulin جدایه‌های مورد نظر، بررسی شد. توالی‌های نوکلئوتیدی جدایه‌های این پژوهش با توالی موجود در بانک ژن مقایسه و توالی‌ها در سایت NCBI ثبت گردیدند. درختان فیلوژنتیکی با استفاده از روش Maximum likelihood و با نرم‌افزار MEGA 6.06 ترسیم شدند (Tamura et al., 2013).

نتایج و بحث

در این بررسی ۴۱ جدایه قارچ به‌دست آمد. بر اساس بررسی‌های مقدماتی ریخت‌شناسی، از بین جدایه‌های خالص شده ۲۰ جدایه به‌عنوان نماینده انتخاب و با استفاده از بررسی‌های مولکولی توالی ناحیه ITS4-5.8S-ITS5 و TUB شناسایی شدند. در مجموع ۱۲ گونه متعلق به ۶ جنس قارچی شناسایی گردید و توالی‌های به‌دست آمده در بانک ژن ثبت شدند (جدول ۱ و ۲). ارزیابی تشابه توالی‌های به‌دست آمده با توالی‌های موجود در بانک ژن (NCBI GenBank) از طریق انجام جستجوی BLASTn انجام شد. درخت تک‌ژنی مبتنی بر ناحیه TUB برای جنس فوزاریوم و ناحیه ITS برای سایر جنس‌های شناسایی شده با استفاده از روش Maximum Likelihood رسم شد. برای گونه‌های فوزاریوم مورد بررسی از ۳۱ جدایه استاندارد با گونه *Colletotrichum gloeosporioides* به‌عنوان گروه خارجی (شکل ۲)، و برای سایر جنس‌های این پژوهش از ۱۳ جدایه استاندارد و گونه *Xylaria xylarioides* به‌عنوان گروه خارجی اخذ شده از بانک ژن، استفاده شد (شکل ۴). توصیف ریخت‌شناسی گونه‌هایی با فراوانی بیشتر و گونه‌های کمتر شناخته شده در ادامه آورده شده است. *Fusarium chlamydosporum* Wollenw. & Reinking 1925 از این گونه ۶ جدایه از ریشه برنج جدا شد. میسلیم‌ها نسبتاً متراکم، سفید مایل به زرد بودند. رنگدانه‌های زرد درونی‌ترین حلقه را در مرکز تشکیل می‌دادند. رنگ پرگنه در قسمت پشت پتری قرمز تا قهوه‌ای تیره بود. قطر پرگنه در شرایط دمایی 26 ± 1 درجه سانتی‌گراد پس از گذشت یک ماه روی محیط کشت PDA برابر ۵۷ میلی‌متر بود. کنیدیوم‌برها در میسلیم هوایی عمدتاً دارای شاخه‌های کوتاه و شفاف بودند. ماکروکنیدیوم نادر و دارای ۳ تا ۶ دیواره عرضی به شکل خمیده و در دو انتها نوک‌تیز بودند. میکروکنیدیوم به‌فراوانی به‌صورت منفرد گاهی دو سلولی یا سه سلولی با اشکال بیضی در اندازه ۳-۷ میکرومتر وجود داشت. کلامیدوسپورها فراوان بودند و به صورت تک، زنجیره‌ای یا خوشه‌ای روی میسلیم تشکیل شدند (شکل ۱ و ۲).

جدول ۱- فهرست جدایه‌های شناسایی شده در این پژوهش، بافت میزبان و محل جمع‌آوری

Table 1- List of isolates identified in this study, host tissue and collection site

کد جدایه	تعداد جدایه	قارچ	بافت میزبان	محل جمع‌آوری
Code	Number of isolate	Fungus	Plant tissues	Locality
Z18	6	<i>Fusarium chlamydosporum</i>	ریشه Root	نصرت‌آباد-علی‌آباد Nosratabad- Aliabad
Z3-GK	4	<i>F. incarnatum</i>	غلاف برگ Leaf sheath	کالاله Kalaleh
Z2-RPA	2	<i>F. proliferatum</i>	ریشه Root	پیچک محله-علی‌آباد Pichak Mahalleh- Aliabad
Z34-RZG	2	<i>F. solani</i>	ریشه Root	زنگیان-گرگان Zangian-Gorgan
Z5-RAG	2	<i>F. fujikuroi</i>	ریشه Root	علی‌آباد کنار شهر-گرگان Aliabad-e Kenar Shahr-Gorgan
Z45-GSK	2	<i>F. verticillioides</i>	غلاف برگ Leaf sheath	کردکوی Kordkuy
Z20-GZG	2	<i>Sarocladium bactrocephalum</i>	غلاف برگ Leaf sheath	زنگیان-گرگان Zangian-Gorgan
Z39-BB	2	<i>Nigrospora sphaerica</i>	برگ Leaf	بندرگز Bandar Gaz
Z42-BZG	4	<i>N. oryzae</i>	برگ Leaf	زنگیان-گرگان Zangian-Gorgan
Z86-BSK	6	<i>Alternaria alternata</i>	برگ Leaf	کردکوی Kordkuy
Z87-GSG	5	<i>Epicoccum nigrum</i>	غلاف برگ Leaf sheath	سرخنکلاته-گرگان Sorkhankalateh Gorgan
Z51-BNA	4	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	غلاف برگ Leaf sheath	نصرت‌آباد-علی‌آباد Nosratabad- Aliabad

شکل ۱- گونه *Fusarium chlamydosporum*: A & B) رشد قارچ روی محیط کشت PDA پس از یک ماه؛ C) ریشه، کلامیدوسپور؛ D)

میکروکنیدیوم؛ E) ماکروکنیدیوم

Figure 1- *Fusarium chlamydosporum*: A and B) Colony on PDA after a month; C) Hypha, chlamydospores; D) Microconidia; E) Macroconidia

منشعب با اندازه‌های ۵-۳×۱۵-۱۰ میکرومتر بودند. ماکروکنیدیوم چهار تا پنج سلولی، کمی خمیده و مخروطی شکل در راس و ۵-۳×۳۰-۲۰ میکرومتر بودند. زنجیره‌های چندتایی کلامیدوسپور در میسلیم مشاهده شد (شکل ۳ و ۲).

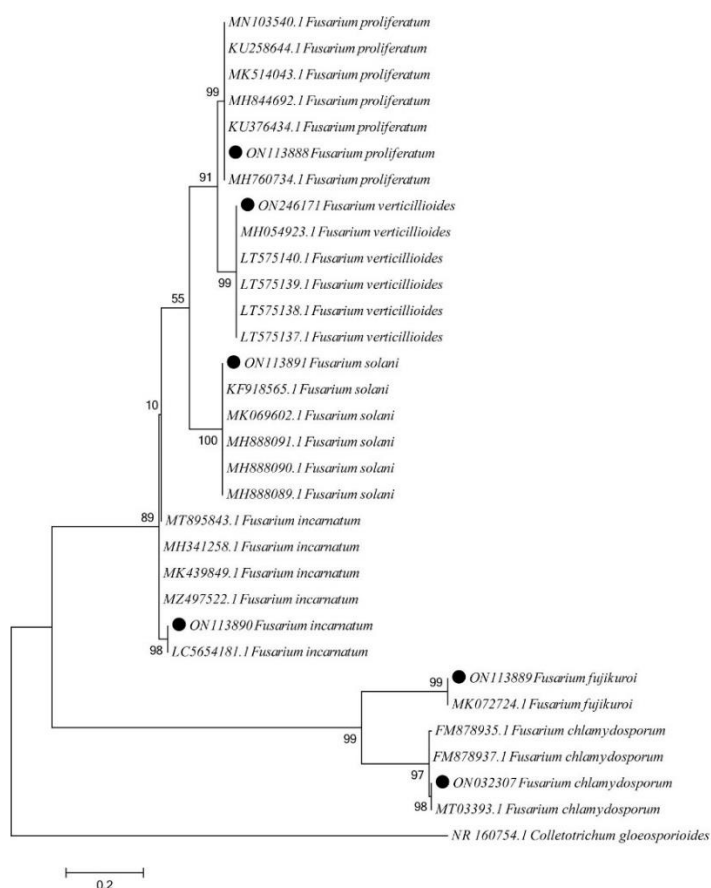
Fusarium incarnatum (Desm.) Sacc., 1886

از این گونه ۴ جدایه از غلاف برگ برنج جدا شد. پرگنه روی PDA دارای میسلیم هوایی متراکم، به رنگ سفید مایل به صورتی و در قسمت پشت پتری رنگ پرگنه، صورتی مایل به قهوه‌ای بود. سرعت رشد این گونه ۲/۵۱ تا ۵/۵ میلی‌متر پس از یک هفته بود. میکروکنیدیوم‌ها تک سلولی تا چند سلولی روی کنیدیوم‌های هوایی

جدول ۲- کد دسترسی و درصد شباهت جدایه‌های شناسایی شده در این پژوهش

Table 2- Accession number and similarity percentage of the identified isolates

کد دسترسی بانک ژن		قارچ	کد جدایه
Gen Bank Accession number		Fungus	Code
TUB	ITS		
ON872943	ON032307	<i>Fusarium chlamydosporum</i>	Z18
ON859911	ON113888	<i>F. proliferatum</i>	Z2-RPA
ON872942	ON113890	<i>F. incarnatum</i>	Z3-GK
-	ON113886	<i>Sarocladium bactrocephalum</i>	Z20-GZG
ON872944	ON113891	<i>F. solani</i>	Z34-RZG
ON872941	ON113889	<i>F. fujikuroi</i>	Z5-RAG
ON872945	ON246171	<i>F. verticillioides</i>	Z45-GSK
-	ON246204	<i>Nigrospora sphaerica</i>	Z39-BB
-	ON246205	<i>N. oryzae</i>	Z42-BZG
-	-	<i>Alternaria alternata</i>	Z86-BSK
-	ON113887	<i>Epicoccum nigrum</i>	Z87-GSG
-	-	<i>Cladosporium cladosporioides</i>	Z51-BNA



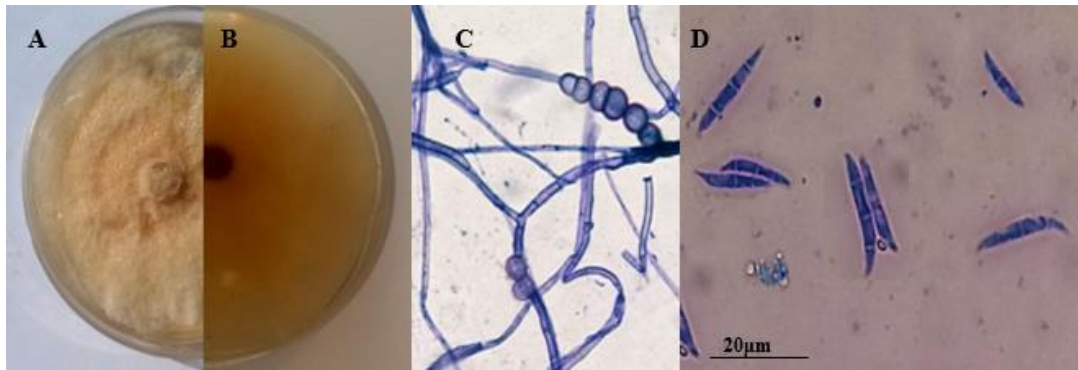
شکل ۲- درخت فیلوژنیک ترسیم شده بر اساس توالی نوکلئوتیدی ناحیه TUB به روش Maximum likelihood در ۳۱ آرایه با استفاده از نرم

افزار MEGA 6.06

گونه *Colletotrichum gloeosporioides* به عنوان گروه خارجی انتخاب شده است.

Figure 2- Phylogenetic tree inferred from maximum likelihood analysis of the nucleotide sequence of TUB in 31 taxa generated using MEGA 6.06 software

Colletotrichum gloeosporioides was used as an out group.

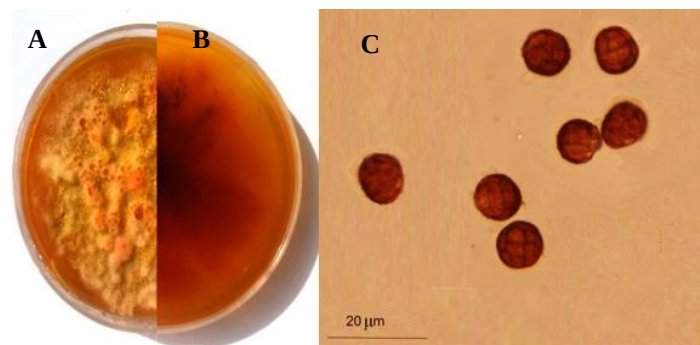


شکل ۳- گونه *Fusarium incarnatum*؛ A&B) رشد قارچ روی محیط کشت PDA پس از دو هفته؛ C) ریشه، کلامیدوسپور؛ D) ماکروکنیدیوم
Figure 3- *F. incarnatum*: A and B) Colony on PDA after two weeks; C) Hypha, chlamydospores; D) Macroconidia

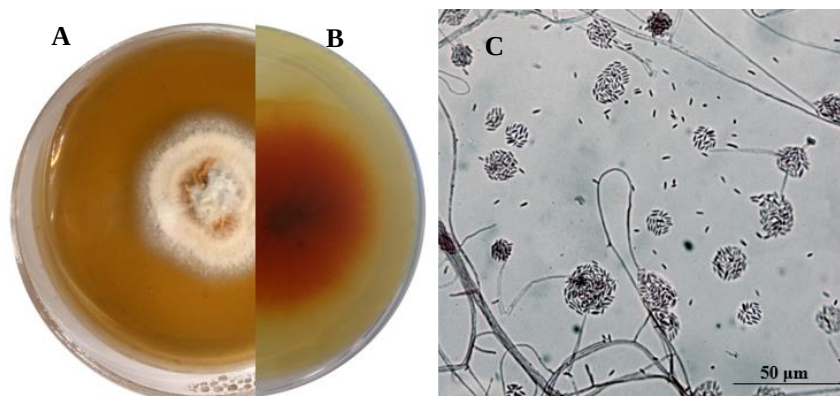
تیره، توتی شکل با دیواره‌های عرضی غیر واضح مشاهده شد. قطر کنیدیوم‌ها ۲۰-۱۰ میکرومتر بود. در پرگنه این گونه روی محیط کشت PDA رنگ‌های متفاوتی دیده شد. اسپورزایی در این گونه اغلب به کندی اتفاق افتاد (شکل ۴ و ۶).

Epicoccum nigrum Link, 1816

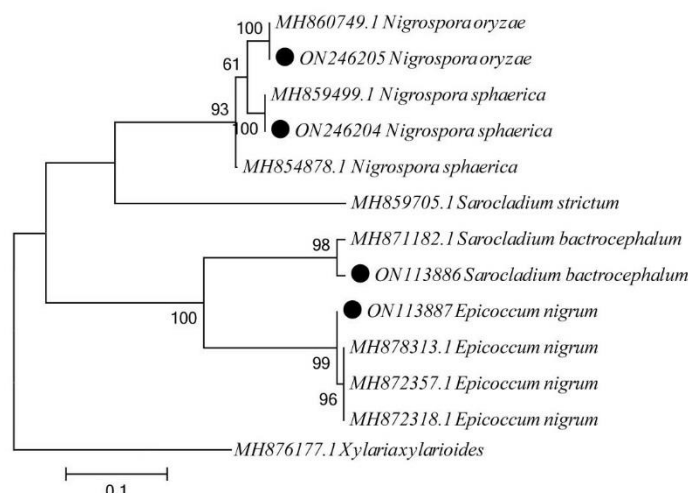
از این گونه ۵ جدایه از غلاف برگ برنج جدا شد. پرگنه دارای رشد متراکم میسلیم با حاشیه نامنظم، به رنگ قرمز، ارغوانی، نارنجی تا قرمز تیره بر روی محیط کشت PDA بود. سرعت رشد برای این گونه ۱/۲-۰/۸ میلی‌متر در روز ثبت شد. در این گونه کنیدیوم‌ها نامشخص و کنیدیوم‌ها کروی تا بیضی شکل به رنگ قرمز تا قهوه‌ای



شکل ۴- گونه *Epicoccum nigrum*؛ A & B) رشد قارچ روی محیط کشت PDA پس از دو هفته؛ C) کنیدیوم
Figure 4- *Epicoccum nigrum*: A and B) Colony on PDA after two weeks; C) Conidia



شکل ۵- گونه *Sarocladium bactrocephalum*؛ A&B) رشد قارچ روی محیط کشت PDA پس از یک هفته؛ C) ریشه، کنیدیوم و کنیدیوم‌ها
Figure 5- *Sarocladium bactrocephalum* : A) Colony on PDA after one weeks; B) Hypha, Conidia and Conidiophores



شکل ۶- درخت فیلوژنیک ترسیم شده بر اساس ناحیه ITS به روش Maximum likelihood در ۱۳ آرایه با استفاده از نرم افزار MEGA 6.06 گونه *Xylaria xylarioides* به عنوان گروه خارجی انتخاب شده است.

Figure 6- Phylogenetic tree inferred from maximum likelihood analysis of the nucleotide sequence of ITS in 13 taxa generated using MEGA 6.06 software *Xylaria xylarioides* was used as out group.

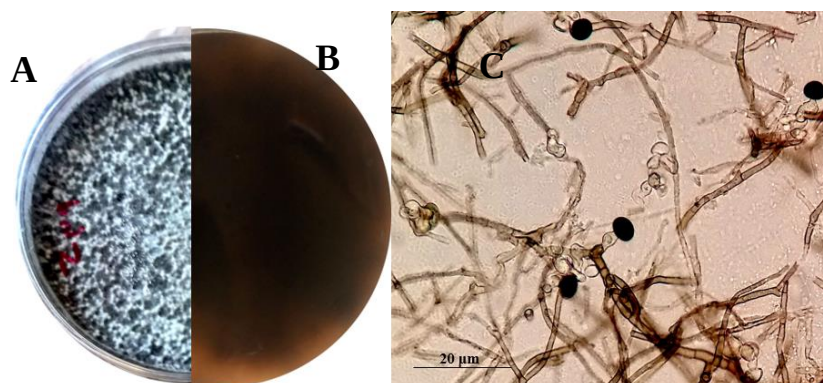
خصوصیات ریخت‌شناسی این گونه با مشخصات ارائه شده در پژوهش دامچ مطابقت داشت (Domsch, 1980). پرگنه این قارچ در محیط PDA سریع‌الرشد بود به‌طوری که قطر پرگنه قارچ پس از ده روز به ۱۰۰ میلی‌متر رسید. رنگ پرگنه در ابتدای رشد به رنگ سفید، اما بعد از گذشت یک هفته و شروع اسپوردهی به تدریج به رنگ خاکستری روشن تا خاکستری تیره همراه با نقاط سفید در آمدند. کنیدیوم‌برها کوتاه به ابعاد $15-20 \times 3-5$ میکرومتر و هرکدام دارای یک کنیدیوم منفرد بودند. سلول انتهایی کنیدیوم بر آمپولی‌شکل، متورم، روشن و به قطر ۱۰-۶ میکرومتر و کروی یا پهن و منفرد و تک سلولی مشاهده شد. کنیدیوم سیاه، کروی تا بیضی‌شکل در ابعاد ۲۰-۱۵ میکرومتر بود (شکل ۷ و ۶).

Sarocladium bactrocephalum (W. Gams) Summerbell 2011

از این گونه ۲ جدایه از غلاف برگ برنج جدا شد. پرگنه روی محیط کشت PDA در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد طی ۷ روز به ۱۵ تا ۱۸ میلی‌متر رسید. پرگنه به‌صورت سفید متمایل به زرد، برآمده، مرطوب تا لزج و به رنگ نارنجی کم‌رنگ مشاهده شد. میسلیم رویشی، روشن، صاف و دیواره نازک، به عرض ۱-۲ میکرومتر بود. کنیدیوم‌برها ساده یا با تعداد شاخه کم مستقیماً از هیف‌های رویشی ناشی می‌شوند. کنیدیوم تک سلولی، استوانه‌ای با انتهای گرد، $3-8 \times 1-1/5$ میکرومتر بود. کلامیدوسپور مشاهده نشد (شکل ۵ و ۶).

Nigrospora sphaerica (Sacc.) E.W. Mason 1927

از این گونه ۲ جدایه پس از چهار روز از برگ برنج جدا شد.



شکل ۷- گونه *Nigrospora sphaerica* : A and B) Colony on PDA after one weeks; C) Hypha, Conidia and Conidiophores

در این پژوهش، در مجموع ۴۱ جدایه قارچی به دست آمد که بیشترین تعداد جدایه متعلق به غلاف گیاه برنج با فراوانی ۱۷ جدایه و کمترین آن ۱۰ جدایه به ریشه گیاه برنج تعلق داشت. از بین ۶ جنس شناسایی شده در این تحقیق، بیشترین تعداد جدایه متعلق به جنس های *Alternaria* و *Fusarium*، به ترتیب هر یک با فراوانی ۶ جدایه و ۱۸ جدایه، و همچنین بیشترین تعداد گونه حاصل به جنس *Fusarium* با فراوانی شش گونه تعلق داشت. جدایه‌های اندوفیت شناسایی شده در این پژوهش بر اساس ویژگی‌های ریخت‌شناسی و مولکولی به گونه‌های *F. chlamydosporum*، *F. fujikuroi*، *F. solani*، *F. incarnatum*، *F. proliferatum*، *Sarocladium bactrocephalum*، *verticillioides*، *Alternaria alternata*، *N. oryzae*، *Nigrospora sphaerica*، *Cladosporium cladosporioides*، *Epicoccum nigrum* تعلق داشتند. تمام گیاهان آوندی و غیر آوندی، خشکی‌زی و دریازی مورد مطالعه، توسط مجموعه‌ای از قارچ‌های اندوفیت کلونیزه می‌شوند. قارچ‌های اندوفیت ممکن است در تمام طول زندگی خود و یا برای مدت زمان طولانی (تا زمان مناسب بودن شرایط محیطی) به‌طور نهان و بدون علائم درون بافت گیاه میزبان باقی بمانند، اما امکان دارد با تغییر شرایط به‌صورت بیماری‌زا تبدیل شوند (Debbab et al., 2011). اندوفیت‌ها ممکن است بیمارگرهای فرصت طلب و یا نهفته باشند که می‌توانند در بافت‌های گیاهی به حالت خاموش درآمده و در صورت ضعیف شدن میزبان و یا تغییر در شرایط محیطی موجب ایجاد بیماری در میزبان شوند (Coombs and Franco, 2003; Sieber, 2007). همچنین ممکن است به خاطر اینکه این قارچ‌ها در گیاهان غیرمیزبان قادر به ایجاد بیماری نیستند وارد فاز اندوفیتی شوند (Ganley et al., 2004). برخی اوقات بیمارگرهای قارچی یک میزبان خاص معمولاً به عنوان اندوفیت نیز از همان میزبان جدا شده‌اند (Moricca et al., 2012). حضور قارچ‌های بیمارزای ضعیف گیاهی در بافت‌های سالم نشان دهنده‌ی اکولوژی ناهمگن تجمعات اندوفیتی و ارتباط پیوسته‌ی بین بیمارگرهای نهفته و اندوفیت‌های بدون علائم است (Ganley et al., 2004). روابط گوناگونی بین اندوفیت‌های قارچی و گیاهان میزبان آن‌ها وجود دارد که از اثرات متقابل، همزیستی تا آنتاگونیست یا کمی پاتوژنی را شامل می‌شود (Chen et al., 2010). به‌طور کلی، اندوفیت‌ها در شرایط رشد طبیعی می‌توانند اثرات خنثی یا مضر برای گیاه میزبان داشته باشند، در حالی که در شرایط تنش یا در طول مراحل مختلف چرخه زندگی گیاه مفید باشند (Hardoim et al., 2015). به‌عنوان مثال *Fusarium verticillioides* هم به‌عنوان بیمارگر و هم به‌عنوان اندوفیت مفید در ذرت گزارش شده است (Bacon et al., 2008). تعادل بین این دو حالت به ژنوتیپ میزبان و عوامل تنش غیر زیستی بستگی دارد که

موجب بروز علائم بیماری در گیاه و تولید مایکوتوکسین‌ها توسط قارچ می‌شود (Bacon et al., 2008). با این حال، قارچ اندوفیت *Fusarium verticillioides* رشد یک قارچ بیماری‌زای دیگر به‌نام *Ustilago maydis* را سرکوب می‌کند و از میزبان خود در برابر بیماری محافظت می‌کند (Estrada et al., 2012). قارچ اندوفیت *Verticillium dahliae* یک بیمارگر است که موجب کاهش عملکرد زیادی در طیف وسیعی از محصولات زراعی مانند توت‌فرنگی، سیب زمینی و زیتون می‌شود (Jimenez-Gasco et al., 2014). از سوی دیگر، این قارچ در بسیاری از گیاهان سالم همچون گیاهان دارویی، سیب‌زمینی و انگور به‌عنوان اندوفیت گزارش شده است (Koberl et al., 2013). سویه‌های مفید *Verticillium dahliae* برای کنترل بیولوژیکی *Ophiostoma novo-ulmi* قارچی که موجب بیماری مرگ نارون هلندی می‌شود، استفاده شد (Solla and Gil, 2012). گزارش شده است برخی از گونه‌های فوزاریوم موجب رشد شاخساره اسفناج هندی می‌شوند (Islam et al., 2014). در مطالعه حاتم زاده و همکاران برخی از قارچ‌های اندوفیت جدا شده مانند *Alternaria consortiale* پارامترهای رشد قابل توجهی را در گیاهان نسبت به شاهد (سه برابر بیشتر) نشان دادند (Hatamzadeh et al., 2022). گونه‌های جنس آلترناریا معمولاً قارچ‌های بیماری‌زا هستند و اغلب باعث پژمردگی یا پوسیدگی گیاه میزبان می‌شوند. این یافته‌ها ممکن است تا حدی از این فرض حمایت کند که رابطه انگلی بین میزبان و میکروارگانیسم‌های بیماری‌زای آن‌ها ممکن است به یک رابطه مفید تبدیل شود (Hardoim et al., 2015). بررسی قارچ‌های اندوفیت در پژوهش حاضر حاکی از آن است که تعدادی از این جدایه‌ها از جمله (*F. fujikuroi*، *F. proliferatum*، *F. chlamydosporum*) قارچ‌های بیماری‌زا می‌باشند و این امر بدین معناست که مرز زندگی اندوفیتی و بیماری‌زایی قابل تفکیک و مشخص نمی‌باشد و شرایط محیطی و وضعیت تغذیه نوع برهمکنش را تعیین می‌کند. قارچ *F. chlamydosporum* از عوامل پوسیدگی فوزاریومی ریشه و طوقه می‌باشد که در بعضی از منابع به عنوان قارچ اندوفیت از گیاهان مختلف از جمله گیاه *Dendrobium cerumenatum* و لوبیا چشم بلبلی گزارش شده است (Jonbozorgi et al., 2019). گونه‌های *F. proliferatum* و *F. fujikuroi* نیز به‌عنوان عامل پوسیدگی طوقه و ریشه برنج و بیماری باکانه گزارش شده‌اند، اما در این پژوهش به عنوان قارچ اندوفیت از ریشه گیاه برنج جدا شدند. در پژوهشی والینو و همکاران، *F. proliferatum* را به‌عنوان گونه‌ای از قارچ اندوفیت از گیاه برنج گزارش نمودند (Valino et al., 2009). جداسازی و شناسایی این گونه‌ها به‌عنوان اندوفیت احتمالاً مرحله نهفته آلودگی است. گونه‌های *Fusarium* از بیشترین و مهم‌ترین اندوفیت‌های شناسایی شده هستند (Valino et al., 2009). در میان اندوفیت‌های

گیاه برنج در ایران گزارش می‌شوند.

جداسازی شده در این پژوهش، گونه‌های *N. sphaerica* و *S. bactrocephalum* و *nigrum* برای اولین بار به‌عنوان اندوفیت

منابع

1. Arnold, E.A. (2007). Understanding the diversity of foliar endophytic fungi: progress, challenges, and frontiers, *Fungal Biology Reviews*, 21(2-3), 51–66. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2007.05.003>
2. Arnold, A.E., & Herre, E.A. (2003). Canopy cover and leaf age affect colonization by tropical fungal endophytes: ecological pattern and process in *Theobroma cacao* (Malvaceae). *Mycologia*, 95, 388–398. <https://doi.org/10.1080/15572536.2004.11833083>
3. Bacon, C.W., Glenn, A.E., & Yates, I.E. (2008). *Fusarium verticillioides*: managing the endophytic association with maize for reduced fumonisins accumulation. *Toxin Rev*, 27, 411–446. <https://doi.org/10.1080/15569540802497889>
4. Barnett, H.L., & Hunter, B.B. (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi*. Vol. Ed. 4. American Phytopathological Society (APS Press).
5. Cao, L.X., You, J.L., & Zhou, S.N. (2002). Endophytic fungi from *Musa acuminate* leaves and roots in South China. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 18(2), 169–171. <https://doi.org/10.1023/A:1014491528811>
6. Chen, X.M., Dong, H.L., Hu, K.H., Sun, Z.R., Chen, J., & Guo, S.X. 2010. Diversity and antimicrobial and plant-growth-promoting activities of endophytic fungi in *Dendrobium loddigesii* Rolfe. *Journal of Plant Growth Regulator*, 29, 328–337. <https://doi.org/10.1007/s00344-010-9139-y>
7. Coombs, J.T., & Franco, C.M.M. (2003). Isolation and identification of actinobacteria from surface-sterilized wheat roots. *Apply Environment Microbiology*, 69, 5603–5608. <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.69.9.5603-5608>
8. Debbab, A., Aly, A.H., & Proksch, P. (2011). Bioactive secondary metabolites from endophytes and associated marine derived fungi. *Fungal Diversity*, 49(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s13225-011-0114-0>
9. Domsch, K.H., Gams, W., & Anderson, T.H. (1980). *Compendium of soil fungi*. Volume 1. Academic Press (London) Ltd. 860 PP. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.010521.x>
10. Ellis, M.B. (1971). *Dematiaceous Hyphomycetes*. CMI, Kew, England, 608 pp.
11. Estrada, A.E.R., Jonkers, W., Kistler, H.C., & May, G. (2012). Interactions between *Fusarium verticillioides*, *Ustilago maydis*, and *Zea mays*: an endophyte, a pathogen, and their shared plant host. *Fungal Genetic Biology*, 49, 578–587. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fgb.2012.05.001>
12. Faeth, S.H., & Fagan, W.F. (2002). Fungal endophytes: Common host plant symbionts but uncommon mutualists, *Integrative and Comparative Biology*, 42(2), 360–368. <https://doi.org/10.1093/icb/42.2.360>
13. Fisher, P.J., & Petrini, O. (1992). Fungal saprobes and pathogens as endophytes of rice (*Oryza sativa* L.), *New Phytologist*, 120(1), 137–143. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1992.tb01066.x>
14. Ganley, R.J., Brunsfeld, S.J., & Newcombe, G. (2004). A community of unknown endophytic fungi in western white pine. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 101, 10107–10112. <https://doi.org/10.1073/pnas.0401513101>
15. Ganjali, R., Sharif Nabi, B., & Mirlouhi, A.F. (2004). Classical methods and specific primers in detection of endophytic fungi in some gramineous plants. *Rostaniha*, 5(1), 37–51. (In Persian)
16. Hamilton, C.E., James, D.B., Labbe, J., & Yang, X. (2016). Mitigating climate change through managing constructed microbial communities in agriculture. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, 216, 304–308. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.10.006>
17. Hatamzadeh, S., & Rahnama, K. (2016). Isolation and identification of some endophytic fungi of forest trees. *Extension of Plant Protection*, 10(13,14), 16–22. (In Persian with English abstract). www.ppext.ir
18. Hatamzadeh, S., Rahnama, K., White, J.F., Akbari Oghaz, N., Nasrollahnejad, S., & Hemati, K.H. (2022). Investigation of some endophytic fungi from five medicinal plants with growth promoting ability on maize (*Zea mays* L.). *Journal of Applied Microbiology*, 0, 1–15.
19. Hardoim, P.R., Van Overbeek, L.S., Berg, G., & et al. (2015). The hidden world within plants: ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 79, 293–320. <https://doi.org/10.1128/MMBR.00050-14>
20. Islam, S., Akanda, A.M., Prova, A., & et al. (2014). Growth promotion effect of *Fusarium* spp. PPF1 from bermudagrass (*Cynodon dactylon*) rhizosphere on Indian spinach (*Basella alba*) seedlings are linked to root colonisation. *Archiv Phytopathology Plant Protection*, 47, 2319–31. <https://doi.org/10.1080/03235408.2013.876745>
21. Jiménez-Gasco, M.M., Malcolm, G.M., Berbegal, M., Armengol, J., & Jiménez Díaz, R.M. (2014). Complex molecular relationship between vegetative compatibility groups (VCGs) in *Verticillium dahliae*: VCGs do not always align with clonal lineages. *Phytopathology*, 104, 650–659. <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-07-13-0180->

- R.
22. Jonbozorgi, S., Mehrabi-Koushki, M., & Farokhinejad, R. (2019). Isolation and Identification of Fungal Endophytes of the Cowpea in Khuzestan Province. *Biological Journal of Microorganism*, 8(29), 97-115. (In Persian)
23. Köberl, M., Schmidt, R., Ramadan, E.M., Bauer, R., & Berg, G. (2013). The microbiome of medicinal plants: diversity and importance for plant growth, quality and health. *Front Microbiology*, 14, 400. <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2013.00400>.
24. Larran, S., Perello, A., Simon, M.R., & Moreno, V. (2007). The endophytic fungi from wheat (*Triticum aestivum* L.). *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 23(4), 565–572. <https://doi.org/10.1007/s11274-006-9266-6>
25. Leslie, J.F., & Summerell, B.A. (2006). *The Fusarium Laboratory Manual*. Blackwell Publishing. First Edition. 388pp. <https://doi.org/10.1002/9780470278376>
26. Liu, H., Carvalhais, L.C., Crawford, M., Singh, E., Dennis, P.G., Pieterse, C.M., & Schenk, P.M. (2017). Inner plant values: diversity, colonization and benefits from endophytic bacteria. *Frontiers in Microbiology* 8, 2552. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02552>
27. Liu, H., Brettell, L.E., Qiu, Z., & Singh, B.K. (2020a). Microbiome-mediated stress resistance in plants. *Trends in Plant Science*, 25, 733–743. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2020.03.014>
28. Moricca, S., Ginetti, B., & Ragazzi, A. (2012). Species- and organ-specificity in endophytes colonizing healthy and declining Mediterranean oaks. *Phytopathologia Mediterranea*, 51, 587–598. <https://doi.org/10.14601/PhytopatholMediterr-11705>
29. Nair, D.N., & Padmavathy, S. (2014). Impact of endophytic microorganisms on plants, environment and humans. *The Scientific World Journal*, Article ID 250693, 11 pages. <https://doi.org/10.1155/2014/250693>
30. Nemati, H., & Abdollahzadeh, A. (2009). *Sweet and sourcherry- Production and Utilization*. Jihad University of Mashhad Press, Iran. (In Persian)
31. Porras-Alfaro, A., & Bayman, P. (2011). Emergent properties: endophytes and microbiomes, *Annual Review of Phytopathology*, 49, 291–315. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080508-081831>
32. O'Donnell, K., & Cigelnik, E. (1997). Two divergent intragenomic rDNA ITS2 types within a monophyletic lineage of the fungus *Fusarium* are Nonorthologous. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 7, 103-107. <https://doi.org/10.1006/mpev.1996.0376>.
33. Rao, A.N., Johnson, D.E., Sivaprasad, B., Ladha, J.K., & Mortimer, A.M. (2007). Weed management in direct-seeded rice. *Advances in Agronomy*, 93, 153–255. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(06\)93004-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(06)93004-1)
34. Rodriguez, R.J., Redman, R.S., & Henson, J.M. (2005). The role of fungal symbioses in the adaptation of plants to high stress environments. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 9, 261–272. <https://doi.org/10.1023/b:miti.0000029922.31110.97>
35. Rodriguez, R., White, J., Arnold, A., & Redman, R. (2009). Fungal endophytes: diversity and functional roles. *New Phytologist*, 182(2), 314-330. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.02773.x>
36. Solla, A., & Gil, L. (2012). Evaluating *Verticillium dahliae* for biological control of *Ophiostoma novo-ulmi* in *Ulmus minor*. *Plant Pathology*, 52, 579–585. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-3059.2003.00921.x>
37. Santamaria, J., & Bayman, P. (2005). Fungal epiphytes and endophytes of coffee leaves (*Coffea arabica*). *Microbial Ecology*, 50(1), 1–8. <https://doi.org/10.1007/s00248-004-0002-1>
38. Schulz, B., & Boyle, C. (2005). Review: The endophytic continuum. *Mycological Research*, 109, 661-686. <https://doi.org/10.1017/S095375620500273X>
39. Sheteiwy, M.S., Ali, D.F., Xiong, Y.C., Brestic, M., Skalicky, M., Hamoud, Y.A., Ulhassan, Z., Shaghaleh, H., Abdelgawad, H., Farooq, M., & Sharma, A. (2021b). Physiological and biochemical responses of soybean plants inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi and *Bradyrhizobium* under drought stress. *BMC Plant Biology*, 21, 195. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-02949-z>
40. Sieber, T.N. (2007). Endophytic fungi in forest trees: are they mutualists? *Fungal Biology Reviews*, 21(2), 75-89. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2007.05.004>
41. Staniek, A., Woerdenbag, H.J., & Kayser, O. (2008). Endophytes: exploiting biodiversity for the improvement of natural product-based drug discovery. *Journal Plant Interaction*, 3, 75–93. <https://doi.org/10.1080/17429140801886293>
42. Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipski, A., & Kumar, S. (2013). MEGA6: Molecular evolutionary genetics analysis version 6.0. *Molecular Biology and Evolution*, 30, 2725-2729. <https://doi.org/10.1093/molbev/mst197>
43. Tan, R.X., & Zou, W.X. (2001). Endophytes: a rich source of functional metabolites. *Natural Product Reports*, 18, 448-459. <https://doi.org/10.1039/b100918o>
44. Tintjer, T., & Rudgers, J.A. (2006). Grass-Herbivore interactions altered by strains of a native endophyte. *New Phytologist*, 170, 513-521. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01720.x>
45. Weber, D. (2009). *Endophytic fungi, occurrence and metabolites*. In: Anke, T. & Weber, D. (eds). *The Mycota*.

- Vol. XV, Physiology and Genetics selected basis and applied aspects springer Ver lag, Berlin, Germany, pp. 153–195. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-00286-18>
46. White, T.J., Bruns, T., Lee, S., & Taylor, J. (1990). *Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics*. In: Inis, M.A., Gelfand, D.H., Sninsky, J.J. & White, T.J.(eds). PCR Protocols: A guide to Methods and Applications. Academic Press, San Diego, USA, pp. 315–322. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-372180-8.50042-1>
47. Vallino, M., Greppi, D., Novero, M., Bonfant, P., & Luppoto, E. (2009). Rice root colonization by mycorrhizal and endophytic fungi in aerobic soil. *Annals of Applied Biology*, 154, 195-204. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2008.00286.x>



Evaluation of Plant Parasitic Nematodes in Organic and Conventional Gardening Systems

Z. Akbari¹, F. Aghamir^{2*}, F. Ahmadzadeh³, H. Mahmoudi⁴

Received: 12-11-2022

Revised: 17-01-2023

Accepted: 14-03-2023

Available Online: 15-03-2023

How to cite this article:

Akbari, Z., Aghamir, F., Ahmadzadeh, F., & Mahmoudi, H. (2023). Evaluation of plant parasitic nematodes in organic and conventional gardening systems. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, 37(2), 119-136. (In Persian with English abstract).
<http://doi.org/10.22067/jpp.2023.79563.1114>

Introduction

One of the most effective ways to preserve biodiversity is to convert conventional systems into organic ones. The organic farming system reduces the negative effects of intensive management. The biomass of the soil ecosystem has different responses in management methods including tillage, fertilizer and defense inputs, and organic modifiers. Understanding the role and responses of biomass in different cropping systems is essential to support sustainable horticultural practices in managing plant-parasitic nematode.

Materials and Methods

Sampling has been done from two organic farming systems, conventional and pasture, in order to identify the morphology of soil plant parasitic nematodes, soil physicochemical characteristics, and microbial respiration. Plant parasitic nematodes were extracted, killed, fixed, and transferred to glycerin and permanent slides were prepared. The effect of the type of cultivation system on the abundance and diversity of plant parasitic nematodes in common and organic apple and peach orchards compared to pasture were investigated by multivariate analysis of variance (MANOVA) in Xlstat 2020 software.

Results and Discussion

20 Genera belonging to 11 families of plant-parasitic nematodes were identified, which had different frequencies based on the type of cropping systems and crops. The comparison of the type of organic cultivation system with the common showed that it had a significant effect on the frequency and diversity of plant parasitic nematodes; the highest frequency of the nematode genus in organic peach cultivation system is *Gracilacus* and the lowest frequency is *Scutylenchus* genus in common apple cultivation. The abundance of nematode family in organic system is more than common and the abundance of nematode family in peach organic system is more than apple organic system. It should be mentioned that the common apple system is close to pasture in terms of abundance. The abundance of nematode family in the common system of peach is more than the common system of apple. The type of cultivation system had a significant effect on the frequency and diversity of *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Tylenchus*, and *Rotylenchus* genera, while it did not have a significant effect on the *Gracilacus* genus. Type of host plant had a significant effect on the frequency and diversity of plant parasitic nematodes definitely in all soil condition variables. The type of host plant was significant on the frequency of all plant nematodes except *Tylenchus* and a significant effect on the diversity of all except *Tylenchus* and *Rotylenchus*. Among all soil factors, microbial respiration, EC, OC, K, P, and texture (percentage of soil particles including sand, silt, and clay) showed a significant effect on all lineages of nematodes.

1, 2 and 4- Master's Student and Assistant Professors, Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: F_ghamir@sbu.ac.ir)

3- Associate Professor, Department of Biodiversity and Ecosystem Management, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

DOI: [10.22067/jpp.2023.79563.1114](https://doi.org/10.22067/jpp.2023.79563.1114)

Conclusions

Significant differences in community structure in plant parasitic nematode communities in three systems were recorded. The results of the present study have shown that the frequency and diversity nematodes are different from the results of other researchers in apple and peach orchards, that plant types and cultivars, basic genotype, or soil management practices affect the composition of plant parasitic nematode community groups. In this study, the abundance and diversity of nematode in the organic system was more than in pasture, and conventional agriculture with more than 10 years of history, including tillage and chemical inputs, and organic matter loss, erosion, and low in the soil agroecosystem. The reduction of the plant parasitic nematode in the conventional system compared to the organic system is caused by the reduction of organic matter, tillage, or chemical inputs. The results showed that the type of product and management practices affect nematode communities. The composition of soil nematode communities is significantly different in organic, conventional, and pasture farming systems. The organic peach and apple system is facing an increase in nematodes more than conventional. It seems that plant parasitic nematodes are sensitive to soil management practices. Soil nematodes are useful indicators to evaluate the intensity of management and sustainable management of horticultural ecosystems on soil ecosystem performance; because they have several feeding habits in soil, and micronutrient networks and play an important role in the food cycle, pest suppression, and regulation of microbial communities. There were high pest pressure of nematodes in the organic peach farming system in comparison to the apple farming system. In this research, apple is better than the peach for organic production in Damavand orchards. In addition, growers consider peaches better than apples due to market and price considerations. With the increase in the demand and price of organic products, the organic system is facing high pest pressure due to fewer management options compared to the conventional system, which requires the development of integrated plant nematode management strategies.

Keywords: Diversity, Fruit, Genus, Nematode, Production system

ارزیابی نماتدهای انگل گیاهی در سامانه باغداری ارگانیک و رایج

زهرا اکبری^۱ - سیده فاطمه آقامیر^{۲*} - فراهیم احمدزاده^۳ - حسین محمودی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۰/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۳

چکیده

راهبردهای مدیریت کشاورزی شامل خاک‌ورزی، نهاده‌های کودی و دفاعی، اصلاح‌کننده‌های آلی بر زیست توده خاک اثر متفاوت دارند. در سامانه‌های مختلف کشت، در مدیریت آفات نماتدهای انگل گیاهی نقش و پاسخ‌های زیست‌توده برای حمایت از اقدامات پایدار باغداری ضروری است. نمونه‌برداری از دو سامانه کشاورزی ارگانیک، رایج و مرتع به منظور شناسایی نماتدهای خاکریزی، ویژگی‌های فیزیکی‌شیمیایی خاک و تنفس میکروبی صورت گرفت. اثر نوع سامانه کشت بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل گیاهی در باغات رایج و ارگانیک سیب و هلو و مراتع با تحلیل واریانس چند متغیره مورد بررسی قرار گرفت. ۲۰ جنس از ۱۱ خانواده از نماتدهای انگل گیاهی شناسایی شد که بیشترین فراوانی جنس نماتدها در سامانه‌ی کشت ارگانیک هلو مربوط به *Gracilacus* و کمترین فراوانی مربوط به جنس *Scutylenchus* در کشت رایج سیب می‌باشد. فراوانی خانواده نماتدها در سامانه ارگانیک بیشتر از رایج و فراوانی خانواده نماتدها در سامانه ارگانیک هلو بیشتر از ارگانیک سیب است. گفتنی است که سامانه رایج سیب از نظر فراوانی به مرتع نزدیک است؛ فراوانی خانواده نماتدها در سامانه رایج هلو بیش از سامانه رایج سیب است. تفاوت نوع کشت سیب هلو بر فراوانی و تنوع نماتدها در تمامی شرایط اثر معنی‌دار داشته است. نوع سامانه کشت (کشاورزی ارگانیک، رایج) در مقایسه با مرتع به عنوان شاهد بر فراوانی و تنوع جنس‌های *Pratylenchus*، *Rotylenchus*، *Tylenchus*، *Helicotylenchus* اثر معنی‌دار داشته، در صورتی که بر جنس *Gracilacus* اثر معنی‌دار نداشته است. تفاوت نوع کشت سیب و هلو بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل گیاهی در تمامی شرایط اثر معنی‌دار داشته است. اثر نوع سامانه کشت بر فراوانی تمامی جنس‌های نماتدی به استثنای *Tylenchus* معنی‌دار بوده است و بر تنوع تمامی جنس‌ها به غیر از *Tylenchus* و *Rotylenchus* اثر معنی‌دار داشته است. از میان تمامی عوامل خاکی، تنفس میکروبی، EC، OC، K، P و بافت (درصد اندازه ذرات خاک شامل شن، سیلت و رس) بر تمامی جنس‌های نماتدها اثر معنی‌دار داشته است. تفاوت‌های قابل توجه در ساختار جامعه و ترکیب فراوانی جوامع نماتدهای انگلی گیاهی در سامانه‌های کشت دیده شد. بر اساس ساختار جامعه نماتدهای انگلی در این پژوهش، سیب برای تولید ارگانیک در دماوند بهتر از هلو می‌باشد. علاوه بر این، تولیدکنندگان به دلیل ملاحظات بازار و قیمت، هلو را بهتر از سیب در نظر می‌گیرند. سامانه رایج، با شیوه‌های مدیریت کشاورزی رایج از جمله خاک‌ورزی و نهاده‌های شیمیایی سبب به هم خوردگی و از بین رفتن تنوع زیستی در اکوسیستم خاک شده است. به نظر می‌رسد که نماتدها به شیوه‌های مدیریت خاک حساس می‌باشند. سامانه ارگانیک با فشار زیاد نماتدهای انگل گیاهی به دلیل گزینه‌های مدیریتی کمتر به توسعه راهبردهای مدیریت یکپارچه نماتدی نیاز دارد.

واژه‌های کلیدی: جنس، سامانه کشت، غنا، میوه، نماد

۱ و ۲ - به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیاران گروه اگرواکولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
(*) - نویسنده مسئول: (Email: F_aghmir@sbu.ac.ir)

۳ - هیات علمی گروه تنوع زیستی و مدیریت اکوسیستم‌ها، دانشیار، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

مقدمه

کشاورزی تجاری از گذشته تاکنون، چندین گذار را پشت سر گذاشته، از سنتی تا پایدار که رشد سریع جمعیت، افزایش فرهنگ مصرف و نبود تعادل بین تولید و مصرف باعث شده که کشاورزی فشرده جایگزین کشاورزی سنتی شود (Singh and Singh, 2017). در سامانه کشاورزی فشرده علف‌کش‌ها و کودهای شیمیایی به راحتی از خاک رها می‌شوند و دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و مسیرهای آبی را آلوده می‌کنند، همچنین استفاده طولانی مدت از کودهای شیمیایی منجر به ایجاد مقدار مواد آلی اندک می‌شود که مستعد فرسایش در اثر باران و باد است. هر سال با افزایش وابستگی بیشتر به کودهای شیمیایی و مواد شیمیایی مصنوعی در تولید محصول، تضعیف ساختار خاک، کاهش تهویه خاک و دسترسی عناصر غذایی، بستر جانداران خاک را نابود می‌نماید، همچنین، به دلیل افزایش مقاومت به آفت‌کش‌ها، کنترل آفات و بیماری‌ها به یک چالش بزرگ تبدیل شده که سبب عدم تعادل محیط زیست شده است (Bijarniya and Rayaz, 2020). نگرانی در مورد تأثیر منفی روش‌های رایج کشاورزی بر تنوع زیستی و عملکرد خاک منجر شده تا علاقه به کشاورزی پایدار و بررسی چگونگی تأثیر سامانه‌های کشت بر اکوسیستم‌های خاک بیشتر شود (Treonis et al., 2018).

سامانه کشاورزی ارگانیک با استفاده از شرایط بومی و عدم استفاده از ترکیبات شیمیایی به حفظ تنوع زیستی کمک می‌نماید. در این راستا یکی از اساسی‌ترین و موثرترین راهکارهای حفظ تنوع زیستی کشاورزی تبدیل سامانه‌های کشاورزی رایج به ارگانیک است (Zarei, 2019). سامانه کشاورزی ارگانیک با رویکرد کشاورزی کم نهاده، بهره‌وری گیاه و کارکرد اکوسیستم بر اساس دسترسی طبیعی عناصر غذایی گیاهی، استفاده از کود سبز و مهار زیستی بیمارگرها می‌باشد (Lammerts van Bueren et al., 2002). بدیهی است که سامانه ارگانیک باعث افزایش غنای ژنتیکی، تنوع و ناهمگنی موجودات زنده خاک می‌شود.

برای حمایت از اقدامات کشاورزی پایدار، درک نقش و پاسخ‌های زیست توده خاک در رابطه با سامانه‌های مختلف کشت بدیهی است (Wall et al., 2004). سامانه‌های کشاورزی بر جوامع زیست توده خاک، در طی زمان به طور پیچیده اثر دارند (Jonason et al., 2011). یکی از انواع موجودات ریز خاکزی نامتدها هستند، که فراوان‌ترین جانداران پرسلولی روی سیاره ما، با شواهد فسیلی با قدمت ۶۰۰ میلیون سال قبل و شاخه بسیار متنوع زیستی از جانوران پوست انداز می‌باشند (Blaxter and Koutsovoulos, 2015)، که در تمامی محیط‌های اکولوژیکی حضور دارند. نامتدهای انگل گیاهی، چالش بزرگ در سراسر جهان هستند که سبب خسارات شدید به

محصولات می‌شوند. تخریب آن‌ها در ریشه یا اندام هوایی بر جذب و انتقال مواد غذایی به گیاه تأثیر می‌گذارد و از طرف دیگر آن را مستعد بیماری‌ها و تنش‌های محیطی می‌کنند (Paula et al., 2011). به طوری که حداقل ۱۲ درصد مواد غذایی به دلیل نامتدهای انگل گیاهی از دست می‌روند (Nicol et al., 2011)؛ بنابراین به نظر می‌رسد که کاهش و مدیریت نامتدهای انگل گیاهی و کاهش میزان خسارت ناشی از آنها ضروری باشد (Davies and Spiegel, 2011; Moosavi and Zare, 2012; Quesada-Moraga et al., 2014).

نامتدها برهم کنش‌های گوناگونی با میزبان خود، به دنبال تغذیه از بافت گیاهی نشان می‌دهند (Pulavarty et al., 2021). نامتدهای انگل گیاهی حداقل بخشی از چرخه زندگی خود را در خاک می‌گذرانند و فعالیت آن‌ها تحت تأثیر پارامترهای زیادی مانند دما، رطوبت و تهویه، مواد شیمیایی (آفت‌کش‌ها و کودها) و فیزیولوژی گیاه میزبان است (Ferraz et al., Alves and Campos, 2003). خاک، اکوسیستم پویا در حفظ کیفیت آب، بهره‌وری گیاه و تجزیه مواد غذایی نقش اساسی دارد. ارتباط تنگاتنگ، بین سلامت خاک و کشاورزی وجود دارد، تنوع و فعالیت موجودات زنده خاک از اجزای اصلی سلامت خاک هستند (Tahat et al., 2020). شدت کاربری زمین، میزان آشفته‌گی خاک در سامانه کشاورزی به نوع و شدت سامانه تولید (به عنوان مثال، زمین زراعی سالانه - چندساله، سامانه رایج - ارگانیک، مرتع) و به مدیریت (مانند خاک‌ورزی، تناوب، کاربرد کود، چرای دام) بستگی دارد (Postma-Blaauw et al., 2015; Tsiafouli et al., 2015).

نامتدها به عنوان یکی از اجزای مهم شبکه‌های غذایی خاک، در کلیه فرآیندهای خاک و عملکرد اکوسیستم در تبدیل کربن (C) و چرخه عناصر غذایی حاصل از ریشه‌های گیاه زنده (مستقیم) و بقایای گیاه مرده (غیرمستقیم) نقش دارند (Campos-Herrera et al., 2015). با این حال، همه گونه‌های نامتدها با افزایش شدت کشت از نظر فراوانی یا تنوع کاهش نمی‌یابند. در پژوهشی بیان شد که کشاورزی ارگانیک در مقایسه با کشاورزی رایج، جمعیت نامتدهای آزادزی را افزایش و نامتدهای انگل گیاهی را کاهش داده است (Lupatini et al., 2019). جوامع نامتدها به شدت تحت تأثیر خاک ورزی در مقایسه با افزودن بقایای آلی قرار می‌گیرد (Bongiorno et al., 2019; Okada and Harada, 2007; Wang et al., 2004; al., 2019; Lazarova et al., 2021). نتایج دیگری نشان دادند که نوع محصول یک عامل تعیین کننده کوتاه مدت در فراوانی کل جمعیت نامتدها است (Neher, 1999; Berkelmans et al., 2003). ظاهراً افزودن بلندمدت بقایای آلی در کشاورزی ارگانیک لزوماً منجر به افزایش فراوانی نامتدها نمی‌شود (Quist et al., 2016). نوع

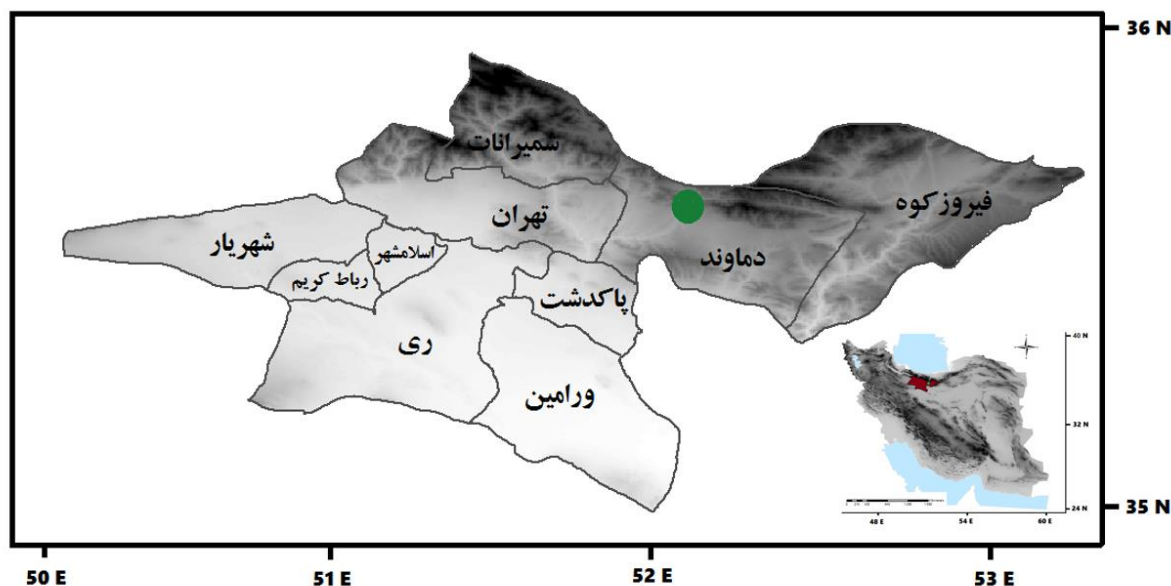
پیچیدگی جوامع نماتدها و محدودیت‌های فن‌آوری درک ما را اثر مدیریت‌های کشاورزی بر نماتدهای انگل گیاهی محدود کرده است (Yergeau *et al.*, 2017). برای تعیین شاخص زیستی مدیریت پایدار بوم نظام‌های باغداری و سلامت خاک، ارزیابی جامعه میکروبی، شناسایی تغییرات ساختار نمادی مفید می‌باشد. دانش چگونگی اثر مدیریت ارگانیک و رایج بر ساختار جامعه نماتد انگل گیاهی در باغات، هنوز اندک است (Treonis *et al.*, 2018). بنابراین، در این پژوهش، تأثیر سامانه باغداری رایج و ارگانیک سیب و هلو بر روی فراوانی و تنوع گونه‌های نماتدها با سامانه مرتع (سامانه بکر و دست‌نخورده) مقایسه و بررسی می‌گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه دماوند در شمال شرق تهران، سامانه‌های باغداری رایج و ارگانیک هلو و سیب و مرتع مزرعه چشمه سبزی انتخاب گردید. در مجموع ۷۰ نمونه، شامل ۶۰ نمونه از باغات سیب و هلو ارگانیک و رایج و ۱۰ نمونه از مرتع جمع‌آوری گردید (شکل ۱).

محصول نسبت به سامانه کشاورزی تأثیر بیشتر بر ترکیب مجموعه نماتدها می‌گذارد (Neher, 1999; Berkelmans *et al.*, 2003). محصولات دائمی (مانند باغات سیب، هلو)، بستری غنی برای مطالعه گونه‌های نماتدهای انگل گیاهی فراهم می‌کنند. شناخت روابط تنوع زیستی خاک، عملکرد سامانه ارگانیک و رایج نیازمند به مطالعات هماهنگ، میان رشته‌ای و طولانی‌مدت همراه با داده‌های تجربی جامع نیازمند است (Weisser *et al.*, 2017).

چندین مطالعه، جامعه نمادی را با نوع مدیریت محصول و شیوه‌های مدیریت خاک بررسی کردند (Forge Pokharel *et al.*, 2015; Kapp *et al.*, 2014; et al., 2015). نتایج نشان داده است که تنوع جامعه نماتد در باغ‌های سیب ارگانیک در مقایسه با سیب رایج بیشتر بوده است (Lazarova *et al.*, 2021). سامانه‌های کشاورزی با اقدامات گوناگون همراه با عوامل محیطی بر نماتدهای خاکزی اثر متفاوتی دارند. این موارد مانع برون‌یابی نتایج حاصل از مطالعات تجربی و میدانی به سایر شرایط مختلف محیطی می‌شود (Neher, 1999; Pokharel *et al.*, 2015). مدیریت‌های گوناگون کشاورزی بر تنوع نماتدها از منفی تا مثبت اثر متغیر دارد (Hodda, 2009). با وجود نتایج پژوهش‌ها و افزایش بینش‌های اکولوژیکی نوین در سامانه کشاورزی، نتیجه‌گیری قطعی هنوز مشکل آفرین است؛ زیرا تاکنون،



شکل ۱- موقعیت منطقه نمونه‌برداری
Figure 1- The location of the sampling

نمونه انتخاب شدند (Zhao *et al.*, 2018). نمونه‌برداری خاک از اطراف ریشه درختان در عمق ۵۰ تا ۶۰ سانتی‌متر انجام شد، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و مراتب زیر برای تجزیه و تحلیل صورت گرفت.

نمونه‌برداری و آماده‌سازی: با توجه به نوع محصول و سامانه کشت، به صورت تصادفی و سیستماتیک، در هر واحد برای اندازه‌گیری فراوانی، ۶ عدد کوادرات (۲ متر مربع) و از هر کوادرات ۵

رطوبت وزنی خاک و برگ: رطوبت خاک و برگ به صورت مستقیم به روش وزنی از طریق خشک کردن نمونه در دستگاه آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد صورت گرفت (Smith, 2000).

تنفس میکروبی خاک: بر اساس روش تیتراسیون انجام شد

(Schinner et al., 1995).

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک: در آزمایشگاه با روش استاندارد آزمون خاک تعیین گردید (جدول ۱).

جدول ۱- پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک بر اساس روش‌های استاندارد آزمون خاک

Table 1- Physical and chemical parameters of soil based on standard soil test methods

نام آزمون/منبع Name of test/source	تجهیزات Equipment	پارامترها Parameters
گل اشباع (Haluschak, 2006) Paste Saturated	pH متر pH meter	اسیدیته Acidity
هیدرومتری (Ashworth et al., 2007) Hydrometry	هیدرومتری Hydrometry	بافت خاک Soil Texture
والکی بلاک (Black and Walkey, 1934) Walkley and Black	بورت دیجیتال Digital Burette	کربن آلی Organic carbon
کجدال (Kjeldahl, 1883) Kjeldahl	کجدال Kjeldahl	نیترژن کل Total nitrogen
کمپلکسومتری (Tucker and Kurtz, 1961) Complexometric	بورت دیجیتال Digital Burette	کلسیم قابل جذب Available Calcium
کمپلکسومتری (Tucker and Kurtz, 1961) Complexometric	بورت دیجیتال Digital Burette	منیزیم قابل جذب Available Magnesium
استات آمونیوم (Chapman and Pratt, 1982) Ammonium acetate	فلیم فوتومتر Flame photometer	پتاسیم قابل جذب Available Potassium
اولسن (Olsen et al., 1954) Olsen	طیف‌سنجی نوری Spectrophotometry	فسفر قابل جذب Available Phosphorus
پوشش پارافین نمونه‌ها (Black, 1965) Paraffin-coated specimens	آون Oven	جرم مخصوص ظاهری Bulk Density
باور (Bower et al., 1959) Bower	فلیم فوتومتر Flame photometer	ظرفیت تبادل کاتیونی Cation Exchange Capacity
گل اشباع (Rhoades, 1996) Paste Saturated	متر EC EC meter	قابلیت هدایت الکتریکی Electrical conductivity

مطالعات آماری

تنوع گونه‌ای: به معنای تعداد گونه‌های موجود در یک جامعه است و ساده‌ترین معیار برای ارزیابی تنوع زیستی است (Chiu et al., 2014). از شاخص‌های تنوع گونه‌ای شانون وینر^۲ استفاده شد (Spellerberg et al., 2003).

تجزیه و تحلیل چند متغیری: (MANOVA^۳) با توجه به حساسیت تحلیل آماری، داده‌ها نرمال^۴ شدند و با استفاده از افزونه آماری نرم‌افزار XLSTAT Sensory and Premium-R 2020 در زبانه Excel با پیش‌بینی مدل‌های رگرسیون چندگانه و تحلیل واریانس فاصله اطمینان از متوسط برآورد شد.

استخراج، کشتن، تثبیت و انتقال نماتدها به گلیسرین و تهیه اسلاید دائمی: نماتدها بعد از ۲۴ تا ۴۸ ساعت به روش سینی از خاک استخراج و با استفاده از الک ۴۰۰ مش جمع‌آوری و به پتری دیش منتقل شدند (Whitehead and Hemming, 1965). شناسایی اولیه نماتدها در زیر استریو میکروسکوپ Nikon SMZ1000 انجام شد. برای تهیه‌ی اسلایدهای دائمی نماتدهای استخراج شده تثبیت و انتقال آنها به گلیسرین انجام گرفت. بر روی یک لام تمیز با ایجاد حلقه پارافین دو تا سه نماتد هم‌شکل و هم‌اندازه را روی آن قرار دادیم.

مطالعات ریخت‌شناسی: شناسایی جنس‌های نماتدهای انگل گیاهی با استفاده از میکروسکوپ نوری مدل Nikon E600 مجهز به لوله ترسیم و Olympus BX51 مجهز به دیدنمارسکی (DIC^۱) با استفاده از کلیدهای (Hunt, 1993) و (Geraert, 2008) انجام شد.

2- Shannon Wiener index

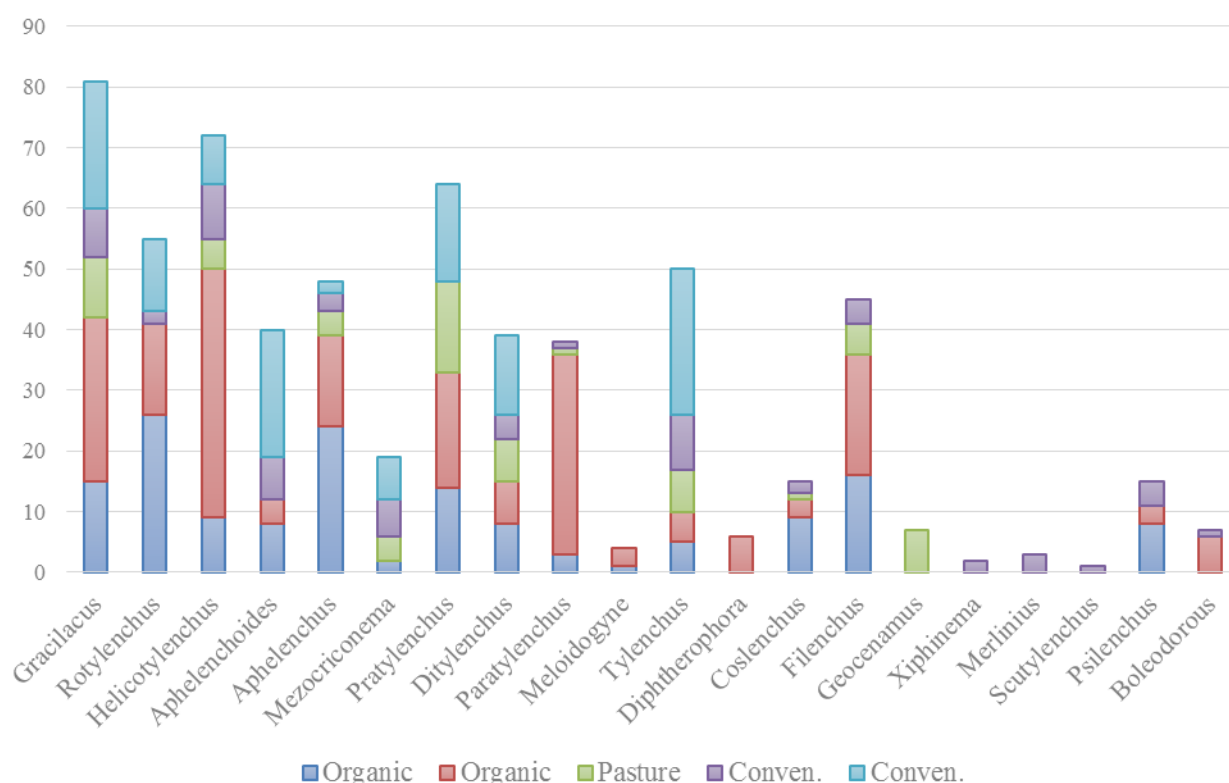
3- Multivariate Analysis of Variance

4- Normalization

1- Disseminated Intravascular Coagulation

جدول ۲- جنس و خانواده نماتدهای انگل گیاهی به تفکیک سامانه کشت و گیاه میزبان
Table 2- Genus and family of plant parasitic nematodes according to cropping system and host plants

مرتج	رایج						ارگانیک					
	مرتع			سبب			هلو			سبب		
جنس	خانواده	جنس	خانواده	جنس	خانواده	جنس	خانواده	جنس	خانواده	جنس	خانواده	خانواده/ بالا خانواده
Genus	Family	Genus	Family	Genus	Family	Genus	Family	Genus	Family	Genus	Family	Family/Super-family
<i>Gracilacus</i> <i>Geocenamus</i>	Dolichodoridae	<i>Gracilacus</i> <i>Merlinius</i>	Dolichodoridae	<i>Gracilacus</i> <i>Merlinius</i>	Dolichodoridae	<i>Gracilacus</i>	Dolichodoridae	<i>Gracilacus</i>	Dolichodoridae	<i>Gracilacus</i>	Dolichodoridae	Dolichodoridae
<i>Helicotylenus</i>	Hoplolaimeae	<i>Rotylenus</i> <i>Helicotylenus</i>	Hoplolaimeae	<i>Rotylenus</i> <i>Helicotylenus</i>	Hoplolaimeae	<i>Rotylenus</i> <i>Helicotylenus</i>	Hoplolaimeae	<i>Rotylenus</i> <i>Helicotylenus</i>	Hoplolaimeae	<i>Rotylenus</i> <i>Helicotylenus</i>	Hoplolaimeae	Hoplolaimeae
<i>Aphelenchus</i>	Aphelenchoidea	<i>Aphelenchoidea</i> <i>Aphelenchus</i>	Aphelenchoidea	<i>Aphelenchoidea</i> <i>Aphelenchus</i>	Aphelenchoidea	<i>Aphelenchoidea</i> <i>Aphelenchus</i>	Aphelenchoidea	<i>Aphelenchoidea</i> <i>Aphelenchus</i>	Aphelenchoidea	<i>Aphelenchoidea</i> <i>Aphelenchus</i>	Aphelenchoidea	Aphelenchoidea
<i>Mesocriconema</i> <i>Pratylenchus</i>	Criconematodeae	<i>Mesocriconema</i> <i>Diphtherophora</i>	Criconematodeae	<i>Mesocriconema</i>	Criconematodeae	<i>Mesocriconema</i>	Criconematodeae	<i>Mesocriconema</i>	Criconematodeae	<i>Mesocriconema</i>	Criconematodeae	Criconematodeae
<i>Ditylenchus</i>	Anguinidae	<i>Ditylenchus</i>	Anguinidae	<i>Ditylenchus</i> <i>Psilenchus</i>	Anguinidae	<i>Ditylenchus</i> <i>Psilenchus</i>	Anguinidae	<i>Ditylenchus</i> <i>Psilenchus</i>	Anguinidae	<i>Ditylenchus</i> <i>Psilenchus</i>	Anguinidae	Anguinidae
<i>Tylenchus</i> <i>Filenchus</i> <i>Costenichus</i>	Tylenchidae	<i>Tylenchus</i>	Tylenchidae	<i>Tylenchus</i> <i>Filenchus</i> <i>Costenichus</i> <i>Boleodorius</i>	Tylenchidae	<i>Tylenchus</i> <i>Filenchus</i> <i>Costenichus</i> <i>Boleodorius</i>	Tylenchidae	<i>Tylenchus</i> <i>Filenchus</i> <i>Costenichus</i> <i>Boleodorius</i>	Tylenchidae	<i>Tylenchus</i> <i>Filenchus</i> <i>Costenichus</i>	Tylenchidae	Tylenchidae
<i>Paratylenchus</i>	Paratylenchidae	<i>Paratylenchus</i>	Longidoridae	<i>Paratylenchus</i> <i>Xiphinema</i> <i>Scutylenchus</i>	Longidoridae	<i>Paratylenchus</i> <i>Xiphinema</i> <i>Scutylenchus</i>	Longidoridae	<i>Paratylenchus</i> <i>Xiphinema</i> <i>Scutylenchus</i>	Longidoridae	<i>Paratylenchus</i>	Paratylenchidae	Paratylenchidae



شکل ۲- فراوانی ۲۰ جنس نماتد انگل گیاهی در ایستگاه‌های پژوهشی

(سامانه ارگانیک سیب، Organic App.، سامانه ارگانیک هلو، Organic Peach.، سامانه رایج سیب، Conven. App.، سامانه رایج هلو، Conven. Peach.، مرتع (Pasture))

Figure 2- Abundance of 20 genera of plant parasitic nematodes in research stations

(Organic system of apple, Organic system of peach, Conventional system of apple, Conventional system of peach, Pasture)

نمونه‌های بدست آمده از مرتع در ۱۱ جنس و هشت خانواده قرار گرفتند. از میان جنس‌های شناسایی شده در این پژوهش، جنس *Geocenamus* فقط در مرتع مشاهده شده است. در سامانه‌ی کشت رایج سیب، ۱۶ جنس نماتدی از نه خانواده و در محصول هلو ۱۲ جنس از هشت خانواده مشاهده شد. در سامانه‌ی کشت رایج سیب جنس‌های *Boleodorous*، *Coslenchus*، *Filenchus* و *Psilenchus* وجود داشت در حالی که این جنس‌ها در محصول هلو مشاهده نشد (جدول ۲). بیشترین فراوانی جنس نماتدها در سامانه‌ی کشت ارگانیک هلو در هر پنج ایستگاه مربوط به *Gracilacus* و کمترین فراوانی مربوط به جنس *Scutylenchus* در کشت رایج سیب می‌باشد. جنس‌های *Xiphinema* و *Scutylenchus* فقط در سامانه باغداری رایج سیب دیده شد؛ جنس *Diphtherophora* در هلو رایج و ارگانیک مشاهده شد.

جنس و خانواده نماتدهای انگل گیاهی: فراوانی و تعداد نماتدهای هر جنس به تفکیک ایستگاه نشان داده است. بررسی فراوانی ۱۱ خانواده نشان داده است که، بیشترین فراوانی

تفاوت‌های معنی‌دار میان ترکیبی از سطوح عوامل بر روی چندین متغیر پاسخ، همبستگی بین متغیرهای پاسخ، تعیین شد. میانگین بین گروه‌های متغیر مستقل (Independent Variable) شامل سامانه رایج، ارگانیک، نوع محصول با یکدیگر تعیین شد. به این ترتیب خصوصیات و همبستگی بین هریک از ابعاد «متغیر وابسته» جنس‌های نماتدها (Dependent Variables) مورد تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

جنس‌های نماتدهای انگل گیاهی: در این پژوهش، پس از جداسازی نماتدها از خاک و بررسی آن‌ها در زیر میکروسکوپ، براساس صفات ریخت شناسی و ریخت سنجی، در مجموع ۲۰ جنس از ۱۱ خانواده شناسایی گردید. در سامانه کشت ارگانیک و محصول سیب ۱۴ جنس از ۱۰ خانواده نماتدی و در سامانه ارگانیک و محصول هلو ۱۴ جنس از ۹ خانواده شناسایی شد.

درک رفتار و عملکرد جنس‌های نماتدهای انگل گیاهی در سامانه و نوع کشت در زیر به تفکیک اثر هریک از عوامل مورد بررسی قرار گرفت:

اثر نوع سامانه کشت بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل

گیاهی: نوع سامانه کشت ارگانیک-رایج بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل گیاهی اثر معنی‌دار داشته است ($p\text{-value} < 0.05$)، در صورتی که مقایسه سامانه رایج با مرتع بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل گیاهی اثر معنی‌دار نداشته است؛ همچنین مقایسه سامانه ارگانیک با مرتع بر فراوانی نماتدهای انگل گیاهی اثر معنی‌دار داشته ولی بر تنوع آنها اثر ندارد (جدول ۳).

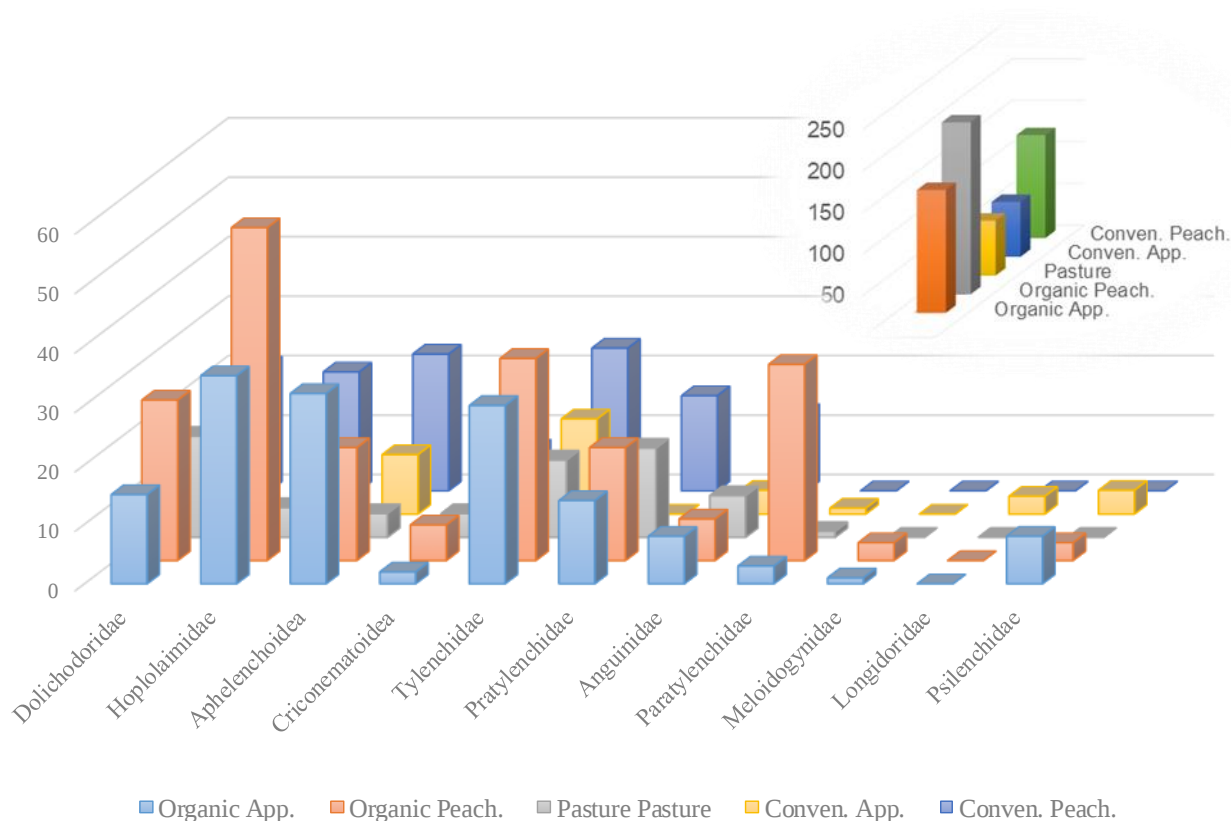
نوع کشت بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل گیاهی: تفاوت

نوع باغداری سیب-هلو بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل گیاهی به طور حتم اثر معنی‌دار داشته است ($p\text{-value} < 0.05$) (جدول ۵).

در سامانه ارگانیک سیب و هلو در خانواده *Hoplolaimidae* مشاهده شده است، همچنین بیشترین فراوانی در سامانه رایج در خانواده *Tylenchidae* و در مرتع خانواده *Pratylenchidae* است. در مجموع فراوانی خانواده نماتدها در سامانه ارگانیک بیشتر از رایج و فراوانی خانواده نماتدها در سامانه ارگانیک هلو بیشتر از ارگانیک سیب است. گفتنی است که سامانه رایج سیب از نظر فراوانی به مرتع نزدیک است؛ فراوانی خانواده نماتدها در سامانه رایج هلو بیش از سامانه رایج سیب است (شکل ۳).

شاخص تنوع گونه: بیشترین غنای گونه بر اساس شاخص شانون ویر در سامانه ارگانیک سیب و هلو به ترتیب در جنس *Gracilacus* و *Rotylenchus* مشاهده شد، همچنین بیشترین غنای گونه در سامانه رایج در خانواده *Tylenchidae* و در مرتع خانواده *Pratylenchidae* است (شکل ۴).

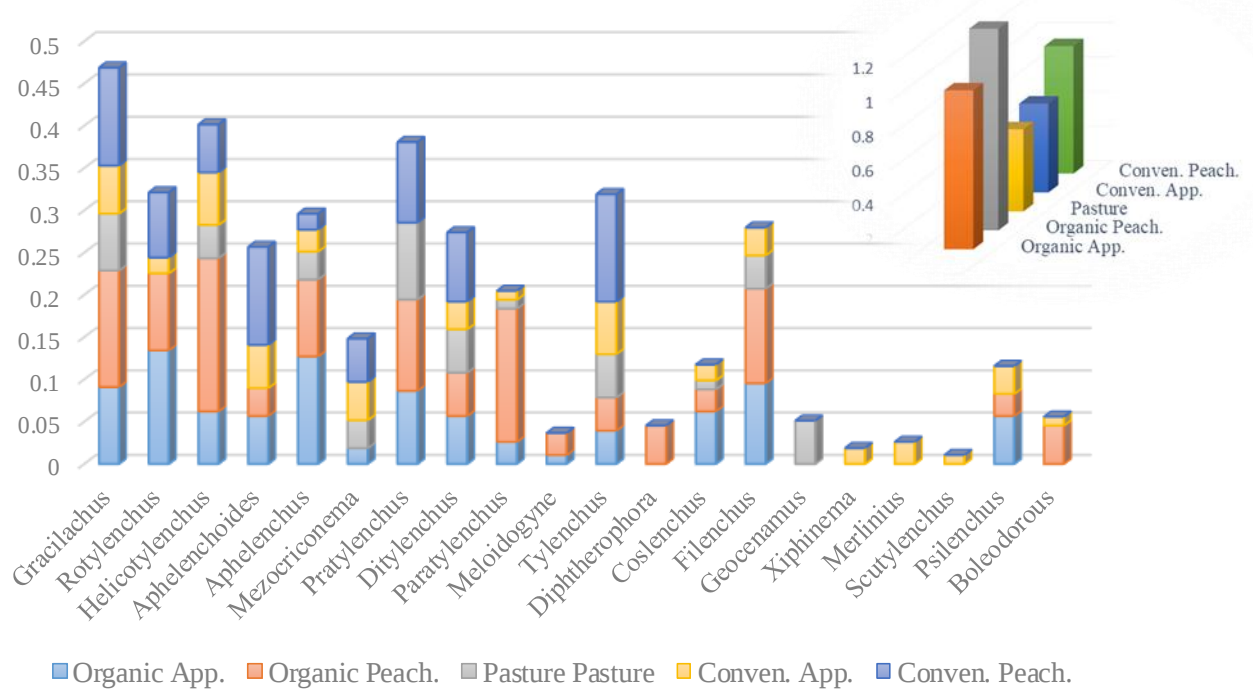
تحلیل واریانس چند متغیره: (MANOVA) برای پاسخ به



شکل ۳- فراوانی ۱۱ خانواده نماتدهای انگل گیاهی در ایستگاه‌های پژوهشی

(سامانه ارگانیک سیب، Organic App.، سامانه ارگانیک هلو، Organic Peach.، سامانه رایج سیب، Conven. App.، سامانه رایج هلو، Conven. Peach.، مرتع (Pasture))

Figure 3- Frequency of 11 families of plant parasitic nematodes in research stations
(Organic system of apple, Organic system of peach, Conventional system of apple, Conventional system of peach, Pasture)



شکل ۴- تنوع جنس‌های نماتدهای انگل گیاهی بر اساس شاخص شانون ویر در ایستگاه‌های پژوهشی (سامانه ارگانیک سیب، Organic App.، سامانه ارگانیک هلو، Organic Peach.، سامانه رایج سیب، Conven. App.، سامانه رایج هلو، Conven. Peach.، مرتع (Pasture))

Figure 4- Genus diversity of plant nematodes based on Shannon Weir index in research stations (Organic system of apple, Organic system of peach, Conventional system of apple, Conventional system of peach, Pasture)

جدول ۳- اثر نوع سامانه کشت بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل گیاهی

نماتد	سامانه	آزمون	ارزش	F	سطح معنی‌داری
Plant nematode	Cultivation system	Test	Estimate		Prob.
فراوانی	ارگانیک و رایج	Pillai's	0.312	4.00	<0.0001
	ارگانیک و مرتع	Pillai's	0.247	4.09	0.001
	رایج و مرتع	Pillai's			
		Roy's	0.002	4.09	0.766
Hotelling-Lawley's					
تنوع	ارگانیک و رایج	Pillai's	0.295	4.00	<0.0001
	ارگانیک و مرتع	Pillai's	0.177	4.09	0.007
	رایج و مرتع	Pillai's			
		Roy's	0.001	4.09	0.869
Hotelling-Lawley's					

استثنای *Tylenchus* معنی‌دار بوده است و بر تنوع تمامی جنس‌ها به غیر از *Rotylenchus* و *Tylenchus* اثر معنی‌دار داشته است (جدول ۶).

شرایط خاکی بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل گیاهی: تمامی موارد اندازه‌گیری به استثنای رطوبت برگ و خاک بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل گیاهی اثر معنی‌دار داشته است ($p\text{-value} < 0.05$).

نوع سامانه کشت بر فراوانی و تنوع جنس نماتدهای انگل گیاهی: نوع سامانه کشت (ارگانیک، رایج و مرتع) بر فراوانی و تنوع جنس نماتدهای انگل گیاهی *Helicotylenchus*، *Pratylenchus*، *Rotylenchus*، *Tylenchus* اثر معنی‌دار داشته، در صورتی که بر جنس *Gracilacus* اثر معنی‌دار نداشته است (جدول ۴).
نوع کشت بر فراوانی و تنوع جنس نماتدهای انگل گیاهی: اثر نوع کشت بر فراوانی تمامی جنس نماتدهای انگل گیاهی به

جدول ۴- اثر نوع سامانه کشت بر فراوانی و تنوع جنس نماتدهای انگل گیاهی

Table 4- The effect of the type of cultivation system on the abundance and diversity of plant nematode genera

نماتد Nematode	جنس Genus	آزمون Test	ارزش Estimate	F	سطح معنی داری Prob.
فراوانی Frequency	<i>Gracilacus</i>	Pillai's	0.033	3.13	0.330
	<i>Pratylenchus</i>	Pillai's	0.108	3.13	0.022
	<i>Helicotylenchus</i>	Pillai's	0.210	3.13	0.000
	<i>Tylenchus</i>	Pillai's	0.125	3.13	0.011
	<i>Rotylenchus</i>	Pillai's	0.198	3.13	0.001
تنوع Diversity	<i>Gracilacus</i>	Pillai's	0.032	3.13	0.332
	<i>Pratylenchus</i>	Pillai's	0.113	3.13	0.018
	<i>Helicotylenchus</i>	Pillai's	0.373	3.13	<0.0001
	<i>Tylenchus</i>	Pillai's	0.158	3.13	0.003
	<i>Rotylenchus</i>	Pillai's	0.201	3.13	0.001

جدول ۵- اثر نوع کشت بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل گیاهی

Table 5- Effect of type of crop on abundance and diversity of plant nematodes

نماتد Nematode	نوع کشت Crop Type	آزمون Test	ارزش Estimate	F	سطح معنی داری Prob.
فراوانی Frequency	هلو Peach	Pillai's	0.372	4.19	0.000
	سیب Apple	Pillai's	0.431	4.19	<0.0001
	هلو Peach	Pillai's	0.342	4.19	0.001
تنوع Diversity	سیب Apple	Pillai's	0.351	4.19	0.001

جدول ۶- اثر نوع کشت سیب و هلو بر فراوانی و تنوع جنس نماتدهای انگل گیاهی

Table 6- The effect of the type of apple and peach on the abundance and diversity of nematodes

نماتد Nematode	جنس Genus	آزمون Test	ارزش Estimate	F	سطح معنی داری Prob.
فراوانی Frequency	<i>Gracilacus</i>	Pillai's	0.158	4.00	0.002
	<i>Pratylenchus</i>	Pillai's	0.117	4.00	0.008
	<i>Helicotylenchus</i>	Pillai's	0.143	4.00	0.003
	<i>Tylenchus</i>	Pillai's	0.062	4.00	0.054
	<i>Rotylenchus</i>	Pillai's			
		Roy's Hotelling-Lawley's	0.000	4.00	0.000
تنوع Diversity	<i>Gracilacus</i>	Pillai's test	0.166	4.00	0.001
	<i>Pratylenchus</i>	Pillai's test	0.125	4.00	0.006
	<i>Helicotylenchus</i>	Pillai's test	0.122	4.00	0.006
	<i>Tylenchus</i>	Pillai's test	0.049	4.00	0.091
	<i>Rotylenchus</i>	Pillai's test			
		Roy's test Hotelling-Lawley's test	0.000	4.00	0.982

جدول ۷- تجزیه واریانس MANOVA، اثر متغیرهای شرایط محیط خاک بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگلی گیاهی

نماتد	شرایط محیطی	آزمون	ارزش	F	سطح معنی داری	نماتد	آزمون	ارزش	F	سطح معنی داری
Nematode	Edaphic	Test	Estimate		Prob.	Nematode	Test	Estimate		Prob.
فراوانی	رطوبت برگ	Wilks'	0.167	2.49	0.597	تنوع	Wilks'	0.173	2.49	0.622
	Leaf Moisture						Pillai's	0.065	3.98	0.034
	رطوبت خاک	Pillai's	0.124	3.98	0.003		Wilks'	0.436	1.89	<0.0001
	Soil Moisture	Wilks'	0.352	1.89	<0.0001		Pillai's	0.216	2.51	0.003
	تنفس میکروبی	Pillai's	0.126	2.51	0.065		Pillai's	0.467	2.04	<0.0001
	اسیدیته	Wilks'	0.409	2.04	<0.0001		Wilks'	0.467	2.04	<0.0001
	pH	Wilks'	0.477	2.04	<0.0001		Wilks'	0.463	1.92	<0.0001
	قابلیت هدایت الکتریکی	Wilks'	0.387	1.92	<0.0001		Pillai's	0.239	2.51	0.001
	EC	Wilks'	0.190	2.51	0.008		Pillai's	0.276	2.04	0.015
	نیترژن قابل دسترس خاک	Pillai's	0.458	2.04	<0.0001		Pillai's	0.294	2.51	0.000
	N	Pillai's	0.317	2.51	<0.0001		Pillai's	0.326	2.24	0.000
	کربن آلی خاک	Wilks'	0.363	1.92	<0.0001		Pillai's	0.495	1.92	<0.0001
	OC	Wilks'	0.361	1.95	<0.0001		Wilks'	0.438	1.95	<0.0001
	مینیزیم	Pillai's	0.272	2.35	0.001		Pillai's	0.309	2.35	0.000
	Mg	Wilks'	0.489	2.09	<0.0001		Pillai's	0.363	2.09	0.000
	کلسیم	Pillai's	0.465	2.09	<0.0001		Pillai's	0.432	2.09	<0.0001
	Ca									
فراوانی	جرم مخصوص ظاهری	Wilks'	0.317	2.51	<0.0001	تنوع	Pillai's	0.294	2.51	0.000
	Bulk Density	Pillai's	0.197	2.24	0.027		Pillai's	0.326	2.24	0.000
	ظرفیت تبادل کاتیونی	Pillai's	0.197	2.24	0.027		Pillai's	0.326	2.24	0.000
	Cation Exchange Capacity						Pillai's	0.326	2.24	0.000
	پتاسیم	Wilks'	0.363	1.92	<0.0001		Pillai's	0.495	1.92	<0.0001
	K	Wilks'	0.361	1.95	<0.0001		Wilks'	0.438	1.95	<0.0001
	فسفر	Pillai's	0.272	2.35	0.001		Pillai's	0.309	2.35	0.000
	P	Wilks'	0.489	2.09	<0.0001		Pillai's	0.363	2.09	0.000
	رس	Pillai's	0.465	2.09	<0.0001		Pillai's	0.432	2.09	<0.0001
	Clay									
فراوانی	سیلت	Wilks'	0.489	2.09	<0.0001	تنوع	Pillai's	0.363	2.09	0.000
	Silt	Pillai's	0.465	2.09	<0.0001		Pillai's	0.432	2.09	<0.0001
	شن									
	Sand									

نتیجه گیری

نقش نوع محصول و سامانه کشت: نماتدهای انگل گیاهی *Pratylenchus*، *Meloidogyne*، *Paratylenchus* و *Heliocotylenchus* در سراسر جهان چالش مهم برای تولیدکنندگان میوه هستند. در پژوهش حاضر، نماتدهای انگل گیاهی *Gracilacus*، *Rotylenchus*، *Helicotylenchus*، سامانه در ۷۰ درصد نمونه‌های مورد بررسی مشاهده شدند. نتایج نشان داد که فراوانی و غنا گونه با نتایج سایر پژوهشگران در باغات سیب و هلو ارگانیک و رایج متفاوت است (Pokharel et al., 2015). تفاوت در تنوع و فراوانی نماتدهای انگل گیاهی در پژوهش حاضر با سایر پژوهش‌ها، ممکن است به دلیل تفاوت در انواع و ارقام گیاهان و یا شیوه‌های مدیریت خاک باشد. گونه‌های گیاهی مختلف بر ترکیب گروه‌های جامعه نماتدهای انگل گیاهی تأثیر می‌گذارد، حتی نوع گونه‌های گیاهی اغلب مهم‌تر از تنوع گیاهی برای ترکیب جامعه نماتد است (Viketoft et al., 2009)، همچنین تأثیر ژنوتیپ‌های پایه بر جوامع میکروبی خاک در باغ‌های سیب نیز گزارش شده است (Rumberger and Merwin, 2007).

در سامانه ارگانیک جمعیت نماتدهای انگل گیاهی بیش از سامانه رایج و مرتع بوده است، سامانه رایج در بیش از ۱۰ سال باغداری (به گفته باغداران ۳۰ سال سابقه کشت) مدیریت خاک، جمعیت نماتدهای انگل گیاهی را کاهش داده است. بدیهی است که تبدیل کشاورزی رایج به ارگانیک، جمعیت کل نماتدهای خاک را افزایش می‌دهد؛ همچنین در پژوهشی بیان شده است که سامانه ارگانیک جمعیت نماتدهای باکتری خوار مفید را افزایش و جمعیت نماتدهای انگلی گیاهی غالب را کاهش داده است (Briar et al., 2012). در باغات ارگانیک پژوهش حاضر، از کودهای آلی به ویژه کود گاوی برای تامین مواد آلی خاک استفاده شده است، همچنین برای کاهش pH خاک‌های آهکی باغات دماوند و افزایش سطح قابلیت دسترسی عناصر ریزمغذی، به خاک کود گرانوله گوگردی اضافه شده است. همچنین کودهای بیولوژیک مانند انواع جلبک‌ها، اسیدآمین، اسیدهومیک به کار رفته است. همچنین آب غنی از استخرهای پرورش ماهی برای افزایش تغذیه محصول در باغات مورد استفاده قرار گرفته است.

باغات میوه، به ویژه درختان برگ‌ریز، با تولید محصولات زراعی سالانه یا دوساله متفاوت می‌باشند. با افزودن اصلاح‌کننده‌های خاک از جمله کمپوست، کود آلی یا سایر کودهای حیوانی و گیاهی، مواد آلی به خاک اضافه می‌شود، که منبع غذایی مهم برای میکروب‌های خاک و موجودات شبکه غذایی در منابع گیاهی از جمله نماتدهای

انگل گیاهی می‌باشند. نماتدها به کودهای آلی و سبز، وابسته هستند و به صورت گوناگون به غنی‌سازی مواد آلی پاسخ می‌دهند (Ferris and Bongers, 2006). به طور کلی، خاک سالم با تنوع زیستی بالا، مجموعه متنوع از موجودات از جمله نماتدها را در خود جای داده است. بدون تنوع زیستی بالا، اکوسیستم خاک در برابر تغییرات محیطی و تنش‌ها آسیب‌پذیر می‌باشد (Wang et al., 2004). گروه‌های جمعیت نماتدها به عنوان شاخص برای مطالعه شرایط شبکه غذایی خاک (Neher, 2001; Bongers and Ferris, 1999; Zhang et al., 2017) تنوع زیستی خاک و عملکرد اکوسیستم استفاده می‌شوند (Ferris and Tuomisto, 2015; Neher, 2001; Zhang et al., 2017). این نتایج نشان داد که نوع محصول و شیوه‌های مدیریت بر جوامع نماتد تأثیر می‌گذارد. ترکیب جوامع نماتدهای خاک به طور قابل توجه در سامانه کشاورزی ارگانیک، رایج و مرتع متفاوت است. فراوانی و تنوع نماتدها حاکی از آن است که سامانه ارگانیک بیش از رایج با افزایش نماتدهای انگل گیاهی مواجه می‌باشد. در نتیجه، با وجود آنکه سامانه ارگانیک، حاصلخیزی خاک را افزایش می‌دهد ولی، فراوانی جمعیت تغذیه میکروب‌ها و نماتدها و تهدید نماتدهای انگل گیاهی را نیز بیشتر می‌کند؛ بنابراین در سامانه ارگانیک، باید راهبردهای مدیریت نماتدهای انگل گیاهی و آفات بیشتر مورد توجه قرار گیرد (Yang et al., 2021).

در باغات دماوند بر اساس پرسش‌نامه جمع‌آوری شده از کشاورزان، برای کنترل آفات، در کشاورزی ارگانیک، از تنداکیسیر (Tondexir)، پالیزین (Palizin) گرانول استفاده شده است گفتنی است که دو آفت کش گیاهی به نامهای تنداکیسیر و پالیزین به عنوان ترکیبات سازگار با محیط زیست برای کنترل آفات گلخانه‌ای تولید شده‌اند. مدیریت حشرات، بیماری‌ها و نماتدهای انگل گیاهی در کشاورزی ارگانیک نیاز به تکیه بر تعادل ذاتی طبیعت دارد (Mohamed et al., 2021). نتایج پژوهش ما حاکی از آن است که سامانه ارگانیک با نماتدهای انگل گیاهی بیش‌تر از رایج، ممکن است ناشی از شیوه‌های مدیریت باغداری رایج مانند اصلاح خاک، کوددهی، خاک‌ورزی و کاربرد آفت‌کش‌ها باشد که باعث اختلال و به هم خوردگی و آشفته‌گی در اکوسیستم خاک شده است (Bongers et al., 1997)؛ در نتیجه بر ساختار جامعه نماتدهای خاک تأثیر گذاشته (Briar et al., 2012) و مدیریت فشرده سبب کاهش عملکرد نماتدهای انگل گیاهی، تخریب خاک و نابودی تنوع زیستی در باغداری رایج شده است (Yang et al., 2021). مطالعات قبلی نشان دادند که کاربرد کودهای شیمیایی در سامانه کشاورزی رایج سبب کاهش نماتدهای تغذیه‌کننده باکتری‌ها شده است (Bulluck et al., 2002) که به دلیل سمیت مستقیم محلول‌های نیتروژن (Fiorentini

and Portelli, 2004) می‌باشد. علاوه‌براین، کشاورزی فشرده برهم‌کنش‌های زیستی و الگوی دسترسی منابع در اکوسیستم‌ها را تغییر می‌دهد (Matson et al., 1997). به هم ریختگی و خاک‌ورزی با اثر مستقیم و غیرمستقیم بر رشد و ظرفیت تولیدمثل نماتدهای انگل گیاهی و فراوانی نماتدها تأثیر می‌گذارد. به نظر می‌رسد که سامانه رایج با کودهای شیمیایی و خاک‌ورزی، اکولوژی خاک را مختل می‌کند و جمعیت نماتدهای انگلی و آزادی را تحت تأثیر قرار می‌دهد که احتمالاً به این دلیل است که نماتدها به شیوه‌های مدیریت خاک حساس می‌باشند (Fiscus and Neher, 1999; Neher, 2002).

در حال حاضر، در اقدامات مدیریتی سامانه رایج، مواد آلی افزوده نمی‌شود، جالب است که این سامانه سبب تجزیه مواد آلی خاک، کاهش غنا و فراوانی در جامعه نماتدها شده است. به طور کلی، خاک ورزی همراه با مواد آلی فعالیت ساکنان مفید خاک را حتی در لایه‌های عمیق‌تر افزایش می‌دهد. در غیر این صورت فعالیت میکروبی در خاک سطحی متمرکز می‌شود (Treonis et al., 2010). سامانه زراعی ارگانیک ممکن است فشار آفات بالایی داشته باشند؛ زیرا گزینه‌های مدیریتی کمتری در مقایسه با سامانه رایج برای مبارزه با آفات دارد. نماتدهای انگلی گیاهی یکی از گروه‌های مهم آفات در بسیاری از محصولات ارگانیک هستند (Monson and Schmitt, 2006; Wrather and Koenning, 2006). بر اساس ساختار جامعه نماتدهای انگل گیاهی در این پژوهش، سبب ممکن است برای تولید ارگانیک در دماوند مناسب‌تر از هلو باشد. گفتنی است، تولیدکنندگان به دلیل ملاحظات بازار و قیمت، هلو را بهتر از سیب در نظر می‌گیرند. بدیهی است که افزایش تقاضا و قیمت میوه ارگانیک (USDA Economic Research Service, 2014) راه‌کارهای مدیریتی دیگری برای مقابله با خسارات ناشی از نماتدهای انگل گیاهی را در سامانه ارگانیک می‌طلبد.

نقش عوامل خاکی (Edaphic) بر نماتدهای انگل گیاهی: در پژوهش حاضر، تمامی عوامل خاکی به استثنای رطوبت برگ و خاک بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل گیاهی اثر معنی‌دار داشت (جدول ۷). گفتنی است که اثر عوامل قابل اندازه‌گیری خاک بر جنس‌های نماتدهای انگل گیاهی خاک یکسان نیست. به عنوان مثال تمامی عوامل خاکی بر فراوانی و تنوع جنس *Helicotylenchus* اثر معنی‌دار داشته است، در صورتی که در سایر جنس‌های *Gracilacus*, *Pratylenchus*, *Tylenchus* فقط بر برخی عوامل اثر معنی‌دار داشته است. پژوهش ما حاکی از آن است که از میان تمامی عوامل خاکی، تنها پارامترهای تنفس میکروبی، EC، OC، K، P و بافت بر تمامی جنس‌های نماتدهای انگل گیاهی اثر معنی‌داری نشان دادند. در پژوهشی بیان شده است که اثر سامانه رایج و ارگانیک، در شیوه‌های مدیریت کمتر از عوامل خاکی بر جامعه

نماتدهای انگل گیاهی اثر گذاشته است (Neher et al., 1999). در پژوهش‌های پیشین، عوامل خاکی با فاکتورهای قابل اندازه‌گیری خاک (کربن آلی خاک، اسیدیته، بافت) بر فراوانی نماتدهای انگل گیاهی انگل گیاهی همبستگی نداشته، ولی فراوانی نماتد *Pratylenchus* با درصد شن و ماسه همبستگی منفی داشت و نماتد *Xiphinema* با اسیدیته خاک همبستگی منفی را نشان داده است. ترکیب جامعه نماتدها با تغییر بافت، درصد شن، سیلت، یا رس، حتی با شیوه‌های مدیریت مشابه متفاوت است (Yeates and King, 1997). ویژگی‌های خاک در جوامع نماتد را نیز نمی‌توان نادیده گرفت. بافت خاک بر فراوانی و توزیع نماتدها در نیمرخ خاک تأثیر می‌گذارد (Mcsorley and Frederick, 2002)، با افزایش درصد رس در خاک، توانایی نفوذ نماتدهای انگل گیاهی کاهش می‌یابد (Prot and Van Gundy, 1981).

اسیدیته خاک بر روی گونه‌های نماتد تأثیر می‌گذارد. به طور کلی اکثر فعالیت نماتدها، در اسیدیته زیر ۵ و بالاتر از ۸ مهار می‌شود (Ravichandra, 2008; Mulder et al., 2003). به عنوان مثال، تعداد نماتدها در اسیدیته خاک اسیدی (اسیدیته برابر با ۴) با کمترین میزان مصرف مواد غذایی از همه کمتر است. با نرخ عناصر غذایی بالاتر، در اسیدیته پایین به طور قابل توجه تعداد نماتدهای تغذیه‌کننده باکتری‌ها کاهش یافته، در حالی که تعداد نماتدهای تغذیه‌کننده از قارچ‌ها افزایش یافته است. اثر غیرمستقیم عناصر غذایی و اسیدیته از طریق سایر اجزای شبکه غذایی خاک نیز بر روی جامعه نماتدها مورد سوال است (Korthals et al., 1996).

مقدار کربن آلی خاک، به عنوان منبع غذایی سودمند در جوامع نماتدها در نظر گرفته می‌شود. در طی یک دوره ۴ ساله در کرت‌های مزرعه محصولات مختلف در حال گذار از کشاورزی رایج به ارگانیک، تخمین نیمرخ نماتدهای انگل گیاهی نشان داد که شبکه‌های غذایی بسیار غنی و با ساختمان متوسط تا بالا در خاک و کانال‌های تجزیه در هر دو سامانه جمعیت نماتدهای انگل گیاهی را افزایش داده است؛ در نتیجه با تغییر کاربری‌های زراعی، جوامع نماتد تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Shabeg, 2007).

سطح زیر کشت میوه‌های ارگانیک در باغات دماوند رو به افزایش و مقادیر نماتدهای انگل گیاهی در سامانه ارگانیک بیشتر از رایج است؛ این در حالی است که خاک‌های رسی آهکی سنگین با اسیدیته بالا و مقدار مواد آلی متوسط دارد. اقدامات مدیریتی سامانه ارگانیک کودهای آلی و سبز سامانه، نوع آبیاری، نوع محصول، ارقام هلو و سیب، نحوه کوددهی در سامانه ارگانیک (نوع کود، مقدار و چگونگی مدیریت) بر جوامع نماتد اثرگذار است. مطالعات جوامع نماتدهای انگلی و آزادی و اثر شیوه‌های تولید میوه در طول زمان برای درک تغییرات فرآیندهای میکروبی خاک مورد نیاز است، در نتیجه شیوه‌های مدیریت سلامت خاک برای افزایش ارتقا پایداری جامعه نماتدهای

تبدیل می‌شود. راهکارهای مدیریتی باید در روش موثر برای گنجاندن آنها در برنامه مدیریت یکپارچه نماتد شامل استفاده از عوامل زیستی و شناسایی پایه‌ها/ ارقام مقاوم، محل کاشت درختان، استفاده از عوامل مهار زیستی، اصلاح خاک، مدیریت فرهنگی، تیمارهای پس از برداشت، مدل‌سازی و پیش‌بینی بیماری مورد بررسی قرار گیرد.

آزادزی در مناطق پرچالش در سامانه‌های تولید میوه ارگانیک پیشنهاد می‌شود. پژوهش‌های بیشتر، در مورد تنوع نماتدها، گام مهم در درک فرآیندها و خدمات اکوسیستم خاک است (Lazarova et al., 2021). با توجه به بیشینه نماتدهای انگل گیاهی در سامانه هلو ارگانیک در باغات دماوند، مدیریت نماتد به یک اولویت برای امنیت عرضه غذا

منابع

- Alves, F.R., & Campos, V.P. (2003). Efeitos da temperatura sobre a atividade de fungos no controle biológico de *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* raça 3. *Ciência e Agrotecnologia* 27, 91–97. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542003000100011>
- Ashworth, J., Keyes, D., Kirk, R., & Lessard, R. (2007). Standard procedure in the hydrometer method for particle size analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32(5-6), 633–642. <https://doi.org/10.1081/CSS-100103897>
- Berkelmans, R., Ferris, H., Tenuta, M., & Van Bruggen, A.H.C. (2003). Effects of long-term crop management on nematode trophic levels other than plant feeders disappear after 1 year of disruptive soil management. *Applied Soil Ecology*, 23(3), 223–235. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(03\)00047-7](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(03)00047-7)
- Bijarniya, A., & Rayaz, M. (2020). Scope of organic farming. *Engineering Journals, Iconic Research And Engineering Journals, IRE Journals*, 3(7), 28–36.
- Walkley, A., & Black, I.A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37(1), 29–38. <https://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>
- Black, C.A. (1965) Methods of Soil Analysis: Part I, Physical and Mineralogical Properties. *American Society of Agronomy, Inc. Publisher, Madison*, 1965, p. 894–895
- Blaxter, M., & Koutsovoulos, G. (2015). The evolution of parasitism in Nematoda. *Parasitology*, 142(1), S26–S39. <https://doi.org/10.1017/S0031182014000791>
- Bongers, T., van der Meulen, H., & Korthals, G. (1997). Inverse relationship between the nematode maturity index and plant parasite index under enriched nutrient conditions, *Applied Soil Ecology*, 6(2), 195–199. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(96\)00136-9](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(96)00136-9)
- Bongers, T., & Ferris, H. (1999). Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Trends in Ecology & Evolution*, 14(6), 224–228. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(98\)01583-3](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(98)01583-3)
- Bongiorno, G., Bodenhausen, N., Bünenmann, E.K., Brussaard, L., Geisen, S., Mäder, P., Quist, C.W., Walser, J.C., & De Goede, R.G. (2019). Reduced tillage, but not organic matter input, increased nematode diversity and food web stability in European long-term field experiments. *Molecular Ecology*, 28(22), 4987–5005. <https://doi.org/10.1111/mec.15270>
- Bower, C.A. (1959). Cation exchange equilibria in soils affected by sodium salts. *Soil Science*, 88(1), 32–35.
- Briar, S.S., Barker C., Tenuta M., & Entz M.H. (2012). Soil nematode responses to crop management and conversion to native grasses, *Journal Nematol*, 44(3), 245–254. PMID: 23481374; PMCID: PMC3547337.
- Bulluck, L.R., Barker, K.R., & Ristaino, J.B. (2002). Influences of organic and synthetic soil fertility amendments on nematode trophic groups and community dynamics under tomatoes. *Applied Soil Ecology*, (21), 233–250. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(02\)00089-6](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(02)00089-6)
- Campos-Herrera, R. (2015). *Nematodes pathogenesis of insect and other pest: ecology and applied technologies for sustainable plant and crop protection*; Springer: Cham, Switzerland; Heidelberg, Germany; New York, NY, USA; Dordrecht, The Netherlands; London, UK p. 285–508. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-18266-7>
- Chapman, H.D., & Pratt P.F. (1982). *Methods of analysis for soils, plants, and waters*. Agriculture & Natural Resources, University of California Division of Agricultural Sciences, Office of Agr. Publ., 207 University Hall, Berkeley 4, Calif., 309 pp. <https://doi.org/10.2136/sssaj1963.03615995002700010004x>
- Chiu, C.H., Wang, Y.T., Walther, B.A., & Chao, A. (2014). An improved nonparametric lower bound of species richness via a modified good-turing frequency formula. *Biometrics*, 70(3), 671–82. <https://doi.org/10.1111/biom.12200>
- Davies, K.G., & Spiegel, Y. (2011). *Biological control of plant-parasitic nematodes: Building coherence between microbial ecology and molecular mechanisms*, p. 314. Progress in Biological Control vol. 11. Springer Science+Business Media, Dordrecht, the Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9648-8>
- Ferraz, S., Freitas, L.G., Lopes, E.A., & Dias-Arieira, C.R. (2010). *Manejo sustentável de fitonematoides*. Editoria UFV, 245 p. Viçosa, Minas Gerais, Brazil.
- Ferris, H., & Bongers, T. (2006). Nematode indicators of organic enrichment, National library of Medicine,

- National Center for Biotechnology Information. *Journal Nematology*, 38(1), 3-12.
- 20- Ferris, H., & Tuomisto, H. (2015). Unearthing the role of biological diversity in soil health. *Soil Biology and Biochemistry*, 85, 101–109. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.02.037>
 - 21- Fiorentini, M., & Portelli, D. (2004). Sensitivity of nematode life-history groups to ions and osmotic tensions of nitrogenous solutions. *Journal Nematology*, 36(1), 85–94.
 - 22- Fiscus, D.A., & Neher, D. (2002). Distinguishing sensitivity of free-living soil nematode genera to physical and chemical disturbances, *Ecological Applications*, 12(2), 565-575.
 - 23- Forge, T., Neilsen, G., Neilsen, D., O’Gorman, D., Hogue, E., & Angers, D. (2015). Organic orchard soil management practices affect soilbiology and organic matter. In II International Symposium on Organic Matter Management and Compost Use in Horticulture. *Acta Horticulture*, 1076, 77–84. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1076.8>
 - 24- Geraert E. (2008). *Tylenchidae of the world*. Academic press, 540 pp.
 - 25- Grisse, A.D., & Loof, P.A.A. (1965). Revision of the genus *Criconemoides* (Nematoda). *Mededelingen van de Landbouwhogeschool en der Opzoekingsstations van de Staat te Gent*, 30(2), 577-603.
 - 26- Haluschak, P. (2006). *Laboratory Methods of Soil Analysis Canada-Manitoba Soil Survey*. Methods of Soil Analysis, 3-133.
 - 27- Hodda, M., Peters, L., & Traunspurger, W. (2009). *Nematode diversity in terrestrial, freshwater aquatic and marine systems*. p. 45–94. In *Nematodes as Environmental Indicators*; CABI Publishing: Wallingford, UK, <https://doi.org/10.1079/9781845933852.0045>
 - 28- Hunt, D.J. (1993). *Aphelenchida, Longidoridae and Trichodoridae: Their Systematics and Bionomics*, Wallingford, CAB International, Wallingford: 352.
 - 29- Jonason, D., Andersson, G.K.S., Ockinger, E., Rundlof, M., Smith, H.G., & Bengtsson, J. (2011). Assessing the effect of the time since transition to organicfarming on plants and butterflies. *Journal of Applied Ecology*, 48(3), 543–550. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.01989.X>
 - 30- Kapp, C., Storey, S.G., & Malan, A.P. (2014). Organic vs conventional: Soil nematode community structure and function. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 79(2), 297-300.
 - 31- Kjeldahl, J. (1883). A new method for the determination of nitrogen in organic matter. *Zeitschrift für Analytische Chemie*, 22, 366-382. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01338151>
 - 32- Korthals, G.W., Bongers, T., Kammenga, J.E., Alexiev, A.D., & Lexmond, T.M. (1996). Long-term effects of copper and ph on the nematode community in an agroecosystem. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 15: 979–985.
 - 33- Lammerts van Bueren, E.T., Struik, P.C., & Jacobsen, E., (2002). Ecological concepts in organic farming and their consequences for an organic crop ideotype, *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 50(1), 1-26. [https://doi.org/10.1016/S1573-5214\(02\)80001-X](https://doi.org/10.1016/S1573-5214(02)80001-X)
 - 34- Lazarova, S., Coyne, D., Rodríguez, M.G., Peteira, B., & Ciancio, A. (2021). Functional diversity of soil nematodes in relation to the impact of agriculture-A Review. *Diversity*, 13(2), 64. <https://doi.org/10.3390/d13020064>
 - 35- Lupatini, M., Korthals, G.W., Roesch, L.F.W., & Kuramae, E.E. (2019). Long-term farming systems modulate multi-trophic responses. *Science of the Total Environment*, 646, 480–490. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.323>
 - 36- Matson, P.A., Parton, W.J., Power, A.G., & Swift, M.J. (1997). Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 277, 504–509. <https://doi.org/10.1126/science.277.5325.504>
 - 37- McSorley, R., & Frederick J.J. (2002). Effect of subsurface clay on nematode communities in a sandy soil. *Applied Soil Ecology*, 19(1), 1-11. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(01\)00167-6](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(01)00167-6)
 - 38- El-Saadony, M.T., Abuljadayel, D.A., Shafi, M.E., Albaqami, N.M., Desoky El-S, M., El-Tahan, A.M., Mesiha, Ph.K., Elnahal, A.S.M., Almakas, A., Taha, A.E., El-Mageed, T.A.A., Hassanin, A.A., Elrys, A.S., & Saad, A.M. (2021). Control of foliar phytoparasitic nematodes through sustainable natural materials: Current progress and challenges, *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(12), 7314-7326, <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.08.035>
 - 39- Monson, M., & Schmitt, D.P. (2004). *Economics*. In: Schmitt DP, Wrather JA, Riggs RD, editors. *Biology and management of the soybean cyst nematode*. Marceline, MO: Schmitt & Associates of Marceline; p. 41–53.
 - 40- Moosavi, M.R., & Zare, R. (2012). *Fungi as biological control agents of plant-parasitic nematodes*. p. 67–107. In: Merillon, J.M. and Ramawat, K.G. (Eds) *Plant Defence: Biological Control, Progress in Biological Control 12*. Springer Science + Business Media, Dordrecht, the Netherlands,. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51034-3_14
 - 41- Mulder, C.H., Zwart, D.D., Van Wijnen, H.J., Schouten, A.J., & Breure, A.M. (2003) Observational and simulated evidence of ecological shifts within the soil nematode community of agroecosystems under conventional and organic farming, *Functional Ecology*, 17, 516-525. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2003.00755.x>
 - 42- Neher, D. (2001). Role of nematodes in soil health and their use as indicators, *Journal of Nematology*, 33(4), 161-168.
 - 43- Neher, D.A. (1999). Nematode communities in organically and conventionallymanaged agricultural soils. *Journal of Nematology*, 31(2), 142–154.

- 44- Nicol, J.M., Turner, S.J., Coyne, D.L., den Nijs, L., Hockland, S. & Tahna Maafi, Z. (2011). Current nematode threats to world agriculture. In: Jones, J., Gheysen, G. and Fenoll, C. p. 21–43. (Eds) *Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions*. Springer, Dordrecht, the Netherlands, https://doi.org/10.1007/978-94-007-0434-3_2
- 45- Okada, H., & Harada, H. (2007). Effects of tillage and fertilizer on nematode communities in a Japanese soybean field. *Applied Soil Ecology*, 35(3), 582–598. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2006.09.008>
- 46- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., & Dean, L.A. (1954). *Estimation of available phosphorous in soils by extraction with sodium bicarbonate*. Vol. 939 (p. 19). U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., USDA Circ.
- 47- Paula, L.A., de, Bianchi, V.J., Gomes, C.B., & Fachinello, J.C. (2011). Reação de porta-enxertos de pessegueiro à *Meloidogyne incognita*. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(2), 680–684. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000200043>
- 48- Pokharel, R., Marahatta, S.P., Handoo, Z.A., & Chitwood, D.J. (2015). Nematode community structures in different deciduous tree fruits and grape in Colorado, USA and impact of organic peach and apple production practices, *European Journal of Soil Biology*, 67, 59-68. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejsobi.2015.02.003>
- 49- Postma-Blaauw, M.B., De Goede, R.G., Bloem, J., Faber, J.H., & Brussaard, L. (2010). Soil biota community structure and abundance under agricultural intensification and extensification. *Ecology*, 91(2), 460–473. <https://doi.org/10.1890/09-0666.1>
- 50- Prot, J.C., & VanGundy, S.D. (1981). Effect of soil texture and the clay component on migration of *Meloidogyne incognita* second-stage juveniles. *Journal of Nematology*, 13(2), 213-217.
- 51- Pulavarty, A., Egan, A., Karpinska, A., Horgan, K., & Kakouli-Duarte, T. (2021). Plant parasitic nematodes: A review on their behaviour, host interaction, management approaches and their occurrence in two sites in the republic of Ireland. *Plants*, 10, 2352. <https://doi.org/10.3390/plants10112352>
- 52- Quesada-Moraga, E., Herrero, N., & Zabalgogazcoa, I. (2014). *Entomopathogenic and nematophagous fungal endophytes*. p. 85–99. In: Verma, V.C. and Gange, A.C. (Eds) *Advances in Endophytic Research*. SpringerIndia, New Delhi, India, https://doi.org/10.1007/978-81-322-1575-2_4
- 53- Quist, C.W., Schrama, M., de Haan, J.J., Smant, G., Bakker, J., van der Putten, W.H., & Helder, J. (2016). Organic farming practices result in compositional shifts in nematode communities that exceed crop-related changes. *Applied Soil Ecology*, 98, 254–260. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.10.022>
- 54- Ravichandra, N.G. (2008). *Plant nematology* I. K. International Pvt Ltd, 720 pp.
- 55- Rhoades, J.D. (1996). *Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids* Pages 417–436 in Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H., Soltanpour, P. N., Tabatabai, M. A., Johnston, C. T. & Sumner, M. E., editors. *Methods of Soil Analysis: Part 3 – Chemical Methods*. SSSA/ASA, Madison, WI, USA.
- 56- Rumberger, A., Merwin, I.A., & Thies, J.E. (2007). Microbial community development in the rhizosphere of apple trees at a replant site, *Soil Biology and Biochemistry*, 39, 1645-1654. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.01.023>
- 57- Schinner, F., Öhlinger, R., Kandeller, E., & Margesin, R. (1995). *Methods in Soil Biology*. Berlin Heidelberg: Springer, Berlin. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-60966-4>
- 58- Shabeg, B. (2007). *Nematodes as bioindicators of soil food web health in agroecosystems: a critical analysis*. Ohio State University, Doctoral dissertation. OhioLINK Electronic Theses and Dissertations Center, http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=osu1173284523
- 59- Singh, R., & Singh, G.S. (2017). Traditional agriculture: a climate-smart approach for sustainable food production. *Energy. Ecology Environment* 2, 296–316. <https://doi.org/10.1007/s40974-017-0074-7>
- 60- Smith, K.A. (2000). *Soil and Environmental Analysis: Physical Methods, Revised, and Expanded* (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780203908600>
- 61- Spellerberg, I.F., Ecology, G., Article, O., & Zealand, N. (2003). Ecological sounding a tribute to Claude Shannon (1916 – 2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the 'Shannon – Wiener' Index–Wiener index. *Global Ecology and Biogeography*, 12(3), 177–179. <https://doi.org/10.1046/j.1466-822X.2003.00015.x>
- 62- Tahat, M.M., M Alananbeh, K., A Othman, Y., & I Leskovar, D. (2020). Soil health and sustainable agriculture. *Sustainability*, 12(12), 4859: 1-26. <https://doi.org/10.3390/su12124859>
- 63- Treonis, A.M., Austin, E.E., Buyer, J.S., Maul, J.E., Spicer, L., & Zasada, I.A. (2010). Effects of organic amendment and tillage on soil microorganisms and microfauna, *Applied Soil Ecology*, 46(1), 103-110. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.06.017>
- 64- Treonis, A.M., Unangst, S.K., Kepler, R.M., Buyer, J.S., Cavigelli, M.A., Mirsky, S.B., & Maul, J.E. (2018). Characterization of soil nematode communities in three cropping systems through morphological and DNA metabarcoding approaches *Scientific Reports*, 8, 1-12. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20366-5>
- 65- Tsiafouli, M.A., Thébault, E., Sgardelis, S.P., Ruiter, P.C., Putten, W.H., Birkhofer, K., Hemerik, L., Vries, F.T., Bardgett, R.D., Brady, M.V. (2015). Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology*, 21(2):973-85. <https://doi.org/10.1111/gcb.12752>

- 66- Tucker, B.B., & Kurtz, L.T. (1961). Calcium and magnesium determinations by EDTA titrations. *Soil Science Society of America Journal*, 25(1), 27-29. <https://doi.org/10.2136/sssaj1961.03615995002500010016x>
- 67- USDA Economic Research Service, Organic Market Overview, 2014. [http:// www.ers.usda.gov/topics/natural-resources-environment/organicagriculture/organic-market-overview.aspx#U_UJEHb5e3w](http://www.ers.usda.gov/topics/natural-resources-environment/organicagriculture/organic-market-overview.aspx#U_UJEHb5e3w).
- 68- Viketoft, M., Bengtsson, J., Sohlenius, B., Berg Matty, P., Petchey, O., Palmborg, C., & Huss-Danell, K. (2009). Long-term effects of plant diversity and composition on soil nematode communities in model grasslands. *Ecology*, 90(1), 90-99. <https://doi.org/10.1890/08-0382.1>
- 69- Wall, D.H., Bardgett, R. D., Covich, A.P., & Snelgrove, P.V.R. (2004). *The need for understanding how biodiversity aecosystem functioning affect ecosystem services in soils and sediments in Sustaining Biodiversity and Ecosystem Services in Soils and Sediments* (ed. Wall, D. H.) 1–12 Island Press.
- 70- Wang, K.H., McSorley, R., & Gallaher, R.N. (2004). Relationship of soil management history and nutrient status to nematode community structure. *Neotropical*, 34, 83–95.
- 71- Weisser, W.W., Roscher, C., Meyer, S.T., Ebeling, A., Luo, G., Allan, E., Beßler, H., Barnard, R.L., Buchmann, N., & Buscot, F. (2017). Biodiversity effects on ecosystem functioning in a 15-year grassland experiment: Patterns, mechanisms, and open questions. *Basic Applied Ecology*, 23, 1–73. <https://doi.org/10.1016/j.baee.2017.06.002>
- 72- Wrather, J.A., & Koenning, S.R. (2006). Estimates of disease effects on soybean yields in the United States 2003 to 2005. *Journal of Nematology*;38(2), 173-80.
- 73- Yang, Y., Hu, X., Liu, P., Chen, L., Peng, H., & Wang, Q. (2021). A new root-knot nematode, *Meloidogyne vitis* sp. nov. (Nematoda: Meloidogynidae), parasitizing grape in Yunnan. *PLoS ONE*, 16(2), e0245201. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245201>
- 74- Yeates G.W., & King K.L. (1997). Soil nematodes as indicators of the effect of management on grasslands in the New England Tablelands (NSW): comparison of native and improved grasslands, *Pedobiologia*, 41(6), 526-536. <http://hdl.handle.net/102.100.100/221433?index=1>
- 75- Yergeau, E., Pagé, A., Arseneault, C.T., Kuramae, E.E., Lupatini, M., Korthals, G.W., De Hollander, M., & Janssens, T.K.S. (2017). Soil microbiome is more *Heterogeneous* in organic than in conventional farming system. *Frontiers in Microbiology*, 7, 2064. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02064>
- 76- Zarei, F., & Zarei, A. (2019). *Sustainable Agriculture*. p.159 Day System. <https://books.google.com/books?id=YsGyDwAAQBAJ>
- 77- Zhang, X., Ferris, H., Mitchell, J., & Liang, W. (2017). Ecosystem services of the soil food web after long-term application of agricultural management practices. *Soil Biology & Biochemistry*, 111, 36–43. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.03.017>
- 78- Zhao, J., Liu, L., Zhang, Y., Wang, X., & Wu, F. (2018). A novel way to rapidly monitor microplastics in soil byhyperspectral imaging technology and chemometrics. *Environmental Pollution*, 238, 121-129. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.03.026>



The Effect of Some Bacteria and Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Rhizoctonia Root rot and Growth Parameters of Common Bean Plants

N. Moarrefzadeh^{1*} - H. Khateri² - R. Sharifi³

Received: 23-12-2022

Revised: 13-03-2023

Accepted: 14-03-2023

Available Online: 15-03-2023

How to cite this article:

Moarrefzadeh, N., Khateri, H., & Sharifi, R. (2023). The effect of some bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi on Rhizoctonia root rot and growth parameters of common bean plants. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, 37(2), 137-157. (In Persian with English abstract).
<https://doi.org/10.22067/jpp.2023.80203.1119>

Introduction

The seeds of common bean plants (*Phaseolus vulgaris*) are among the most important food sources worldwide. The plant pathogenic fungus *Rhizoctonia solani* causes seed rot and seedling damping-off of bean plants and is one of the most important soil-borne pathogens in most cultivation areas of this plant. *R. solani* plays an important role in reducing the yield and quality of this crop. Biological control is a promising, effective, and sustainable solution for managing soil-borne fungal diseases. The simultaneous use of biological control agents, especially agents with different mechanisms of action, might increase the chance of success in disease management. Indeed, two living agents can show different types of interactions based on their inherent characteristics and ecological conditions. In the current research, the potential of co-application of mycorrhizal fungi and bacterial strains from different taxonomic groups was evaluated on increasing the growth of beans and suppression of bean damping-off.

Materials and Methods

In this research, the effect of 14 different bacterial strains on the mycelial growth of *R. solani* was investigated by dual culture and by the volatile compound production tests in the laboratory. The list of bacterial strains included: *Bacillus megaterium* B15, *Bacillus thuringiensis* B48Pet, *Bacillus subtilis* BS (B.s), *B. subtilis* AS, *Lysinibacillus boronitolerans* RUPB71 (Lysin), *Pseudomonas putida* RUP1, *Arthrobacter citreus* B27Pet, *Alcaligenes faecalis* 1624, *Bacillus pumilus* INR7, *Bacillus thuringiensis* 32B (B.thur), *Azotobacter vinelandii* RUA1 (Azoto), *Delftia tsuruhatensis* PIIR (Delft), *Stenotrophomonas maltophilia* S37 and *Bacillus velezensis* JPS19 (B.vel). In the dual culture test, B.s, B.vel, Alca, Azoto, Lysin, and Delft strains significantly reduced the mycelial growth of the pathogen. In volatile compounds production test, three strains, Alca, Azoto, and B.thur, significantly reduced the mycelial growth of the pathogen. Four bacterial strains, including B.s, B.vel, Alca, and Azoto, were selected for greenhouse experiment. The selected bacterial strains as separate and combined application with two species of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), including *Funneliformis mosseae* (F.moss) and *Glomus claroideum* (G.cla) were investigated for inhibiting the disease caused by *R. solani*, and for their effect on the growth parameters of bean plants in the presence of the pathogen. The greenhouse experiment was conducted as a completely randomized design with 16 treatments and five replications.

Results and Discussion

Many of the greenhouse treatments that were applied in this study, significantly reduced the severity of the disease compared to the diseased control. They significantly increased the fresh and the dry weight of the shoots, root fresh weight and root dry weight. Four treatments (F.moss, B.s, Alca and Azoto) significantly enhanced the

1, 2 and 3- Assistant Professors of Plant Pathology, Department of Plant Protection, College of Agriculture, Razi University

(*- Corresponding Author Email: n.moarrefzadeh@razi.ac.ir)

DOI: [10.22067/jpp.2023.80203.1119](https://doi.org/10.22067/jpp.2023.80203.1119)

root length and four treatments (Alca, B.s, B.vel+G.cla and Alca+G.cla) increased the shoot length. In terms of the effect on the disease, the B.s strain was the best treatment, which reduced the disease severity by 36.5% and showed the greatest effect in promoting the vegetative characteristics of the plant. Although the bacterial and mycorrhizal strains showed compatibility in many combined treatments, G.cla+B.vel was the only double treatment that showed an increasing effect on the fresh weight and shoot length compared to the separate applications. The other double treatments did not have an additive or synergistic effect in reducing the disease and improving plant growth. Even in some double treatments, in terms of reducing disease and improving plant growth, a weaker effect was seen than their single treatments. Among different treatments, Alca+G.cla and Alca+F.moss showed the highest and B.s+G.cla showed the lowest mycorrhizal colonization.

Conclusion

The effect of bacteria on mycorrhizal colonization was increasing, decreasing, or null depending on the combination of bacterial and mycorrhizal strains used. In many cases, there was no direct relationship between the amount of mycorrhizal colonization and disease control. Overall, before the commercial use of the combination of biological agents, it is necessary to check their interactions in greenhouse and field experiments and ensure their compatibility and lack of antagonistic effect on each other. If the biological agents present in a consortium are compatible, its biocontrol effect will be more stable, efficient and reliable, and it will be possible to use it in a wider range of variable soil ecological conditions. Moreover, the interaction of individuals within a given consortium is strain-specific, and the results of an experiment on specific strains cannot be generalized to other strains of the same species.

Keywords: Biological control, Disease severity, Growth stimulation, *Rhizoctonia solani*

مقاله پژوهشی

جلد ۳۷، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، ص. ۱۵۷-۱۳۷

اثر برخی باکتری‌ها و قارچ‌های میکوریزی دارسانه‌ای بر بیماری بوته‌میری ریزوکتونیایی و ویژگی‌های رویشی لوبیا

ناهید معرف‌زاده^{۱*} ID - هادی خاطری^۲ ID - روح‌اله شریفی^۳ ID

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۲/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۳

چکیده

دانه‌های لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) از مواد غذایی مهم در سراسر جهان محسوب می‌شوند. قارچ *Rhizoctonia solani* عامل بوته‌میری گیاه لوبیا و از مهم‌ترین بیمارگرهای خاک‌زاد در بیشتر مناطق کشت این گیاه در سراسر جهان است و نقش مهمی در کاهش عملکرد و کیفیت محصول دارد. کنترل زیستی راهکاری امیدبخش، مؤثر و پایدار برای مدیریت بیماری‌های قارچی خاک‌زاد است. در این پژوهش اثر ۱۴ سویه باکتریایی از جنس‌ها و گونه‌های مختلف بر رشد میسلیمی قارچ *R. solani* با آزمون کشت متقابل و تولید ترکیبات فرار در آزمایشگاه بررسی گردید. بر اساس دو آزمون هاله بازدارندگی و توانایی تولید ترکیبات فرار بازدارنده رشد، چهار سویه باکتریایی شامل *Bacillus subtilis* BS (B.s)، *Bacillus velezensis* JPS19 (B.vel)، *Azotobacter vinelandii* RUA1 (Azoto) و *Alcaligenes faecalis* 1624 (Alca) انتخاب شدند و اثر کاربرد جداگانه و دوگانه آن‌ها با دو گونه قارچ میکوریزی دارسانه‌ای شامل *Funneliformis mosseae* و *Glomus claroideum* بر مهار بوته‌میری ناشی از *R. solani* و ویژگی‌های رویشی لوبیا در حضور بیمارگر در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۶ تیمار و ۵ تکرار در گلخانه بررسی گردید. بسیاری از تیمارها، شدت بیماری را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد بیمار کاهش دادند و سبب افزایش وزن تر و وزن خشک اندام‌های هوایی، وزن تر ریشه و وزن خشک ریشه گردیدند. تیمارهای *Alca*، *B.s*، *F.moss* و *Azoto* سبب افزایش معنی‌دار طول ریشه و تیمارهای *Alca* و *B.s* و *B.vel* و *G.cla* و *Alca* سبب افزایش طول اندام هوایی نیز گردیدند. از نظر اثر روی بیماری، سویه *B.s* بهترین تیمار بود که شاخص بیماری را ۳۶.۵ درصد کاهش داد و در مجموع بیشترین اثر را در بهبود ویژگی‌های رویشی گیاه نشان داد. با وجود این که سویه‌های باکتریایی و میکوریزی در بسیاری از تیمارهای دوگانه سازگاری نشان دادند، فقط تیمار دوگانه *G.cla*+*B.vel*، نسبت به کاربرد جداگانه هر یک از عوامل، اثر افزایشی بر وزن تر و طول اندام هوایی نشان داد. دیگر تیمارهای دوگانه، اثر افزایشی و یا هم‌افزایی در کاهش بیماری و بهبود رشد گیاه نداشتند. حتی در برخی تیمارهای دوگانه از نظر کاهش بیماری و بهبود رشد گیاه اثر ضعیف‌تری نسبت به تیمارهای منفردشان دیده شد. در میان تیمارهای مختلف، *Alca*+*F.moss* بیشترین و *B.s*+*G.cla* کمترین میزان کلنیزاسیون میکوریزی را نشان دادند. اثر باکتری‌ها بر کلنیزاسیون میکوریزی ریشه، بسته به سویه باکتریایی و میکوریزی مورد استفاده، افزایشده، کاهشده یا فاقد اثر بود. در بسیاری از موارد، بین میزان کلنیزاسیون میکوریزی ریشه و مهار بیماری نیز رابطه مستقیمی دیده نشد. با توجه به نتایج حاصل می‌توان گفت استفاده از ترکیب عوامل کنترل زیستی نسبت به کاربرد جداگانه هر یک از این عوامل همیشه کارآمدتر نبوده و نتایج حاصل، با توجه به سویه یا گونه باکتریایی و میکوریزی ترکیب‌شونده، متفاوت است.

واژه‌های کلیدی: تحریک رشد، شدت بیماری، کنترل زیستی، *Rhizoctonia solani*

۱، ۲ و ۳- استادیاران بیماری‌شناسی گیاهی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی

(*)- نویسنده مسئول: Email: n.moarrefzadeh@razi.ac.ir

مقدمه

قارچ *Rhizoctonia solani* Kühn (تلئومورف: *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk) یک بیمارگر خاکزاد و مرده‌پرور است که در بخش‌های وسیعی از جهان و در دامنه گسترده ای از گونه‌های گیاهی از جمله لوبیا باعث پوسیدگی دانه، مرگ گیاهچه، پوسیدگی هیپوکوتیل، نکروز ساقه، پوسیدگی ریشه و در نهایت کاهش عملکرد و کیفیت محصول می‌شود (Domsch et al., 2007; Tu et al., 1996).

کنترل *R. solani* به دلیل ویژگی‌هایی مانند مرده‌پرور بودن، تنوع زیاد در جمعیت بیمارگر، بقای طولانی مدت در خاک، دامنه میزبانی وسیع و پراکنش گسترده آن دشوار است (Nawrocka et al., 2018; Thakur et al., 2018). قارچ‌کش‌های شیمیایی رایج‌ترین شیوه مورد استفاده توسط کشاورزان برای کنترل این بیمارگر هستند. استفاده بیش ازحد و پیاپی از این ترکیبات، هزینه‌های تولید را افزایش داده (Madhavi et al., 2018) و علاوه بر سمیت روی جانداران غیر هدف (Daroodi et al., 2021)، خطرات فراوانی برای سلامت انسان و محیط‌زیست ایجاد می‌نماید (Heflish et al., 2021). افزون بر این، به دلیل خاکزاد بودن و دامنه میزبانی گسترده (Jelodarneshadian and Shahbazi, 2017) بسیاری از قارچ‌کش‌ها برای مدیریت جمعیت بیمارگر در خاک مؤثر نبوده و حتی ممکن است منجر به ظهور ژنوتیپ‌های مقاوم بیمارگر شوند (Grimmer et al., 2015).

کنترل زیستی به دلیل اختصاصی بودن علیه بیمارگرهای گیاهی، سازگاری با محیط زیست، برهمکنش‌های هم‌افزا با گیاهان و سازوکارهای چندمنظوره، رویکردی امیدبخش، مؤثر و پایدار برای مدیریت بیماری‌های قارچی خاکزاد است (Heflish et al., 2021; Yao et al., 2021). بهره‌برداری از عوامل کنترل زیستی، از جمله ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه^۱ (PGPR) و قارچ‌های میکوریزی دارسانه‌ای^۲ (AMF) یکی از روش‌های امیدبخش برای جایگزینی قارچ‌کش‌ها یا کاهش غلظت و دفعات کاربرد آن‌ها در کنترل بیمارگرهای گیاهی است (Adesemoye et al., 2009; Buysens et al., 2015). این عوامل در برابر بیمارگرهای قارچی از سازوکارهای گوناگونی بهره می‌گیرند (Vinale et al., 2006). افزون بر این، برخی از این میکروارگانیسم‌ها می‌توانند رشد و عملکرد گیاه را افزایش دهند (Liu et al., 2018). به همین سبب پژوهش‌های متعددی برای شناسایی عوامل دارای توانایی مهار بیماری بوتهمیری ناشی از *R. solani* در گیاهان مختلف انجام گرفته‌اند (Aljawasim et al., 2020; Hafez et al., 2013; Jelodarneshadian and Shahbazi, 2017; Madhavi et al.,

(2018; Wu et al., 2021; Yu et al., 2017).

قارچ‌های میکوریزی دارسانه‌ای ضمن ایجاد یک رابطه همزیستی سودمند با ریشه‌های بیشتر گیاهان خشکی‌زی (Shi et al., 2012) و در ازای دریافت مواد غذایی مترشحه از سیستم ریشه گیاه (Jacott et al., 2017)، مزایای زیادی برای میزبان‌های خود فراهم می‌کنند؛ آن‌ها سبب افزایش جذب آب و مواد غذایی، بهبود سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاه می‌شوند (Jacott et al., 2017; Rouphael et al., 2015). همچنین نقش مهمی در افزایش مقاومت یا تحمل گیاهان میزبان در برابر تنش‌های غیرزیستی و زیستی از جمله بیمارگرهای خاکزاد و بهبود سلامت آن‌ها دارند (Aljawasim et al., 2020; Moarrefzadeh et al., 2021c; Wu et al., 2021; Zhang et al., 2020). گزارش‌های متعددی در مورد نقش AMF در کاهش بروز و شدت بیماری ناشی از *R. solani* و افزایش رشد و عملکرد در گیاهانی مانند سیب‌زمینی (Mohammadi et al., 2020; Wu et al., 2002; Mohammed et al., 2020; Yao et al., 2021)، هندوانه (Wu et al., 2021)، گوجه‌فرنگی (Aboelmagd, 2021)، بامیه (Matrood and Al-Taie, 2017)، خیار (Aljawasim et al., 2020) و لوبیا (Hafez et al., 2013) وجود دارد.

ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه، گروهی از باکتری‌های خاک یا ریزوسفر هستند که ارتباط نزدیکی با سیستم ریشه گیاهان داشته و علاوه بر تأثیر مفیدشان بر سلامت و عملکرد بسیاری از محصولات زراعی، نقشی مهمی در کنترل زیستی بیماری‌ها و حفاظت از محصول در برابر زیان‌های ناشی از آن‌ها ایفا می‌کنند (Abbas et al., 2019; Gouda et al., 2018; Kankam et al., 2021; Moarrefzadeh et al., 2021b). در پژوهش‌های گوناگون، تعدادی از PGPR مانند *Paenibacillus polymyxa* (Chavez-Ramirez et al., 2020)، *Bacillus* spp. (Donmez et al., 2015; Huang et al., 2012)، *Pseudomonas* spp. (Jelodarneshadian and Shahbazi, 2017; Madhavi et al., 2018; Yu et al., 2017) در برابر *R. solani* در گیاهانی مانند لوبیا و سیب‌زمینی بسیار کارآمد بوده‌اند. برخی نیز علاوه بر کاهش شدت بیماری، ویژگی‌های رویشی گیاه را افزایش داده (Jelodarneshadian and Shahbazi, 2017; Yu et al., 2017) یا فعالیت‌های محرک رشد (مانند تولید سیدروفور، تثبیت نیتروژن یا حلالیت فسفات) نشان داده‌اند (Chavez-Ramirez et al., 2017; Donmez et al., 2015; Yu et al., 2017). افزون بر این، برخی PGPR اثر محرک قوی بر رشد AMF داشته‌اند (Linderman, 1997).

بیشتر راهبردهایی که برای کنترل زیستی بیمارگرهای گیاهی خاک

1- Plant growth promoting rhizobacteria

2- Arbuscular mycorrhizal fungi

گرفته، پژوهش‌های صورت گرفته در مورد اثر ترکیبی این عوامل بر بیمارگر *R. solani* در لوبیا بسیار محدود است. از سوی دیگر مشخص شده که اثر بازدارندگی ترکیب‌های میکروبی نسبت به بیمارگر ممکن است افزایشی، کاهش‌ی یا بدون تغییر باشد (Xu et al., 2011). بنابراین، پژوهش حاضر به منظور بررسی اثر سویه‌های باکتریایی متعلق به جنس‌های مختلف در شرایط آزمایشگاه در برابر بیمارگر *R. solani* ارزیابی اثر کاربرد جداگانه و دوگانه چهار سویه باکتریایی منتخب در آزمایشگاه با دو گونه AMF در مهار زیستی بیماری بوته‌میری ریزوکتونیایی لوبیا و بررسی تأثیر عوامل مذکور بر ویژگی‌های رویشی لوبیا در حضور بیمارگر در گلخانه انجام شد. از اهداف دیگر این پژوهش آن بود که مشخص شود تأثیر کاربرد PGPR بر کلنی‌زاسیون میکوریزی ریشه چگونه است و اینکه آیا بین میزان کلنی‌زاسیون میکوریزی ریشه و شدت بوته‌میری ریزوکتونیایی رابطه‌ای وجود دارد یا خیر.

مواد و روش‌ها

تهیه جدایه قارچ بیمارگر *Rhizoctonia solani*، قارچ‌های میکوریزی دارسانه‌ای و سویه‌های باکتریایی

جدایه‌ای از قارچ بیمارگر *Rhizoctonia solani* AG-2 از مجموعه قارچ‌های بخش گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه تهیه شد. این جدایه که شناسایی آن پیش‌تر بر اساس خصوصیات ریخت‌شناختی انجام شده و بیماری‌زایی آن روی لوبیا به اثبات رسیده بود، در تشتک‌های پتری حاوی محیط کشت سیب‌زمینی دکستروز آگار^۱ (PDA) کشت شده و سپس در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری گردید.

دو گونه قارچ میکوریزی دارسانه‌ای *Funneliformis mosseae* (F.moss) و *Glomus* (synonym: *Glomus mosseae*)، *Glomus* *claroideum* (G.cla) به صورت فرمولاسیون تجاری از شرکت زیست فناوری توران (شاهرود، نشانی اینترنتی <http://turanbiotech.ir>) تهیه شدند.

همچنین از ۱۴ سویه متعلق به جنس‌های مختلف باکتریایی که کارایی بسیاری از آن‌ها در مهار برخی بیمارگرهای قارچی و تحریک رشد گیاه به اثبات رسیده است (Borzouei et al., 2019; Moarrefzadeh et al., 2022; Moarrefzadeh et al., 2021a, 2021b, 2021c; Seifi, 2019; Seifi et al., 2020) استفاده شد. هشت مورد از این سویه‌ها، شامل *Azotobacter vinelandii* RUA1 (Azoto)، *Bacillus megaterium* B15، *Bacillus* (B.s) *Bacillus subtilis* BS، *thuringiensis* B48Pet، *Lysinibacillus boronitolerans* RUPB71، *subtilis* AS

زاد به کار می‌روند، تنها به یک عامل میکروبی متکی هستند (Larkin et al., 1998). کاربرد عوامل کنترل زیستی به صورت جداگانه شاید نتواند در شرایط محیطی متنوع ریزوسفر و خاک به طور پیوسته عمل نماید، بنابراین بهتر است این راهبرد تغییر یابد. یکی از رویکردهای غلبه بر این عملکرد ناپایدار، آمیختن بیش از یک عامل میکروبی در یک آموده زیستی است (Atwa, 2018). جوامع میکروبی در زیستگاه‌های طبیعی زندگی کرده و هر یک از اجزای میکروبی، مزایای خاصی برای گیاهان فراهم می‌کنند (Ouhaibi-Ben Abdeljalil et al., 2021). ترکیب عوامل زیستی می‌تواند شرایط واقعی محیط خاک را بهتر شبیه‌سازی نماید (Atwa, 2018) و ممکن است دامنه فعالیت آنتاگونیستی آن در برابر طیف گسترده‌ای از بیمارگرهای مختلف که به گیاه حمله می‌کنند، توسعه یافته و در نهایت کارایی کنترل زیستی افزایش یابد (Matrood and Al-Taie, 2017). گزارش‌های متعددی درباره بهبود کارایی بیوکنترل در اثر ترکیب چند عامل میکروبی منتشر شده‌اند؛ به عنوان مثال کاربرد *Azotobacter chroococcum* به همراه *Glomus intraradices* (نام جدید *Rhizophagus irregularis*) در کاهش بروز و شدت بیماری *R. solani* و بهبود ویژگی‌های رویشی و عملکرد لوبیا در گلخانه و مزرعه مؤثرتر از کاربرد هر کدام از این عوامل به طور جداگانه بوده است (Matloob and Juber, 2013). تیمار دانه‌های سویا با *Paenibacillus polymyxa*، *Pseudomonas fluorescens* و Mycorrhizae (حاوی اندوسپورها *Glomus* sp.) به صورت جداگانه یا در ترکیب‌های مختلف نشان داد که در مقایسه با شاهد تیمار نشده، بالاترین درصد زنده‌مانی گیاهچه‌ها در برابر آلودگی به *R. solani*، در تیمار ترکیبی سه‌گانه و قارچ کش tolclofos + methylthiram بود و بیشترین بهبود ویژگی‌های رویشی نیز در تیمار ترکیبی سه‌گانه و سپس ترکیب میکوریز با *P. fluorescens* دیده شد (Atwa, 2018).

در ایران، لوبیا در میان حبوبات دارای بیشترین سطح زیر کشت بوده و بنابراین اهمیت زیادی دارد (Saber-Rise and Moradi-Pour, 2020). از سوی دیگر، بیماری بوته‌میری ریزوکتونیایی لوبیا می‌تواند زیان‌های فراوانی به این گیاه وارد نماید. تا به امروز پژوهش‌های متعددی در مورد بیوکنترل این بیماری توسط PGPR انجام شده است اما جهت دستیابی به مدیریت پایدار آن، تلاش برای شناسایی سویه‌های جدید دارای توان بیوکنترلی این بیمارگر و ارزیابی کارایی آن‌ها با آزمون‌های گلخانه‌ای و مزرعه‌ای ضروری است (Yildirim and Erper, 2017). همچنین، با وجود این که در گذشته توان کنترل زیستی ترکیب AMF و برخی باکتری‌ها در برابر عوامل بیماری‌زای گیاهی متعدد در طیف وسیعی از گونه‌های گیاهی مورد مطالعه قرار

نتایج پس از ۳ روز ثبت گردیدند. درصد بازدارندگی از رشد بیمارگر طبق فرمول هوانگ و همکاران (Huang et al., 2017) محاسبه شد.

آزمون‌های گلخانه‌ای

تکثیر مایه بیمارگر

به‌منظور تکثیر مایه بیمارگر، دانه‌های ارزن ۲۴ ساعت در آب خیس‌انده شدند و پس از انتقال به ارلن‌های شیشه‌ای، دو بار با فواصل زمانی ۲۴ ساعت و هر بار به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس با اتوکلاو سترون گردیدند. از کناره پرگنه در حال رشد *R. solani* روی محیط کشت PDA (کشت سه روزه)، چند قرص میسلیمی یک سانتی‌متری جدا شده و به درون ارلن‌های حاوی دانه‌های ارزن منتقل گردیدند. ارلن‌ها حدود دو هفته در دمای ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شده و هر از چند گاهی تکان داده شدند تا مایه تلقیح بیمارگر به خوبی با دانه‌های ارزن تماس یابد. زمانی که سطح دانه‌ها کاملاً با ریشه‌های قارچ کلنیزه شد، این دانه‌ها به‌عنوان مایه بیمارگر در آزمون گلخانه‌ای به کار برده شدند.

تهیه مایه PGPR

از میان سویه‌های باکتریایی، چهار باکتری که در آزمون‌های درون شیشه‌ای بالاترین بازدارندگی از رشد بیمارگر را در کشت متقابل داشتند و ضمناً دو مورد از آن‌ها بیشترین بازدارندگی توسط تولید ترکیبات فرار را نشان داده بودند، برای بررسی‌های گلخانه‌ای انتخاب شدند (جدول ۱). این باکتری‌ها شامل *Bacillus subtilis* BS (B.s)، *Alcaligenes faecalis* 1624 (Alca)، *Bacillus velezensis* (B.vel) JPS19 و *Azotobacter vinelandii* RUA1 (Azoto) بودند. برای تهیه مایه این باکتری‌ها، از کشت ۴۸ ساعته آن‌ها روی محیط آگار غذایی، یک لوپ پُر به ارلن‌های حاوی محیط مایع Nutrient broth اضافه شد. ارلن‌ها دو روز روی دستگاه شیکر با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه در دمای اتاق نگهداری شدند. برای اندازه‌گیری جمعیت سلول‌های باکتریایی از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۰۰ نانومتر استفاده شد و غلظت آن‌ها روی 10^8 سلول باکتری در میلی‌لیتر تنظیم گردید.

ارزیابی توانایی تیمارها در کنترل زیستی *R. solani* و اثر

آن‌ها بر ویژگی‌های رویشی لوبیا در شرایط گلخانه

به‌منظور ارزیابی اثر کاربرد سویه‌های باکتری‌های منتخب به‌صورت جداگانه و دوگانه با فرمولاسیون تجاری قارچ‌های میکوریزی دارسانه ای (AMF) بر شدت بیماری بوته‌میری ناشی از *R. solani* و ویژگی‌های رویشی لوبیا در حضور بیمارگر مذکور، آزمایشی گلدانی بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۱۶ تیمار و پنج تکرار در گلخانه انجام شد. نام

Arthrobacter citreus و *Pseudomonas putida* RUP1 B27Pet، از کلکسیون باکتری‌های آنتاگونیست بخش گیاهپزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی تهیه شدند. سویه‌های باکتریایی *Alcaligenes faecalis* 1624 (Alca) از مرکز میکروارگانیسم‌های صنعتی ایران، *Bacillus pumilus* INR7 از دانشگاه آبرن، ایالات متحده آمریکا، *Bacillus thuringiensis* 32B از پژوهشگاه ملی مهندسی ژنتیک و زیست‌فناوری و سویه‌های *Delftia tsuruhatensis* PIIR S37 *Stenotrophomonas maltophilia* و *Bacillus velezensis* JPS19 (B.vel) نیز از دانشگاه پیام نور، کرمانشاه دریافت شدند.

بررسی آنتاگونیسم سویه‌های باکتریایی در برابر قارچ

بیمارگر *R. solani* در آزمایشگاه

آزمون کشت متقابل و آزمون تولید ترکیبات فرار ضدقارچی برای تیمارهای باکتریایی، در چارچوب طرح کاملاً تصادفی و در سه تکرار به شرح زیر انجام شدند.

آزمون کشت متقابل

اثر ضدقارچی سویه‌های باکتریایی بر رشد میسلیم بیمارگر، با آزمون کشت متقابل روی محیط کشت PDA و روش دیسک مرکزی با اندکی تغییر بررسی شد (Garbeva et al., 2008). با استفاده از لوپ استریل، از هر جدایه باکتریایی در لبه‌های چهارطرف هر پلیت PDA (با فاصله تقریباً ۳ میلی‌متر از لبه پلیت) کشت شده و یک روز بعد، یک دیسک آگار حاوی میسلیم قارچ بیمارگر رشد یافته به قطر شش میلی‌متر در مرکز صفحه آگار قرار داده شد. میزان بازدارندگی از رشد بیمارگر و میانگین قطر هاله بازدارنده، سه روز پس از نگهداری تشک‌های پتری در انکوباتور در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، اندازه‌گیری شد و با فرمول $IR(\%) = \frac{(C-B)}{C} \times 100$ محاسبه گردید (Huang et al., 2017). در این فرمول، IR درصد بازدارندگی، C قطر پرگنه قارچ در تشک شاهد و B قطر پرگنه قارچ در هر یک از تشک‌های دارای تیمار باکتریایی است.

آزمون تولید ترکیبات فرار ضدقارچی

این آزمون با اندکی تغییر مطابق روش دنیس و وبستر (Dennis and Webster, 1971) روی محیط PDA انجام شد. سویه‌های باکتریایی روی محیط PDA کشت شده و پس از ۴۸ ساعت درب تشک‌های پتری حاوی آن‌ها برداشته شد و بلافاصله به‌طور معکوس روی تشک‌های دارای یک دیسک نیم سانتی‌متری حاوی میسلیم جوان بیمارگر قرار گرفتند. محل اتصال دهانه دو تشک با پارافیل به خوبی مسدود شد و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند و

اندازه‌گیری شدت بیماری پوسیدگی ریشه

دو هفته پس از مایه‌زنی بیمارگر و دیدن نشانه‌های آشکار بیماری در تیمار شاهد آلوده، درجه‌بندی شدت بیماری در تیمارهای مختلف مطابق روش یلدریم و ارپر (Yildirim and Erper, 2017) با مقیاس درجه‌بندی صفر تا چهار به این صورت انجام شد: ۰) گیاهچه سالم و فاقد بیماری است. ۱) لکه‌ها یا زخم‌های بیماری به صورت بسیار سطحی و کم روی ریشه‌ها یا هیپوکوتیل وجود دارند. ۲) لکه‌ها یا زخم‌های بزرگ و عمیق، روی ریشه‌ها یا هیپوکوتیل دیده می‌شوند. ۳) زخم‌های بیماری هیپوکوتیل را احاطه نموده، پوسیدگی شدید ریشه رخ می‌دهد و طول ریشه تا حدودی محدود می‌شود. ۴) پوسیدگی کامل ریشه و مرگ گیاهچه رخ می‌دهد. سپس نمایه شدت بیماری مطابق فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{Disease severity index (DSI) (\%)} = \left[\frac{\sum (\text{degree of the scale} \times \text{frequency})}{(\text{total number of units evaluated} \times \text{maximum degree of the scale})} \right] \times 100$$

ارزیابی ویژگی‌های رویشی گیاه لوبیا

پس از ارزیابی شدت بیماری، گیاهان به آرامی از گلدان‌ها بیرون آورده شدند و پس از شستشوی ریشه، ویژگی‌های رویشی آن‌ها شامل وزن تر، وزن خشک و طول ریشه و اندام هوایی اندازه‌گیری شدند.

ارزیابی میزان کلنیزاسیون ریشه لوبیا توسط قارچ‌های میکوریزی دارسانه‌ای در حضور باکتریهای آنتاگونیست منتخب

این ارزیابی با هدف بررسی اثر چهار سویه باکتریایی منتخب بر میزان کلنیزاسیون میکوریزی ریشه و احتمال وجود رابطه میان میزان میکوریزی شدن ریشه گیاه با شدت بیماری و با اندکی تغییر مطابق روش فیلیس و همین (Phillips and Hayman, 1970) انجام شد. یک‌دهم گرم از ریشه‌های جوان سه تکرار از هر تیمار میکوریزی، جداسازی شده و با آب مقطر به طور کامل شسته شد. ریشه‌ها پس از خرد نمودن به صورت تکه‌های نیم تا یک سانتیمتری، به لوله‌های حاوی هیدروکسید پتاسیم ۱۰ درصد منتقل شدند و جهت رنگ‌بری بافت، به مدت یک ساعت در حمام آب گرم ۹۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند و پس از چند مرتبه شستشوی کامل با آب، ۵ دقیقه در محلول اسیدکلریدریک یک درصد قرار داده شدند. سپس بدون آنکه شسته شوند، به مدت یک ساعت در محلول لاکتوگلیسرول اسید فوشین ۰/۱ درصد و یک ساعت نیز در حمام آب گرم ۹۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند و به مدت ۳۰ دقیقه در محلول لاکتوگلیسرول نگهداری شدند. تکه‌های رنگ‌آمیزی شده ریشه درون محلول تثبیت‌کننده قرار گرفتند. از ریشه‌های رنگ‌آمیزی شده مربوط به هر تکرار، ۱۰۰ تکه به روی لام منتقل و از نظر وجود اندام‌های مربوط به AMF با میکروسکوپ نوری

تیمارهای اعمال شده در جدول ۲ آورده شده است. دانه‌های لوبیا (رقم Early Khameneh 535 که از ارقام حساس به این بیمارگر بوده و حساسیت آن در بررسی‌های قبلی نگارندگان به اثبات رسیده است (Moarrefzadeh et al., 2023)) با اتانول ۷۰ درصد و سپس هیپوکلریت سدیم نیم درصد (هر کدام به مدت یک دقیقه) ضدعفونی سطحی گردیدند و پس از چند بار شستشو با آب مقطر، به مدت دو روز درون ظروف سترون حاوی لایه نازکی از آب مقطر قرار گرفتند تا جوانه بزنند. ترکیبی از پیت ماس و پرلیت سترون (با نسبت حجمی یک به دو) به عنوان بستر کشت پایه آماده شد. از گلدان‌های پلاستیکی با قطر دهانه هشت و ارتفاع ۱۳ سانتی‌متر و حجم ۴۵۰ میلی‌لیتر برای کشت بذرها استفاده شد. به منظور سهولت در اضافه کردن مایه بیمارگر، در مرکز هر گلدان، یک لوله پلاستیکی به طول ۱۵ و قطر یک سانتی‌متر قرار داده شد و سپس بستر کشت به درون گلدان‌ها ریخته شد. در تیمار شاهد و دیگر تیمارهای بدون میکوریز، بستر کشت پایه بدون میکوریز استفاده شد. در تیمارهای دارای میکوریز، برای هر گلدان، ۳۶ گرم (هر گرم حاوی ۱۰۰ عدد اسپور قارچ) از مایه گونه‌های میکوریزی به بستر کشت پایه افزوده و به خوبی با آن آمیخته شد. در هر گلدان چهار عدد دانه لوبیای جوانه‌زده کاشته شد و روی دانه‌ها با لایه‌ای از بستر کشت پایه سترون پوشانده شد. پس از سبز شدن دانه‌های لوبیا، سه گیاهچه در هر گلدان حفظ شدند و گیاهچه‌های اضافی حذف شدند. در این پژوهش کاربرد سویه‌های باکتریایی، به صورت تیمار دانه و محلول‌ریزی در خاک (بلافاصله پس از کاشت دانه‌ها) انجام شد. به این صورت که برای تیمارهای دارای باکتری، دانه‌های جوانه‌زده لوبیا قبل از کاشت به مدت یک ساعت درون سوسپانسیون حاوی ۱۰^۸ سلول باکتری در میلی‌لیتر قرار گرفتند و پس از پوشاندن دانه‌ها با لایه‌ای از بستر کشت پایه سترون، سوسپانسیون باکتری‌ها به صورت تیمار اولین آبیاری به میزان ۱۰۰ میلی‌لیتر به هر گلدان اضافه شد.

دو هفته پس از کشت دانه‌ها (در مرحله دو برگی گیاهچه‌ها)، لوله‌های پلاستیکی از مرکز گلدان‌ها بیرون آورده شدند و درون فضای خالی به جامانده در هر گلدان، ۰۰۰۵ گرم دانه ارزن کلنیزه شده توسط *R. solani* که با ورمیکولیت سترون به خوبی ترکیب شده بود، اضافه گردید. در تیمار شاهد سالم، ورمیکولیت سترون افزوده شد. گیاهان مایه زنی شده، در شرایط گلخانه به صورت کاملاً تصادفی در دمای ۲۵±۵ درجه سلسیوس نگهداری شدند و آبیاری آن‌ها روزانه با جریان بسیار ملایم آب که حاوی ۱۰۰ پی‌پی‌ام کود کامل (Fermolife, NPK+TE, 18-18-18)، تهیه شده از شرکت بهاران، اصفهان، نشانی اینترنتی: <https://baharan.co> بود، انجام شد.

بررسی شدند و درصد کلنیزاسیون ریشه طبق روش اتوا (Atwa, 2018) تعیین شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

داده‌های به دست آمده از آزمون‌های گلخانه‌ای و آزمایشگاهی با روش تجزیه واریانس در نرم‌افزار SAS (نسخه 9.4) واکاوی آماری شدند. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و احتمال خطای آماری پنج درصد انجام شد.

نتایج

بازدارندگی از رشد بیمارگر *Rhizoctonia solani* توسط PGPR در شرایط درون شیشه‌ای

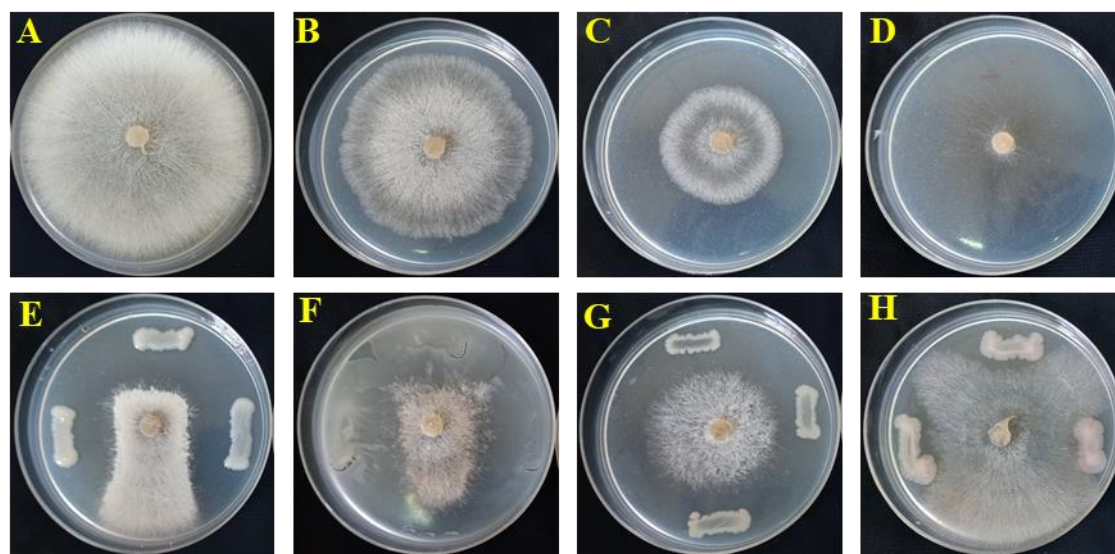
در آزمون کشت متقابل، از ۱۴ سویه باکتریایی بررسی شده، شش سویه *Bacillus velezensis* JPS19، *B. subtilis* BS، *Azotobacter vinelandii* 1624، *Alcaligenes faecalis* 1624، *Lysinibacillus boronitolerans* RUPB71 و *Delftia tsuruhatensis* PIIR اثر بازدارندگی معنی‌داری روی رشد بیمارگر *R.*

solani نشان دادند (شکل ۱). دامنه بازدارندگی از رشد میسلیم بیمارگر در تیمارهایی که دارای اختلاف معنی‌دار با شاهد بودند، بین ۱۵۰۱۱ تا ۵۸۰۲۲ درصد بود (جدول ۱). بین میزان بازدارندگی این سویه‌ها نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت.

در بررسی توانایی تولید ترکیبات فرار نیز سه سویه *A. faecalis* 1624، *A. vinelandii* و *B. thuringiensis* B48Pet توانستند با اختلاف معنی‌دار از شاهد، در دامنه ۱۹۰۵۶ تا ۳۱۰۱۱ درصد از رشد میسلیم بیمارگر جلوگیری نمایند (جدول ۱).

اثر قارچ‌های میکوریزی دارسانه‌ای و سویه‌های باکتریایی منتخب بر شدت بیماری بوته‌میری ریزوکتونیایی لوبیا در شرایط گلخانه

به استثنای تیمارهای تنه‌های سویه‌های باکتریایی *Alca* و *B.vel* و سه تیمار دوگانه باکتریایی و میکوریزی *B.s+F.moss*، *B.s+G.cla* و *B.vel+F.moss* سایر تیمارها به کاهش معنی‌دار شدت بیماری نسبت به شاهد بیمار در دامنه ۱۲۰۰۷ (تیمار *Azoto*) تا ۳۶۰۵۱ درصد (تیمار *B.s*) انجامیدند. بین برخی تیمارها نیز از نظر اثر بر شدت بیماری، اختلاف معنی‌داری وجود داشت (شکل ۲).



شکل ۱- بازدارندگی از رشد ریشه‌های قارچ بیمارگر (*Rhizoctonia solani*) توسط برخی سویه‌های باکتریایی در آزمون‌های تولید ترکیبات فرار (B-D) و کشت متقابل (E-H)

Figure 1- Inhibition of the pathogenic fungus (*Rhizoctonia solani*) by some bacterial strains in volatile compounds production (B-D) and dual-culture (E-H) tests

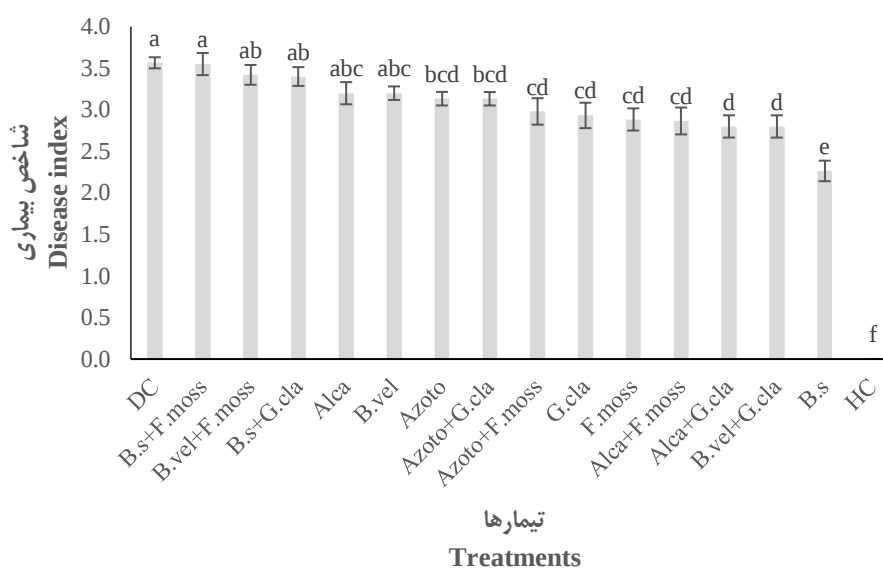
A) Control (*Rhizoctonia solani*), B) *B. thuringiensis* B48Pet, C,H) *Alcaligenes faecalis* 1624, D) *Azotobacter vinelandii*, E) *Bacillus subtilis* BS, F) *Bacillus velezensis* JPS19, G) *Lysinibacillus boronitolerans* RUPB71

جدول ۱- اثر سویه‌های باکتریایی روی رشد پرگنه قارچ *Rhizoctonia solani* در آزمون‌های کشت متقابل و تولید ترکیبات فرار روی محیط PDA
اعداد جدول، میانگین داده‌های سه تکرار هستند. مقایسه میانگین‌ها با بهره‌گیری از آزمون دانکن (آلفا = ۵ درصد) انجام شد. میانگین‌های دارای حروف مشترک، با هم اختلاف آماری معنی‌داری ندارند.

Table 1- The influence of bacterial probiotic strains on the growth of *Rhizoctonia solani* colony in dual culture and volatile compounds production tests on PDA

Data are means of the data from three replicates. The means were compared using Duncan's test ($\alpha = 5$). The means with common letters are not of statistically significant difference.

تیمار Treatment	درصد بازدارندگی توسط ترکیبات فرار Inhibition by volatiles (%)	درصد بازدارندگی در کشت متقابل Inhibition in dual culture (%)
<i>Arthrobacter citreus</i> B27Pet	4.44 c	0 e
<i>Alcaligenes faecalis</i> 1624	31.11 a	35.11 b
<i>Azotobacter vinelandii</i> RUA1	30.22 a	27.56 c
<i>Bacillus megaterium</i> B15	0 c	0 e
<i>Bacillus pumilus</i> INR7	0 c	0 e
<i>Bacillus subtilis</i> AS	0 c	0 e
<i>Bacillus subtilis</i> BS	0 c	56.44 a
<i>Bacillus thuringiensis</i> 32B	0 c	0 e
<i>Bacillus thuringiensis</i> B48Pet	19.56 b	0 e
<i>Bacillus velezensis</i> JPS19	0 c	58.22 a
<i>Delftia tsuruhatensis</i> PIIR	0 c	15.11 d
<i>Lysinibacillus boronitolerans</i> RUPB71	0 c	23.56 c
<i>Pseudomonas putida</i> RUP1	0 c	0 e
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i> S37	0 c	0 e
Control	0 c	0 e



شکل ۲- اثر تیمار سویه‌های باکتریایی منتخب و قارچ‌های میکوریزی دارسانه‌ای بر شدت بیماری ناشی از قارچ بیمارگر *Rhizoctonia solani* در گلخانه

اعداد درون شکل، میانگین داده‌های پنج تکرار هستند. مقایسه میانگین‌ها با بهره‌گیری از آزمون دانکن (آلفا = ۵ درصد) انجام شد. میانگین‌های دارای حروف مشترک، با هم اختلاف آماری معنی‌داری ندارند (نام‌های کامل تیمارها در ادامه زیرنویس انگلیسی همین شکل آورده شده‌اند).

Figure 2- The effect of treatment by probiotic bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi on the severity index of the disease caused by the pathogenic fungus *R. solani* in greenhouse

Data are means of the data from five replicates. The means were compared using Duncan's test ($\alpha = 5$). The means with common letters are not of statistically significant difference. The abbreviations used in treatment names are as follows: DC: Diseased control,

HC: Healthy control, Alca: *Alcaligenes faecalis* 1624, Azoto: *Azotobacter vinelandii*, B.s: *Bacillus subtilis* BS, F.moss: *Funneliformis mosseae*, B.vel: *Bacillus velezensis* JPS19, G.cla: *Glomus claroideum*.

اثر قارچ‌های میکوریزی دارسانه‌ای و سویه‌های باکتریایی منتخب بر ویژگی‌های رویشی گیاه لوبیا در حضور بیمارگر *R. solani* در شرایط گلخانه

تیمارهای B.s و Alca، Alca+G.cla و B.vel+ G.cla در مقایسه با شاهد بیمار سبب افزایش معنی‌دار طول اندام هوایی شدند. این افزایش در محدوده ۱۴،۳۴ درصد (تیمار Alca+G.cla) تا ۲۹،۹۷ درصد (تیمار B.s) بود. تیمار B.s با شاهد سالم در یک گروه قرار داشت. سایر تیمارهای ذکر نشده نیز با شاهد بیمار در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۲). افزایش معنی‌دار وزن تر اندام هوایی نسبت به شاهد بیمار نیز در کلیه تیمارهای جداگانه و دوگانه سویه‌های باکتریایی منتخب و میکوریزهای دارسانه‌ای و در محدوده بین ۳۴،۷۰ (تیمار B.s+ F.moss) تا ۱۸۲،۲۶ درصد (تیمار B.s) دیده شد (شکل ۳). همچنین در مقایسه با شاهد بیمار کلیه تیمارهای جداگانه و دوگانه، در محدوده ۳۲،۵۰ (تیمار B.s+F.moss) تا ۱۳۵ درصد (تیمار B.s)، سبب

افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی شدند. در این پژوهش تیمارهای B.s، F.moss و Alca و Azoto سبب افزایش معنی‌دار طول ریشه در محدوده ۱۴،۰۷ (تیمار F.moss) تا ۳۷،۸۹ درصد (تیمار B.s) شدند. همچنین دو تیمار B.s و Alca این شاخص را با اختلاف معنی‌دار نسبت به شاهد سالم به ترتیب ۱۴،۹۵ و ۱۱،۵۴ درصد افزایش دادند. به‌استثنای تیمارهای B.s+F.moss و B.vel همه تیمارها وزن تر ریشه را به‌طور معنی‌داری از ۵۳،۴۶ (تیمار B.vel+ F.moss) تا ۱۶۳،۳۶ درصد (تیمار B.s) افزایش دادند و تیمار B.s با شاهد سالم در یک گروه آماری قرار گرفت. همچنین، به‌استثنای تیمارهای B.s+F.moss، B.vel، B.s+F.moss، Azoto+ G.cla، Azoto+ و F.moss و B.vel+ F.moss، وزن خشک ریشه توسط سایر تیمارها نسبت به شاهد بیمار بین ۵۰ (تیمار F.moss) تا ۱۵۰ درصد (تیمار B.s) افزایش معنی‌داری یافت و B.s از نظر این ویژگی رویشی، با شاهد سالم در یک گروه آماری قرار گرفت.

جدول ۲- اثر تیمار سویه‌های باکتریایی منتخب و قارچ‌های میکوریزی دارسانه‌ای بر ویژگی‌های رویشی لوبیای رقم Early Khameneh 535 در حضور قارچ بیمارگر *Rhizoctonia solani* در گلخانه

اعداد درون جدول، میانگین داده‌های پنج تکرار هستند. مقایسه میانگین‌ها با بهره‌گیری از آزمون دانکن (آلفا = ۵ درصد) انجام شد. میانگین‌های دارای حروف مشترک، با هم اختلاف آماری معنی‌داری ندارند. (نام‌های کامل تیمارها در ادامه توضیح انگلیسی همین جدول آورده شده‌اند).

Table 2- The effect of treatment by probiotic bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi on bean growth parameters at the presence of the pathogenic fungus *R. solani* in greenhouse

Data are means of the data from five replicates. The means were compared using Duncan's test ($\alpha = 5$). The means with common letters are not of statistically significant difference. The abbreviations used in treatment names are as follows: DC: Diseased control, HC: Healthy control, Alca: *Alcaligenes faecalis* 1624, Azoto: *Azotobacter vinelandii*, B.s: *Bacillus subtilis* BS, F.moss: *Funneliformis mosseae*, B.vel: *Bacillus velezensis* JPS19, G.cla: *Glomus claroideum*.

تیمار Treatment	طول اندام هوایی Shoot length (cm)	طول ریشه Root length (cm)	وزن تر اندام هوایی Shoot wet wight (g)	وزن تر ریشه Root wet wight (g)	وزن خشک ریشه Root dry wight (g)	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry wight (g)
Alca+F.moss	20 f	14.04 def	8.63 d	2.31 b	0.12 bc	0.79 cde
Alca+G.cla	22.16 de	13.69 defg	7.37 ef	2.19 bc	0.11 cd	0.84 bc
Alca	24.39 bc	17.3 a	8.03 de	2.09 bcd	0.13 b	0.83 bcd
Azoto+F.moss	20.85 ef	14.28 cde	7.55 e	1.6 f	0.08 fg	0.66 fg
Azoto+G.cla	20.59 ef	14.29 cde	6.59 g	1.74 ef	0.07 g	0.62 fg
Azoto	21.13 ef	16.63 ab	7.85 e	1.91 cde	0.13 b	0.69 def
B.s	25.19 ab	17.83 a	10.98 b	2.66 a	0.15 a	0.94 b
B.vel	20.23 f	12.59 g	6.62 g	1.16 g	0.07 fg	0.71 cdef
B.s+F.moss	19.49 fg	13.8 defg	5.24 h	0.77 h	0.06 g	0.53 g
B.s+G.cla	20.3 f	13.83 defg	7.86 e	2.09 bcd	0.1 cde	0.68 defg
B.vel+F.moss	18.06 g	12.89 fg	6.28 g	1.55 f	0.08 fg	0.61 fg
B.vel+G.cla	23.46 cd	13.66 defg	9.48 c	1.89 de	0.11 bcd	0.81 bcde
DC	19.38 fg	12.93 efg	3.89 i	1.01 gh	0.06 g	0.4 h
F.moss	20.19 f	14.75 cd	6.71 fg	1.62 ef	0.09 ef	0.7 cdef
G.cla	20.85 ef	13.65 defg	8.03 de	1.82 def	0.1 de	0.70 cdef
HC	26.61 a	15.51 bc	12.23 a	2.71 a	0.16 a	1.02 a



شکل ۳- وضعیت رشد و بروز بیماری ناشی از قارچ بیمارگر *Rhizoctonia solani* در گیاهان لوبیای تیمار شده با برخی سویه‌های باکتریایی منتخب و قارچ‌های میکوریزی دارسانه‌ای در گلخانه

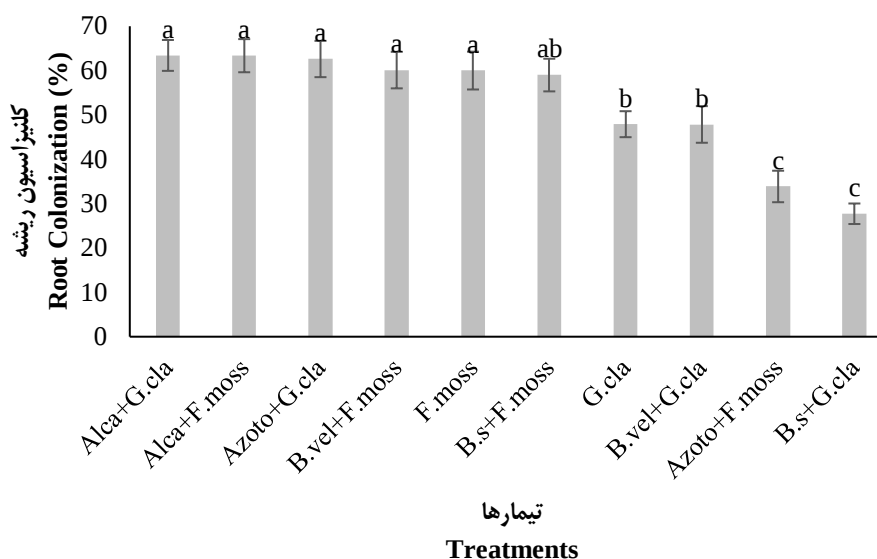
Figure 3- Growth status and occurrence of the disease caused by the pathogenic fungus *Rhizoctonia solani* in bean plants treated with some selected bacterial strains and arbuscular mycorrhizal fungi in the greenhouse

A) *Azotobacter vinelandii*, B) *Bacillus subtilis* BS, C) *Funneliformis mosseae*, D) *Bacillus velezensis* JPS19 + *Glomus claroideum*, E) *Alcaligenes faecalis* 1624 + *G. claroideum*, F) Healthy control, G) Diseased control.

مختلف بین ۶۳٫۴۲ (Alca+G.cla) و ۲۷٫۷۱ (B.s+G.cla) درصد قرار داشت (شکل ۴). در مجموع همبستگی معنی‌داری بین میزان کلونیزاسیون ریشه و شدت بیماری تیمارها وجود نداشت ($r=0.0087$, $p \text{ value}=0.9522$).

وضعیت کلونیزاسیون ریشه‌ها

در این پژوهش کلیه تیمارهای حاوی میکوریز (منفرد و دوگانه) توانستند ریشه‌های لوبیا را بیش از ۲۷ درصد کلنیزه نمایند. بین میزان کلونیزاسیون ریشه لوبیا توسط تیمارهای مختلف حاوی میکوریز، اختلاف معنی‌دار وجود داشت و محدوده کلونیزاسیون ریشه در میان تیمارهای



شکل ۴- میزان کلنیزاسیون ریشه‌های لوبیای رقم Early Khameneh 535 توسط قارچ‌های میکوریزی دارسانه‌ای

مقایسه میانگین‌ها با بهره‌گیری از آزمون دانکن (آلفا = ۵ درصد) انجام شد. میانگین‌های دارای حروف مشترک، با هم اختلاف آماری معنی‌داری ندارند (نام‌های کامل تیمارها در ادامه زیرنویس انگلیسی همین شکل آورده شده‌اند).

Figure 4- Colonization rate by arbuscular mycorrhizal fungi in the roots of bean plants variety Early Khameneh 535

The means were compared using Duncan's test ($\alpha = 5$). The means with common letters are not of statistically significant difference.

The abbreviations used in treatment names are as follows: Alca: *Alcaligenes faecalis* 1624, Azoto: *Azotobacter vinelandii*, B.s: *Bacillus subtilis* BS, F.moss: *Funneliformis mosseae*, B.vel: *Bacillus velezensis* JPS19, G.cla: *Glomus claroideum*.

بحث

سلولی آزاد شده در محیط کشت توسط باکتری‌ها نسبت داد (Fatima) (et al., 2009; Swadling and Jeffries, 1996).

در میان چهار سویه منتخب باکتریایی برای بررسی در گلخانه، دو سویه باکتریایی Azoto و B.s در گلخانه نیز در مقایسه با شاهد بیمار، شدت بیماری را به‌طور معنی‌دار کاهش دادند. گزارش‌های بسیاری وجود دارد که در آن‌ها کارایی سویه‌هایی از *B. subtilis* در برابر *R. solani* در گیاهان مختلف نظیر گوجه‌فرنگی، سیب‌زمینی و لوبیا (Abbas et al., 2019; Donmez et al., 2015; Ouhaibi-Ben Abdeljalil et al., 2016)، و نیز کارایی سویه‌ها یا گونه‌های دیگری از جنس *Azotobacter* (نظیر *Azotobacter chroococcum*) علیه *R. solani* در گندم (Fatima et al., 2009; Maheshwari et al., 2012) و خردل (Verma et al., 2001) به اثبات رسیده است. با توجه به اینکه این دو سویه در آزمایشگاه با تولید متابولیت‌های ضد میکروبی اثر خوبی بر مهار رشد میسلیم بیمارگر داشتند، بنابراین اثر بازدارندگی این دو سویه بر *R. solani* در خاک را می‌توان تا حدودی به تولید متابولیت‌ها و ترکیبات بازدارنده توسط آن‌ها نسبت داد. در برخی موارد دیگر نیز بیان شده که آنتی‌بیوتیک‌های تولید شده توسط آنتاگونیست‌های میکروبی، نقش کلیدی در سرکوب بیمارگرهای مختلف موجود در خاک ایفا می‌کنند (Braun et al., 2010). اعضای جنس باسیلوس قادرند طیف گسترده‌ای از آنتی‌بیوتیک‌ها (Aboelmagd, 2021) را

در این پژوهش، از ۱۴ سویه باکتریایی بررسی شده در شرایط درون شیشه‌ای، در آزمون کشت متقابل، شش سویه شامل *B. subtilis* BS، *A. vinelandii* A. faecalis 1624، *B. velezensis* JPS19، *L. tsuruhatensis* PIIR و *boronitolerans* RUPB71 و در آزمون توانایی تولید ترکیبات فرار، سه سویه شامل *A. faecalis* 1624، *A. vinelandii* RUA1 و *B. thuringiensis* B48Pet توانستند با اختلاف معنی‌دار از شاهد، از رشد میسلیم بیمارگر جلوگیری نمایند. در پژوهش‌های آزمایشگاهی دیگر نیز به اثرات بازدارنده و خواص ضدقارچی سویه‌هایی از جنس‌ها یا گونه‌های مؤثر به کار رفته در این پژوهش اشاره شده است. به‌عنوان مثال، سویه‌هایی از باکتری‌های *Azotobacter chroococcum* (Alsudani and Raheem Lateef)، *B. subtilis* (Al-Awsi, 2020; Matloob and Juber, 2013; Huang et al., 2017; Hussain and Khan, 2020; Ouhaibi-Honda et al., 2021) و *A. faecalis* (Ben Abdeljalil et al., 2021) در برابر *R. solani* کارآمد بوده‌اند. کاهش رشد میسلیم قارچ و تشکیل مناطق بازدارنده توسط PGPR را احتمالاً می‌توان به تولید ترکیبات ضدقارچی مانند آنتی‌بیوتیک، متابولیت‌های سمی یا سیدروفورها و یا آنزیم‌های تخریب‌کننده دیواره

پیشنهاد شده که AMF با سازوکارهای مختلف سبب کاهش آسیب‌های ناشی از بیمارگرهای گیاهی خاکزاد و مهار بیماری می‌شوند که از آن جمله می‌توان به رقابت با بیمارگرهای خاکزاد بر سر جایگاه‌های آلودگی (Wu et al., 2021) و محصولات فتوسنتزی میزبان (Aljawasim et al., 2020)، کاهش یا جبران آسیب وارده به ریشه (Abdel-Fattah et al., 2011)، تولید هورمون‌های رشد در گیاهان میزبان میکوریزی شده (Jentschel et al., 2007; Zhou et al., 2019) و فعال‌سازی سازوکارهای دفاعی و القای مقاومت سیستمیک در برابر بیمارگرها (Abdel-Fattah et al., 2011; Aboelmagd, 2021; Aljawasim et al., 2020; Amer and Abou El, 2008; Matrood and Al-Taie, 2017; Miozzi et al., 2019; Shasmita et al., 2019) اشاره نمود. دلیل تأثیر مثبت کلنیزاسیون AMF بر رشد گیاه را نیز شاید بتوان به نقش آنها در بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاهان میزبان (Atwa, 2018) و یا محدود نمودن رشد *R. solani* و مهار بیماری نسبت داد (Matloob and Juber, 2013).

در پژوهش حاضر، کاربرد گونه‌های میکوریزی *F. moss* و *G. cla* به صورت ترکیبی با باکتری‌ها در مقایسه با شاهد بیمار، در همه تیمارها (به استثنای *B.s+F.moss*، *B.vel+F.moss* و *B.s+G.cla*)، سبب کاهش شدت بیماری و افزایش ویژگی‌های رویشی بررسی شده گردید. بنابراین در بیشتر موارد، ترکیب عوامل میکروبی به کار رفته سازگار بوده و اثر مفیدی در مهار بیماری و افزایش رشد گیاه داشت که با نتایج برخی از محققین دیگر مطابقت دارد (Atwa, 2018; Matloob and Juber, 2013). اما تیمارهای تلفیقی AMF و PGPR با اینکه سازگار بودند، مگر در یک مورد (اثر افزایشی *G.cla+B.vel* بر وزن تر و طول اندام هوایی در مقایسه با کاربرد *B.vel* و *G.cla* به تنهایی)، نسبت به کاربرد جداگانه هر یک از این عوامل، اثر افزایشی و یا هم‌افزایی در کاهش بیماری و افزایش رشد گیاه نداشتند که با نتایج پژوهش‌های پیشین همخوانی دارد (Imperiali et al., 2017; Moarrefzadeh et al., 2021c). در مقابل، برخی پژوهش‌ها رخ دادن برهمکنش‌های هم‌افزا یا افزایشی بین AMF و PGPR و افزایش حفاظت زیستی علیه بیماری‌های خاکزاد و بهبود ویژگی‌های رویشی گیاه را نشان می‌دهند (Matloob and Juber, 2013; Matrood and Al-Taie, 2017; Mohamed et al., 2019). در توضیح این موضوع بیان شده که برهمکنش‌های زیرزمینی میان ریشه‌های گیاه، AMF و PGPR ممکن است سلامت و رشد گیاه را از طریق تأثیرات مکمل و هم‌افزا بر حل شدن و جذب مواد غذایی و نیز فعال کردن مسیرهای دفاع چندگانه و افزایش القای مقاومت سیستمیک در میزبان در برابر بیمارگرها بهبود بخشد (Bagyaraj, 2018; Pérez-de-Luque et al., 2017). علاوه بر حالات ذکر شده در بالا، در پژوهش حاضر برخی تیمارهای دوگانه از نظر مهار بیماری و افزایش رشد گیاه اثر ضعیف‌تری نسبت به

تولید نموده و توانایی رقابت با بیمارگرها، تولید سیدروفور و نیز القای پاسخ‌های دفاعی میزبان را دارند (Choudhary and Johri, 2009; Mekonnen and Fenta, 2020; Ouhai-Ben Abdeljalil et al., 2021). سویه‌های *Azotobacter* spp. نیز قادرند از طریق تولید سیدروفور و رقابت برای کسب آهن و همچنین تولید مواد ضد قارچی با بیمارگر مقابله نمایند (Matloob and Juber, 2013; Neilands, 1993; Sumbul et al., 2020). همچنین در پژوهش حاضر، دو سویه باکتریایی *Azoto* و *B.s* علاوه بر اثرات ضدقارچی، توانستند رشد گیاهان لوبیا را با وجود بیمارگر افزایش دهند که تأییدکننده نتایج محققین دیگر در مورد نقش باسیلوس (Donmez et al., 2015; Huang et al., 2017; Hussain and Khan, 2020; Fatima et al., 2009; Maheshwari et al., 2012; Verma et al., 2001) در بهبود رشد گیاه است. علاوه بر این، برخی پژوهشگران معتقدند که آنتاگونیست‌ها با سازوکارهای مختلف رشد قارچ‌های بیمارگر را مهار می‌نمایند و چنین بازدارندگی از رشد قارچ، می‌تواند به طور غیرمستقیم از رشد گیاه حمایت نماید (Kai et al., 2007).

در این پژوهش، دو سویه باکتریایی *Alca* و *B.vel* که در آزمایشگاه سبب مهار رشد میسلیم بیمارگر شدند، در شرایط گلخانه اثر معنی‌داری در کاهش بیماری نداشتند. در تعدادی از پژوهش‌های دیگر نیز برخی آنتاگونیست‌ها نتایج متناقضی در آزمایشگاه و گلخانه نشان داده‌اند (Donmez et al., 2015; Jamali et al., 2005; Knudsen et al., 2021b). در شرایط طبیعی خاک، برهمکنش‌های میان گیاه میزبان، بیمارگر و آنتاگونیست پیچیده بوده و عوامل بیوکنترل علاوه بر بیمارگر هدف، با گیاه و میکروفلور ساکن خاک و بستر رشد نیز برهمکنش دارند و این عوامل ممکن است بر اثربخشی عوامل بیوکنترل تأثیرگذار باشند (Köhl et al., 2019; Lemanceau and Alabouvette, 1993; Sharifi and Ryu, 2020). همچنین، تغییر در میزان کلنیزاسیون ریشه توسط باکتری‌ها و متابولیت‌های مؤثر آن‌ها در بیوکنترل و نیز فعالیت و پایداری محدود باکتری‌ها پس از رهاسازی آن‌ها در خاک، ممکن است سبب از دست رفتن برخی خصوصیات مهم آن‌ها گردد (Keel and Défago, 1997). در این پژوهش، هرچند دو سویه باکتریایی *Alca* و *B.vel* اثر معنی‌داری بر کاهش بیماری نداشتند، اما توانستند برخی ویژگی‌های رویشی مورد بررسی را بهبود بخشند.

در این پژوهش، استقرار دو گونه میکوریز *F. moss* و *G. cla* در ریشه‌های لوبیا، علاوه بر کاهش شدت بیماری، سبب بهبود ویژگی‌های رویشی بررسی شده در حضور بیمارگر شد که با یافته‌های محققین دیگر در مورد نتایج کاربرد گونه‌های مختلف میکوریزی در لوبیا و محصولات دیگر مطابقت داشت (Amer and Abou El, 2008; Kareem and Hassan, 2014; Matloob and Juber, 2013; Mohammadi et al., 2020; Nasir Hussein et al., 2018; Wu et al., 2021).

تیمارهای منفرد آن‌ها داشتند؛ به‌عنوان مثال، اثر ترکیب‌های $B.s+F.moss$ ، $B.s+G.cla$ و $B.vel+F.moss$ بر بیماری به‌طور معنی‌داری کمتر از کاربرد منفرد میکوریزها بوده و گاه با شاهد بیمار در یک گروه آماری قرار داشت. همچنین، کاربرد $B.s$ به‌تنهایی در کاهش بیماری و بهبود کلیه ویژگی‌های رویشی گیاه، نسبت به ترکیب آن با $F.moss$ ($B.s+F.moss$) یا $G.cla$ ($B.s+G.cla$) کارآمدتر بود. برخی پژوهشگران نیز دریافته‌اند که ترکیب برخی عوامل زیستی، اثر ضعیف‌تری نسبت به تیمار جداگانه آن‌ها دارد (Castillo et al., 2019; Larkin and Fravel, 1998; Moarrefzadeh et al., 2021c). ممکن است AMF و ریزوباکتری‌ها، علاوه بر اثرات محرک (Barea et al., 1998)، اثرات بازدارنده‌ای روی یکدیگر یا روی رشد گیاهان و بیمارگرها از خود نشان دهند (Söderberg et al., 2002). در توضیح این مطلب، به دلایل مختلفی اشاره شده است؛ از یک‌سو به دلیل پیچیدگی برهمکنش‌ها و روابطی که میان گیاهان-میکروارگانیسم‌ها و نیز میکروارگانیسم‌های مختلف با یکدیگر ایجاد می‌شود، ممکن است رفتار عوامل زیستی به‌تنهایی، در مقایسه با زمانی که عوامل پیرامونی دیگر نظیر سایر عوامل میکروبی وجود دارند، بسیار متفاوت باشد (Moarrefzadeh et al., 2021c). از سوی دیگر ممکن است در میان میکروارگانیسم‌های مفید مهارکننده یک بیمارگر، برخی برهمکنش‌های آنتاگونیستی مانند رقابت رخ داده و یا مواد متابولیتی تولید شده توسط عوامل کنترل زیستی که به فعالیت آنتاگونیستی آن‌ها در برابر قارچ‌های بیمارزا کمک می‌کنند، بر سایر میکروارگانیسم‌های مفید نیز تأثیرگذار بوده و در کار آن‌ها تداخل ایجاد کنند (Castillo et al., 2019; Chiarini et al., 1998; Linderman, 2000; Wahyuno et al., 2016). بنابراین، هرچند که در بسیاری از منابع به استفاده از ترکیب آنتاگونیست‌ها توصیه شده است، اما طبق نتایج این پژوهش، استفاده از ترکیب عوامل میکروبی همیشه کارآمدتر نیست و میکوریز و باکتری فقط در برخی ترکیب‌های مناسب می‌توانند شدت بیماری ناشی از *R. solani* در لوبیا را کاهش دهند. لذا قبل از کاربرد ترکیب عوامل زیستی در سیستم مورد نظر، باید اثرات برهمکنش‌های میان موجودات را بررسی و اطمینان حاصل نمود که این عوامل با هم سازگار بوده و بر یکدیگر تأثیر آنتاگونیستی ندارند (Martínez-Medina et al., 2009; Pascual, 2016).

در این پژوهش همه تیمارهای منفرد و دوگانه حاوی میکوریز توانستند ریشه‌های لوبیا را کلنیزه نمایند و بین میزان کلنیزاسیون محاسبه‌شده در برخی تیمارها اختلاف معنی‌دار وجود داشت. AMF می‌تواند با ریشه بیشتر گیاهان خشکی‌زی یک رابطه همزیستی سودمند ایجاد کنند (Shi et al., 2012)، اما میزان کلنیزاسیون، بسته به نوع گیاه میزبان و نوع AMF بسیار متفاوت است (Chen et al., 2017). همچنین در پژوهش حاضر، از نظر اثر PGPR بر کلنیزاسیون میکوریزی ریشه حالات مختلف افزاینده، خنثی و کاهنده دیده شد؛ در

حالت اول، ترکیب میکوریز *G.cla* با برخی باکتری‌ها (*Alca+G.cla*) و *Azoto+G.cla* در مقایسه با کاربرد تنهای آن، سبب افزایش معنی‌دار کلنیزاسیون میکوریزی ریشه گردید. در برخی پژوهش‌های دیگر نیز گزارش شده که برخی سویه‌های باکتریایی موجب تحریک جوانه‌زنی اسپور و رشد میسلیم (Meyer and Linderman, 1986) و افزایش کلنیزاسیون ریشه توسط AMF می‌شوند (Arthurson et al., 2016; Priyadharsini et al., 2016). همچنین باکتری‌های حامی میکوریز (Mycorrhiza helper bacteria) شناخته می‌شوند (Akhtar and Siddiqui, 2008). در حالت دوم در این پژوهش، در هیچ‌کدام از تیمارهای دوگانه میکوریز *F.moss* و باکتری‌ها در مقایسه با کاربرد منفرد این میکوریز، تغییری در کلنیزاسیون دیده نشد. و در حالت سوم، ترکیب میکوریز با باکتری‌ها (*Azoto+F.moss* و *B.s+G.cla*) نسبت به کاربرد جداگانه آن‌ها (تیمارهای *F.moss* و *G.cla* به‌تنهایی) سبب کاهش کلنیزاسیون ریشه گردید. این نتایج نشان می‌دهد ممکن است اثر PGPR بر کلنیزاسیون میکوریزی ریشه- بسته به سویه باکتریایی و میکوریزی مورد استفاده- افزاینده، بی‌اثر یا کاهنده باشد که تأییدکننده نتایج بررسی‌های قبلی است که در آن‌ها به اثرات محرک یا بازدارنده PGPR بر رشد میکوریز اشاره شده است (Barea et al., 1998; Söderberg et al., 2002). نکته جالب‌توجه این بود که با وجود کاهش کلنیزاسیون میکوریزی ریشه در برخی تیمارهای مذکور نظیر *Azoto+F.moss*، نسبت به تیمار جداگانه میکوریز، کاهش اثر در مهار بیماری دیده نشد. در برخی موارد نیز ذکر شده که با اینکه سطح کلنیزاسیون ریشه توسط اندومیکوریزها نسبتاً پایین بوده، آن‌ها سبب ایجاد مقاومت یا تحمل در برابر *R. solani* گردیده‌اند و اثرات مفید آن‌ها بر رشد، عملکرد و محافظت در برابر عفونت *R. solani* دیده شده است (Gianinazzi et al., 2010; Larkin, 2008; Yao et al., 2002). از سوی دیگر، در پژوهش حاضر در ترکیب‌هایی که نسبت به کاربرد جداگانه میکوریز *G.cla*، افزایش کلنیزاسیون میکوریزی وجود داشت (*Alca+G.cla* و *Azoto+G.cla*)، نسبت به اثر کاربرد منفرد میکوریز *G.cla* و یا در ترکیب *Alca+F.moss* نسبت به *F.moss* به تنهایی، اثر معنی‌داری بر شدت بیماری دیده نشد. فقط در یک تیمار دوگانه *B.s+G.cla* که نسبت به کاربرد تنهای *G.cla* کاهش کلنیزاسیون میکوریزی وجود داشت، اثر این ترکیب نسبت به *G.cla* در کاهش بیماری به‌طور معنی‌داری کمتر بود. بنابراین در پژوهش حاضر در بسیاری از موارد، بین میزان کلنیزاسیون میکوریزی ریشه و مهار بیماری رابطه مستقیمی وجود نداشت. برخی پژوهش‌های دیگر نیز نبودن همبستگی بین میزان کلنیزاسیون میکوریزی و کاهش بیماری در گیاه میزبان را گزارش کرده‌اند (Mark and Cassells, 1996; St-Arnaud et al., 1994). طبق نظر برخی پژوهشگران، تأثیر همزیستی AMF بر سلامت گیاه، بیشتر به ژنوتیپ‌های گیاه میزبان و بیمارگر

بستگی دارد تا به میزان کلنیزاسیون AMF (Dugassa et al., 1996).

نتیجه‌گیری

در این پژوهش اکثر تیمارهای زیستی اعمال شده به صورت جدا و ترکیبی، سبب کاهش شدت بیماری (اثر نامطلوب بیمارگر) و افزایش صفات رویشی لوبیا شدند و تیمارهای دوگانه، در مقایسه با کاربرد جداگانه هر یک از عوامل زیستی (به استثنای یک مورد) اثر افزایشی و یا هم‌افزایی بر شاخص‌های بررسی شده نداشتند. با نگرش به این نتایج می‌توان گفت استفاده از ترکیب عوامل کنترل زیستی نسبت به کاربرد جداگانه هر یک از این عوامل همیشه کارآمدتر نبوده و نتایج، با توجه به سویه باکتری و گونه قارچ میکوریزی که با هم ترکیب می‌شوند، متفاوت است. بنابراین، PGPR و AMF فقط در برخی ترکیب‌های مناسب قادرند مقاومت لوبیا را نسبت به *R. solani* افزایش دهند. لذا، قبل از کاربردی نمودن ترکیب عوامل زیستی در سیستم مورد نظر، لازم است برهمکنش‌های آن‌ها را در آزمایش‌های گلخانه‌ای و مزرعه‌ای دقیقاً بررسی نموده و از سازگاری و عدم تأثیر آنتاگونیستی آن‌ها بر یکدیگر اطمینان حاصل نمود. همچنین، کاربرد همیاری‌های

(کنسرسیوم‌های) سازگار میکروارگانیسم‌ها، به دلیل نیازهای گوناگون رشدی و ارائه سازوکارهای مختلف در مهار بیماری، قادر است اثر بیوکنترلی پایدارتر، کارآمدتر و قابلیت اطمینان بیشتری را در طیف وسیع تری از شرایط محیطی متغیر خاک داشته باشد (Stockwell et al., 2008; Szczech, 2011). بنابراین توصیه می‌شود در پژوهش‌های آینده، اثر ترکیب عوامل باکتریایی و میکوریزی که در این پژوهش کارایی خوبی در کنترل زیستی *R. solani* و تحریک رشد لوبیا داشته اند، با سویه‌ها یا گونه‌های میکروبی دیگر بر مهار بوته‌میری ریزوکتونیایی لوبیا بررسی شده و در صورت مثبت بودن نتایج، بهترین و موفق‌ترین گزینه‌ها که بتوانند در افزایش رشد و بهبود عملکرد گیاه و کاهش بیماری هم‌افزا باشند، انتخاب و پس از تأیید کارایی آن‌ها در مزرعه مورد استفاده گسترده و تجاری قرار گیرند.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از پروفیسور کلور (دانشگاه آبرن، ایالات متحده آمریکا) و دکتر سونیا سیفی (دانشگاه پیام نور، کرمانشاه) به دلیل در اختیار نهادن برخی جدایه‌های باکتریایی تشکر می‌نمایند.

منابع

- 1- Abbas, A., Khan, S.U., Khan, W.U., Saleh, T.A., Khan, M.H.U., Ullah, S., Ali, A., & Ikram, M. (2019). Antagonist effects of strains of *Bacillus* spp. against *Rhizoctonia solani* for their protection against several plant diseases: Alternatives to chemical pesticides. *Comptes Rendus Biologies*, 342(5-6), 124-135. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2019.05.002>
- 2- Abdel-Fattah, G.M., El-Haddad, S.A., Hafez, E.E., & Rashad, Y.M. (2011). Induction of defense responses in common bean plants by arbuscular mycorrhizal fungi. *Microbiological Research*, 166(4), 268-281. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2010.04.004>
- 3- Aboelmagd, H.E. (2021). Efficacy of some bio-agents, chemical inducers and fungicides in controlling tomato root rot disease caused by *Rhizoctonia solani*. *Plant Biotechnology*, 59(2), 197-210. <https://doi.org/10.21608/assjm.2021.194261>
- 4- Adesemoye, A., Torbert, H., & Kloepper, J. (2009). Plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers. *Microbial Ecology*, 58(4), 921-929. <https://doi.org/10.1007/s00248-009-9531-y>
- 5- Akhtar, M.S., & Siddiqui, Z.A. (2008). Biocontrol of a root-rot disease complex of chickpea by *Glomus intraradices*, *Rhizobium* sp. and *Pseudomonas straita*. *Crop Protection*, 27(3-5), 410-417.
- 6- Aljawasim, B.D., Khaeim, H.M., & Manshood, M.A. (2020). Assessment of arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus* spp.) as potential biocontrol agents against damping-off disease *Rhizoctonia solani* on cucumber. *Journal of Crop Protection*, 9(1), 141-147.
- 7- Alsudani, A.A., & Raheem Lateef Al-Awsi, G. (2020). Biocontrol of *Rhizoctonia solani* (Kühn) and *Fusarium solani* (Marti) causing damping-off disease in tomato with *Azotobacter chroococcum* and *Pseudomonas fluorescens*. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 23(11), 1456-1461. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2020.1456.1461>
- 8- Amer, M.A., & Abou El, S., II. (2008). Mycorrhizal fungi and *Trichoderma harzianum* as biocontrol agents for suppression of *Rhizoctonia solani* damping-off disease of tomato. *Communications in agricultural and applied biological sciences*, 73(2), 217-232.
- 9- Arthurson, V., Hjort, K., Muleta, D., Jäderlund, L., & Granhall, U. (2011). Effects on *Glomus mosseae* root colonization by *Paenibacillus polymyxa* and *Paenibacillus brasilensis* strains as related to soil P-availability in

- winter wheat. *Applied and Environmental Soil Science*, 2011, 298097. <https://doi.org/10.1155/2011/298097>
- 10- Atwa, M. (2018). Combination of biocontrol agents for controlling soybean damping-off caused by *Rhizoctonia solani*. *Egyptian Journal of Phytopathology*, 46(2), 15-38.
- 11- Bagyaraj, D. (2018). Arbuscular mycorrhizal fungi and biological control of soil-borne plant pathogens. *Kavaka*, 51(1), 1-6.
- 12- Barea, J., Andrade, G., Bianciotto, V., Dowling, D., Lohrke, S., Bonfante, P., O'gara, F., & Azcon-Aguilar, C. (1998). Impact on arbuscular mycorrhiza formation of *Pseudomonas* strains used as inoculants for biocontrol of soil-borne fungal plant pathogens. *Applied and Environmental Microbiology*, 64(6), 2304-2307.
- 13- Borzouei, S., Sharifi, R., & Moarrefzadeh, N. (2019). Induction of systemic resistance in tomato against broomrape (*Phelipanche aegyptiaca*). *Journal of Phytopathology*, 167(10), 567-575. <https://doi.org/10.1111/jph.12846>
- 14- Braun, S.D., Hofmann, J., Wensing, A., Weingart, H., Ullrich, M.S., Spiteller, D., & Völksch, B. (2010). In vitro Antibiosis by *Pseudomonas syringae* Pss22d, Acting Against the Bacterial Blight Pathogen of Soybean Plants, Does Not Influence *In planta* Biocontrol. *Journal of Phytopathology*, 158(4), 288-295. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2009.01612.x>
- 15- Buysens, C., Dupré de Boulois, H., & Declerck, S. (2015). Do fungicides used to control *Rhizoctonia solani* impact the non-target arbuscular mycorrhizal fungus *Rhizophagus irregularis*? *Mycorrhiza*, 25(4), 277-288. <https://doi.org/10.1007/s00572-014-0610-7>
- 16- Castillo, A.G., Puig, C.G., & Cumagun, C.J.R. (2019). Non-synergistic effect of *Trichoderma harzianum* and *Glomus* spp. in reducing infection of Fusarium wilt in banana. *Pathogens*, 8(2), 43. <https://doi.org/10.3390/pathogens8020043>
- 17- Chavez-Ramirez, B., Kerber-Diaz, J.C., Acoltzi-Conde, M.C., Ibarra, J.A., Vasquez-Murrieta, M.S., & Estrada-de Los Santos, P. (2020). Inhibition of *Rhizoctonia solani* RhCh-14 and *Pythium ultimum* PyFr-14 by *Paenibacillus polymyxa* NMA1017 and *Burkholderia cenocepacia* CACua-24: A proposal for biocontrol of phytopathogenic fungi. *Microbiological Research*, 230, 126347. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2019.126347>
- 18- Chen, S., Zhao, H., Zou, C., Li, Y., Chen, Y., Wang, Z., Jiang, Y., Liu, A., Zhao, P., Wang, M., & Ahammed, G.J. (2017). Combined inoculation with multiple arbuscular mycorrhizal fungi improves growth, nutrient uptake and photosynthesis in cucumber seedlings. *Frontiers in Microbiology*, 8, 2516. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02516>
- 19- Chiarini, L., Bevivino, A., Tabacchioni, S., & Dalmastri, C. (1998). Inoculation of *Burkholderia cepacia*, *Pseudomonas fluorescens* and *Enterobacter* sp. on *Sorghum bicolor*: root colonization and plant growth promotion of dual strain inocula. *Soil Biology and Biochemistry*, 30(1), 81-87.
- 20- Choudhary, D.K., & Johri, B.N. (2009). Interactions of *Bacillus* spp. and plants--with special reference to induced systemic resistance (ISR). *Microbiological Research*, 164(5), 493-513. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2008.08.007>
- 21- Daroodi, Z., Taheri, P., & Tarighi, S. (2021). Direct antagonistic activity and tomato resistance induction of the endophytic fungus *Acrophialophora jodhpurensis* against *Rhizoctonia solani*. *Biological Control*, 160, 104696. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104696>
- 22- Dennis, C., & Webster, J. (1971). Antagonistic properties of species-groups of *Trichoderma*: I. Production of volatile antibiotics. *Transactions of the British Mycological Society*, 57(1), 41-48.
- 23- Domsch, K.H., Gams, W., & Anderson, T.H. (2007). *Compendium of Soil Fungi*. London, UK. Academic Press.
- 24- Donmez, M.F., Uysal, B., Demirci, E., Ercisli, S., & Cakmakci, R. (2015). Biological control of root rot disease caused by *Rhizoctonia solani* Kühn on potato and bean using antagonist bacteria. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 14(5), 29-40.
- 25- Dugassa, G.D., von Alten, H., & Schönbeck, F. (1996). Effects of arbuscular mycorrhiza (AM) on health of *Linum usitatissimum* L. infected by fungal pathogens. *Plant and Soil*, 185(2), 173-182. <https://doi.org/10.1007/BF02257522>
- 26- Fatima, Z., Saleemi, M., Zia, M., Sultan, T., Aslam, M., Rehman, R., & Chaudhary, M.F. (2009). Antifungal activity of plant growth-promoting rhizobacteria isolates against *Rhizoctonia solani* in wheat. *African Journal of Biotechnology*, 8(2), 219-225.
- 27- Garbeva, P., Van Elsas, J., & Van Veen, J. (2008). Rhizosphere microbial community and its response to plant species and soil history. *Plant and Soil*, 302(1-2), 19-32.
- 28- Gianinazzi, S., Gollotte, A., Binet, M.N., van Tuinen, D., Redecker, D., & Wipf, D. (2010). Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. *Mycorrhiza*, 20(8), 519-530.

- <https://doi.org/10.1007/s00572-010-0333-3>
- 29- Gouda, S., Kerry, R.G., Das, G., Paramithiotis, S., Shin, H.-S., & Patra, J.K. (2018). Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. *Microbiological Research*, 206, 131-140. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2017.08.016>
 - 30- Grimmer, M.K., van den Bosch, F., Powers, S.J., & Paveley, N.D. (2015). Fungicide resistance risk assessment based on traits associated with the rate of pathogen evolution. *Pest Management Science*, 71(2), 207-215. <https://doi.org/10.1002/ps.3781>
 - 31- Hafez, E.E., Abdel-Fattah, G.M., El-Haddad, S.A., & Rashad, Y.M. (2013). Molecular defense response of mycorrhizal bean plants infected with *Rhizoctonia solani*. *Annals of Microbiology*, 63(3), 1195-1203. <https://doi.org/10.1007/s13213-012-0578-5>
 - 32- Heflish, A.A., Abdelkhalek, A., Al-Askar, A.A., & Behiry, S.I. (2021). Protective and curative effects of *Trichoderma asperelloides* Ta41 on tomato root rot caused by *Rhizoctonia solani* Rs33. *Agronomy*, 11(6), 1162. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061162>
 - 33- Honda, N., Hirai, M., Ano, T., & Shoda, M. (1999). Control of tomato damping-off caused by *Rhizoctonia solani* by the heterotrophic nitrifier *Alcaligenes faecalis* and its product, hydroxylamine. *Japanese Journal of Phytopathology*, 65(2), 153-162.
 - 34- Huang, X., Zhang, N., Yong, X., Yang, X., & Shen, Q. (2012). Biocontrol of *Rhizoctonia solani* damping-off disease in cucumber with *Bacillus pumilus* SQR-N43. *Microbiological Research*, 167(3), 135-143. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2011.06.002>
 - 35- Huang, Y., He, Y., Ye, B.-C., & Li, C. (2017). Rhizospheric *Bacillus subtilis* exhibits biocontrol effect against *Rhizoctonia solani* in pepper (*Capsicum annuum*). *BioMed Research International*, 2017, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2017/9397619>
 - 36- Hussain, T., & Khan, A.A. (2020). *Bacillus subtilis* HussainT-AMU and its antifungal activity against potato black scurf caused by *Rhizoctonia solani* on seed tubers. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 23, 101443. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101443>
 - 37- Imperiali, N., Chiriboga, X., Schlaeppi, K., Fesselet, M., Villacrés, D., Jaffuel, G., Bender, S.F., Dennert, F., Blanco-Pérez, R., & Van Der Heijden, M.G. (2017). Combined field inoculations of *Pseudomonas* bacteria, arbuscular mycorrhizal fungi, and entomopathogenic nematodes and their effects on wheat performance. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1809. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01809>
 - 38- Jacott, C., Murray, J., & Ridout, C. (2017). Trade-offs in arbuscular mycorrhizal symbiosis: Disease resistance, growth responses and perspectives for crop breeding. *Agronomy*, 7(4), 75. <https://doi.org/10.3390/agronomy7040075>
 - 39- Jamali, F., Sharifi Tehrani, A., Okhovvat, M., & Zakeri, Z. (2005). Effect of antagonistic bacteria on the control of Fusarium wilt of chickpea caused by *Fusarium oxysporum* under greenhouse conditions. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 36(3), 711-717. (In Persian with English abstract)
 - 40- Jelodarneshadian, N., & Shahbazi, H. (2017). The potential of *Pseudomonas fluorescens* strains in biological control of *Rhizoctonia solani* and colonization of common bean rhizosphere. *Journal of Novel Researches on Plant Protection*, 8(1), 85-106. (In Persian with English abstract)
 - 41- Jentschel, K., Thiel, D., Rehn, F., & Ludwig-Müller, J. (2007). Arbuscular mycorrhiza enhances auxin levels and alters auxin biosynthesis in *Tropaeolum majus* during early stages of colonization. *Physiologia Plantarum*, 129(2), 320-333. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2006.00812.x>
 - 42- Kai, M., Effmert, U., Berg, G., & Piechulla, B. (2007). Volatiles of bacterial antagonists inhibit mycelial growth of the plant pathogen *Rhizoctonia solani*. *Archives of Microbiology*, 187(5), 351-360. <https://doi.org/10.1007/s00203-006-0199-0>
 - 43- Kankam, F., Larbi-Koranteng, S., & Adomako, J. (2021). *Rhizoctonia* Disease of Potato: Epidemiology, Toxin Types and Management. *Egyptian Journal of Phytopathology*, 49(1), 197-209. <https://doi.org/10.21608/ejp.2021.72057.1028>
 - 44- Kareem, T., & Hassan, M. (2014). Evaluation of *Glomus mosseae* as biocontrol agents against *Rhizoctonia solani* on tomato. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 4(2), 15-19.
 - 45- Keel, C., & Défago, G. (1997). Interactions between beneficial soil bacteria and root pathogens: mechanisms and ecological impact. p. 27-47. In: Gange A.C., Brown V.K. (eds) *Multitrophic Interactions in Terrestrial Systems: 36th Symposium of the British Ecological Society*. Cambridge University Press.
 - 46- Knudsen, I., Hockenhull, J., Jensen, D.F., Gerhardson, B., Hökeberg, M., Tahvonen, R., Teperi, E., Sundheim, L., & Henriksen, B. (1997). Selection of biological control agents for controlling soil and seed-borne diseases

- in the field. *European Journal of Plant Pathology*, 103(9), 775-784.
- 47- Köhl, J., Kolnaar, R., & Ravensberg, W.J. (2019). Mode of action of microbial biological control agents against plant diseases: Relevance beyond efficacy. *Frontiers in Plant Science*, 10, 845. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00845>
 - 48- Larkin, R., Roberts, D., & Gracia-Garza, J. (1998). Biological control of fungal diseases. p. 141–191. In: *Fungicidal Activity-Chemical and Biological Approaches to Plant Protection*. Wiley. New York, NY.
 - 49- Larkin, R.P. (2008). Relative effects of biological amendments and crop rotations on soil microbial communities and soilborne diseases of potato. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(6), 1341-1351.
 - 50- Larkin, R.P., & Fravel, D.R. (1998). Efficacy of various fungal and bacterial biocontrol organisms for control of Fusarium wilt of tomato. *Plant Disease*, 82(9), 1022-1028. <https://doi.org/10.1094/PDIS.1998.82.9.1022>
 - 51- Lemanceau, P., & Alabouvette, C. (1993). Suppression of Fusarium wilts by fluorescent pseudomonads: Mechanisms and applications. *Biocontrol Science and Technology*, 3(3), 219-234.
 - 52- Linderman, R.G. (1997). Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal (VAM) Fungi. p. 117-128. In: Carroll G.C., Tudzynski P. (eds) *Plant Relationships, Part B*. Springer Berlin Heidelberg. Berlin, Heidelberg.
 - 53- Linderman, R.G. (2000). Effects of Mycorrhizas on Plant Tolerance to Diseases. p. 345-365. In: Kapulnik Y., Douds D.D. (eds) *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function*. Springer Netherlands. Dordrecht.
 - 54- Liu, K., McInroy, J.A., Hu, C.-H., & Kloepper, J.W. (2018). Mixtures of plant-growth-promoting rhizobacteria enhance biological control of multiple plant diseases and plant-growth promotion in the presence of pathogens. *Plant Disease*, 102(1), 67-72. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-17-0478-RE>
 - 55- Madhavi, G.B., Devi, G.U., Kumar, K.V.K., Babu, T.R., & Naidu, T. (2018). Evaluation of *Pseudomonas fluorescens* and *Trichoderma harzianum* isolates in inducing systemic resistance (ISR) in maize against *Rhizoctonia solani* f. sp. *Sasakii*. *International Journal of Chemical Studies*, 6(2), 628-632.
 - 56- Maheshwari, D.K., Dubey, R.C., Aeron, A., Kumar, B., Kumar, S., Tewari, S., & Arora, N.K. (2012). Integrated approach for disease management and growth enhancement of *Sesamum indicum* L. utilizing *Azotobacterchroococcum* TRA2 and chemical fertilizer. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28(10), 3015-3024. <https://doi.org/10.1007/s11274-012-1112-4>
 - 57- Mark, G.L., & Cassells, A.C. (1996). Genotype-dependence in the interaction between *Glomus fistulosum*, *Phytophthora fragariae* and the wild strawberry (*Fragaria vesca*). *Plant and Soil*, 185(2), 233-239. <https://doi.org/10.1007/BF02257528>
 - 58- Martínez-Medina, A., Pascual, J.A., Lloret, E., & Roldán, A. (2009). Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and *Trichoderma harzianum* and their effects on Fusarium wilt in melon plants grown in seedling nurseries. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(11), 1843-1850. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3660>
 - 59- Matloob, A., & Juber, K. (2013). Biological control of bean root rot disease caused by *Rhizoctonia solani* under green house and field conditions. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 4(5), 512-519.
 - 60- Matrood, A.A., & Al-Taie, A.H. (2017). Inhibition Activity of mycorrhizal Fungi *Glomus mosseae* and *G. intradicas* with *Trichoderma harizanum* Against *Rhizoctonia solani* in Okra Plant *Abelmoschus esculentus* (L.). *Basrah Journal of Agricultural Sciences*, 30(2), 72-82.
 - 61- Mekonnen, H., & Fenta, L. (2020). Plant growth promoting Rhizobacteria for plant growth promotion and biocontrol agent against tomato and pepper disease: a review. *World News of Natural Sciences*, 28, 13-23.
 - 62- Meyer, J.R., & Linderman, R.G. (1986). Response of subterranean clover to dual inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and a plant growth-promoting bacterium, *Pseudomonas putida*. *Soil Biology and Biochemistry*, 18(2), 185-190. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(86\)90025-8](https://doi.org/10.1016/0038-0717(86)90025-8)
 - 63- Miozzi, L., Vaira, A.M., Catoni, M., Fiorilli, V., Accotto, G.P., & Lanfranco, L. (2019). Arbuscular mycorrhizal symbiosis: Plant friend or foe in the fight against viruses? *Frontiers in Microbiology*, 10, 1238. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01238>
 - 64- Moarrefzadeh, N., Khateri, H., & Abbasi, S. (2023). Alleviation of *Rhizoctonia* root rot damages in common bean by some arbuscular mycorrhizal fungi. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 12, 13-25. (In en) <https://doi.org/10.22034/arpp.2023.16034>
 - 65- Moarrefzadeh, N., Khateri, H., & Sharifi, R. (2022). The effect of some probiotic bacteria and different methods of their application in biological control of chickpea ascochyta blight disease. *Journal of Applied Research in Plant Protection*, 11(1), 97-108. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22034/arpp.2021.13600>
 - 66- Moarrefzadeh, N., Sharifi, R., Khateri, H., & Abbasi, S. (2021a). Biological control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*, the causal agent of the fusarial yellowing and wilting of chickpea by mixtures of some microbial

- agents. *Biological Control of Pests and Plant Diseases*, 9(1), 61-73. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/jbioc.2021.313616.295>
- 67- Moarrefzadeh, N., Sharifi, R., Khateri, H., & Abbasi, S. (2021b). The effect of some plant probiotics in the biocontrol of the causal agents of chickpea Fusarium yellowing and wilting. *Biological Control of Pests and Plant Diseases*, 9(2), 143-159. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22059/jbioc.2021.324966.305>
- 68- Moarrefzadeh, N., Sharifi, R., Khateri, H., & Abbasi, S. (2021c). Effect of some probiotics consortia on inhibition of Fusarium yellowing and wilting disease (*Fusarium redolens* Wollenweber) and growth promoting in chickpeas. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 31(4), 255-270. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22034/saps.2021.44158.2618>
- 69- Mohamed, I., Eid, K.E., Abbasi, M.H.H., Salem, A.A., Ahmed, N., Ali, M., Shah, G.M., & Fang, C. (2019). Use of plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) and mycorrhizae to improve the growth and nutrient utilization of common bean in a soil infected with white rot fungi. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 171, 539-548. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.12.100>
- 70- Mohammadi, S., Shahabi, E., & Kasraian, A. (2020). Effect of endomycorrhiza fungi *Glomus* spp. on induction of resistance in potato plants against *Rhizoctonia solani*. *Indian Phytopathology*, 73(2), 213-217. <https://doi.org/10.1007/s42360-020-00207-0>
- 71- Mohammed, A.S., El Hassan, S.M., Elballa, M., & Elsheikh, E.A. (2020). The role of *Trichoderma*, VA mycorrhiza and dry yeast in the control of *Rhizoctonia* disease of potato (*Solanum tuberosum* L.). *University of Khartoum Journal of Agricultural Sciences*, 16(2), 285-301.
- 72- Nasir Hussein, A., Abbasi, S., Sharifi, R., & Jamali, S. (2018). The effect of biocontrol agents consortia against *Rhizoctonia* root rot of common bean *Phaseolus vulgaris*. *Journal of Crop Protection*, 7(1), 73-85.
- 73- Nawrocka, J., Małolepsza, U., Szymczak, K., & Szczech, M. (2018). Involvement of metabolic components, volatile compounds, PR proteins, and mechanical strengthening in multilayer protection of cucumber plants against *Rhizoctonia solani* activated by *Trichoderma atroviride* TRS25. *Protoplasma*, 255(1), 359-373. <https://doi.org/10.1007/s00709-017-1157-1>
- 74- Neilands, J.B. (1993). Siderophores. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 302(1), 1-3. <https://doi.org/10.1006/abbi.1993.1172>
- 75- Ouhaibi-Ben Abdeljalil, N., Renault, D., Gerbore, J., Vallance, J., Rey, P., & Daami-Remadi, M. (2016). Comparative efficacy of three tomato-associated rhizobacteria used singly or in combination in suppressing *Rhizoctonia* Root Rot and enhancing tomato growth. *Journal of Microbial & Biochemical Technology*, 8(2), 110-119.
- 76- Ouhaibi-Ben Abdeljalil, N., Vallance, J., Gerbore, J., Yacoub, A., Daami-Remadi, M., & Rey, P. (2021). Combining potential oomycete and bacterial biocontrol agents as a tool to fight tomato *Rhizoctonia* root rot. *Biological Control*, 155, 104521. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104521>
- 77- Pascual, J.A. (2016). *The use of arbuscular mycorrhizal fungi in combination with Trichoderma spp. in sustainable agriculture*. p. 137-146. In: Arora N.K. (ed), *Bioformulations: for Sustainable Agriculture*.
- 78- Pérez-de-Luque, A., Tille, S., Johnson, I., Pascual-Pardo, D., Ton, J., & Cameron, D.D. (2017). The interactive effects of arbuscular mycorrhiza and plant growth-promoting rhizobacteria synergistically enhance host plant defences against pathogens. *Scientific Reports*, 7(1), 16409. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-16697-4>
- 79- Phillips, J.M., & Hayman, D.S. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55(1), 158-161. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(70\)80110-3](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(70)80110-3)
- 80- Priyadharsini, P., Rojama, K., Ravi, R.K., Muthuraja, R., Nagaraj, K., & Muthukumar, T. (2016). *Mycorrhizosphere: the extended rhizosphere and its significance*. p. 97-124. In: Choudhary D.K., Varma A., Tuteja N. (eds) *Plant-Microbe Interaction: An Approach to Sustainable Agriculture*. Springer Singapore. Singapore.
- 81- Roupael, Y., Franken, P., Schneider, C., Schwarz, D., Giovannetti, M., Agnolucci, M., Pascale, S.D., Bonini, P., & Colla, G. (2015). Arbuscular mycorrhizal fungi act as biostimulants in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 196, 91-108. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.002>
- 82- Saberi-Rise, R., & Moradi-Pour, M. (2020). The effect of *Bacillus subtilis* Vru1 encapsulated in alginate - bentonite coating enriched with titanium nanoparticles against *Rhizoctonia solani* on bean. *International Journal of Biological Macromolecules*, 152, 1089-1097. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.10.197>
- 83- Seifi, S. (2019). *Screening of nitrate removal bacteria and effect of these bacteria on biological control of*

- Fusarium wilt disease in tomato*. (PhD), University of Tehran, Karaj, Iran.
- 84- Seifi, S., Behboudi, K., Sharifi, R., & Shapleigh, J.P. (2020). Introduction, mechanisms of action and genomic description in plant probiotic bacterium *Bacillus velezensis*. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 50(2), 159-175. (In Persian with English abstract)
 - 85- Sharifi, R., & Ryu, C.-M. (2020). *Contribution of Bacterial Volatiles to Chemical Ecology*. p. 167-186. In: Ryu C.-M., Weisskopf L., Piechulla B. (eds) *Bacterial Volatile Compounds as Mediators of Airborne Interactions*. Springer Singapore. Singapore.
 - 86- Shasmita, Swain, H., Naik, S.K., & Mukherjee, A.K. (2019). Comparative analysis of different biotic and abiotic agents for growth promotion in rice (*Oryza sativa* L.) and their effect on induction of resistance against *Rhizoctonia solani*: A soil borne pathogen. *Biological Control*, 133, 123-133. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.02.013>
 - 87- Shi, Z., Wang, F., & Liu, Y. (2012). Response of soil respiration under different mycorrhizal strategies to precipitation and temperature. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12, 411-420.
 - 88- Silva, G.T.M.d.A., Oliveira, F.I.C.d., Carvalho, A.V.F., André, T.P.P., Silva, C.d.F.B.d., & Aragão, F.A.S.d. (2020). Method for evaluating *Rhizoctonia* resistance in melon germplasm. *Revista Ciência Agronômica*, 51(4), e20197090. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200076>
 - 89- Smith, S.E., Smith, F.A., & Jakobsen, I. (2003). Mycorrhizal fungi can dominate phosphate supply to plants irrespective of growth responses. *Plant Physiology*, 133(1), 16-20. <https://doi.org/10.1104/pp.103.024380>
 - 90- Söderberg, K.H., Olsson, P.A., & Bååth, E. (2002). Structure and activity of the bacterial community in the rhizosphere of different plant species and the effect of arbuscular mycorrhizal colonisation. *FEMS Microbiology Ecology*, 40(3), 223-231. [https://doi.org/10.1016/S0168-6496\(02\)00233-7](https://doi.org/10.1016/S0168-6496(02)00233-7)
 - 91- St-Arnaud, M., Hamel, C., & Fortin, J.A. (1994). Inhibition of *Pythium ultimum* in roots and growth substrate of mycorrhizal *Tagetes patula* colonized with *Glomus intraradices*. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 16(3), 187-194. <https://doi.org/10.1080/07060669409500751>
 - 92- Stockwell, V.O., Johnson, K.B., Sugar, D., & Loper, J.E. (2011). Mechanistically compatible mixtures of bacterial antagonists improve biological control of fire blight of pear. *Phytopathology*, 101(1), 113-123. <https://doi.org/10.1094/phyto-03-10-0098>
 - 93- Sumbul, A., Ansari, R.A., Rizvi, R., & Mahmood, I. (2020). *Azotobacter*: A potential bio-fertilizer for soil and plant health management. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(12), 3634-3640. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.08.004>
 - 94- Swadling, I.R., & Jeffries, P. (1996). Isolation of microbial antagonists for biocontrol of grey mould disease of strawberries. *Biocontrol Science and Technology*, 6(1), 125-136. <https://doi.org/10.1080/09583159650039584>
 - 95- Szczech, M. (2008). *Mixtures of microorganisms in biocontrol*. p. 69-110. In: Kim M.B. (ed), *Progress in Environmental Microbiology*. Nova Science Publishers. New York, USA.
 - 96- Thakur, M., Sahu, N.R., Tiwari, P.K., & Kotasthane, A. (2018). Combination of Azoxystrobin + Difenocanazole provides effective management of sheath blight of rice caused by *Rhizoctonia solani*. *International Journal of Chemical Studies*, 6(4), 1682-1685.
 - 97- Tu, C.-C., Hsieh, T.-F., & Chang, Y.-C. (1996). Vegetable Diseases Incited by *Rhizoctonia* spp. p. 369-377. In: Sneh B., Jabaji-Hare S., Neate S., Dijst G. (eds) *Rhizoctonia Species: Taxonomy, Molecular Biology, Ecology, Pathology and Disease Control*. Springer Netherlands. Dordrecht.
 - 98- Verma, S., Kumar, V., Narula, N., & Merbach, W. (2001). Studies on in vitro production of antimicrobial substances by *Azotobacter chroococcum* isolates/mutants. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 108(2), 152-165.
 - 99- Vinale, F., Marra, R., Scala, F., Ghisalberti, E.L., Lorito, M., & Sivasithamparam, K. (2006). Major secondary metabolites produced by two commercial *Trichoderma* strains active against different phytopathogens. *Letters in Applied Microbiology*, 43(2), 143-148. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2006.01939.x>
 - 100- Wahyuno, D., Manohara, D., & Octivia Trisilawati, O. (2016). Pretreatment effect of black pepper seedlings with *Pseudomonas*, *Trichoderma* and mycorrhiza on foot rot disease incidence. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*, 27(1), 55-66.
 - 101- Wu, M., Yan, Y., Wang, Y., Mao, Q., Fu, Y., Peng, X., Yang, Z., Ren, J., Liu, A., Chen, S., & Ahammed, G.J. (2021). Arbuscular mycorrhizal fungi for vegetable (VT) enhance resistance to *Rhizoctonia solani* in watermelon by alleviating oxidative stress. *Biological Control*, 152, 104433. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104433>
 - 102- Xu, X.M., Jeffries, P., Pautasso, M., & Jeger, M.J. (2011). Combined use of biocontrol agents to manage plant

- diseases in theory and practice. *Phytopathology*, 101, 1024-1031. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-08-10-0216>
- 103- Yao, M., Tweddell, R., & Désilets, H. (2002). Effect of two vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the growth of micropropagated potato plantlets and on the extent of disease caused by *Rhizoctonia solani*. *Mycorrhiza*, 12(5), 235-242. <https://doi.org/10.1007/s00572-002-0176-7>
- 104- Yao, X., Zhang, Z., Huang, J., Wei, S., Sun, X., Chen, Y., Liu, H., & Li, S. (2021). Candidicin Isomer Production Is Essential for Biocontrol of Cucumber *Rhizoctonia* Rot by *Streptomyces albidoflavus* W68. *Applied and Environmental Microbiology*, 87(9), e03078-03020. <https://doi.org/10.1128/AEM.03078-20>
- 105- Yildirim, E., & Erper, I. (2017). Characterization and pathogenicity of *Rhizoctonia* spp. isolated from vegetable crops grown in greenhouses in Samsun province, Turkey. *Bioscience Journal*, 33(2), 257-267. <https://doi.org/10.14393/BJ-v33n2-34580>
- 106- Yu, Y.-Y., Jiang, C.-H., Wang, C., Chen, L.-J., Li, H.-Y., Xu, Q., & Guo, J.-H. (2017). An improved strategy for stable biocontrol agents selecting to control rice sheath blight caused by *Rhizoctonia solani*. *Microbiological Research*, 203, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2017.05.006>
- 107- Zhang, F., Zou, Y.-N., Wu, Q.-S., & Kuča, K. (2020). Arbuscular mycorrhizas modulate root polyamine metabolism to enhance drought tolerance of trifoliate orange. *Environmental and Experimental Botany*, 171, 103926. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.103926>
- 108- Zhang, Y., Wang, C., Zhang, Y., Liu, S., Su, P., & Liao, X. (2016). Screening and identification of the novel bacterial strain *Alcaligenes faecalis* B137W and its inhibitory effects against the plant pathogenic fungus, *Rhizoctonia solani*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26(4).
- 109- Zhou, Y., Ge, S., Jin, L., Yao, K., Wang, Y., Wu, X., Zhou, J., Xia, X., Shi, K., Foyer, C.H., & Yu, J. (2019). A novel CO₂-responsive systemic signaling pathway controlling plant mycorrhizal symbiosis. *New Phytologist*, 224(1), 106-116. <https://doi.org/10.1111/nph.15917>



Some Nutritional Indices of the Khapra Beetle, *Trogoderma granarium* (Everts) (Coleoptera: Dermestidae) on Grain of Various Wheat Genotypes

B. Naseri^{1*}, S. Noruzinia², S.A.A Fathi³- H. Rafiee-Dastjerdi⁴

Received: 13-02-2023

Revised: 30-07-2023

Accepted: 31-07-2023

Available Online: 01-08-2023

How to cite this article:

Naseri, B., Noruzinia, S., Fathi, S.A.A., & Rafiee-Dastjerdi, H. (2023). Some nutritional indices of the Khapra beetle, *Trogoderma granarium* (Everts) (Coleoptera: Dermestidae) on grain of various wheat genotypes. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, 37(2), 159-164. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jpp.2023.81101.1130>

Introduction

Trogoderma granarium (Everts) is an economic insect pest of stored grains in Iran and many tropical and subtropical regions. If stored products contaminated with this insect are consumed by humans, it would cause serious digestive diseases. To control *T. granarium* in storage, chemical insecticides and fumigants are often used, but due to their extreme toxicity to humans and other dangerous side-effects, their application has been limited. Therefore, in order to develop alternative control methods with minimal harmful effects to humans and other non-target organisms, there is a need to understand feeding performances of the pest on different cultivars. The use of insect-resistant plants is one of the effective methods in integrated pest management programs. Study of nutritional indices of stored product insects is one of the important methods of measuring the resistance in plant cultivars.

Materials and Methods

Nutritional indices of *T. granarium* larvae were investigated using the gravimetric method provided by Wadbauer (1968). The grains of wheat genotypes including N-91-9, Heidari, Aftab, Tirgan, N-92-19, Gaskojen and Kouhdasht were crushed using a grinder. Then, first instar larvae were reared on the grains of these genotypes under $33 \pm 1^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ R.H., and 14:10 (L:D) h. After emergence of fifth instar, the weight of larvae, before and after feeding, and the amount of grain eaten by the larvae were measured. The data were analyzed using one-way ANOVA using SPSS ver.16. Then, Tukey's HSD test, with a probability level of 5%, was used to investigate the statistical differences among the means.

Results and Discussion

There were significant differences in the nutritional indices of *T. granarium* fifth instar larvae on grain of different wheat genotypes. The larvae raised on line N-91-9 had the lowest weight of food consumption (24.33 ± 3.38 mg/10 larvae) compared to other genotypes tested. Larvae fed with line N-91-9 (5.33 ± 0.33 mg/10 larvae) and cultivars Aftab (3.00 ± 0.57 mg/10 larvae) and Heidari (3.00 ± 0.57 mg/10 larvae) showed lower weight gain than those fed with other genotypes. The highest efficiency of conversion of ingested food (ECI) was on cultivars Gascojen ($36.56 \pm 1.46\%$) and Tirgan ($33.42 \pm 0.60\%$), and the lowest was observed on cultivars Aftab ($7.32 \pm 1.51\%$) and Heidari ($7.86 \pm 1.38\%$). The highest relative consumption rate (RCR) was found on cultivar Gascojen (1.08 ± 0.05 mg/mg/day) and line N-92-19 (0.95 ± 0.02 mg/mg/day), and the lowest was seen on line N-91-9 (0.16 ± 0.03 mg/mg/day), and cultivars Heidari (0.19 ± 0.02 mg/mg/day) and Aftab (0.24 ± 0.02 mg/mg/day).

1, 2, 3 and 4- Professor, M.Sc. in Agricultural Entomology and Professors, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: bnaseri@uma.ac.ir)

DOI: [10.22067/jpp.2023.81101.1130](https://doi.org/10.22067/jpp.2023.81101.1130)

mg/mg/day). As compared with the other examined genotypes, the relative growth rate (*RGR*) was the highest on cultivar Gascojen (0.394 ± 0.022 mg/mg/day). Larvae feeding from cultivar Gascojen (5.61 ± 0.17 mg/day) had the highest growth rate (*GR*), and larvae feeding from line N-91-9 (0.76 ± 0.04 mg/day) and cultivars Heidari (0.42 ± 0.08 mg/day) and Aftab (0.42 ± 0.08 mg/day) had the lowest *GR* value. The change in the nutritional indices of *T. granarium* larvae can be due to the differences in physical and chemical characteristics of the grains of tested wheat genotypes. The *ECI* index represents the ability of an insect to use eaten food to increase its body size and weight. In other words, the increase in *ECI* value on cultivars Gascojen and Tirgan indicates the high ability of fifth instar larvae to convert the eaten grain into body biomass. This finding may be due to the high protein content and low grain hardness of these cultivars. The decrease in the amount of food eaten and body weight in larvae fed with cultivar Heidari and line N-91-9 may be due to the high grain hardness of these genotypes.

Conclusion

Our results showed that line N-91-9 and cultivars Heidari and Aftab had lower nutritional value than the other tested genotypes for *T. granarium* larvae, because the amount of food eaten, larval weight gain and nutritional indices of larvae fed with these genotypes were lower than other genotypes tested. So, these genotypes can be used in genetic engineering programs to minimize the damage of *T. granarium*. The presence of defensive chemical compounds, grain hardness or the lack of essential nutrients for the development of the pest may be the reason why some of the tested genotypes are unsuitable for *T. granarium* feeding.

Keywords: Khapra beetle, Larval weight, Nutritional performance, Wheat cultivar

برخی شاخص‌های تغذیه‌ای لمبه‌ی گندم

Trogoderma granarium (Everts) (Coleoptera: Dermestidae) روی دانه‌ی ژنوتیپ‌های

مختلف گندم

بهرام ناصری^{۱*} - سویل نوروزی نیا^۲ - سیدعلی اصغر فتحی^۳ - هوشنگ رفیعی دستجردی^۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۲۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۵/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۹

چکیده

لمبه‌ی گندم *Trogoderma granarium* (Everts) یکی از آفات مهم غلات انباری در ایران و بسیاری از نواحی گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جهان می‌باشد. مطالعه‌ی شاخص‌های تغذیه‌ای حشرات و اثرات متقابل بین گیاه- گیاهخوار، یکی از روش‌های مهم اندازه‌گیری مقاومت آنتی‌بیوزی ارقام گیاهی است. در این تحقیق، شاخص‌های تغذیه‌ای لاروهای سن پنجم *T. granarium* روی دانه‌ی هفت ژنوتیپ گندم (ارقام حیدری، آفتاب، تیرگان، گاسکوژن و کوهدشت و لاین‌های N-91-9 و N-92-19) در شرایط کنترل شده بررسی شد. بدین منظور، وزن لاروهای سن پنجم قبل و بعد از تغذیه محاسبه شد، سپس مقدار دانه‌های خورده شده توسط لاروها از طریق محاسبه‌ی اختلاف وزن دانه‌های داده شده به لارو و وزن دانه‌های باقی‌مانده در انتهای آزمایش تعیین شد. لاروهای پرورش‌یافته روی لاین N-91-9 کمترین وزن غذای خورده شده را در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها داشتند. لاروهای تغذیه‌شده با رقم گاسکوژن بیشترین افزایش وزن و لاروهای تغذیه‌شده با لاین N-91-9 و ارقام حیدری و آفتاب کمترین افزایش وزن را در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها دارا بودند. بیشترین میزان بازدهی تبدیل غذای خورده شده روی ارقام تیرگان و گاسکوژن و کمترین مقدار آن روی ارقام آفتاب و حیدری مشاهده شد. بیشترین مقدار نرخ مصرف نسبی روی رقم گاسکوژن و لاین N-92-19 و کمترین آن روی لاین N-91-9 و ارقام حیدری و آفتاب ثبت شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان‌دهنده‌ی مقاومت بالاتر لاین N-91-9 و ارقام حیدری و آفتاب در برابر تغذیه‌ی *T. granarium* می‌باشد. از این ژنوتیپ‌ها می‌توان در تولید محصولات تراریخته در برنامه‌های مهندسی ژنتیک برای به حداقل رساندن خسارت این آفت کلیدی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: رقم گندم، لمبه‌ی گندم، کارایی تغذیه‌ای، وزن لارو

مقدمه

شیمیایی تدخینی استفاده می‌شود ولی به دلیل سمیت فوق‌العاده‌ی آنها روی انسان، مقاوم شدن آفات انباری و سایر عوارض خطرناک، مصرف آنها با محدودیت‌های شدیدی روبرو است (Finkelman et al., 2006). بنابراین برای توسعه‌ی روش‌های کنترلی جایگزین با حداقل آسیب به انسان و سایر موجودات غیرهدف، نیاز به درک جنبه‌های زیستی و تغذیه‌ای آفت روی ارقام مختلف می‌باشد. یکی از روش‌های مهم اندازه‌گیری مقاومت آنتی‌بیوزی ارقام گیاهی، تعیین شاخص‌های تغذیه‌ای حشرات و مطالعه‌ی اثرات متقابل بین گیاه- گیاهخوار است (Scriber and Slansky, 1981).

در تحقیق سیفی و همکاران (Seifi et al., 2015)، شاخص‌های تغذیه‌ای لارو لمبه‌ی گندم روی ۹ رقم جو و یک رقم گندم بررسی شد. نتایج بیانگر این بود که لاروهای پرورش‌یافته روی رقم بهمن جو

لمبه‌ی گندم *Trogoderma granarium* (Everts) یکی از آفات کلیدی غلات در نواحی گرمسیری و نیمه‌گرمسیری جهان می‌باشد (Burgess, 2008). تغذیه‌ی لاروهای آفت سبب کاهش وزن دانه و کیفیت غذایی محصولات انباری می‌شود (Jood and Kapoor, 1993). برای کنترل آفات انباری اغلب از حشره‌کش‌های

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب استاد، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی و استادان گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
(*)- نویسنده مسئول:
(Email: bnaseri@uma.ac.ir)

بازدهی تبدیل غذای خورده شده Efficiency of conversion

$$ECI = \frac{P}{E} \text{ of ingested food (ECI)}$$

نرخ مصرف نسبی (RCR) Relative consumption rate

$$RCR = \frac{E}{A \times T}$$

نرخ رشد نسبی (RGR) Relative growth rate

$$RGR = \frac{P}{A \times T}$$

$$GR = \frac{P}{T} \text{ Growthrate (GR) نرخ رشد}$$

در فرمول‌های بالا E وزن غذای خورده شده (میلی‌گرم)، P افزایش وزن لاروها طی ۷ روز (میلی‌گرم)، A میانگین وزن اولیه لاروها (میلی‌گرم) و T تعداد روزهای تغذیه می‌باشد.

جهت اطمینان از توزیع نرمال داده‌ها، آزمون Kolmogorov-Smirnov استفاده شد. بر اساس نتایج این آزمون، تمامی داده‌ها توزیع نرمال داشتند. تجزیه‌ی آماری داده‌ها با استفاده از روش تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) در نرم‌افزار آماری SPSS ver.16 انجام شد. برای مقایسه‌ی اختلاف آماری بین میانگین‌ها، از آزمون توکی با سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

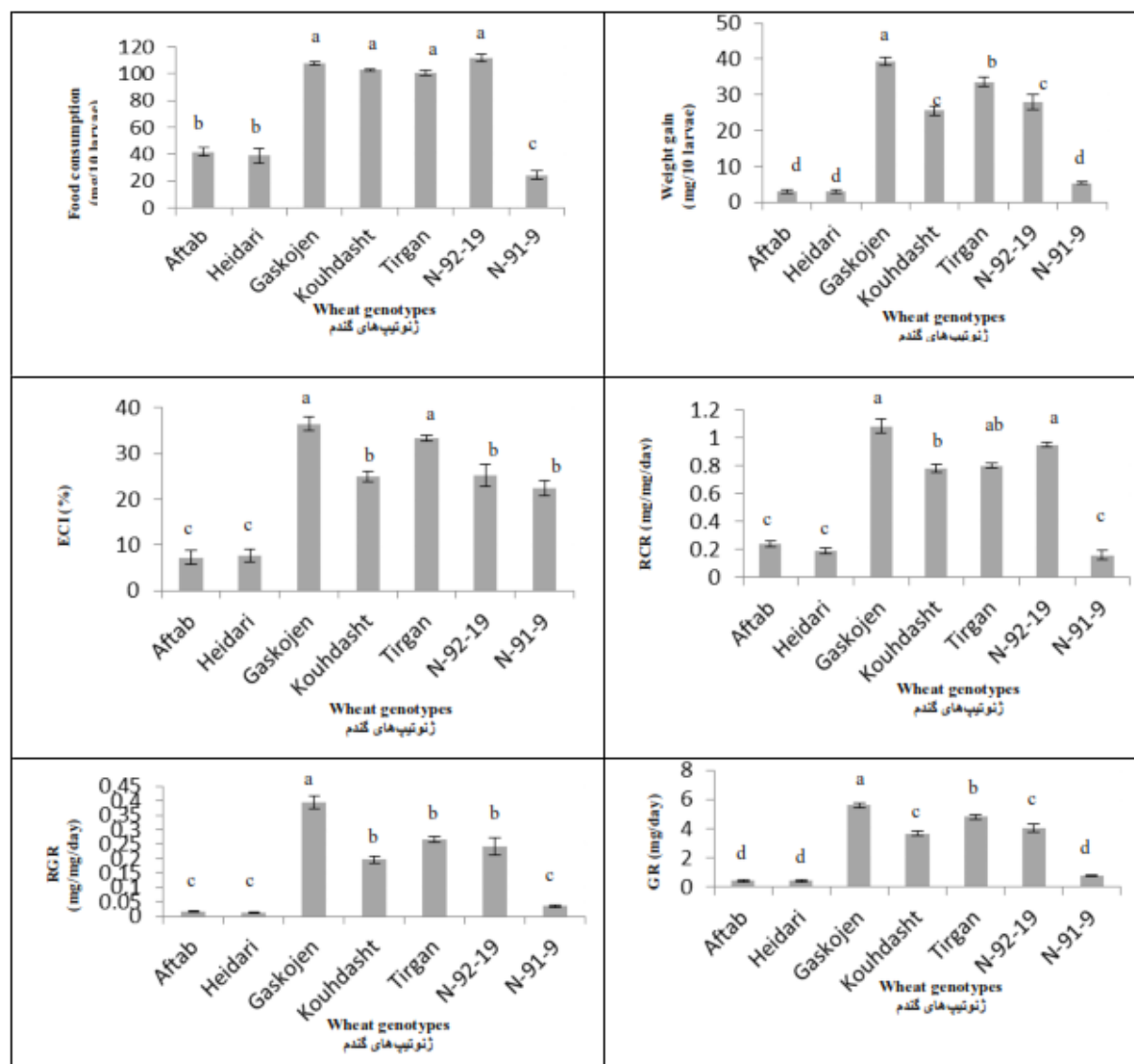
شاخص‌های تغذیه‌ای لاروهای سن پنجم *T. granarium* روی ژنوتیپ‌های مختلف گندم اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۱). لاروهای پرورش‌یافته روی N-91-9 کمترین وزن غذای خورده شده را در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها داشتند ($F=169.88$; $df=6,14$; $P < 0.001$). همچنین لاروهای تغذیه‌شده با گاسکوژن بیشترین افزایش وزن و لاروهای تغذیه‌شده با N-91-9، حیدری و آفتاب کمترین افزایش وزن را داشتند ($F=185.56$; $df=6,14$; $P < 0.001$). بیشترین میزان بازدهی تبدیل غذای خورده شده (ECI) روی تیرگان و گاسکوژن و کمترین مقدار آن روی آفتاب و حیدری مشاهده شد ($F=54.005$; $df=6,14$; $P < 0.001$). بیشترین مقدار نرخ مصرف نسبی (RCR) روی گاسکوژن و N-92-19 و کمترین آن روی N-91-9، حیدری و آفتاب مشاهده شد ($F=130.83$; $df=6,14$; $P < 0.001$). همچنین نرخ رشد نسبی (RGR) حشره روی گاسکوژن بیشترین مقدار را داشت ($F=84.8$; $df=6,14$; $P < 0.001$). لاروهای تغذیه‌کننده از گاسکوژن بیشترین نرخ رشد (GR) و لاروهای تغذیه‌کننده از N-91-9، حیدری و آفتاب کمترین نرخ رشد را داشتند ($F=185.56$; $df=6,14$; $P < 0.001$).

کمترین بازدهی تبدیل غذای خورده شده (ECI) را نسبت به سایر ارقام داشتند. در مطالعه‌ی دیگری، شاخص‌های تغذیه‌ای لمبه‌ی گندم روی ده رقم گندم بررسی و کمترین شاخص ECI روی رقم کوه‌دشت گزارش شد (Golizadeh and Abedi, 2016). تأثیر ۱۰ رقم جو روی شاخص‌های تغذیه‌ای لمبه‌ی گندم توسط گلی‌زاده و عابدی (Golizadeh and Abedi, 2017) بررسی و Line 22 به عنوان لاین مقاوم به آفت معرفی شد. شاخص‌های تغذیه‌ای لارو سن پنجم لمبه‌ی گندم روی شش رقم برنج بررسی و کمترین و بیشترین بازدهی تبدیل غذای خورده شده به ترتیب روی رقم‌های خزر و گیلا نه گزارش شد (Barzin et al., 2019). هدف از انجام این پژوهش، بررسی برخی شاخص‌های تغذیه‌ای لاروهای سن پنجم لمبه‌ی گندم روی ۷ ژنوتیپ مختلف گندم بود تا با شناسایی ژنوتیپ‌های واجد مقاومت نسبی بالاتر بتوان در برنامه‌های مدیریتی آفت از آنها به عنوان منابعی از مقاومت به *T. granarium* استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

دانه‌ی ژنوتیپ‌های مختلف گندم شامل لاین‌های N-91-9 و N-92-19 و ارقام حیدری، آفتاب، تیرگان، گاسکوژن و کوه‌دشت که سطح زیر کشت بالایی در ایران دارند از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مغان (استان اردبیل) تهیه شدند. جهت انجام آزمایش، دانه‌های مورد نظر با استفاده از دستگاه آسیاب‌کن خرد شدند. کلنی اولیه‌ی لمبه‌ی گندم از آزمایشگاه تحصیلات تکمیلی گروه گیاه پزشکی دانشگاه محقق اردبیلی تهیه شد. سپس این حشرات به ظروف پلاستیکی گرد (قطر ۱۲ و ارتفاع ۵ سانتی‌متر) حاوی ژنوتیپ‌های گندم مورد آزمایش منتقل و در اتاقک پرورش با دمای $21 \pm 3^\circ\text{C}$ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی $65 \pm 5\%$ درصد و دوره‌ی نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی پرورش داده شدند. برای تخم‌گیری، حشرات کامل نر ماده به ظروف پتری ۶ سانتی‌متری که هر یک حاوی ژنوتیپ‌های مختلف گندم بودند منتقل شدند.

برای محاسبه‌ی شاخص‌های تغذیه‌ای لمبه‌ی گندم (بر حسب وزن خشک)، ۳۰ عدد لارو سن اول حشره به طور مجزا روی دانه‌ی هر یک از ژنوتیپ‌های گندم (۲ گرم از هر ژنوتیپ) در سه گروه ۱۰ عددی داخل ظروف پتری ۶ سانتی‌متری پرورش داده شدند. شاخص‌های تغذیه‌ای از زمان ظهور لاروهای سن پنجم به علت تغذیه و خسارت بالای این سن محاسبه شدند. وزن لاروهای سن پنجم قبل و بعد از تغذیه محاسبه شد، سپس مقدار دانه‌های خورده شده توسط لاروها از طریق محاسبه اختلاف وزن دانه‌های داده شده به لارو و وزن دانه‌های باقی‌مانده در انتهای آزمایش (پس از ۷ روز تغذیه) تعیین شد. شاخص‌های تغذیه‌ای حشره با استفاده از فرمول‌های Waldbauer (1968) محاسبه شدند:



شکل ۱- میانگین ($\pm$ خطای معیار) شاخص‌های تغذیه‌ای لاروهای سن پنجم *Trogodemra granarium* روی ژنوتیپ‌های مختلف گندم
برای هر شاخص، حروف متفاوت نشان دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌هاست (آزمون توکی، $P < 0.05$). ECI: بازدهی تبدیل غذای خورده شده، RCR: نرخ مصرف نسبی، RGR: نرخ رشد نسبی، GR: نرخ رشد

Figure 1- Mean ($\pm$ SE) nutritional indices of *Trogodemra granarium* fifth instar larvae on different wheat genotypes
Mean values followed by different letters for each index are significantly different (Tukey's HSD test, $P < 0.05$). ECI: Efficiency of conversion of ingested food; RCR: Relative consumption rate; RGR: Relative growth rate; GR: Growth rate.

ارقام مورد مطالعه می‌باشد. پایین بودن وزن غذای خورده شده و وزن بدن در لاروهای تغذیه شده روی ارقام آفتاب و حیدری و لاین N-91-9 نیز ممکن است به خاطر سختی بالای دانه‌ی حیدری و N-91-9 و احتمال وجود مهارکننده‌های آنزیمی در رقم آفتاب باشد. در آزمایش حاضر، محدوده‌ی وزن غذای خورده شده توسط لارو لمبه

تغییر در شاخص‌های تغذیه‌ای لاروهای سن پنجم *T. granarium* روی ژنوتیپ‌های مختلف گندم می‌تواند به دلیل ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی متفاوت ژنوتیپ‌های مورد آزمایش باشد. بیشترین افزایش وزن لاروها روی رقم گاسکوژن احتمالاً به دلیل تفاوت در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی این رقم در مقایسه با سایر

گندم بیشتر از مقدار گزارش شده توسط سیفی و همکاران (Seifi et al., 2016) روی ارقام مختلف جو می‌باشد. این تفاوت‌ها ممکن است به دلیل تفاوت در نوع میزبان مورد آزمایش باشد. افزایش مقدار ECI حشره روی ارقام گاسکوژن و تیرگان نشان‌دهنده‌ی توانایی بالای حشره برای تبدیل غذای خورده شده به زیست‌توده‌ی بدن روی این ارقام است. این یافته ممکن است به دلیل محتوی بالای پروتئین و سختی پایین دانه باشد. در مقابل، در لاروهای که افزایش وزن کمتری داشتند مقدار ECI آن‌ها نیز کاهش یافت. در مطالعه‌ی حاضر، نتایج حاصل از ECI مربوط به لاروهای سن پنجم تغذیه شده روی رقم‌های مختلف گندم، بیشتر از ECI گزارش شده توسط گلی‌زاده و عابدی (Golizadeh and Abedi, 2017) روی ارقام مختلف جو است که این تفاوت می‌تواند ناشی از تفاوت در نوع میزبان گیاهی و سن لاروی آزمایش شده باشد. بیشتر بودن ECI لمبه گندم در آزمایش حاضر نسبت به ECI گزارش شده توسط پژوهشگران ذکر شده در بالا، احتمالاً به دلیل مطلوبیت بیشتر گندم در مقایسه با جو برای تغذیه‌ی لمبه‌ی گندم می‌باشد. براساس نتایج پژوهش حاضر، لاین N-91-9 و رقم حیدری از ارزش غذایی کمتری برای لاروهای T. granarium برخوردار بودند، بنابراین شاخص‌های RGR و RCR لاروها روی این ژنوتیپ‌ها کاهش یافت. برعکس، گاسکوژن و کوه‌دشت دارای کیفیت مناسب‌تری برای تغذیه‌ی لاروها بوده و در نتیجه، شاخص‌های تغذیه‌ای حشره روی این ارقام افزایش پیدا کرد. نتایج حاصل از RGR مربوط به لاروهای سن پنجم لمبه‌ی گندم

روی لاین N-91-9 (۰/۰۳۰ میلی گرم بر میلی گرم بر روز) نزدیک به مقدار RGR گزارش شده توسط گلی‌زاده و عابدی (Golizadeh and Abedi, 2016) روی گندم رقم سایسونز (۰/۰۳۱ میلی گرم بر میلی گرم بر روز) بود که نشان می‌دهد این دو رقم از کیفیت تغذیه‌ای مشابهی برای لمبه‌ی گندم برخوردار هستند.

نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های تغذیه‌ای لارو لمبه گندم روی ژنوتیپ‌های مختلف گندم نشان دهنده‌ی نامناسب بودن لاین N-91-9 و ارقام آفتاب و حیدری نسبت به سایر رقم‌های مورد آزمایش بود زیرا میزان غذای خورده شده، وزن لارو و شاخص‌های تغذیه‌ای در لاروهای تغذیه شده با این ژنوتیپ‌ها کمتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود. وجود ترکیبات شیمیایی دفاعی، سختی دانه و عدم حضور برخی عناصر غذایی ضروری برای نشوونمای آفت ممکن است دلیل نامناسب بودن بعضی از ژنوتیپ‌های مورد آزمایش برای T. granarium باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مغان به خاطر تامین دانه‌ی ارقام گندم و از معاونت پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی به خاطر تأمین هزینه‌های اجرای این پژوهش قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

- 1- Barzin, Sh., Naseri, B., Fathi, S.A.A., Razmjou, J., & Aeinehchi, P. (2019). Feeding efficiency and digestive physiology of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) on different rice cultivars. *Journal of Stored Products Research*, 84, 101511. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2019.101511>
- 2- Burges, H.D. (2008). Development of the khapra beetle, *Trogoderma granarium*, in the lower part of its temperature range. *Journal of Stored Products Research*, 44, 32-35. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2005.12.003>
- 3- Finkelman, S., Navarro, S., Rindner, M., & Dias, R. (2006). Effect of low pressure on the survival of *Trogoderma granarium* Everts, *Lasioderma serricorne* (F.) and *Oryzaephilus surinamensis* (L.) at 30°C. *Journal of Stored Products Research*, 42, 23-30. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2004.09.001>
- 4- Golizadeh, A., & Abedi, Z. (2016). Comparative performance of the Khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) on various wheat cultivars. *Journal of Stored Products Research*, 69, 159-165. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2016.08.003>
- 5- Golizadeh, A., & Abedi, Z. (2017). Feeding performance and life table parameters of Khapra Beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) on various barley cultivars. *Bulletin of Entomological Research*, 14, 1-10. <https://doi.org/10.1017/S0007485317000207>
- 6- Jood, S., & Kapoor, A.C. (1993). Protein and uric acid contents of cereal grains as affected by insect infestation. *Food Chemistry*, 46, 143-146. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(93\)90027-D](https://doi.org/10.1016/0308-8146(93)90027-D)
- 7- Scriber, J.M., & Slansky, F. (1981). The nutritional ecology of immature insects. *Annual Review of Entomology*, 26, 183-211.
- 8- Seifi, S., Naseri, B., & Razmjou, J. (2015). Nutritional physiology of the Khapra beetle, *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) fed on various barley cultivars. *Journal of Economic Entomology*, 109, 472-477. <https://doi.org/10.1093/jee/tov331>
- 9- Waldbauer, G.P. (1968). The consumption and utilization of food by insects. *Advances in Insect Physiology*, 5, 229-288.



Community Structure, Species Diversity and Weed Distribution Map in Turfgrass of Tehran City Parks

A. Lashkari¹, M. Rastgoo^{2*}, M. Minbashi Moeini³, A. Ghanbari⁴

Received: 16-04-2017

Revised: 31-01-2018

Accepted: 04-04-2018

Available Online: 07-04-2018

How to cite this article:

Lashkari, A., Rastgoo, M., Minbashi Moeini, M., & Ghanbari, A. (2023). Community structure, species diversity and weed distribution map in Turfgrass of Tehran city parks. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, 37(2), 165-176. (In Persian with English abstract).
<https://doi.org/10.22067/jpp.2021.31997.0>

Introduction

Tehran, in terms of extent, is the 26th megacity of the world. Tehran's urban green landscape per capita is 15.5 square meters per person. Weeds annually financially damage green landscapes in Tehran, the cost of weed management in a lawn is 1500 rials per square meter. One of the tools and methods that can improve weed management is to map their distribution. These map help researchers. 1- Areas affected by the population of different species. 2- Identify areas of the invasive weed infested areas. So far, the study of community structure and species diversity in weeds in the green space of Mashhad, Khorshid park Mashhad, and grass fields of Shiraz University have been done, but a similar research has not been done in Tehran. A research was conducted in parks of 22 districts of Tehran in order to assess, specify diversity, density, dominance and distribution map of weeds in Tehran.

Materials and Methods

This study was conducted in years 2014-2015 in 48 parks of 22 districts of Tehran. Sampling was conducted in summer using W systematic method. The parks in each area were chosen according to the extent of green area, the location of the park in the twon (whether the park was in the suburbs of Tehran or other parts of the area) and according to the three following scales. In the 5 hectare parks, 10 samples, 6 to 15 hectare parks, 15 samples and in 16 and more than 16 hectare parks 25 samples were taken. In the 5 hectare parks, 25 meters, 6 to 15 hectare parks, 40 meters and in 60 and more than 60 hectare parks 70 meters of margin was considered for each park. Latitude, longitude and altitude were recorded. Weeds of each quadrat were identified and counted according to their species and finally, using Thomas equations (1985), their frequency, uniformity, average aggregation and dominance index were calculated. In order to create distribution map of weeds Arcgis and Arcmap soft-wares were used for determine the distribution of dominant species of weeds and other species in the city of Tehran. Shannon-Wiener and uniformity indexes were calculated for all parks. For comparing and grouping 22 districts, cluster analysis was performed using SPSS software.

Results and Discussion

A total of 52 weed species from 21 families were observed. Maximum weed densities respectively were found in the Region 17 and Region 16 with 34.38 and 36.25 plant/m². The 28 species of 52 species belonging to

1, 2 and 4- Ph.D. Graduate, Professor and Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.

(* - Corresponding Author. Email: m.rastgoo@um.ac.ir)

3- Associate Professor, Department of Weed Research, Plant Pest and Disease Research Institute, AREEO, Tehran, Iran

DOI: [10.22067/jpp.2021.31997.0](https://doi.org/10.22067/jpp.2021.31997.0)

four families, Asteraceae, Poaceae, Fabaceae, and Chenopodiaceae, with 10, 7, 6 and 4 species, respectively. Based on a abundance index (AI). Lion's tooth (*Taraxacum officinale*), knotweed (*Polygonum patulum*), great plantain (*Plantago major*), bermuda grass (*Cynodon dactylon*) and Sow thistle (*Sonchus oleraceus*) were dominant species. Parks in district 2 with 3.30 had maximum diversity in weed community and parks in districts 15, 21, 11, 18, 12, 14, 3 with 2.25, 2.25, 2.25, 2.19, 2.31, 2.33, 2.12, respectively had minimum diversity. Also presence of Beggarticks (*Bidens parviflora* Willd), garden anchusa (*Anchusa italic* Retz), garden orache (*Atriplex hortensis* L.), common reed (*Phragmites australis* (Cav.) Trinexsteud), ribwort plantain (*Plantago lanceolata* L.), nappola minor (*Xanthium brasiliacum*), yellow sweet clover (*Mellilotus officinalis* L. Desr), common mallow (*Malva sylvestris* L.) weeds in some specific areas makes it necessary to control these weeds to stop their reproduction in these specific area and expansion of infected seeds from these areas to other areas of Tehran. Lion's tooth distribution maps, as the most dominant broad leaf weed showed that the highest plant density above regions 21, 18, 16, 17, 19 and the lowest density in regions 4, 1, 5, 22, 3 there. Bermuda grass distribution maps, as the most dominant weed of slim leaf showed that the highest plant density above regions 2, 4, 5, 8, 9, 10, 16, 21 and the lowest density in regions 12, 13 there.

Conclusion

Determination of density, type, species and life cycle of weeds in Tehran parks, allows to manage and reduce weeds damages and also by using integrated weed management system it is possible for better management and reduce weeds population and stop spreading of them from one area to another. Also close monitoring and precise management of other parameters such as soil and manure is effective in reducing the population of weeds in all areas.

Keywords: Density, Lion's tooth (*Taraxacum officinale*), Shannon–Wiener index, Uniformity index

ساختار جوامع، تنوع گونه‌ای و نقشه پراکنش علف‌های هرز در چمن‌کاری بوستان‌های شهر تهران

علی لشکری^۱ - مهدی راستگو^{۲*} - مهدی مین باشی معینی^۳ - علی قنبری^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۲۷

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۱۱/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۱/۱۵

چکیده

سرانه فضای سبز درون شهری در تهران ۱۵/۵ متر مربع می‌باشد. از عوامل تأثیرگذار جهت حفظ و افزایش این میزان، و رسیدن آن به حد استاندارد جهانی (۲۵ متر مربع)، مدیریت صحیح علف‌های هرز می‌باشد. مدیریت مناسب علف‌های هرز مستلزم شناخت کافی از ساختار جوامع، تنوع، شاخص‌های جمعیتی و نحوه پراکنش آنها می‌باشد. در همین راستا تحقیقی در سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ در چمن‌کاری بوستان‌های ۲۲ منطقه شهر تهران انجام شد. نمونه برداری در فصل تابستان و با استفاده از روش سیستماتیک W انجام و علف‌های هرز به تفکیک جنس و گونه شناسایی و شمارش شدند. فواصل نقاط نمونه‌برداری بین ۵ تا ۴۰ قدم بر روی هر بازوی W با توجه به قطعات موجود در فضای سبز در نظر گرفته شد و در مجموع ۶۰ نقطه بر روی هر قطعه W در نظر گرفته شد و ۶۰ کادر به ابعاد ۱ × ۱ متر در نظر گرفته شد. مختصات جغرافیایی همه چمن‌کاری بوستان‌ها که شامل طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا بود با یک دستگاه GPS^۲ دقیق ثبت شده و در فرم‌های مربوطه یادداشت شد. در نهایت فراوانی، یکنواختی، میانگین تراکم شاخص غالبیت گونه‌ها محاسبه شد. جهت تهیه نقشه پراکنش علف‌های هرز نیز از نرم‌افزار ArcMap و ArcGis استفاده شد. در مجموع، تعداد ۵۲ گونه علف هرز از ۲۱ تیره گیاهی در سطح شهر تهران شناسایی شد. از نظر تراکم علف‌های هرز، چمن‌کاری بوستان‌های متعلق به مناطق ۱۷ و ۱۶ به ترتیب با ۳۴/۳۸ و ۲۴/۲۵ بوته در متر مربع بیشترین و چمن‌کاری بوستان‌های مناطق ۵، ۱۲، ۲۰ و ۲۱ به ترتیب با ۷، ۹/۰۵، ۹/۳۱ و ۹/۵۵ بوته در متر مربع کمترین تراکم علف‌های هرز را دارا بودند. از ۵۲ گونه شناسایی شده، ۲۷ گونه (۵۱٪) به چهار تیره کاسنی (Asteraceae)، گندمیان (Poaceae)، بقولات (Fabaceae) و اسفناج (Chenopodiaceae) تعلق داشتند. این چهار تیره به ترتیب با ۱۰، ۷، ۶ و ۴ گونه بیشترین تنوع را در سطح چمن‌کاری بوستان‌های شهر تهران داشتند. از نظر چرخه زندگی، ۳۲ گونه یکساله، ۱۸ گونه چند ساله، ۲ گونه دوساله، در چمن‌کاری بوستان‌های شهر تهران شناسایی شدند. در بین گونه‌ها، ۴۵ گونه پهن برگ و ۷ گونه باریک برگ (۶ گونه گراس و یک گونه از سایر باریک برگ‌ها) بودند. از نظر شاخص وفور (AI)، علف‌های هرز گل قاصد (*Taraxacum officinale* L.)، هفت‌بند پا کوتاه (*Polygonum patulum* M. Bieb.)، بارهنگ (*Plantago major* L.)، شیرتیغ رطوبت پسند (*Sonchus oleraceus* L.) و پنجه مرغی (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) به ترتیب با شاخص‌های غالبیت ۱۶۴/۲۴، ۱۴۴/۵۷، ۱۴۳/۰۷، ۱۲۴/۷۶ و ۱۳۸/۲۷ به عنوان علف‌های هرز غالب چمن‌کاری‌های شهر تهران شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: تراکم، شاخص وفور، شانون وینر، گل قاصد

۱، ۲ و ۴- به ترتیب دانش آموخته دکتری، استاد و دانشیار گروه اگرو تکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(*) - نویسنده مسئول: (Email: m.rastgoo@um.ac.ir)

۳- دانشیار، بخش تحقیقات علف‌های هرز، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

مقدمه

یکی از اهداف ایجاد فضای سبز جنبه زیبایی آن می‌باشد، پدیدار شدن علف‌های هرز در فضای سبز، هم زیبایی و یکنواخت بودن آن را مختل می‌کند و هم اینکه بر سر نور، آب و مواد غذایی با چمن و گیاهان زینتی احداث شده رقابت می‌کند و نهایتاً منجر به ضعف شدن آنها می‌شود. یکی از مباحث مهم که در توسعه و ارتقای سطح کیفی فضای سبز می‌تواند نقش اساسی داشته باشد، آشنایی با راه‌های مبارزه و پیشگیری از هجوم علف‌های هرز به داخل چمن‌کاری‌ها، فضای سبز، پارک‌ها و .. می‌باشد که این هجوم در تناقض مستقیم با رشد و استقرار چمن‌ها می‌باشد (Busey, 2003). نجفی و باغستانی (Najafi and Baghestani, 2010) گزارش نمودند که زیبایی، پوشش یکنواخت، سرسبزی و شادابی از جمله مهم‌ترین شاخصه‌های مدیریتی در فضاهای سبز شهری و پارک‌های جنگلی می‌باشند. وجود علف‌های هرز و عدم توجه به گسترش آنها تک تک شاخصه‌های فوق را تحت تاثیر قرار داده و موجب هدر رفت منابع می‌گردد.

اولین گام در امر مدیریت علف‌های هرز یک بوستان و یا فضای سبز، شناسایی نوع و نحوه پراکنش علف‌های هرز منطقه مذکور می‌باشد تا بتوان با برنامه‌ریزی دقیق در مدیریت علف‌های هرز گام برداشت. از این رو شناخت علف‌های هرز، پایه و اساس کنترل آنها بوده و تا زمانی که آگاهی کافی از نوع علف‌های موجود در منطقه نباشد، بکارگیری روش‌های مختلف کنترل از اثرات مطلوبی برخوردار نخواهد بود. با شناخت تراکم، نوع و نحوه پراکنش علف‌های هرز در هر منطقه می‌توان در مدیریت علف‌های هرز آن منطقه از آن بهره جست، و از پراکنش علف‌های هرز از منطقه‌ای به منطقه دیگر جلوگیری نمود (Lak McCully, et al., 1991; Thomas, 1985; Uddin et al., 2009; et al., 2012).

اسماعیلی و صالحی (Esmaili and Salehi, 2009) در بررسی تنوع علف‌های هرز زمین‌های چمن دانشگاه شیراز ۱۴ گونه علف هرز متعلق به ۹ تیره گیاهی را شناسایی نمودند، که مهم‌ترین علف‌های هرز پهن برگ و باریک برگ به ترتیب گل قاصد (*Taraxacum officinale* L.) و پنجه مرغی (*Cynodon dactylon* L. Pers) گزارش شدند. ویسی و همکاران (Veisi et al., 2016) طی بررسی را که در مزارع گندم ۱۱ شهرستان مختلف استان کرمانشاه انجام دادند در مجموع ۱۶۲ گونه علف هرز متعلق به ۳۳ تیره گیاهی را شناسایی نمودند. همچنین طی بررسی را که در ۵۱ مزرعه گندم آبی در شهرستان‌های استان مرکزی انجام شد در مجموع ۷۴ گونه علف هرز متعلق به ۱۱ تیره گیاهی شناسایی شد (Karimi, 2007). حسن نژاد و همکاران (Hasannejad et al., 2009) نیز تراکم و غالبیت علف‌های هرز مزارع استان آذربایجان شرقی را مورد ارزیابی قرار دادند،

آنها در مجموع، تعداد ۲۱۹ گونه علف هرز از ۳۶ تیره گیاهی در مزارع جو استان را شناسایی کردند. از ۲۱۹ گونه شناسایی شده، ۱۱۶ گونه به چهار تیره کاسنی، شب‌بو، گرامینه و بقولات تعلق داشتند. همچنین این ۴ تیره به ترتیب بیشترین تنوع در مزارع جو در سطح این استان را داشتند. لذا با توجه به اهمیت فضای سبز و مدیریت علف‌های هرز در کلان شهرها، این تحقیق در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ به منظور ارزیابی، تعیین تنوع، تراکم و غالبیت علف‌های هرز در چمن‌کاری‌های بوستان‌های مناطق ۲۲ گانه شهر تهران انجام شد.

مواد و روش‌ها

شهر تهران وسعتی بیش از ۷۰۰ کیلومتر مربع دارد و بین ۳۵ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۴ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۴۷ دقیقه طول شرقی واقع شده است. تهران در بین دو وادی کوه و کویر و در دامنه‌های جنوبی رشته کوه البرز گسترده شده است (Anonymous, 2017). این شهر طبق آخرین تقسیمات به ۲۲ منطقه شهری تقسیم شده است از این رو نمونه برداری‌ها در ۲۲ منطقه شهر تهران انجام گرفت. در طول ۲ سال نمونه‌برداری (سال‌های ۱۳۹۳-۱۳۹۴)، تعداد ۴۸ بوستان در سطح شهر تهران انتخاب شدند. نمونه‌برداری‌ها در فصل تابستان و با استفاده از روش سیستماتیک W انجام شد. انتخاب بوستان‌ها در هر منطقه با توجه به وسعت فضای سبز هر منطقه، موقعیت مکانی هر بوستان در هر منطقه (قرار گرفتن بوستان در حریم شهر تهران یا مجاورت کوه‌ها و یا سایر بخش‌های منطقه) صورت گرفت. در بوستان‌های ۵ هکتاری، ۱۰ نمونه، ۶ تا ۱۵ هکتاری، ۱۵ نمونه و در بوستان‌های ۱۶ هکتاری به بالا ۲۵ نمونه گرفته شد. در بوستان‌های ۵ هکتاری ۲۵ متر، ۶ تا ۱۵ هکتاری ۴۰ متر و بوستان‌های ۶۰ هکتاری به بالا ۷۰ متر حاشیه در هر بوستان در نظر گرفته شد. در هر سه روش تقسیم‌بندی بوستان‌ها فاصله هر دو نقطه متوالی ۲۰ متر بود و نمونه‌برداری در هر نقطه توسط یک کادر به ابعاد یک متر در یک متر انجام شد و علف‌های هرز هر کادر به تفکیک جنس و گونه شناسایی و شمارش شدند (Minbashi Moeini et al., 2008; Veisi et al., 2016). لازم بذکر است در هر بوستان با استفاده از دستگاه GPS طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا ثبت شد. سپس با استفاده از معادلات توماس (Thomas et al., 1991; Thomas, 1985) به شرح ذیل فراوانی، یکنواختی و میانگین تراکم بوته‌ها محاسبه شد.

فراوانی (F): نسبت بوستان دارای گونه علف هرز خاص بر کل

تعداد بوستان‌ها، که به صورت درصد بیان شد (معادله ۱).

$$F_k = \left(\frac{\sum \bar{x}_i}{n} \right) \times 100 \quad (\text{معادله ۱})$$

$$E = \frac{H'}{\ln S} \quad (\text{معادله ۷})$$

در این معادله H' همان شاخص شانون وینر و S ، بیانگر تعداد گونه علف هرز مشاهده شده در هر بوستان می‌باشد که در این رابطه از $\ln$ آن استفاده شد.

جهت تهیه نقشه پراکنش علف‌های هرز ابتدا طول، عرض جغرافیایی و تراکم علف هرز در محیط Excel پردازش شد. سپس در محیط ArcView نقشه‌های وکتوری تهیه شد و در ادامه در محیط ArcGIS نقشه‌های رستری علف‌های هرز مذکور تهیه شد. برای تهیه نقشه‌های رستری در محیط ArcGIS از روش میان‌یابی استفاده شد (Sanjarani, 2012). این کار در قسمت Spatial Analyst Tools در محیط ArcToolbox و با استفاده از روش IDW انجام گرفت (Najafi and Baghestani, 2010). جهت مقایسه و گروه‌بندی بوستان‌ها (از نظر شاخص یکنواختی و شانون وینر) از تجزیه خوشه‌ای بوسیله نرم‌افزار Spss (Version 22) استفاده شد (Mesdaghi, 2005).

نتایج و بحث

در این بررسی تعداد ۵۲ گونه علف هرز متعلق به ۲۱ تیره گیاهی شناسایی شد. تیره‌های کاسنی (Asteraceae)، گندمیان (Poaceae)، بقولات (Fabaceae) و اسفناج (Chenopodiaceae) به ترتیب با ۱۰، ۷، ۶ و ۴ گونه، ۵۱ درصد از کل گونه‌ها را به خود اختصاص دادند (شکل ۱).

از نظر چرخه زندگی، ۳۲ گونه یکساله، ۱۸ گونه چند ساله و ۲ گونه دوساله شناسایی شدند. در بین گونه‌های شناسایی شده ۴۵ گونه پهن برگ، ۷ گونه باریک برگ (۶ گونه گراس‌ها و یک گونه از سایر باریک‌برگ‌ها) شناسایی شدند (Mozaffarian, 2007).

برای رتبه‌بندی علف‌های هرز مساله‌ساز در سطح شهر تهران از شاخص وفور AI ارائه شده توسط مین باشی و همکاران (Minbashi, 2008) استفاده شد. نتایج حاصل از محاسبه این شاخص نشان داد (جدول ۱) که علف هرز گل قاصد (*Taraxacum officinale* L.) با شاخص وفور ۱۶۴/۲۴ غالب‌ترین علف هرز در چمن‌کاری‌های شهر تهران بوده و علف هفت بند پا کوتاه (*Polygonum patulum* M. Bieb)، بارهنگ (*Plantago major* L.)، پنجه مرغی (*Cynodon dactylon* L. pers)، شیر تیغک رطوبت پسند (*Sonchus oleraceus* L.) و جاروی قزوینی (*Kochia scoparia* L. schar) به ترتیب با شاخص‌های غالبیت، ۱۴۴/۵۷، ۱۴۳/۰۷، ۱۳۸/۲۷، ۱۲۴/۷۶، ۱۶۴/۲۴ و ۱۱۴/۸۳ در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. علف‌های هرز پنجه مرغی (*C. dactylon*) (L.Pers)، پنیرک معمولی (*Malva neglecta* Wallr) با شاخص

F_k فراوانی گونه K ، Y_i حضور (۱) و یا عدم حضور (صفر) گونه k در بوستان شماره i

n : تعداد بوستان مورد بررسی.

یکنواختی (U) بیانگر درصد کادرهای نمونه‌برداری شده آلوده به گونه K بوده که شاخصی از فضای اشغال شده توسط علف هرز می‌باشد (معادله ۲).

$$U_k = \left(\sum \frac{x_{ij}}{m_i} \right) \times 100 \quad (\text{معادله ۲})$$

U_k : یکنواختی بوستان برای گونه k ، X_{ij} : حضور (۱) و یا عدم حضور (صفر) گونه k در کادر شماره i در نقطه مورد بررسی،

n : تعداد بوستان مورد بررسی

m : تعداد کادر پرتاب شده بود.

تراکم (D) بیانگر شمارش افراد تک گونه در هر متر مربع است (معادله ۳).

$$D_{ki} = \left(\sum \frac{z_i}{m_i} \right) \times 4 \quad (\text{معادله ۳})$$

در این تابع D_{ki} : تراکم (تعداد بوته بوته در متر مربع) برای گونه k در بوستان شماره i ،

Z_j : تعداد گیاهان در کادر

m : تعداد کادر پرتاب شده بود.

میانگین تراکم (MD) بیانگر میانگین تعداد گیاه در متر مربع در همه بوستان‌های مورد بررسی است (معادله ۴).

$$MD_{ki} = \left(\sum \frac{D_{ki}}{n} \right) \quad (\text{معادله ۴})$$

در این معادله D_{ki} ، تراکم در هر بوستان و n ، تعداد کل بوستان‌های مورد بررسی بود.

برای بررسی وفور علف‌های هرز از معادله AI ارائه شده توسط مین باشی و همکاران (Minbashi Moeini et al., 2008) استفاده شد (معادله ۵).

$$AI = F + U + MD \quad (\text{معادله ۵})$$

در این معادله AI ، شاخص غالبیت، U ، یکنواختی، F ، فراوانی و MD ، میانگین تراکم گونه‌ای می‌باشد.

همچنین برای بررسی تنوع علف هرز در هر بوستان، از شاخص تنوع گونه‌ای شانون وینر (H') استفاده شد (معادله ۶).

$$H' = \sum [P_i (\ln P_i)] \quad (\text{معادله ۶})$$

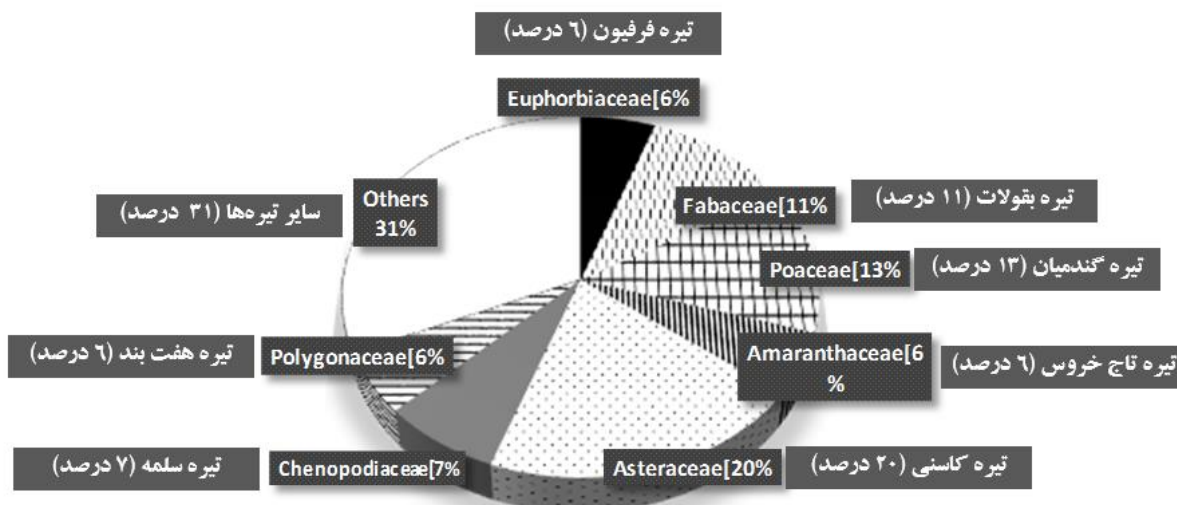
P_i : فراوانی نسبی گونه مشخص (i) ام که به صورت $P_i = n_i/N$ محاسبه شد.

$\ln$: لگاریتم طبیعی

بعد از محاسبه شاخص شانون وینر برای هر بوستان، شاخص یکنواختی (E) یکنواختی جامعه محاسبه شد (معادله ۷) (Booth et al., 2003).

غالبيت، ۱۰۸/۰۲، بارهنگ (*Plantago major* L.)، هفت بند پاکوتاه (*Polygonum patulum* M. Bieb)، شیرتیغ رطوبت پسند (*Sonchus oleraceus* L.)، گل قاصد (*Oxalis corniculata* L.) و شبدر ترشک (*officinale* L.) با شاخص غالبیت ۱۱۴/۸۳، در کلیه مناطق حضور داشتند.

تیره فرفیون (۶ درصد)
Euphorbiaceae [6%]
تیره بقولات (۱۱ درصد)
Fabaceae [11%]
تیره گندمیان (۱۳ درصد)
Poaceae [13%]
تیره تاج خروس (۶ درصد)
Amaranthaceae [6%]
تیره کاسنی (۲۰ درصد)
Asteraceae [20%]
تیره سلمه (۲ درصد)
Chenopodiaceae [7%]
سایر تیره‌ها (۳۱ درصد)
Others [31%]
تیره هفت بند (۶ درصد)
Polygonaceae [6%]



شکل ۱- تیره‌های مختلف گیاهی و درصد گونه‌های متعلق به این تیره‌ها در چمن کاری بوستان‌های شهر تهران
Figure 1- Plant families and percentage of each family in turfgrass of Tehran city parks

منطقه خاص و همچنین جلوگیری از گسترش و انتقال بذور آلوده از مناطق دارای آلودگی به سایر مناطق شهر تهران را مطالبه می‌کند. نقشه پراکنش علف‌های هرز به ترتیب جهت ۵ گونه غالب علف هرز گل قاصد (*Taraxacum officinale* L.)، علف هفت بند پاکوتاه (*Polygonum patulum* M. Bieb)، بارهنگ (*Plantago major* L.)، پنجه مرغی (*Cynodon dactylon* L. pers) و شیر تیغ رطوبت پسند (*Sonchus oleraceus* L.) در سطح شهر تهران تهیه شد.

نقشه پراکنش علف هرز گل قاصد به عنوان اولین گونه غالب در سطح شهر تهران (شکل ۲) نشان داد که بیشترین تراکم گونه فوق در بخش‌هایی از مناطق ۱۹، ۱۸، ۱۱ و ۲۲ وجود داشت و کمترین تراکم آن در بخش‌هایی از مناطق ۱، ۲، ۴، ۵، ۶، ۸، ۱۰، ۱۴، ۱۶ و ۱۷ مشاهده شد، در سایر مناطق شهر تهران نیز علف هرز فوق پراکنش وسیعی داشت. گل قاصد گیاهی چندساله است که توسط بذر تکثیر می‌شود، گل آذین آن کلاپرک بوده و هر گل معمولاً ۲۰۰ بذر تولید می‌کند ولی در این رقم ممکن است تعداد بذر تولید شده به پنج هزار عدد هم برسد (Rashed Mohassel et al., 2009).

وفور این ۷ گونه علف هرز در این مناطق، ضرورت اتخاذ راهبردهای دقیق و استفاده از مدیریت تلفیقی علف‌های هرز و تداوم آن جهت کنترل و کاهش خسارت ۷ گونه فوق را در کلیه مناطق ۲۲ گانه شهر تهران با یک نظارت فشرده احد مرکزی مطالبه می‌کند. در این بررسی‌ها همچنین مشخص شد که علف هرز دونیش (*Bidens parviflora* Willd) با میزان تراکم ۰/۰۱ در متر مربع فقط در منطقه ۷ تهران، علف هرز گاوزبان (*Anchusa italica* Retz) با میزان تراکم ۰/۰۱ در متر مربع فقط در منطقه ۱۹، علف هرز قندرون (*Chondrilla juncea* L.) با میزان تراکم ۰/۰۱ در متر مربع فقط در منطقه ۲۱ و علف‌های هرز سلمکی باغی (*Atriplex hortensis* L.)، نی (*Phragmites australis* (Cav.) Trin exsteud)، بارهنگ برگ باریک (*Plantago lanceolata* L.) و تروق برزیلی (*Xanthium brasiliicum*) هر یک با میزان تراکم ۰/۰ در متر مربع فقط در منطقه ۲ شهر تهران و علف‌های هرز یونجه سیاه (*Medicago lupulina* L.) و پنیرک قرمز (*Malva sylvestris* L.) به ترتیب با میزان تراکم ۰/۰۱ و ۰/۰۲ در متر مربع فقط در چمن کاری‌های منطقه ۴ شهر تهران مشاهده شد. لذا با توجه به فراوانی گونه‌های فوق در این مناطق، ضرورت نظارت دقیق و مدیریت علف‌های هرز فوق را جهت جلوگیری از تکثیر در سطح آن

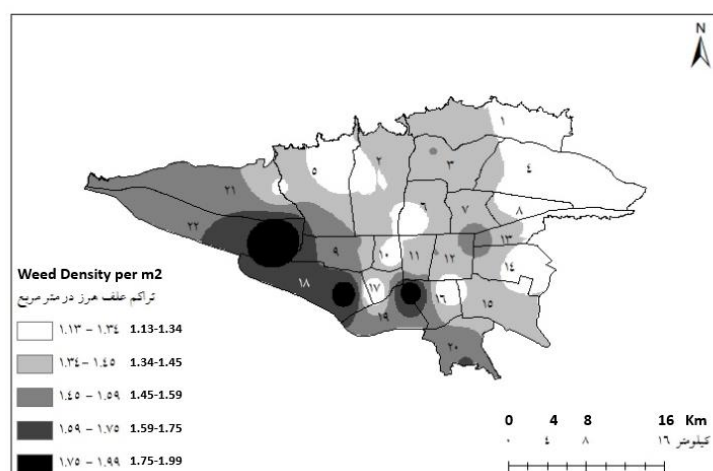
جدول ۱- نام علمی، نام فارسی، تیره، فراوانی (F)، یکنواختی (U)، میانگین تراکم (MD) و شاخص وفور (AI) علف‌های هرز در چمن‌کاری بوستان‌های شهر تهران

Table 1- Scientific and Persian name, family, frequency (F), uniformity (U), mean density (MD) and abundance index (AI) of weeds in turfgrass of Tehran's parks

نام فارسی Persian name	نام علمی Scientific name	نام تیره Family name	فراوانی Frequency	یکنواختی Uniformity	میانگین تراکم Mean density (plants.m ⁻²)	شاخص غالبیت Abundance Index
آکالیفا	<i>Acalypha austeralis</i> L.	Euphorbiaceae	36.36	2.72	0.07	39.16
خارشتر	<i>Alhagi pseudalhagi</i> M. Bieb.	Fabaceae	13.63	0.45	0.01	14.10
دم روباهی کشیده	<i>Alopecurus</i> sp.	Poaceae	13.63	0.90	0.02	14.57
تاج‌خروس سفید	<i>Amaranthus albus</i> L.	Amaranthaceae	9.09	0.30	0.009	9.40
تاج‌خروس خوابیده	<i>Amaranthus belitoides</i> S. Wats	Amaranthaceae	63.63	3.78	0.07	67.49
تاج‌خروس ریشه قرمز	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	Amaranthaceae	86.36	9.69	0.13	96.19
گاوزبان	<i>Anchusa italica</i> Retz.	Boraginaceae	4.54	0.15	0.01	4.70
درمنه معمولی	<i>Artemisia vulgaris</i> L.	Asteraceae	40.90	5.30	0.07	46.29
آتریپلکس	<i>Atriplex hortensis</i> L.	Chenopodiaceae	4.54	0.15	0.01	4.70
دونیش	<i>Bidens parviflora</i> Willd	Asteraceae	4.54	0.15	0.01	4.70
ازمک	<i>Cardaria draba</i> L.	Brassicaceae	18.18	1.36	0.01	19.56
تاتاری پرگل	<i>Carduus pycnocephalus</i> L.	Asteraceae	4.54	0.30	0.01	4.85
سلمه تره	<i>Chenopodium album</i> L.	Chenopodiaceae	77.27	10.30	0.13	87.70
سلمک برگ گزنه‌ای	<i>Chenopodium murale</i> L.	Chenopodiaceae	22.72	1.21	0.02	23.96
قندرون	<i>Chondrilla juncea</i> L.	Asteraceae	4.54	0.15	0.01	4.70
خارلته	<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	Asteraceae	13.63	0.60	0.01	14.25
پیچک	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	Convolvulaceae	95.45	24.54	0.68	120.67
پیر بهار آمریکایی	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Comq	Asteraceae	31.81	1.81	0.04	33.67
پنجه مرغی	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) pers	Zygophyllaceae	100.00	36.96	1.30	138.27
اویارسلام زرد	<i>Cyperus esculentus</i> L.	Cyperaceae	68.18	4.90	0.08	72.35
انگشتی	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop	Poaceae	77.27	13.93	0.34	91.55
سوروف	<i>Echinochloa crus galli</i> (L.) Beauv	Poaceae	59.09	2.72	0.04	61.86
منقار لک لکی	<i>Erodium cicutarium</i> (L.) LHer. ex Aiton	Geraniaceae	9.09	0.30	0.01	9.40
فرفیون	<i>Euphorbia maculata</i> L.	Euphorbiaceae	77.27	5.15	0.16	82.58
فرفیون	<i>Euphorbia serpens</i> Kunth	Euphorbiaceae	13.63	0.45	0.02	14.11
آفتاب‌پرست اروپایی	<i>Heliotropium europaeum</i> L.	Boraginaceae	18.18	0.75	0.02	18.96
جاروی قزوینی	<i>Kochia scoparia</i> (L.) Schard.	Chenopodiaceae	95.45	26.21	0.46	122.12
کاهوی خاردار	<i>Lactuca serriola</i> L.	Asteraceae	45.45	3.18	0.04	48.68
یونجه زرد	<i>Lotus corniculatus</i> L.	Fabaceae	4.54	0.15	0.01	4.70
پنیرک معمولی	<i>Malva neglecta</i> Wallr	Malvaceae	100.00	7.87	0.14	108.02
پنیرک قرمز	<i>Malva sylvestris</i> L.	Malvaceae	4.54	0.15	0.01	4.70
یونجه سیاه	<i>Medicago lupulina</i> L.	Fabaceae	27.27	1.96	0.02	29.26
یونجه	<i>Medicago sativa</i> L.	Fabaceae	4.54	2.27	0.05	6.86
شیدرتروشک	<i>Oxalis corniculata</i> L.	Oxalidaceae	100.00	22.57	1.34	123.81
نی	<i>Phragmites austeralis</i> (Cav.) Trin. Ex Steud.	Poaceae	4.54	0.15	0.01	4.70
کاردی	<i>Plantago lanceolata</i> L.	Plantaginaceae	4.54	0.15	0.01	4.70
بارهنگ	<i>Plantago major</i> L.	Plantaginaceae	100.00	40.15	2.92	143.07
هفت بند پیچ	<i>Polygonum convolvulus</i> L.	Polygonaceae	54.54	7.12	0.05	61.72
هفت بند پا کوتاه	<i>Polygonum patulum</i> M. Bieb.	Polygonaceae	100.00	43.48	1.09	144.57
خرفه	<i>Portulaca oleracea</i> L.	Portulacaceae	68.18	6.81	0.06	75.06
ساقی ترشک	<i>Rumex pulcher</i> L.	Polygonaceae	68.18	6.21	0.07	74.46
تاج ریزی سیاه	<i>Solanum nigrum</i> L.	Solanaceae	27.27	2.42	0.04	29.74
شیر تیغک رطوبت پسند	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Asteraceae	100.00	24.54	0.22	124.76
پیرگیاه	<i>Senecio vulgaris</i> L.	Asteraceae	22.72	0.75	0.01	23.50
ارزنی	<i>Setaria glauca</i> L.	Poaceae	13.63	0.45	0.01	14.10
دم روباهی سبز	<i>Setaria viridis</i> (L.) P. Beauv.	Poaceae	95.45	16.36	0.33	112.15
گل قاصد	<i>Taraxacum officinale</i> (L.) Weber ex F. H. Wigg	Asteraceae	100.00	61.96	2.27	164.24
خارخسک	<i>Terribulus terrestris</i> L.	Zygophyllaceae	18.18	0.75	0.01	18.95
شیدر قرمز	<i>Trifolium pretense</i> L.	Fabaceae	45.45	1.96	0.27	47.69
شیدر سفید	<i>Trifolium repense</i> L.	Fabaceae	86.36	12.57	0.71	99.65
شاه پسند	<i>Verbena officinalis</i> L.	Verbenaceae	9.09	0.15	0.01	9.24
زردینه برزلی	<i>Xanthium brasiliacum</i> Vell.	Asteraceae	4.54	0.15	0.01	4.70

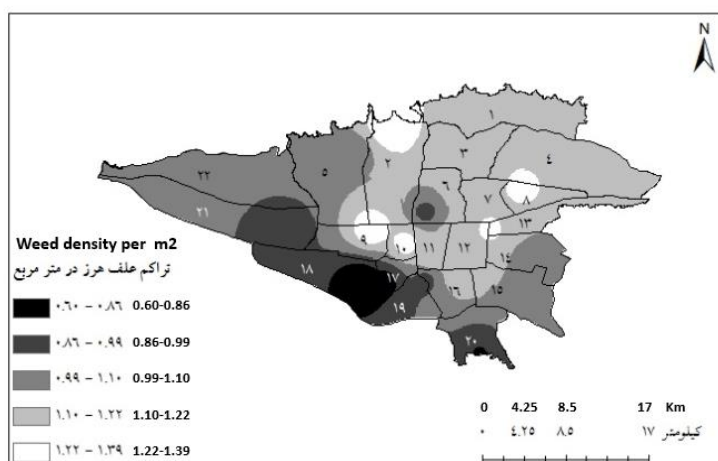
علف هفت بند، گیاهی یکساله و خزنده است که توسط بذر تکثیر می‌یابد. توقع این گیاه نسبت به خاک کم است و بذره‌های آن قادرند به مدت چند سال قوه نامیه خود را در خاک حفظ کنند (Rashed Mohassel et al., 2009).

نقشه پراکنش علف هفت بند پا کوتاه، به عنوان دومین گونه غالب در سطح شهر تهران (شکل ۳) نیز نشان داد که بیشترین تراکم گونه فوق در بخش‌هایی از مناطق ۲، ۵، ۸، ۹، ۱۰، ۱۲ و ۱۳ وجود داشت و در سایر مناطق شهر تهران نیز این گونه دارای پراکنش بود.



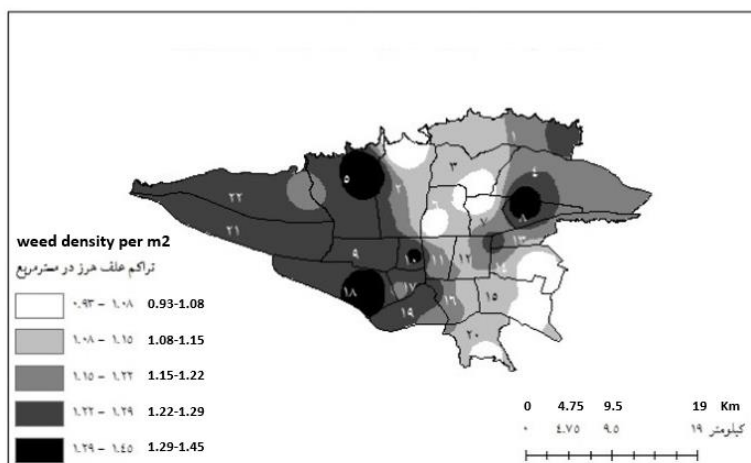
شکل ۲- نقشه پراکنش گل قاصد در چمن کاری بوستان های شهر تهران

Figure 2- Distribution map of Dandelions (*Taraxacum officinale*) in the Turfgrass of Tehran's parks



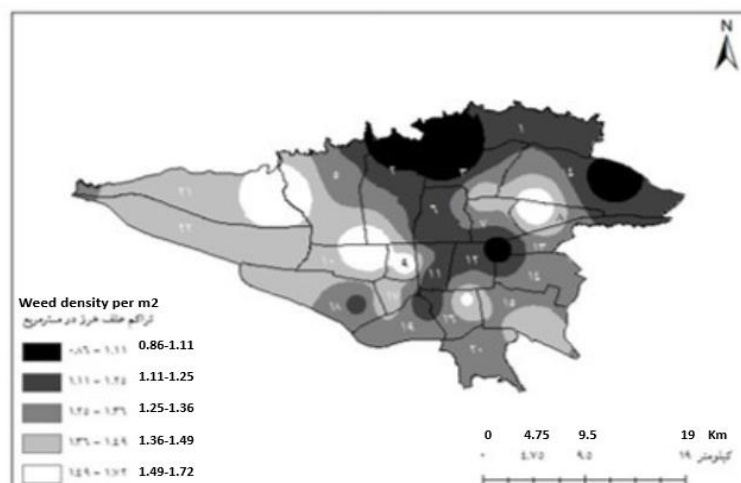
شکل ۳- نقشه پراکنش علف هفت بند پا کوتاه، در چمن کاری بوستان های شهر تهران

Figure 3- Distribution map of Hogweed (*Polygonum patulum*) in the Turfgrass of Tehran's parks



شکل ۴- نقشه پراکنش بارهنگ کبیر در چمن کاری بوستان های مناطق ۲۲ گانه شهر تهران

Figure 4- Distribution map of Broadleaf plantain (*Plantago major*) in the Turfgrass of Tehran's parks



شکل ۵- نقشه پراکنش پنجه مرغی در چمن‌کاری بوستان‌های شهر تهران
Figure 5- Distribution map of Bermudagrass (*Cynodon dactylon*) in the Turfgrass of Tehran's parks

حدود هزار بذر تولید می‌کند که حتی این رقم بعضی اوقات به ده هزار عدد نیز افزایش می‌یابد. جوانه‌زنی این بذرها بیشتر در قسمت‌های سطحی خاک است (Rashed Mohassel et al., 2009). علت کاهش گونه‌هایی مثل گاوزبان، دودندان، قندرون، بارهنگ برگ باریک و توق برزیلی را در مناطق شهری تهران را می‌توان آلودگی برخی بذور چمن وارداتی در بعضی مناطق، آلودگی کودهای حیوانی به بذور علف‌های هرز، و یا عدم فراهم بودن شرایط محیطی و مدیریتی جهت رشد و ازدیاد گونه‌های فوق را دانست.

حضور گونه‌های غالب پهن برگ (گل قاصد، هفت بند پاکوتاه، بارهنگ و شیرتیغ معمولی) در چمن‌کاری‌های شهر تهران تایید کننده این ادعا است که این گونه‌ها توسط علف‌کش‌های پهن‌برگ‌کش مرسوم مورد استفاده (دوپلسان سوپر و توفوردی + ام‌ث پی آ) توسط ناظرین فضای سبز کنترل نمی‌شود. لذا با توجه به حضور گونه‌های فوق در کلیه مناطق ۲۲ گانه لزوم نظارت دقیق‌تر و استفاده از کلیه روش‌های پیشگیری، مدیریت مکانیکی، زراعی و شیمیایی جهت به حداقل رساندن تراکم علف‌هرز فوق ضروری به نظر می‌رسد. حضور گونه غالب باریک برگ پنجه مرغی در سطح شهر تهران نشان داد که علف‌هرز فوق توسط علف‌کش‌های باریک‌برگ‌کش مرسوم مورد استفاده (تاپیک، گراسپ و پوماسوپر) توسط ناظرین فضای سبز کنترل نمی‌شود و با توجه به حضور علف‌هرز فوق در کلیه مناطق ۲۲ گانه لزوم نظارت دقیق‌تر و استفاده از کلیه روش‌های پیشگیری، مدیریت مکانیکی، زراعی و شیمیایی جهت به حداقل رساندن تراکم علف‌هرز فوق ضروری به نظر می‌رسد.

نتایج حاصل از نمونه‌برداری در طی دو سال آزمایش در ۴۸ بوستان شهر تهران نشان داد که بوستان‌های متعلق به مناطق ۱۷ و ۱۶ به‌ترتیب با ۳۴/۳۸ و ۲۴/۲۵ بوته در متر مربع بیشترین و

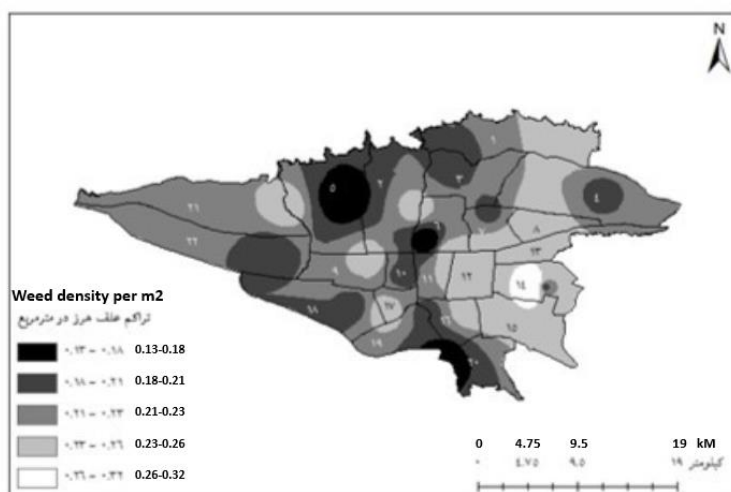
نقشه پراکنش علف هرز بارهنگ کبیر به عنوان سومین گونه غالب در سطح شهر تهران (شکل ۴) نشان داد که بیشترین تراکم گونه فوق در بخش‌هایی از مناطق ۴، ۸، ۱۸، ۱۰ و ۵ وجود داشت و در سایر مناطق شهر تهران نیز این گونه دارای پراکنش بود. بارهنگ توسط بذر تکثیر می‌یابد. این علف‌هرز در مناطق چمن‌کاری شده و حاشیه جوی‌های آب مشاهده می‌شوند. این گیاه به صورت روزت رشد می‌کند و در اغلب خاک‌ها مشاهده می‌شود (Najafi and Baghestani, 2010).

نقشه پراکنش علف هرز پنجه مرغی به عنوان چهارمین گونه غالب در سطح شهر تهران (شکل ۵) نشان داد که بیشترین تراکم گونه فوق در بخش‌هایی از مناطق ۲، ۴، ۵، ۸، ۹، ۱۰، ۱۶ و ۲۱ وجود داشت و در سایر مناطق شهر تهران نیز این گونه دارای پراکنش بود. پنجه مرغی، گیاهی چندساله و رونده که توسط بذر، ریزوم و استولون تکثیر می‌یابد. این گیاه از جمله سمج‌ترین علف‌های هرز باغ‌ها، چمن‌زارها، حاشیه جاده‌ها و برخی مزارع می‌باشد. تکثیر رویشی این گیاه کنترل آن را مشکل ساخته، به طوری که در میداین ورزشی و فضای سبز پارک‌ها در صورت عدم توجه در مدت زمان کوتاهی جایگزین چمن می‌شود (Rashed Mohassel et al., 2009). پنجه مرغی در خاک‌های شنی، گرم، غنی از مواد غذایی و گاهی خشک هم دیده می‌شود (Karimi, 2008).

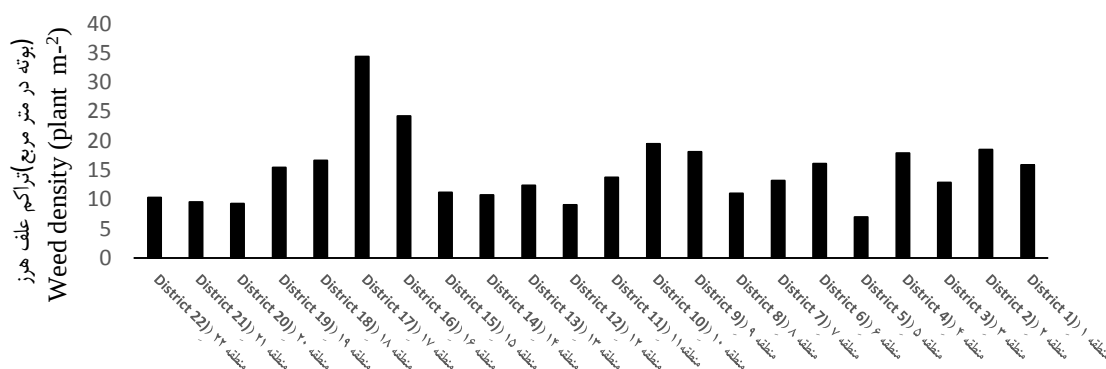
نقشه پراکنش علف هرز شیر تیغ رطوبت پسند به عنوان پنجمین گونه غالب در سطح شهر تهران (شکل ۶) نشان داد که بیشترین تراکم گونه فوق در بخش‌هایی از مناطق ۱۴ و ۱۵ وجود داشت و در سایر مناطق شهر تهران نیز این گونه دارای پراکنش بود. شیر تیغ معمولی یکی از گیاهان هرز دائمی است که بوسیله بذر و نیز از راه غیر جنسی زیاد می‌شود (Karimi, 2007). هر گیاه معمولاً

های هرز در این دو منطقه دانست. تراکم بیش از اندازه علف‌های هرز در مناطق ۱۶ و ۱۷ شهر تهران ضرورت لزوم نظارت دقیق‌تر و کنترل دقیق‌تر علف‌های هرز را در دو منطقه فوق را مطالبه می‌کند.

بوستان‌های مناطق ۵، ۱۲، ۲۰ و ۲۱ به‌ترتیب با ۹/۳۱، ۹/۰۵، ۷ و ۹/۵۵ بوته در مترمربع کمترین تراکم علف‌های هرز را دارا بودند (شکل ۷). نزدیک بودن دو منطقه ۱۶ و ۱۷ تهران را به پایانه مسافربری جنوب را شاید به توان یکی از دلایل افزایش تراکم علف



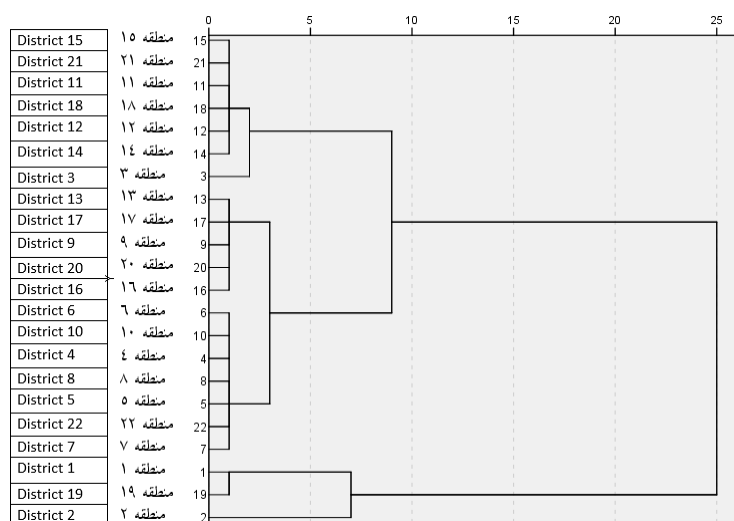
شکل ۶- نقشه پراکنش علف هرز شیر تیغک رطوبت پسند در چمن‌کاری بوستان‌های شهر تهران
Figure 6- Sow thistle (*Sonchus oleraceus*) weed distribution map of the parks of Tehran



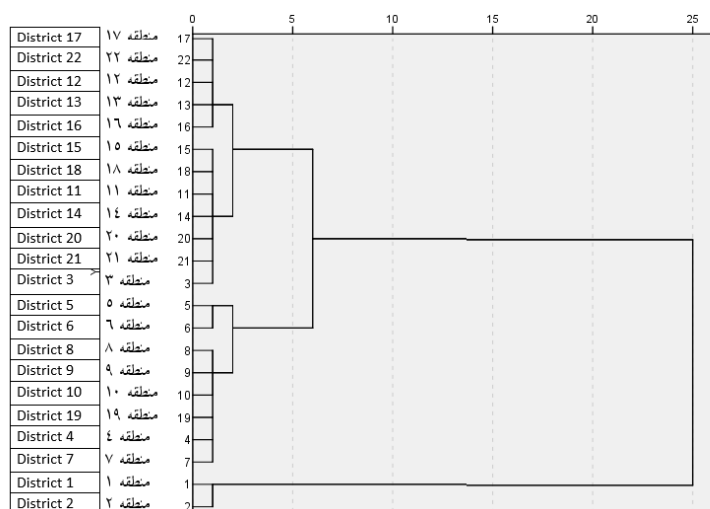
شکل ۷- تراکم کل علف‌های هرز در چمن‌کاری بوستان‌های مناطق ۲۲ گانه شهر تهران
Figure 7- Total weed density of turfgrass in the 22 districts of Tehran

تهران دارا بودند (شکل ۸). از نظر یکنواختی گونه‌ای، در سطح تشابه ۹۵٪ بوستان‌های مناطق مختلف در سه خوشه گروه‌بندی شدند. بوستان‌های مناطق ۱ و ۲ به‌ترتیب با مقادیر ۰/۹۷ و ۰/۹۶ بیشترین میزان یکنواختی گونه‌ای را داشتند و در خوشه اول قرار گرفتند. بوستان‌های مناطق ۵، ۶، ۸، ۹، ۱۰، ۱۹ و ۴ در خوشه دوم قرار گرفتند و بوستان‌های مناطق ۱۷، ۲۲، ۱۲، ۱۳، ۱۶، ۱۵، ۱۸، ۱۱، ۱۴، ۲۰، ۲۱ و ۳ به‌ترتیب با مقادیر ۰/۷۸، ۰/۷۸، ۰/۷۸، ۰/۷۹، ۰/۷۳، ۰/۷۳، ۰/۷۳، ۰/۷۳، ۰/۷۵، ۰/۷۴ و ۰/۷۶ کمترین میزان یکنواختی را داشتند و در خوشه سوم قرار گرفتند (شکل ۹).

در بررسی جامعه علف‌هرزی بر اساس شاخص تنوع گونه‌ای شانون وینر (H')، در سطح تشابه ۹۵٪ بوستان‌های مناطق مختلف شهر تهران در چهار خوشه گروه‌بندی شدند. بوستان‌های منطقه ۲، با ۳/۳۰ در یک خوشه قرار گرفتند و بیشترین میزان تنوع را در بین مناطق شهر تهران دارا بودند. بوستان‌های مناطق ۱۹ و ۱ در خوشه دوم و بوستان‌های مناطق ۱۳، ۱۷، ۹، ۲۰، ۱۶، ۶، ۱۰، ۴، ۸، ۵، ۲۲ و ۷ در خوشه سوم قرار گرفتند. همچنین بوستان‌های مناطق ۱۵، ۲۱، ۱۱، ۱۸، ۱۲ و ۱۴ به‌ترتیب با مقادیر ۲/۲۵، ۲/۲۵، ۲/۲۵، ۲/۱۹، ۲/۳۳ و ۲/۱۲ کمترین میزان تنوع را در بین مناطق شهر



شکل ۸- تجزیه خوشه‌ای بوستان‌های مناطق ۲۲ گانه شهر تهران از نظر شاخص شانون وینر علف‌های هرز موجود در چمن‌کاری
Figure 8- Cluster analysis of the 22 districts of Tehran in terms of the Shannon-Wiener index of weeds in their Turfgrass



شکل ۹- تجزیه خوشه‌ای بوستان‌های مناطق ۲۲ گانه شهر تهران از نظر شاخص یکنواختی علف‌های هرز موجود در چمن‌کاری
Figure 9- Cluster analysis of the 22 districts of Tehran in terms of the uniformity index of weeds in their Turfgrass

نتیجه‌گیری

تهران نیز نشان داد که لزوم توجه و تاکید بیشتر بر مدیریت علف‌های هرز در مناطق ۱۶ و ۱۷ را که دارای بیشترین تراکم علف‌های هرز می‌باشند ضروری‌تر به نظر می‌رسد. همچنین حضور علف‌های هرز دونیش (*Bidens parviflora* Willd)، گاوزبان، قندرون (*Chondrilla juncea* L.)، آتریپلکس (*Atriplex hortensis* L.)، نی (*Phragmites australis* (Cav.) Trin exsteud)، کاردی (*Plantago lanceolata* L.)، تقوق برزیلی (*Xanthium brasiliicum*)، شبدر زرد (*Mellilotus officinalis* L. Desr) هر یک با میزان تراکم ۰/۰۱ در متر مربع و پنیرک قرمز (*Malva sylvestris* L.) با میزان تراکم ۰/۰۲ در متر مربع فقط در بعضی از

در مجموع با توجه به شناسایی ۵۲ گونه مختلف علف هرز براساس تعداد، نوع، چرخه زندگی و پراکنش در سطح شهر تهران لزوم برنامه‌ریزی دقیق و تقسیم‌بندی نحوه مدیریت علف‌های هرز براساس نوع و چرخه زندگی ضروری به نظر می‌رسد. به عنوان مثال با توجه به مشاهده ۱۸ گونه علف هرز چندساله در چمن‌کاری‌های شهر تهران لزوم برنامه‌ریزی دقیق جهت کاهش خسارت علف‌های هرز چندساله فوق در فصول مختلف سال را مطالبه می‌کند. همچنین برنامه‌ریزی و مدیریت دقیق جهت کنترل علف‌های هرز یکساله تابستانه و زمستانه ضروری است. مقایسه بین مناطق مختلف شهر

- ## منابع

- 1- Anonymous. (2017). *Statistical Yearbook of Tehran*. Publications information and communication technology organization of Tehran municipality. (In Persian)
- 2- Booth, B.D., Murphy, S.D., & Swanton, C.J. (2003). *Weed Ecology in Natural and Agricultural Systems*. CABI Publishing.
- 3- Busey, P. (2003). Cultural management of weeds in turfgrass: A review. *Crop Science*, 43, 1899-1911. <https://doi.org/10.2135/cropsci2003.1899>
- 4- Esmaili, S., & Salehi, H. (2009). Floristic composition of weed community in turfgrass fields of Bajgah, Iran *Iranian Journal of Weed Science*, 5, 55-64.
- 5- Hasannejad, S., Alizadeh, H.M., Mozafarian, V., Chayichy, M.R., & Minbashi Moeini, M. (2009). Survey of density and abundance for Barely field's Weeds in Azarbayjan shargi province. *Journal of Weeds Iran*, 5, 69-90. (In Persian with English abstract)
- 6- Karimi, H. (2007). *Iranian Culture Culture*. Forth volume. Iranian agriculture science publishing, Tehran. (In Persian)
- 7- Karimi, H. (2008). *Iranian Culture Culture*. Fifth volume. Iranian agriculture science publishing, Tehran. (In Persian)
- 8- Lak, M.R., Minbashi Moeini, M., & Hatamabadi Farahani, M. (2012). Weed irrigated wheat fields in markazi province using the system GIS. *Journal of Modern Agriculture*, 4, 315-331. (In Persian with English abstract)
- 9- McCully, K.V., Sampson, M.G., & Watson, A.K. (1991). Weed survey of Nova Scotia, Lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium*) fields. *Weed Science*, 39, 180-185. <https://doi.org/10.1017/S0043174500071447>
- 10- Mesdaghi, M. (2005). *Plant Ecology*. University of Mashhad Publishing. (In Persian)
- 11- Minbashi Moeini, M., Baghestani, M.A., & Rahimian Mashhadi, H.R. (2008). Introducing an abundance index for assessing weed flora in survey studies. *Weed Biology and Management*, 8, 172-180. <https://doi.org/10.1111/j.1445-6664.2008.00293.x>
- 12- Mozaffarian, V. (2007). *A Dictionary of Iranian Plants Names*. Farhange moaser publishing. (In Persian)
- 13- Najafi, H., & Baghestani, M.A. (2010). *Recognizing and Managing Weeds in Parks and Urban Greenspaces*. Ministry of jihad agriculture agricultural research, education organization Iranian research institute of plant protection. (In Persian)
- 14- Rashed Mohassel, M.H., Nagafi, H., & Dokhtakbarzadeh, M. (2009). *Biology and Weeds control*. University of Mashhad Publishing. (In Persian)
- 15- Sanjari, S. (2012). *Guidance of Usage of Arcgis 10*. Abed publishers. (In Persian)
- 16- Thomas, A.G., & Dale, M.R.T. (1991). Weed community structure in spring-seeded crops in Manitoba. *Plant Science*, 71, 1069-1080. <https://doi.org/10.4141/cjps91-149>
- 17- Thomas, A.G. (1985). Weed survey system used in Saskatchewan for cereal and oilseed crops. *Weed Science*, 33, 34-43.
- 18- Uddin, K.M., Juraimi, A.S., Begum, M., Rahim, A.A., & Othman, R. (2009). Floristic composition of weed community in turfgrass area of west peninsula Malaysia. *International Journal of Agricultural Biology*, 11, 13-20.
- 19- Veisi, M., Rahimian, H., Alizadeh, H., Minbashi, M., & Oveisi, M. (2016). Survey of associations among soil properties and climatic factors on weed distribution in wheat (*Triticum aestivum* L.) in Kermanshah province. *Journal of Agroecology*, 8, 197-211. (In Persian with English abstract)



Investigating the Effect of Environmental Stresses on the Growth and Development of Giant Reed (*Arundo donax*) under the Climatic Conditions of Mashhad City

M. Elahinejad^{1*} , Gh. Asadi² , R. Tavakolafshari³

Received: 11-09-2022

Revised: 25-10-2022

Accepted: 04-01-2023

Available Online: 04-01-2023

How to cite this article:

Elahinejad, M., Asadi, Gh., & Tavakolafshari, R. (2023). Investigating the effect of environmental stresses on the growth and development of Giant reed (*Arundo donax*) under the climatic conditions of Mashhad city. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, 37(2), 177-193. (In Persian with English abstract). <http://doi.org/10.22067/jpp.2023.78763.1106>

Introduction

Drought stress is one of the main environmental factors affecting the growth and productivity of plants around the world. Periods of severe drought are predicted to increase significantly in the near future, particularly as a result of extreme heat waves. Salinity is also one of the most important challenges facing the food supply for the world's population in the future, and the degree and time of exposure to stress can make this challenge stronger or weaker.

Environmental limitations affecting plant growth, development and performance of physiological processes during plant response to stress provide important information about the plant mechanism, which is useful for eliminating or reducing the harmful effects of stress in plant tissues. The negative effects of climate change (such as drought, sea level rise, and global warming), as well as the salinization of agricultural land, and have been cited as one of the most important problems of the World Agriculture Organization (FAO).

Understanding the relationship between changes in environmental conditions and climate change and *Arundo donax* with regard to the growth of coastal native species and also understanding the water wastage by this plant compared to coastal native plants is vital to remove this plant in the current situation where there is drought in most areas.

In this situation, it is necessary to know how different environmental factors such as salinity levels, dryness, temperature, nutrients, light and fire affect the growth and invasion of *Arundo donax* for long-term and large-scale control. The purpose of this research is to obtain valuable information about the growth and development of existing ecotypes of the *Arundo donax* plant in Iran and the effect of various environmental factors on the germination, growth and fertility of this plant in order to plan for the long-term restoration of river ecosystems and how to control and The fight or its optimal use should be determined.

Materials and Methods

In order to investigate the effect of drought and salinity treatment on the growth and establishment of the rhizome of *Arundo donax*, an experiment was conducted in 2021 using rhizomes collected from the ecotype of Gorgan city and factorially in the form of a randomized complete block design in 3 replications in the research farm of Ferdowsi University of Mashhad. The experimental treatments included different levels of drought stress {100%, 75% and 50% of crop capacity} and different levels of salinity stress {0 (distilled water), 4, 8 and 12 dS/m}.

1, 2 and 3– Ph.D, Associate Professor and Professor in Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.

(*– Corresponding Author Email: Mohsen.elahinejad@um.ac.ir)

DOI: [10.22067/jpp.2023.78763.1106](http://doi.org/10.22067/jpp.2023.78763.1106)

Results and Discussion

The general results of the experiment showed that the presence of salinity and drought stresses both decrease the growth and development indicators of this plant, and the presence of these two environmental stresses can increase the indicators of biomass of aerial organs, biomass of underground organs, plant height, and stem diameter. The effect of salinity stress on the reduction of the measured indices was less than that of drought stress, so that the difference between the levels of salinity stress at different levels of drought stress in all the measured indices, except the shoot biomass, had insignificant differences with each other, but in the comparison of the effect of drought stress at different levels of the surface together we come to the conclusion that drought stress alone leads to a significant decrease in growth indicators compared to the control treatment. The maximum amount of shoot biomass in non-stress conditions (control) was 2840 (gr), and with the increase of salinity and drought stress levels, this value decreases, so that the lowest amount of biomass in drought stress and maximum salinity conditions was 988 (gr). The biomass of the shoots of *Arundo donax* increased over time in different levels of salinity and drought stress, and its value was from less than 300 grams at the beginning of the growing season in all stress levels to more than 1000 to 2500 (gr) at the end of the growing season in different stress levels.

Conclusion

The parameters obtained from the effect of salinity and drought stress on the stem diameter, plant height and leaf surface of *Arundo donax* showed that this plant showed some resistance under minor drought stress and these indicators decrease less in it, but in severe drought stress this amount decreased sharply. The results of analysis of variance of this experiment also showed that salinity and drought treatment and their interaction led to a significant difference with the control treatment. The simple effect of salinity treatment showed a significant difference in other indices compared to the control treatment, except for the index of leaf area and stem diameter, however, the simple effect of drought treatment showed significance in all the measured indices.

Keywords: *Arundo donax*, Drought, Environmental stress, Growth, Invasive plant

مقاله پژوهشی

جلد ۳۷، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، ص. ۱۹۳-۱۷۷

بررسی تأثیر تنش‌های محیطی بر رشد و توسعه گیاه نی قمیش (*Arundo donax*) در شرایط آب و هوایی شهر مشهد

محسن الهی نژاد^{۱*} - قربانعلی اسدی^۲ - رضا توکل افشاری^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۴

چکیده

به منظور بررسی اثر تیمار خشکی و شوری بر رشد و استقرار ریزوم گیاه قمیش *Arundo donax* آزمایشی در سال ۱۴۰۰ با استفاده از ریزوم‌های جمع‌آوری شده از اکوتیپ شهر گرگان و به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سطوح مختلف تنش خشکی {۰، ۷۵٪ و ۵۰٪ ظرفیت زراعی} و سطوح مختلف تنش شوری {۰ (آب مقطر)، ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر} بود. نتایج کلی آزمایش نشان داد که وجود تنش‌های شوری و خشکی هر دو باعث کاهش شاخص‌های رشد و توسعه‌ای این گیاه می‌شوند و وجود این دو تنش محیطی می‌تواند شاخص‌های زیست‌توده اندام هوایی، زیست‌توده اندام زیرزمینی، ارتفاع گیاه، قطر ساقه و شاخص سطح برگ را کاهش دهد. تأثیر تنش شوری بر کاهش شاخص‌های اندازه‌گیری شده کمتر از تنش خشکی بود به نحوی که اختلاف بین سطوح تنش شوری در سطوح مختلف تنش خشکی در همه شاخص‌های اندازه‌گیری شده به جز زیست‌توده اندام هوایی اختلاف ناچیزی با یکدیگر داشتند ولی در مقایسه اثر تنش خشکی در سطوح مختلف سطح با یکدیگر به این نتیجه می‌رسیم که تنش خشکی به تنهایی منجر به کاهش معنی‌دار شاخص‌های رشد نسبت به تیمار شاهد می‌گردد. حداکثر میزان زیست‌توده اندام هوایی در شرایط بدون تنش (شاهد) به میزان ۲۸۴۰ گرم ایجاد شد و با افزایش سطوح تنش شوری و خشکی این مقدار کاهش پیدا می‌کند به نحوی که کمترین مقدار زیست‌توده در شرایط تنش خشکی و شوری حداکثری به میزان ۹۸۸ گرم حاصل شد. زیست‌توده اندام هوایی نی قمیش در طول زمان در سطوح مختلف تنش شوری و خشکی افزایش پیدا کرد و مقدار آن از کمتر از ۳۰۰ گرم در ابتدای فصل رشد در همه سطوح تنش به بیش از ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰ گرم در پایان فصل رشد در سطوح مختلف تنش رسید؛ همچنین پارامترهای حاصل از اثر تنش‌های شوری و خشکی بر قطر ساقه، ارتفاع گیاه و سطح برگ نی قمیش نشان داد که این گیاه در تنش‌های جزئی خشکی تا حدی مقاومت نشان داده و این شاخص‌ها کمتر در آن کاهش پیدا می‌کند، اما در تنش شدید خشکی این مقدار کاهش شدید پیدا کرد. نتایج تجزیه واریانس این آزمایش نیز نشان داد تیمار شوری و خشکی و اثر متقابل آن دو منجر به ایجاد اختلاف معنی‌دار با تیمار شاهد گردید. اثر ساده تیمار شوری به جز در شاخص سطح برگ و قطر ساقه در سایر شاخص‌ها نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار نشان داد با این وجود اثر ساده تیمار خشکی در تمامی شاخص‌های اندازه‌گیری شده معنی‌داری را نشان داد.

واژه‌های کلیدی: تنش‌های محیطی، خشکی، رشد، گیاه مهاجم، نی قمیش

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش‌آموخته دکتری تخصصی، دانشیار و استاد گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(*)-نویسنده مسئول: (Email: Mohsen.elahinejad@um.ac.ir)

مقدمه

گیاه نی قمیش بومی شرق آسیا محسوب می‌شود، اما داده‌های اخیر نشان می‌دهد که این گیاه بومی منطقه مدیترانه نیز می‌باشد (Lambert et al., 2010). نی قمیش هزاران سال است که در سراسر آسیا، منطقه مدیترانه، شمال آفریقا و خاورمیانه کشت شده است و در قرن نوزدهم در سراسر آمریکای شمالی و جنوبی و همچنین استرالیا کاشته شد (Lambert et al., 2010). نی غول‌پیکر در هرجایی که معرفی شد به‌طور طبیعی استقرار پیدا کرد و به یک علف هرز مضر در آن منطقه تبدیل شد (Lambert et al., Bell, 1997; 2010; Mariani et al., 2010).

نتایج آزمایش‌های جورجنسن (Jørgensen, 2011) نشان داد که گیاه نی قمیش در مقایسه با سایر گیاهان مشابه خانواده Poaseae پتانسیل بیشتری در تولید ریزوم‌های زنده و متحمل به تنش دارد و با توجه به پتانسیل رشد این گیاه احتمال اینکه در مدت‌زمان کوتاهی اکوسیستم منطقه تغییر پیدا کند وجود دارد.

اختلال در پویایی رژیم‌های طبیعی در سیستم‌های رودخانه‌ای در آب‌وهوای مدیترانه احتمالاً موجب گسترش تهاجمی گونه‌های گیاهی از طریق این سیستم‌ها می‌شوند (Gasith and Resh, 1999)، و این مناطق را به سمت ایجاد یک منطقه تهاجم پذیر که عمدتاً تهاجم گیاهان علفی است سوق دهند و این مناطق را آسیب‌پذیر نمایند؛ گیاهان علفی قادر به ایجاد و رشد سریع در این مناطق ناشناخته باز هستند و اغلب می‌توانند تغییراتی را در دریافت آب، نور و مواد غذایی برای گیاهان بومی منطقه ایجاد نمایند (Baker, 1974).

تنش خشکی یکی از عوامل محیطی اصلی مؤثر بر رشد و بهره‌وری گیاهان در سراسر جهان است. پیش‌بینی می‌شود که دوره‌های خشکسالی شدید در آینده نزدیک به‌طور قابل‌توجهی افزایش خواهد یافت، به‌ویژه در نتیجه امواج گرمای شدید (Trnka et al., 2011; Beringer et al., 2011). شوری نیز یکی دیگر از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی تأمین غذا برای جمعیت جهان در آینده به شمار می‌آید، همچنین درجه و زمان قرار گرفتن در معرض استرس نیز می‌تواند این چالش را پررنگ‌تر یا کم‌رنگ‌تر نماید (Chavez et al., 2009).

تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی معمولاً توسط ژن‌های گیاه و همچنین توسط صفات مورفولوژیکی، فنولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی تعیین می‌شود (Grzesiak et al., 2013)، بنابراین اندازه‌گیری این صفات در گیاهانی که قادر به رشد در مناطق تخریب‌شده اکولوژیکی هستند بسیار مهم است، زیرا که واکنش فیزیولوژیکی گیاه به تنش آبی و شوری به‌عنوان اولین گام در فرآیند سازگاری آن با استرس محیطی شناخته می‌شود (Munns, 2002).

محدودیت‌های محیطی مؤثر بر رشد، نمو و عملکرد گیاه در فرآیندهای فیزیولوژیکی در طی واکنش گیاه به تنش اطلاعات مهمی در مورد مکانیسم گیاه ارائه می‌دهد که برای حذف یا کاهش اثرات مضر استرس در بافت‌های گیاهی مفید است. اثرات منفی تغییرات آب و هوایی (مانند خشکسالی، افزایش سطح دریا و گرم شدن زمین)، به‌علاوه شور شدن زمین‌های کشاورزی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین معضلات سازمان کشاورزی جهانی (FAO) عنوان شده است (FAOSTAT, 2013).

به نظر می‌رسد که *A. donax* مانند سایر گیاهان تهاجمی، از طریق از دست دادن شرایط مناسب زیستگاه و رقابت با گونه‌های بومی، بر تنوع زیستی تأثیر منفی گذارد (Czech and Krausman, 1997). علاوه بر این، *A. donax* از طریق تأثیر بر روند طبیعی توالی رودخانه، مانند کاهش سطح آب‌های زیرزمینی، کاهش سطح آب سطحی در جریان رودخانه‌ها و غیره موجب تهدید اکوسیستم رودخانه‌ها گردد و همچنین با ایجاد یک پتانسیل برای آتش‌سوزی گیاهان بومی موجب کاهش تنوع زیستی گیاهان و حیوانات این مناطق شود.

در ایران سواحل دریای خزر (استان‌های گلستان، مازندران و گیلان) و همچنین بخش‌هایی از استان خوزستان و سیستان و بلوچستان آلوده به قمیش هستند. اما با این حال تاکنون هیچ‌گونه تحقیق و پژوهشی در مورد ژنوتیپ، نحوه ورود، خصوصیات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی و سایر موارد در مورد این گیاه در ایران انجام نشده است و چگونگی جوانه‌زنی، رشد و توسعه این گیاه مهاجم در ایران مجهول مانده است.

شناخت رابطه بین تغییرات شرایط محیطی و تغییر اقلیم و نی قمیش نسبت به رشد گونه‌های بومی ساحلی و همچنین درک هدررفت آب توسط این گیاه در مقایسه با گیاهان بومی ساحلی برای حذف این گیاه در شرایط کنونی که خشک‌سالی در اکثر مناطق وجود دارد حیاتی است (Abichandani, 2007). در این شرایط شناخت چگونگی تأثیر عوامل مختلف محیطی مانند سطوح شوری، خشکی، دما، مواد مغذی، نور و آتش در رشد و تهاجم قمیش برای کنترل درازمدت و در مقیاس بزرگ ضروری است. هدف این پژوهش آن است تا اطلاعات ارزشمندی در مورد نحوه رشد و توسعه اکوتیپ‌های موجود گیاه قمیش در ایران و تأثیر عوامل مختلف محیطی بر جوانه‌زنی، رشد و باروری این گیاه در جهت برنامه‌ریزی برای بازسازی طولانی‌مدت اکوسیستم‌های رودخانه‌ای به دست آید و نحوه کنترل و مبارزه و یا استفاده بهینه از آن مشخص گردد.

مواد و روش‌ها

برای بررسی مراحل رشد و عملکرد گیاه قمیش تکثیرشده از طریق قطعات ریزوم، ریزوم‌هایی هم سن به طول ۵-۱۰ سانتی‌متر از بین بیش از ۵۰ بوته از حاشیه ۱۰ مزرعه مختلف از اکوتیپ منطقه کوهستانی و زراعی هزار پیچ گرگان جمع‌آوری شده و به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در بهار و تابستان سال ۱۴۰۰ کشت شد. فاکتور اصلی شامل ۴ سطح شوری می‌باشد، سطح اول یا شاهد (S_1) بدون اعمال تنش شوری و با شوری آب آبیاری و سطوح دیگر شوری شامل ۴ دسی زیمنس بر متر (S_2)، ۸ دسی زیمنس بر متر (S_3) و ۱۲ دسی زیمنس بر متر (S_4) با حل کردن نمک NaCl خالص در آب آبیاری اعمال گردید؛ به‌نحوی که آب موردنیاز هر تیمار مشخص گردید و پس از وزن کردن نمک موردنیاز و حل کردن آن با آب آبیاری به روش معمول مزرعه آبیاری شد. فاکتور فرعی نیز شامل تیمارهای خشکی در سه سطح آبیاری تا حد ظرفیت زراعی به‌عنوان تیمار شاهد (I_1)، آبیاری زمین تا رسیدن به حد ۷۵٪ ظرفیت زراعی (I_2) و آبیاری تا رسیدن به حد ۵۰٪ ظرفیت زراعی (I_3) اعمال شد.

قبل از شروع عملیات کاشت، از سه نقطه در مزرعه و عمق مختلف نمونه‌های دست‌خورده و دست‌نخورده جهت تعیین بافت خاک، جرم مخصوص ظاهری^۱، هدایت الکتریکی عصاره اشباع^۲، رطوبت ظرفیت زراعی^۳ و حد پژمردگی دائم^۴ تهیه گردید. خاک مزرعه محل آزمایش به‌صورت لومی رسی (pH خاک مزرعه ۷/۵، هدایت الکتریکی ds/m ۱/۲۳، دارای ۰/۰۸۱ درصد نیتروژن، ۰/۷۷ درصد کربن آلی و mg/kg ۶۱/۴ فسفر قابل جذب و ۱۰۸ mg/kg پتاسیم قابل جذب) بود. همچنین مقادیر رطوبت حجمی در نقاط رطوبتی اشباع و ظرفیت مزرعه به ترتیب برابر ۴۷ و ۳۳ درصد و مقادیر کربن آلی برابر ۱/۵ درصد به دست آمد.

اندازه کرت‌ها ۲*۲ مترمربع بود و در هر کرت ۴ ردیف کشت به فواصل ۵۰ سانتی‌متر ایجاد شد. به جهت کاهش بروز خطای ناشی از آبیاری کرت‌ها و حرکت آب و املاح به کرت‌های مجاور، فاصله کرت‌ها از یکدیگر ۱ متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر ۲/۵ متر در نظر گرفته شد.

ریزوم‌های قمیش از عمق ۲۰ تا ۳۵ سانتی‌متری خاک که با توجه به نحوه رویش گیاه و منابع تحقیقی بیشترین تراکم را دارند جهت انجام کشت در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد

جمع‌آوری و غلاف دور ریزوم‌ها جدا شد. سپس ریزوم‌ها شسته شد و با محلول بنومیل^۵ ۰/۵ درصد به مدت ۱۵ دقیقه ضدعفونی گردید (Juneau and Tarasoff, 2013).

در هر ردیف کشت ۲۰ عدد ریزوم قمیش با فواصل منظم ۱۰ سانتی‌متری از یکدیگر کشت گردید (تراکم ۱۰ بوته در متر مربع) و آبیاری اولیه با آب غیر شور جهت رویش ریزوم‌ها انجام شد. پس از آبیاری اول، سایر مراحل آبیاری کرت‌ها تا زمانی که گیاهچه‌ها به‌اندازه تقریبی ۱۰-۲۰ سانتی‌متری برسند، به فواصل منظم ۴ روز یک‌بار و با آب معمول مزرعه انجام شد. پس از رسیدن گیاهچه به ارتفاع مذکور اعمال تنش‌های شوری و خشکی انجام گردید و تا پایان دوره رشد ادامه داشت و تقریباً دو هفته مانده به برداشت قطع شد تا شرایط لازم برای خشک شدن بوته‌ها و انجام عملیات برداشت و اندازه‌گیری‌های نهایی فراهم شود. اعمال تیمار تنش شوری و خشکی با آب حاوی غلظت‌های مختلف موردنظر NaCl در برخی از تیمارها برای جلوگیری از شوک ناگهانی ناشی از شوری آب آبیاری از کمترین مقدار (نمک ۲ دسی زیمنس) شروع شد و غلظت بیشتر به ترتیب و در طی چند روز تدریجاً به مزرعه داده شد. آلودگی علف‌های هرز به‌صورت طبیعی بود و علف‌های هرز بین کرت‌ها و بین بلوک‌ها نیز در طول مدت رشد گیاهان، با دست وجین شد.

برای اندازه‌گیری رطوبت خاک در عمق‌های مختلف از دستگاه رطوبت‌سنج PR_2 استفاده شد. این دستگاه با استفاده از اندازه‌گیری حجمی رطوبت در عمق‌های مختلف خاک به‌صورت نمونه‌گیری مستقیم از خاک و اعمال اصلاحات، واسنجی شد. قبل از هر بار آبیاری، رطوبت خاک با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج PR_2 در عمق‌های ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴ و ۰/۵ متر قرائت گردید و در هر بار آبیاری مقدار کمبود آب خاک برای هر یک از تیمارها، با استفاده از معادله (۱) زیر تعیین شد.

$$d = \sum_{i=1}^n (\theta_{fi} - \theta_i) \Delta z \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن n تعداد لایه‌ها تا عمق ریشه، i شماره هر لایه، d عمق آب آبیاری برحسب θ_{fi} و θ_i به ترتیب رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای و رطوبت موجود در داخل قبل از آبیاری برحسب $m^3 m^{-3}$ در لایه i و Δz ضخامت لایه برحسب m می‌باشند. با توجه به متوسط مقدار آب موردنیاز برای تیمارهای I_1 ، حجم آب سایر تیمارها با در نظر گرفتن ۲۵٪ و ۵۰٪ کاهش، تعیین گردید. حجم آب موردنیاز هر تیمار نیز با استفاده از یک کنتور در حین تحویل آبیاری مشخص شد.

در این آزمایش مقادیر نمک ابتدا در ظروف کوچک مدرج در آب حل شد و سپس به مخزن بزرگ انتقال داده شد و با به حجم رساندن مخزن برای تیمارهای آبیاری، مقدار شوری نیز به همراه آب وارد کرت‌ها گردید.

- 1- Bulk density
- 2- Electrical conductivity of the saturation extract
- 3- Field capacity moisture
- 4- Permanent wilting point

که در این معادله، Y: متغیر وابسته، A، حداکثر عملکرد، b: شیب خط و X_0 : بیانگر تعداد روزی است که در آن عملکرد به ۵۰ درصد خود می‌رسد.

تجزیه واریانس آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی و مقایسه میانگین با آزمون FLSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. همچنین برازش مدل‌ها با نرم‌افزار Sigma plot.14 انجام شد و نمودارها با نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۶ رسم گردید. مقایسه مدل‌ها بر اساس سنجش‌های R^2_{adj} و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE=Root mean square root) انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج کلی آزمایش بررسی اثر تنش‌های محیطی بر رشد و توسعه گیاه نی قمیش در شرایط آب و هوایی شهر مشهد نشان می‌دهد که وجود تنش‌های شوری و خشکی هر دو باعث کاهش شاخص‌های رشد و توسعه‌ای این گیاه می‌شوند به نحوی که نتایج تجزیه واریانس این آزمایش (جدول ۱) نشان داد تیمار شوری و خشکی و اثر متقابل آن دو منجر به ایجاد اختلاف معنی‌دار با تیمار شاهد گردید. اثر ساده تیمار شوری به جز در شاخص سطح برگ و قطر ساقه در سایر شاخص‌ها نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار نشان داد با این وجود اثر ساده تیمار خشکی در تمامی شاخص‌های اندازه‌گیری شده معنی‌داری را نشان داد که این مسئله تأثیر این تنش نسبت به شوری را تا حدی عنوان می‌کند. اثرات متقابل شوری و خشکی نیز در تمامی شاخص‌ها معنی‌دار شد، که این امر نشان می‌دهد که گیاه نی قمیش نسبت به تنش‌های محیطی حساس است و وجود تنش خشکی و شوری می‌تواند روند رشد و گسترش آن را مختل نماید.

به منظور بررسی روند رشد و تعیین شاخص‌های فیزیولوژیکی پس از کشت و سبز شدن قمیش، قبل و بعد از اعمال تنش‌ها به فواصل زمانی منظم (هر دو هفته یک‌بار) طی پنج مرحله، تمامی قسمت‌های هوایی و زیرزمینی ۳ بوته به طور تصادفی از هر کرت به صورت تخریبی (نمونه‌برداری به صورت تصادفی با حفظ اثر حاشیه‌ای و با استفاده از یک کوادرات 50×50 سانتی‌متری) برداشت شد و بوته‌های باقیمانده در انتهای فصل، برای اندازه‌گیری میزان عملکرد برداشت شدند. گیاهان نمونه‌برداری شده به منظور تعیین وزن خشک، به مدت ۴۸ ساعت در آونی با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و پس از انتقال به آزمایشگاه، وزن خشک اندام هوایی، اندام زیرزمینی و همچنین ارتفاع گیاه، قطر گیاه و سطح برگ تعیین گردید. به منظور تعیین نیاز حرارتی سبز شدن ریزوم‌های نی قمیش از خاک، درجه روزرشد از ابتدای کاشت ریزوم‌ها در خاک تا ۵۰ درصد سبز شدن ریزوم‌ها با استفاده از معادله ۲ محاسبه شد (Soterre et al., 1996). برای محاسبه نیاز حرارتی گیاه از اندازه‌گیری دمای روزانه عمق ۲۰ سانتی‌متری خاک و درجه حرارت محیط استفاده شد. مقدار دمای پایه نیز از آزمایش تعیین دمای پایه رویش ریزوم نی قمیش (آزمایش اول) استفاده شد.

معادله (۲)

$$\text{دمای پایه جوانه زنی} = \frac{\sum (\text{درجه حرارت حداقل} + \text{درجه حرارت حداکثر})}{2} = \text{نیاز حرارتی}$$

همچنین به منظور بررسی اثر سطوح مختلف شوری و خشکی بر درصد رشد و عملکرد قمیش از یک مدل لجستیک سه پارامتر (معادله ۳) استفاده شد (Steinmaus And Norris, 2002):

$$Y = \frac{A}{1 + \exp(-(X / X_0) / b)} \quad \text{معادله (۳)}$$

جدول ۱- جدول تجزیه واریانس آزمایش بررسی اثر تنش‌های محیطی بر رشد و توسعه گیاه قمیش (*Arundo donax*) در شرایط آب و هوایی شهر مشهد

Table 1- Variance analysis table for the study of the effect of environmental stresses on the growth and development of the *Arundo donax* in the climatic conditions of Mashhad city

منابع تغییر (Source)	F				
	وزن خشک اندام هوایی SP	وزن خشک اندام زیرزمینی GPD	ارتفاع GRI	قطر ساقه WGRI	سطح برگ
تیمار (Treatment)					
شوری (Salinity)	194.4*	76.6*	13.8*	9.16	0.21
خشکی (Drought)	202.46**	89.4*	23.6**	19.23**	0.43*
شوری*خشکی (S*D)	312.38**	161.42*	31.73**	27.51*	0.56*

* And **: Significant at 5% and 1% of probability levels.

* و **: معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد.

بر روی نی قمیش نشان داد که گیاه نی قمیش به هر دو تنش شوری و خشکی حساس است و وجود این دو تنش محیطی می‌تواند شاخص‌های زیست‌توده اندام هوایی، زیست‌توده اندام زیرزمینی، ارتفاع گیاه،

تنش شوری و خشکی در مکان‌هایی که تبخیر و تعرق غالب است، بیشتر در فیزیولوژی گیاهان پدیدار می‌شوند (Wilhelm, 2014). پارامترهای حاصل از این اعمال تنش‌های شوری و خشکی

نشان می‌دهد (Haworth et al., 2017)، با این حال نی قمیش برخلاف سایر گیاهان رشد کرده در شرایط دیم که زیست‌توده کمتری را نسبت به گیاهان آبی تولید می‌کنند، اختلاف معنی‌داری را با تنش های جزئی خشکی در تولید زیست‌توده نشان نمی‌دهد (Cosentino et al., 2016; Haworth et al., 2017; Curt et al., 2018).

قطر ساقه و شاخص سطح برگ را کاهش دهد (جدول ۲)؛ به عبارت دیگر تنش شوری و خشکی منجر به کاهش رشد و میزان پارامترهای رشدی در نی قمیش نسبت به شرایط عدم وجود تنش در این گیاه در شرایط آب و هوایی شهر مشهد شد. تحقیقات نشان می‌دهد که نی قمیش در کوتاه مدت و در شرایط خشکسالی کاهش زیست‌توده را

جدول ۲- تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک اندام زیرزمینی، ارتفاع گیاه، قطر ساقه و شاخص سطح برگ در کشت ریزوم های قمیش در شرایط آب و هوایی شهر مشهد

Table 2- The effect of different levels of salinity and dryness on the dry weight shoot, dry weight root, plant height, stem diameter and leaf area index in *A. donax* rhizome cultivation in the climatic conditions of Mashhad city

شاخص سطح برگ (m ²) LAI	قطر ساقه (mm) Stem Diameter	ارتفاع (cm) Height	وزن خشک اندام زیرزمینی (gr) Dry Weight Root	وزن خشک اندام هوایی (gr) Dry Weight Shoot	سطح شوری Salinity level (dS.m)	سطح خشکی Drought level (MPa)
0.281 (0.001) ^a	21.16 (0.11) ^a	130.08 (1.4) ^a	281.83 (4.1) ^a	1551.16 (21) ^a	S ₁	I ₁
0.273 (0.001) ^a	20.5 (0.11) ^a	126.16 (1.3) ^a	273.33 (3.8) ^a	1503.5 (16) ^{ab}	S ₂	I ₁
0.251 (0.001) ^b	19.66 (0.11) ^a	120.33 (1.2) ^{ab}	259.83 (3.3) ^b	1428.66 (20) ^b	S ₃	I ₁
0.216 (0.001) ^{cd}	17.66 (0.09) ^b	109.91 (1.1) ^b	238.66 (3.2) ^{bc}	1312 (19) ^c	S ₄	I ₁
0.238 (0.001) ^c	19.78 (0.10) ^a	110.56 (1.1) ^b	240.66 (3.2) ^{bc}	1322.83 (16) ^c	S ₁	I ₂
0.231 (0.001) ^c	18.72 (0.10) ^b	106.75 (1.06) ^b	232.43 (3.3) ^c	1277.53 (19) ^{cd}	S ₂	I ₂
0.216 (0.001) ^{cd}	18.16 (0.10) ^b	100 (1.01) ^{bc}	217.5 (3.14) ^{cd}	1196.38 (18) ^d	S ₃	I ₂
0.196 (0.001) ^d	14.31 (0.07) ^d	91.91 (0.92) ^c	200.65 (2.13) ^d	1102.5 (15) ^e	S ₄	I ₂
0.131 (0.001) ^f	16.5 (0.08) ^c	60.16 (0.82) ^d	130.5 (2.01) ^e	709.86 (16) ^{fg}	S ₁	I ₃
0.123 (0.001) ^{fg}	15.5 (0.04) ^{cd}	56.25 (0.81) ^{de}	122.33 (1.82) ^{hi}	665.16 (13) ^g	S ₂	I ₃
0.108 (0.001) ^g	13.53 (0.03) ^{de}	49.58 (0.63) ^e	108.46 (1.77) ⁱ	585.34 (12) ^h	S ₃	I ₃
0.091 (0.001) ^{gh}	10.33 (0.01) ^{ef}	41.08 (0.63) ^{ef}	90.73 (1.54) ^j	489.81 (13) ⁱ	S ₄	I ₃

میانگین‌های درون هر ستون که حروف متفاوت دارند، بر اساس آزمون FSLD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارند. داده‌های داخل پرانتز خطای معیار میانگین می‌باشد.

The means within the column followed by different letters differ significantly at $p \leq 0.05$ level (FSLD test). The values in parenthesis are standard error of the means.

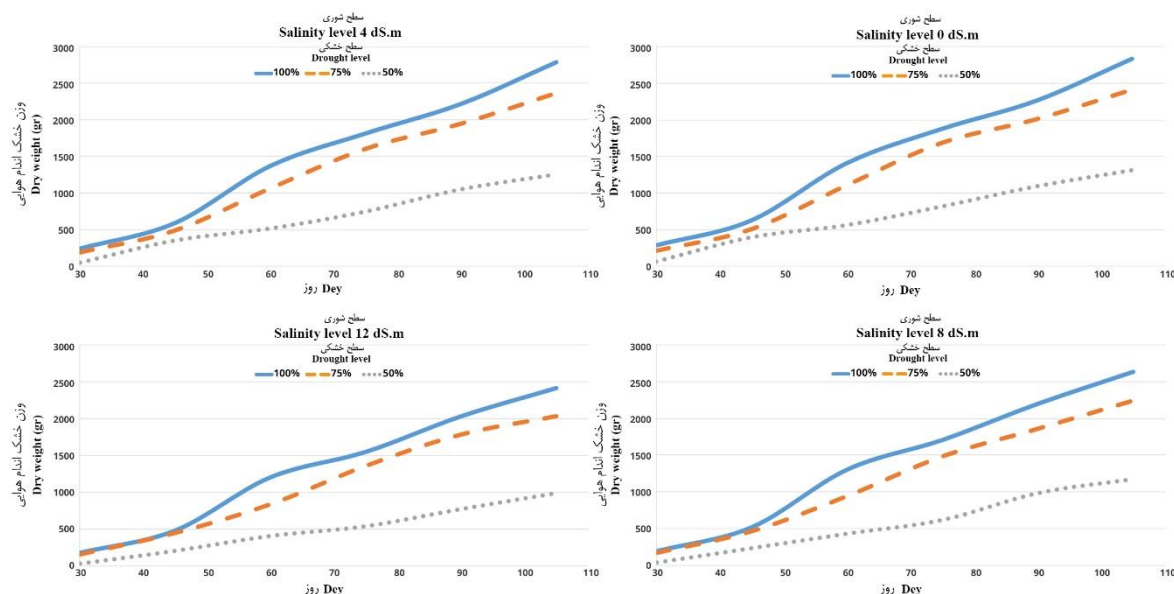
بیان دیگر اثر تنش خشکی نسبت به تنش شوری در رشد و توسعه گیاه نی قمیش پررنگتر است. آزمایشات صحرایی در دریای مدیترانه نشان داده است که نی قمیش (*Arundo donax*) از نظر متابولیسم اولیه، رشد و عملکرد زیست‌توده در هر دو شرایط آبی و دیم بهتر از سایر محصولات عمل می‌کند (Angelini et al., 2009; Mantineo et al., 2009) اما این نکته حائز اهمیت است که مقاومت این گیاه نسبت به تنش‌های محیطی را نباید به منظور عدم کاهش شاخص‌های رشد دانست و طبیعتاً گیاهان هر چقدر که به تنش‌های محیطی مقاوم باشند اما وجود تنش می‌تواند شاخص‌های رشد و توسعه آنها را هرچقدر اندک کاهش دهد (Zub and

بر اساس نتایج حاصل از جدول ۲ زیست‌توده اندام هوایی، زیست‌توده اندام زیرزمینی، ارتفاع گیاه، قطر ساقه و شاخص سطح برگ باز افزایش میزان تنش شوری و خشکی نسبت به شرایط بدون تنش کاهش پیدا کرد. تأثیر تنش شوری بر کاهش شاخص‌های اندازه‌گیری شده کمتر از تنش خشکی بود به نحوی که اختلاف بین سطوح تنش شوری در سطوح مختلف تنش خشکی در همه شاخص‌های اندازه‌گیری شده به جز زیست‌توده اندام هوایی اختلاف ناچیزی با یکدیگر داشتند ولی در مقایسه اثر تنش خشکی در سطوح مختلف سطح با یکدیگر به این نتیجه می‌رسیم که تنش خشکی به تنهایی منجر به کاهش معنی‌دار شاخص‌های رشد نسبت به تیمار شاهد می‌گردد، به

(Brancourt-Hulmel, 2010).

زمان در سطوح مختلف تنش شوری و خشکی افزایش پیدا می‌کند و زیست‌توده اندام هوایی از کمتر از ۳۰۰ گرم در ابتدای فصل رشد در همه سطوح تنش به بیش از ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰ گرم در پایان فصل رشد در سطوح مختلف تنش می‌رسد.

شکل ۱ اثر تنش شوری در ۴ سطح و تنش خشکی در ۳ سطح را بر زیست‌توده اندام هوایی نی قمیش در طول فصل رشد نشان می‌دهد. با توجه به این شکل زیست‌توده اندام هوایی نی قمیش در طول



شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر زیست‌توده اندام هوایی نی قمیش در طول فصل رشد

Figure 1- The effect of different levels of salinity and dryness on the shoot biomass of *A. donax* during the growing season

کاهش پیدا می‌کند به نحوی که کمترین مقدار زیست‌توده در شرایط تنش خشکی و شوری حداکثری به میزان ۹۸۸ گرم حاصل شد. اختلاف سطوح تنش شوری با یکدیگر در هر سه سطح تنش خشکی بر حداکثر میزان زیست‌توده تولیدی معنی‌دار بود که نشان می‌دهد نی قمیش نسبت به تنش شوری حساسیت دارد و وجود این تنش می‌تواند منجر به کاهش زیست‌توده اندام هوایی آن گردد. اثر سطوح تنش خشکی در هر ۴ سطح تنش شوری نیز منجر به اختلاف معنی‌دار در زیست‌توده تولیدی گیاه گردید اما اختلاف بین سطح آبیاری ۱۰۰٪ (I₁) و ۷۵٪ (I₂) ظرفیت زراعی مقدار کمتری را داشت ولی در سطح خشکی ۵۰٪ (I₃) ظرفیت زراعی این اختلاف شدیدتر شد که این امر نشان می‌دهد که نی قمیش تا حدی به تنش خشکی مقاومت نشان می‌دهد اما با افزایش تنش خشکی این مقاومت شکسته شده و زیست‌توده گیاه تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرد.

باتوجه به شکل ۱ اختلاف زیست‌توده اندام هوایی نی قمیش در سطوح مختلف تنش در ابتدای فصل رشد تا حدود ۵۰ روز پس از کاشت ناچیز و غیر معنی‌دار بود و پس از آن تأثیر تنش‌های اعمال شده منجر به اختلاف معنی‌دار در سطوح تنش خشکی شد. ریزوم‌های نی قمیش تحت شرایط تنش خشکی تا مدتی زنده باقی ماندند اما به نظر نمی‌رسد که گیاهان حاصل از این ریزوم‌ها عملکرد خوبی را داشته باشند زیرا که نتایج آزمایش مقایسه عملکرد و رشد ریزوم‌های تحت شرایط غرقاب و بدون استرس با این ریزوم‌ها همگی نشان از برتری محسوس ریزوم‌های حاصل از شرایط نرمال و غرقابی گیاه نی قمیش بود (Angelini et al., 2009).

اثر تنش شوری در تیمار شاهد (بدون شوری) با سطح شوری ۴ دسی‌زیمنس در سطوح مختلف خشکی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد اما در سطوح بیشتر تنش شوری این اختلاف معنی‌دار گردید، به عبارتی می‌توان این طور بیان کرد که تحمل نی قمیش نسبت به تنش شوری بیش از تنش خشکی است.

پارامترهای حاصل از تأثیر تنش‌های شوری و خشکی بر وزن خشک اندام هوایی نی قمیش (جدول ۳) نشان داد که حداکثر میزان زیست‌توده اندام هوایی در شرایط بدون تنش (شاهد) به میزان ۲۸۴۰ گرم ایجاد شد و با افزایش سطوح تنش شوری و خشکی این مقدار

جدول ۳- پارامترهای تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر وزن خشک اندام هوایی گیاه قمیش بر اساس مدل لجستیک سه پارامتری در شرایط آب و هوایی شهر مشهد

Table 3- The parameters of the influence of different levels of salinity and dryness on the dry weight shoot of *A. donax* on the three-parameter logistic model in the climatic conditions of Mashhad city

سطح خشکی Drought level (MPa)	سطح شوری Salinity level (dS.m)	A* (gr)	X ₀ ** (Dey)	B ***	R ² _{adj}	RMSE
I ₁	S ₁	2840 (1) ^a	62 (0.8) ^b	1.34	0.97	1.48
I ₁	S ₂	2784 (2) ^{ab}	61 (0.6) ^{bc}	1.36	0.97	1.37
I ₁	S ₃	2636 (4) ^b	62 (0.5) ^b	1.37	0.96	1.36
I ₁	S ₄	2418 (4) ^c	61 (0.3) ^{bc}	1.32	0.96	1.35
I ₂	S ₁	2416 (3) ^c	64 (0.3) ^b	1.30	0.94	1.29
I ₂	S ₂	2363 (1) ^{cd}	62 (0.4) ^b	1.32	0.95	1.28
I ₂	S ₃	2241 (1) ^d	63 (0.8) ^b	1.33	0.95	1.26
I ₂	S ₄	2032 (2) ^e	65 (0.6) ^{ab}	1.34	0.96	1.19
I ₃	S ₁	1317 (4) ^{gh}	67 (0.5) ^{ab}	0.65	0.96	1.17
I ₃	S ₂	1259 (4) ^h	70 (0.3) ^a	0.69	0.96	1.15
I ₃	S ₃	1178 (3) ^{hi}	72 (0.3) ^a	0.67	0.96	1.08
I ₃	S ₄	988 (1) ^{ij}	73 (0.4) ^a	0.68	0.95	1.07

*: حداکثر میزان زیست‌توده **: زمان رسیدن به ۵۰٪ زیست‌توده ***: شیب منحنی

میانگین‌های درون هر ستون که حروف متفاوت دارند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارند. داده‌های داخل پرانتز خطای معیار میانگین می‌باشد.

***: slope of the curve **: time to reach 50% of biomass *: maximum amount of biomass

The means within the column followed by different letters differ significantly at $p \leq 0.05$ level (FLSD test). The values in parenthesis are standard error of the means.

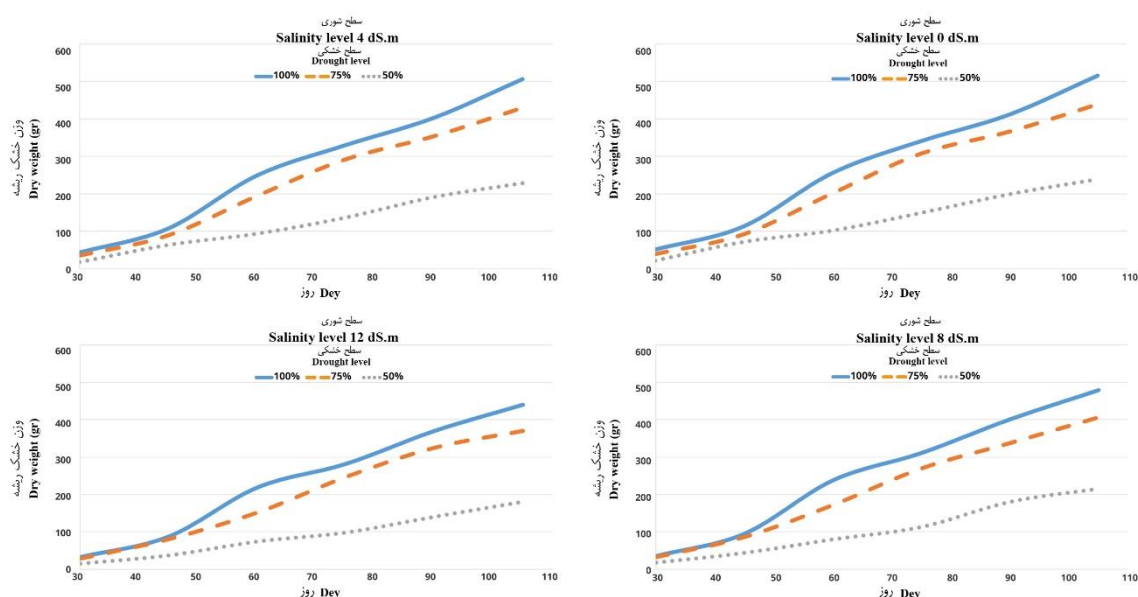
دار بود که نشان‌دهنده آن است که گیاه نی قمیش در مراحل اولیه تنش خشکی با آن مقابله می‌کند اما تنش بیش از حد خشکی منجر به شکسته شدن مقاومت این گیاه شده و زیست‌توده آن کاهش پیدا می‌کند. شیب منحنی نیز (پارامتر B) حاکی از این مسئله می‌باشد که نی قمیش تحمل نسبی به تنش جزئی خشکی دارد و در تنش خشکی شدید شیب منحنی زیست‌توده افزایش تدریجی را در طول فصل رشد نشان می‌دهد.

تأثیر تنش‌های شوری و خشکی بر زیست‌توده اندام‌های زیرزمینی گیاه نی قمیش در طول فصل رشد (شکل ۲) نشان می‌دهد که افزایش تنش‌های شوری و خشکی منجر به کاهش زیست‌توده اندام زیرزمینی می‌شود به‌نحوی که حداکثر زیست‌توده تولیدی در هر یک از تیمارها، اختلاف معنی‌داری را با تیمار شاهد داشتند. زیست‌توده اندام زیرزمینی نی قمیش نیز در همه سطوح تنش در ابتدای فصل رشد تا حدود ۴۵ روز پس از کاشت اختلاف معنی‌داری را نسبت به یکدیگر نشان ندادند اما پس از این زمان روند افزایش زیست‌توده در هر یک از تیمارها تغییر پیدا کرد و اختلاف معنی‌داری را در پایان فصل رشد نسبت به یکدیگر داشتند. همین شرایط در زیست‌توده اندام هوایی پس از ۵۰ روز از کاشت اتفاق افتاد که این اختلاف چند روزه نشان می‌دهد اندام زیرزمینی نی قمیش سریعتر از اندام هوایی آن به تنش‌ها واکنش نشان می‌دهد و رشد آن تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

دانشمندان در تحقیقات خود عنوان کردند که کاهش فتوسنتز پاسخ اولیه گیاهانی است که در اثر تنش خشکی به چالش کشیده شده‌اند (Munns, 2002; Lawlor and Cornic, 2002; Signarbieux and Feller, 2011; Centritto et al., 2003; Cornic, 2000;). در نتیجه محدودیت‌های انتشاری و متابولیکی (Chaves et al., 2011; Flexas et al., 2004; روزنه‌ی (gs) و مزوفیل (gm) به CO₂ عمدتاً فتوسنتز را در مراحل اولیه خشکسالی محدود می‌کند، زیرا در دسترس بودن CO₂ در سایت‌های باعث می‌شود تا روبیسکو کاهش یابد (Loreto and Fineschi, 2004; Flexas et al., 2004; 2015;).

تنش خشکی و اختلالات متابولیکی به تدریج در محدود کردن فتوسنتز مرتبط تر می‌شوند (Long and Bernacchi, 2003; Chaves et al., 2011). در شرایط خشکسالی شدید، نرخ انتقال الکترون ممکن است تا حد زیادی از تقاضای چرخه کالوین فراتر رود، و عرضه بیش از حد الکترون‌های برانگیخته، گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) را با سرعت زیاد تولید می‌کند، بنابراین گیاهان را در معرض استرس اکسیداتیو نور قرار می‌دهد و زیست‌توده آنها را تا حد زیادی کاهش خواهد داد (Hernández et al., Silva et al., 2010; 2012).

پارامتر X₀ یا زمان رسیدن به ۵۰٪ زیست‌توده نشان داد که اختلاف بین سطوح مختلف شوری معنی‌دار نبود و در مورد تنش خشکی نیز همین شرایط در سطوح تنش جزئی وجود داشت، اما اختلاف بین سطح خشکی ۵۰٪ ظرفیت زراعی با سایر سطوح معنی



شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر زیست توده اندام زیرزمینی گیاه قمیش در طول فصل رشد
Figure 2- The effect of different levels of salinity and dryness on the root biomass of *A. donax* during the growing season

جدول ۴- پارامترهای تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر وزن خشک اندام زیرزمینی گیاه قمیش بر اساس مدل لجستیک سه پارامتری در شرایط آب و هوایی شهر مشهد

Table 4- The parameters of the influence of different levels of salinity and dryness on the dry weight root of *A. donax* on the three-parameter logistic model in the climatic conditions of Mashhad city

سطح خشکی Drought level (MPa)	سطح شوری Salinity level (dS.m)	A* (gr)	X ₀ ** (Dey)	B***	R ² _{adj}	RMSE
I ₁	S ₁	516 (1) ^a	60 (0.8) ^{bc}	1.46	0.98	1.58
I ₁	S ₂	506 (2) ^a	61 (0.6) ^{bc}	1.38	0.98	1.07
I ₁	S ₃	479 (4) ^{ab}	60 (0.5) ^{bc}	1.27	0.97	1.36
I ₁	S ₄	440 (4) ^b	61 (0.3) ^{bc}	1.22	0.97	1.45
I ₂	S ₁	439 (3) ^b	63 (0.3) ^b	1.35	0.96	0.99
I ₂	S ₂	430 (1) ^{bc}	64 (0.4) ^b	1.32	0.97	0.84
I ₂	S ₃	407 (1) ^c	65 (0.8) ^{ab}	1.30	0.95	0.67
I ₂	S ₄	370 (2) ^{cd}	65 (0.6) ^{ab}	1.27	0.96	0.93
I ₃	S ₁	239 (4) ^g	68 (0.5) ^{ab}	0.61	0.97	0.71
I ₃	S ₂	229 (4) ^{gh}	68 (0.3) ^{ab}	0.59	0.96	0.58
I ₃	S ₃	215 (3) ^h	73 (0.3) ^a	0.57	0.98	0.88
I ₃	S ₄	180 (1) ⁱ	74 (0.4) ^a	0.58	0.97	0.76

*: حداکثر میزان زیست‌توده **: زمان رسیدن به ۵۰٪ زیست‌توده ***: شیب منحنی

میانگین‌های درون هر ستون که حروف متفاوت دارند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارند. داده‌های داخل پرانتز خطای معیار میانگین می‌باشد.

*: maximum amount of biomass **: time to reach 50% of biomass ***: slope of the curve

The means within the column followed by different letters differ significantly at $p \leq 0.05$ level (FLSD test). The values in parenthesis are standard error of the means.

تیمار شاهد اختلافات معنی‌دار بود و این امر در تنش خشکی شدید (I₃) مشهودتر بود.

حداکثر زیست‌توده تولیدشده، زمان رسیدن به ۵۰٪ تولید زیست توده و شیب منحنی نمودار همگی نشان از تأثیر تنش شدید شوری و

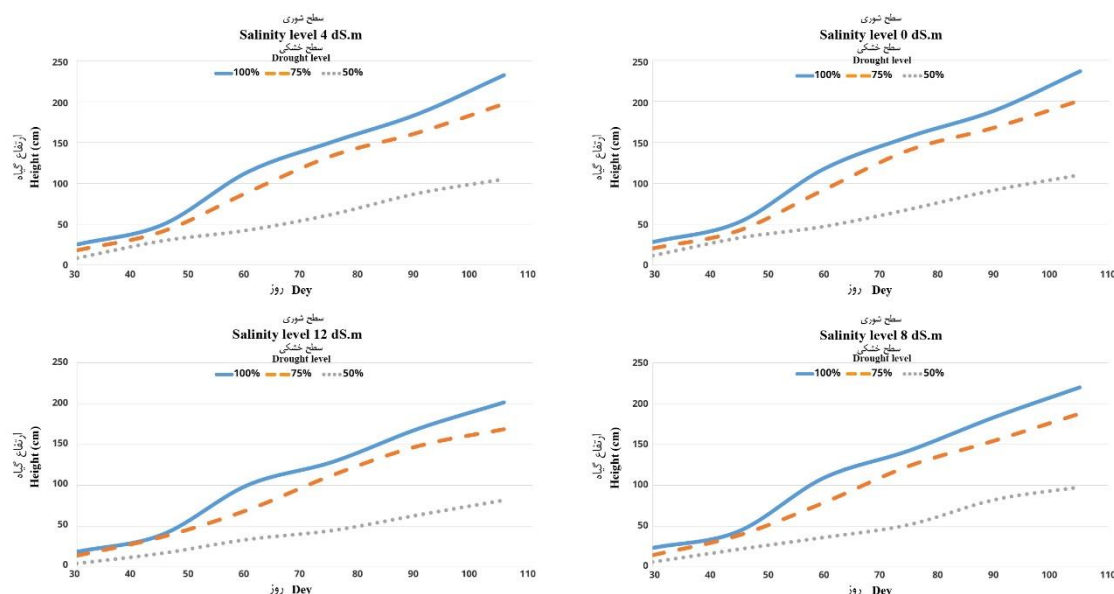
پارامترهای تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی نیز بر وزن خشک اندام زیرزمینی (جدول ۴) نشان داد اختلاف بین سطوح مختلف شوری در هر سه سطح تنش خشکی کم بود و گاهی این اختلاف معنی‌دار گردید اما در مقایسه سطوح مختلف تنش خشکی با

سریع و تحمل این گیاه به تنش‌های محیطی مختلف در سایر فصول می‌تواند منجر به تهاجم‌پذیری آن گردد. وی همچنین اظهار کرد که کمبود رطوبت خاک نه تنها عاملی برای نفوذناپذیری نی قمیش در زیستگاه‌ها نمی‌شود بلکه می‌تواند با تغییرات ژنتیکی و جهش منجر به تولید ژنوتیپ‌هایی با تحمل بالا به تنش گردد و موجب استقرار در این زیستگاه‌ها شود که در نهایت ممکن است باعث شود که این گیاه در اکوسیستم جدید طغیان کند. نی قمیش مادری با استفاده از آبیاری تکمیلی در طول زمان استقرار در مناطقی با خاک‌های آبرفتی می‌تواند ریشه‌هایی تا عمق ۳ متر نیز تولید کند که همین امر موجب می‌شود که حتی در فصل تابستان و در شرایط عدم حضور آب زنده بماند و دچار تنش نگردد (Mann et al., 2013).

تأثیر تنش‌های شوری و خشکی بر ارتفاع نی قمیش در طول فصل رشد (شکل ۳) نشان داد که این تنش‌های می‌تواند منجر به کاهش ارتفاع گیاه گردد. کاهش زیست‌توده اندام هوایی نی قمیش تحت تأثیر تنش با توجه به اینکه این گیاه جزء گیاهان باریک برگ محسوب می‌شود و سطح برگ زیادی را در مقایسه با سایر گیاهان ندارد، حکایت از کاهش ارتفاع گیاه و وزن ساقه در شرایط تنش شدید شوری و خشکی است.

خشکی بر رشد و توسعه گیاه نی قمیش دارد و تنش‌های شدید شوری و خشکی منجر به کاهش پارمترهای اندازه‌گیری شده گردید. حداکثر زیست‌توده اندام زیرزمینی در تیمار شاهد اختلاف ۲۸۰٪ را نسبت به تنش شدید شوری و خشکی داشت. اختلاف بین سطوح تنش شوری در حداکثر زیست‌توده اندام زیرزمینی تولید شده در سطح خشکی I_1 و I_2 تقریباً ۲۰٪ بود اما در سطح تنش خشکی I_3 این اختلاف به ۳۰٪ افزایش پیدا کرد.

زمان رسیدن به ۵۰٪ حداکثر زیست‌توده تولید شده و شیب نمودار نیز در تنش شدید خشکی نسبت به سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت و نشان داد که اندام زیرزمینی نی قمیش در شرایط وجود تنش شدید با رشد کندی مواجه می‌شود اما رشد آنها حتی در این شرایط نیز متوقف نمی‌شود که همین امر نشان می‌دهد که این گیاه به تنش‌های شوری و خشکی واکنش نشان می‌دهد و سعی در آن دارد تا با رشد هر چند حداقلی با این شرایط مقابله نماید تا به شرایط مساعد برسد که همین مسئله می‌تواند به خاصیت تهاجم‌پذیری این گیاه بیافزاید. گوردن و همکاران (Gordon et al., 2011) در مطالعات خود روی ماندگاری ریزوم نی قمیش در شرایط محیطی مختلف به این نتیجه رسیدند که اکوسیستم‌های خشک با رطوبت کم ممکن است در فصل تابستان در برابر استقرار نی قمیش مقاومت نمایند اما پتانسیل رشد



شکل ۳- تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر ارتفاع نی قمیش در طول فصل رشد

Figure 3: The effect of different levels of salinity and dryness on the height of *A. donax* during the growing season

را از دست می‌دهد یا به عبارتی رشد اندام هوایی آن کاهش پیدا می‌کند و به تبع آن ارتفاع گیاه در این شرایط نسبت به شرایط بدون تنش اختلاف زیادی را نشان می‌دهد. نکته قابل تأمل دیگر اینکه

پارامتر حداکثر ارتفاع تشکیل شده در نی قمیش در تیمارهای مختلف و در سطوح مختلف تنش (جدول ۵) نشان‌دهنده آن است که وقتی این گیاه در معرض تنش قرار می‌گیرد تا حد زیادی ارتفاع خود

مشهد حتی در شرایط نرمال نیز نسبت به سایر مناطق کاهش داشته است و طبیعتاً این شرایط آب و هوایی نتوانسته است محیط مناسبی برای رشد این گیاه را فراهم کند.

حداکثر ارتفاع تشکیل شده در شرایط بدون تنش در شرایط آب و هوایی شهر مشهد ۲۳۷ سانتی‌متر بود که در مقایسه با میانگین ارتفاع این گیاه در شرایط آب و هوایی شمال ایران (۳۵۰ سانتی‌متر) و پتانسیل رشد این گیاه، رشد و توسعه آن در شرایط آب و هوایی شهر

جدول ۵- پارامترهای تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر ارتفاع گیاه قمیش بر اساس مدل لجستیک سه پارامتری در شرایط آب و هوایی شهر مشهد

Table 5- The parameters of the influence of different levels of salinity and dryness on the height of *A. donax* on the three-parameter logistic model in the climatic conditions of Mashhad city

سطح خشکی Drought level (MPa)	سطح شوری Salinity level (dS.m)	A* (cm)	X ₀ ** (Dey)	B***	R ² _{adj}	RMSE
I ₁	S ₁	237 (1) ^a	61 (0.8) ^{bc}	1.64	0.94	1.38
I ₁	S ₂	232 (2) ^a	61 (0.6) ^{bc}	1.58	0.94	1.07
I ₁	S ₃	220 (4) ^{ab}	61 (0.5) ^{bc}	1.67	0.93	1.16
I ₁	S ₄	202 (4) ^b	60 (0.3) ^{bc}	1.62	0.94	1.25
I ₂	S ₁	200 (3) ^b	63 (0.3) ^b	1.53	0.92	0.89
I ₂	S ₂	197 (1) ^b	63 (0.4) ^a	1.43	0.93	0.74
I ₂	S ₃	188 (1) ^{bc}	64 (0.8) ^b	1.43	0.92	0.67
I ₂	S ₄	169 (2) ^c	65 (0.6) ^b	1.37	0.91	0.73
I ₃	S ₁	110 (4) ^f	68 (0.5) ^{ab}	0.83	0.92	0.61
I ₃	S ₂	105 (4) ^{fg}	67 (0.3) ^{ab}	0.79	0.92	0.58
I ₃	S ₃	98 (3) ^g	72 (0.3) ^a	0.75	0.94	0.68
I ₃	S ₄	82 (1) ^{gh}	75 (0.4) ^a	0.78	0.94	0.66

*: حداکثر میزان ارتفاع ** : زمان رسیدن به ۵۰٪ ارتفاع *** : شیب منحنی

میانگین‌های درون هر ستون که حروف متفاوت دارند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارند. داده‌های داخل پرانتز خطای معیار میانگین می‌باشد.

***: slope of the curve ** : time to reach 50% of height *: maximum amount of height

The means within the column followed by different letters differ significantly at $p \leq 0.05$ level (FLSD test). The values in parenthesis are standard error of the means.

متحمل به تنش و یا سازگار با شرایط آب و هوایی جدید نماید. پارامترهای حاصل از اثر تنش‌های شوری و خشکی بر قطر ساقه نی قمیش (جدول ۶) نشان داد که این گیاه در تنش‌های جزئی خشکی تا حدی مقاومت نشان داده و قطر ساقه آن کاهش پیدا نمی‌کند، اما در تنش شدید خشکی این مقدار کاهش پیدا کرد به نحوی که حداکثر قطر ساقه در شرایط تنش سطح شوری S₁ در سطوح مختلف تنش خشکی (I₁ و I₂ و I₃) به ترتیب برابر ۳۶، ۳۳ و ۲۴ میلی‌متر بود. نتایج تحقیقات نیز نشان می‌دهد که گیاه نی قمیش تحت شرایط تنش خشکی قطر ساقه آن کاهش پیدا می‌کند و همین دلیل باعث کاهش زیست‌توده اندام‌هایی و ارتفاع گیاه می‌گردد (Pilu et al., 2014). والی و همکاران (Valli et al., 2017) عنوان کردند که گیاه نی قمیش تحت تنش خشکی در مقابل اکوتیپ‌های موجود در جنگل‌های توسکانی قطر آوند چوبی کمتری داشت که همین امر موجب کاهش هدایت هیدرولیکی و به طور بالقوه مقاومت به آمبولیسم آوند چوبی در طول دوره تنش خشکی بود که ناشی از افزایش نرخ تبخیر و تعرق می‌باشد.

تحقیقات نشان می‌دهد نی قمیش اغلب در مجاورت رودخانه‌ها و مکان‌هایی که خاک‌هایی با قابلیت دسترسی بالا به آب رشد می‌کند و همین موجب می‌شود که این گونه گیاهان در معرض تنش‌های خشکی بیشتر آسیب ببینند و در شرایط آب و هوایی که میزان در دسترس بودن آب محدودتر است و شرایط غرقاب وجود ندارد منجر به کاهش رشد آنان گردد (Watts and Moore, Danin, 2004; 2011). نی قمیش در زمین‌های حاشیه‌ای که مستعد خشکسالی هستند با موفقیت رشد می‌کند، اما این گونه‌ها یا واریته‌ها نرخ فتوسنتز (PN) و هدایت روزنه‌ای (Gs) کمتری را نسبت به هم‌تایان خود که در شرایط بهینه رشد کرده‌اند دارند (Lauteri et al., 2014). همچنین پارامترهای مورفولوژیکی ساقه به عنوان صفات ارثی در *A. donax* ممکن است توسعه واریته‌های *A. donax* را بر اساس عملکرد و ویژگی‌های تحمل به خشکی امکان‌پذیر کند (Haworth et al., 2017). به عبارت دیگر اثر تنش‌های محیطی بر رشد و توسعه ساقه و اندام زیرزمینی نی قمیش که قابلیت تکثیر دارند می‌تواند بر روی نسل بعدی این گیاه که حاصل از ریزوم‌ها و ساقه‌های تکثیر شده گیاه مادری تحت تیمار تنش بوده است اثر گذاشته و نسلی بعدی را

جدول ۶- پارامترهای تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر قطر ساقه گیاه قمیش بر اساس مدل لجستیک سه پارامتری در شرایط آب و هوایی شهر مشهد

Table 6- The parameters of the influence of different levels of salinity and dryness on the stem diameter of *A. donax* on the three-parameter logistic model in the climatic conditions of Mashhad city

سطح خشکی Drought level (MPa)	سطح شوری Salinity level (dS.m)	A* (mm)	X ₀ ** (Dey)	B***	R ² _{adj}	RMSE
I ₁	S ₁	36 (1) ^a	61 (0.8) ^a	1.56	0.96	1.62
I ₁	S ₂	34 (2) ^a	61 (0.6) ^a	1.48	0.96	1.57
I ₁	S ₃	32 (4) ^{ab}	60 (0.5) ^a	1.37	0.95	1.56
I ₁	S ₄	29 (4) ^{ab}	60 (0.3) ^a	1.32	0.94	1.55
I ₂	S ₁	33 (3) ^a	59 (0.3) ^{ab}	1.45	0.93	1.49
I ₂	S ₂	31 (1) ^{ab}	61 (0.4) ^a	1.42	0.96	1.48
I ₂	S ₃	29 (1) ^{ab}	60 (0.8) ^a	1.41	0.96	1.46
I ₂	S ₄	23 (2) ^{bc}	60 (0.6) ^a	1.37	0.96	1.39
I ₃	S ₁	24 (4) ^{bc}	48 (0.5) ^{ab}	1.41	0.93	1.27
I ₃	S ₂	22 (4) ^c	45 (0.3) ^b	1.29	0.94	1.22
I ₃	S ₃	19 (3) ^c	46 (0.3) ^b	1.08	0.96	1.18
I ₃	S ₄	14 (1) ^d	46 (0.4) ^b	0.68	0.93	1.16

*: حداکثر قطر ساقه ** زمان رسیدن به ۵۰٪ قطر ساقه ***: شیب منحنی

میانگین‌های درون هر ستون که حروف متفاوت دارند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارند. داده‌های داخل پرانتز خطای معیار میانگین می‌باشد.

*: maximum amount of stem diameter **: time to reach 50% of stem diameter ***: slope of the curve

The means within the column followed by different letters differ significantly at $p \leq 0.05$ level (FLSD test). The values in parenthesis are standard error of the means.

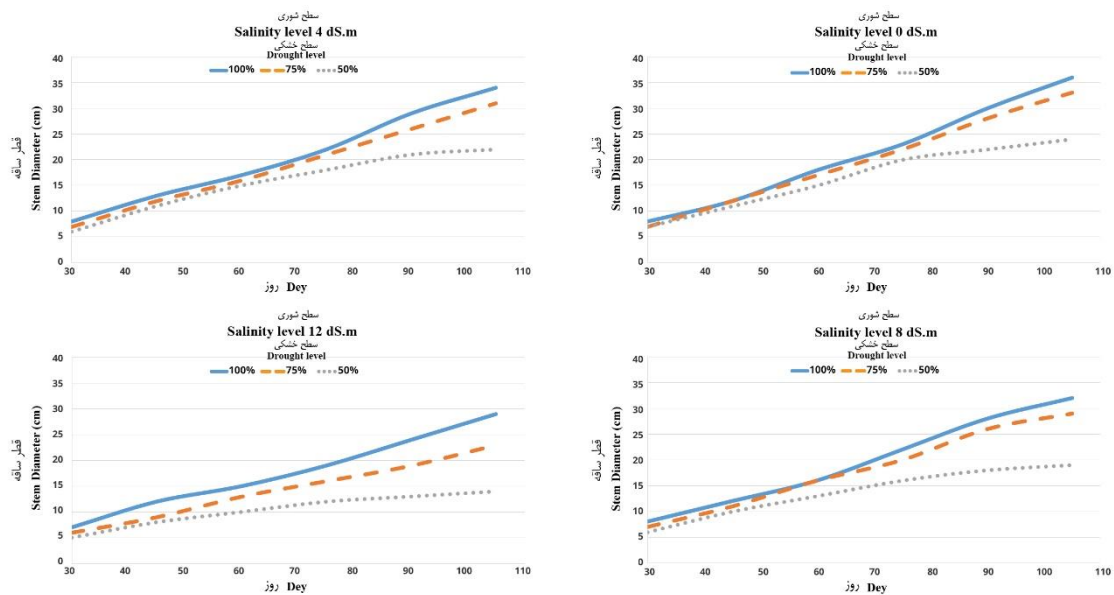
عضو اصلی این گیاه دارد و در زمان ظهور تنش‌های محیطی این رشد تا حد زیادی متوقف می‌شود.

پارامترهای حاصل از تأثیر تنش‌های شوری و خشکی بر شاخص سطح برگ نی قمیش (جدول ۷) نشان داد که LAI ایجاد شده توسط این گیاه تحت تأثیر تنش شوری قرار نمی‌گیرد به‌طوری‌که حداکثر مقدار LAI ایجاد شده در سطوح مختلف تنش شوری در هر یک از تیمارهای تنش خشکی اختلاف معنی‌داری را نسبت به یکدیگر نشان ندادند و فقط در شرایط تنش شدید خشکی این مقدار معنی‌دار بود. به عبارتی تنش شوری تأثیر چندانی بر کاهش شاخص سطح برگ نی قمیش ایجاد نمی‌کند و این گیاه در شرایط تنش شوری با حفظ سطح برگ خود سعی بر افزایش فتوسنتز و تولید انرژی برای عبور از این شرایط دارد.

نمودار تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر شاخص سطح برگ نی قمیش در طول فصل رشد (شکل ۵) نشان می‌دهد که شیب افزایش سطح برگ این گیاه در سطوح مختلف تنش شوری و خشکی در طول فصل رشد روند یکسانی را دارد و این شاخص گیاه نسبت به دیگر شاخص‌های اندازه‌گیری شده کمتر تحت استرس شوری و خشکی قرار می‌گیرد.

زمان رسیدن به ۵۰٪ حداکثر قطر ساقه نی قمیش بر خلاف سایر پارامترهای اندازه‌گیری شده که در آن نی قمیش تحت تأثیر تنش‌های شدید شوری و خشکی مقدار آن افزایش پیدا می‌کرد، در این شاخص مقدار X₀ در تنش‌های شدید شوری و خشکی کاهش پیدا کرد؛ به عبارتی نی قمیش در شرایط تنش شدید خشکی و شوری خیلی سریعتر به ۵۰٪ حداکثر قطر ساقه دست پیدا کرد و این نشان می‌دهد که قطر ساقه گیاه اولین شاخصه‌ای می‌باشد که نسبت به تنش‌های محیطی واکنش نشان می‌دهد و از همان ابتدای فصل و زمانی که تحت تنش قرار می‌گیرد دچار تغییر می‌شود. نمودار افزایش قطر ساقه نی قمیش در طول فصل رشد (شکل ۴) نیز نشانگر این موضوع است که تا حدود ۵۰ روز پس از کاشت قطر ساقه نی قمیش در تمامی شرایط تنش روند یکسان و سرعت رشد زیادی را دارد و پس از آن در شرایط تنش شدید شوری و خشکی این روند کاهش پیدا می‌کند.

شیب نمودار B در شاخص قطر ساقه نی قمیش در طول فصل رشد نیز حکایت از آن دارد که قطر ساقه این گیاه در شرایط تنش شدید خشکی در ابتدای فصل رشد و تا حدود ۵۰ روز پس از کاشت با سرعت بیشتری افزایش پیدا می‌کند و پس از آن این روند ثابت می‌شود. در نهایت می‌توان این طور بیان کرد که نی قمیش در ابتدای فصل رشد بیشترین تمرکز خود را بر روی افزایش قطر ساقه به عنوان



شکل ۴- تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر قطر ساقه نی قمیش در طول فصل رشد

Figure 4- The effect of different levels of salinity and dryness on the stem diameter of *A. donax* during the growing season

جدول ۷- پارامترهای تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر شاخص سطح برگ گیاه قمیش بر اساس مدل لجستیک سه پارامتری در شرایط آب و هوایی شهر مشهد

Table 7- The parameters of the influence of different levels of salinity and dryness on the leaf area index of *A. donax* on the three-parameter logistic model in the climatic conditions of Mashhad city

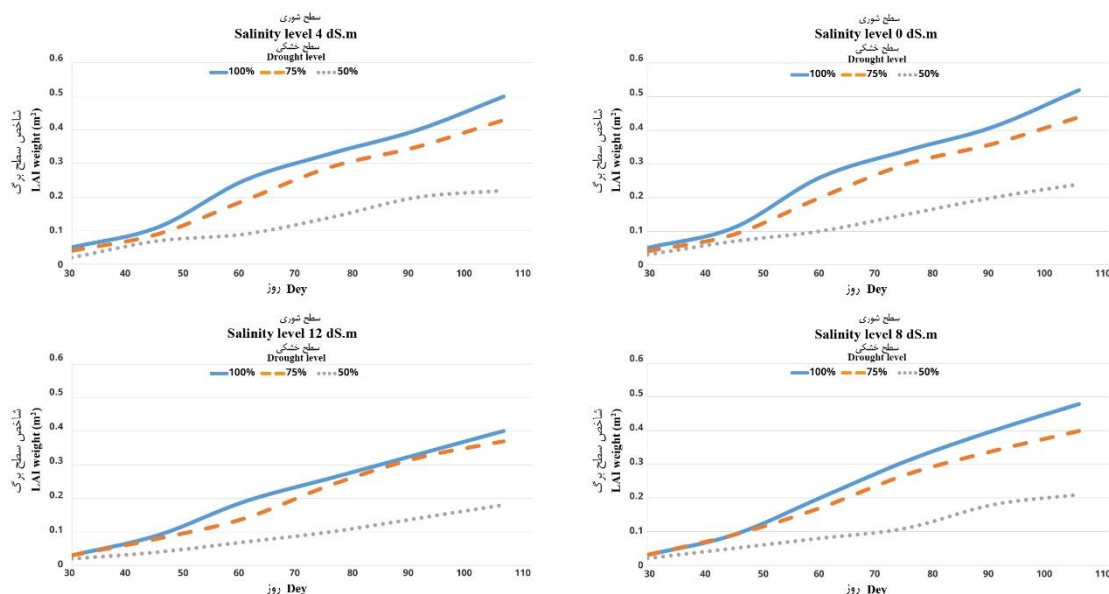
سطح خشکی Drought level (MPa)	سطح شوری Salinity level (dS.m)	A* (m ²)	X ₀ ** (Dey)	B***	R ² _{adj}	RMSE
I ₁	S ₁	0.52 (1) ^a	60 (0.8) ^b	1.44	0.96	1.58
I ₁	S ₂	0.5 (2) ^a	60 (0.6) ^b	1.36	0.93	1.47
I ₁	S ₃	0.48 (4) ^{ab}	64 (0.5) ^{ab}	1.35	0.94	1.36
I ₁	S ₄	0.4 (4) ^b	61 (0.3) ^b	1.30	0.93	1.45
I ₂	S ₁	0.44 (3) ^{ab}	62 (0.3) ^b	1.33	0.93	1.09
I ₂	S ₂	0.43 (1) ^{ab}	62 (0.4) ^b	1.29	0.94	1.08
I ₂	S ₃	0.4 (1) ^b	64 (0.8) ^{ab}	1.28	0.91	1.06
I ₂	S ₄	0.37 (2) ^{bc}	65 (0.6) ^{ab}	1.25	0.93	1.03
I ₃	S ₁	0.24 (4) ^d	62 (0.5) ^b	1.19	0.94	0.87
I ₃	S ₂	0.22 (4) ^d	63 (0.3) ^{ab}	1.17	0.92	0.85
I ₃	S ₃	0.21 (3) ^{de}	69 (0.3) ^a	1.18	0.91	0.88
I ₃	S ₄	0.18 (1) ^e	71 (0.4) ^a	1.15	0.90	0.76

※: حداکثر شاخص سطح برگ ※※: زمان رسیدن به ۵۰٪ شاخص سطح برگ ※※※: شیب منحنی

میانگین‌های درون هر ستون که حروف متفاوت دارند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری دارند. داده‌های داخل پرانتز خطای معیار میانگین می‌باشد.

※: maximum amount of LAI ※※: time to reach 50% of LAI ※※※: slope of the curve

The means within the column followed by different letters differ significantly at $p \leq 0.05$ level (FLSD test). The values in parenthesis are standard error of the means.



شکل ۵- تأثیر سطوح مختلف شوری و خشکی بر شاخص سطح برگ نی قمیش در طول فصل رشد

Figure 5- The effect of different levels of salinity and dryness on the leaf area index of *A. donax* during the growing season

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از کشت ریزوم قمیش در شرایط آب و هوایی شهر مشهد تحت تنش‌های شوری و خشکی نشان داد که رشد و توسعه این گیاه به شدت تحت تأثیر تنش‌های وارده قرار گرفت و افزایش میزان تنش منجر به کاهش در شاخص‌های رشد گردید. میزان زیست‌توده اندام هوایی و زیرزمینی تولید شده توسط این گیاه و همچنین ارتفاع و قطر ساقه نشان داد که تنش خشکی بیشتر از تنش شوری می‌تواند این پارامترها را تحت تأثیر قرار دهد، به عبارتی این گیاه به تنش خشکی حساسیت بالاتری دارد و تا حدودی به تنش شوری مقاوم است و شاید به همین علت است که فراوانی این گیاه در نواحی شمالی ایران بیشتر از سایر مناطق می‌باشد. نتایج تحقیقات مان و همکاران (Mann et al., 2013)، نشان می‌دهد که نی قمیش تحت خشکسالی شدید کمترین میزان بقا را نشان می‌دهد و ریزوم‌های این گیاه تحت این شرایط کمترین میزان رویش را نسبت به گیاهان شاهد مستقر در تالاب‌ها و حاشیه رودخانه‌ها دارند؛ همچنین افزایش تنش خشکی منجر به کاهش مقدار زیست‌توده، تعداد گره ساقه، تعداد برگ، ارتفاع گیاه و میزان فتوسنتز شد (Zub and

منابع

- Abichandani, S.L. (2007). *The potential impact of the invasive species Arundo donax on water resources along the Santa Clara River: seasonal and diurnal transpiration*. University of California, Los Angeles. pp 44. <http://dx.doi.org/10.3390/hydrology2030134>
- Angelini, L.G., Ceccarini, L., Nassi, O., Di Nasso, N., & Bonari, E. (2009). Comparison of *Arundo donax* L. and *Miscanthus x giganteus* in a long-term field experiment in Central Italy: analysis of productive characteristics and

Decruyenaere and Holt, Brancourt-Hulmel, 2010 (2005).

این گیاه در خاک‌هایی با زهکشی خوب که رطوبت فراوان در دسترس است، بهترین رشد را دارد و می‌تواند از لبه آب به سمت سواحل و بسیار فراتر از منطقه‌ای که قبلاً توسط پوشش گیاهان چوبی ساحلی اشغال شده بود گسترش یابد (Springer, 2005). همچنین مشاهده شد که قمیش بیشتر در جاهایی که سطح آب نزدیک به سطح خاک یا در نزدیکی آن قرار دارد، به خوبی رشد می‌کند که شاید علت آن حساسیت این گیاه به تنش خشکی باشد و از طرفی کلونی‌های کوچک این گیاه می‌توانند شوری بیش‌ازحد را تحمل کنند اما در شرایط حضور گسترده آن‌ها در یک منطقه میزان تحمل به شوری در آنان کاهش پیدا می‌کند (Zuniga et al., 1983). با این حال استقرار این گیاه در مناطق خشک و آبرفتی مرکز کالیفرنیا تحت شرایط تنش خشکی نشان‌دهنده سازگاری این گیاه با این شرایط پس از استقرار است و این موضوع احتمال تحمل به سایر تنش‌ها را در این گیاه پس از استقرار در مکان جدید افزایش می‌دهد (Angelini et al., 2009).

- energy balance. *Biomass and Bioenergy*, 33, 635–643. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.10.005>
3. Baker, H. (1974). The evolution of weeds. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5, 24.
4. Bell, G.P. (1997). *Ecology and management of Arundo donax, and approaches to riparian habitat restoration in southern California*. In: Plant Invasions: Studies from North America and Europe (eds Brock JH, Wade M, Pysek P, Green D), pp. 103–113.
5. Beringer, T., Lucht, W., & Schaphoff, S. (2011). Bioenergy production potential of global biomass plantations under environmental and agricultural constraints. *Global Change Biology Bioenergy* 3, 299–312. <https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2010.01088>
6. Centritto, M., Loreto, F., & Chartoulakis, K. (2003). The use of low [CO₂] to estimate diffusional and non-diffusional limitations of photosynthetic capacity of salt-stressed olive saplings. *Plant, Cell & Environment*, 26, 585–594. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2003.00993>
7. Chaves, M.M., Costa, J.M., & Saibo, N.J.M. (2011). Recent advances in photosynthesis under drought and salinity. *Advances in Botanical Research*, 57, 49–104. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387692-8.00003-5>
8. Chaves, M.M., Flexas, J., & Pinheiro, C. (2009). Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annual Botanical*, 103, 551–560. <https://doi.org/10.1093/aob/mcn125>
9. Cornic, G. (2000). Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture – not by affecting. *Trends in Plant Science*, 5, 187–188. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(00\)01625-3](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(00)01625-3)
10. Cosentino, S.L., Patanè, C., Sanzone, E., Testa, G., & Scordia, D. (2016). Leaf gas exchange, water status and radiation use efficiency of giant reed (*Arundo donax* L.) in a changing soil nitrogen fertilization and soil water availability in a semi-arid Mediterranean area. *European Journal of Agronomy*, 72, 56–69. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2015.09.011>
11. Curt, M.D., Sanz, M., & Mauri, P.V. (2018). Effect of water regime change in a mature *Arundo donax* crop under a xeric Mediterranean climate. *Biomass and Bioenergy*, 115, 203–209. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.04.018>
12. Czech, B., & Krausman, P. (1997). Distribution and causation of species endangerment in the United State. *Invasive Plant Science and Management*, 4, 439–444.
13. Danin, A. (2004). *Arundo* (Gramineae) in the Mediterranean reconsidered. *Willdenowia*, 34, 361–369.
14. Decruyenaere, J.G., & Holt, J.S. (2005). Ramet demography of a clonal invader, *Arundo donax* (Poaceae), in Southern California. *Plant and Soil*, 277, 41–52.
15. Flexas, J., Bota, J., Loreto, F., Cornic, G., & Sharkey, T.D. (2004). Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C3 plants. *Plant Biology*, 6, 269–279. <https://doi.org/10.1055/s-2004-820867>
16. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013). FAOSTAT. Agri-Environmental Indicators. Available at <http://faostat3.fao.org> (accessed 05 March 2014).
17. Gasith, A., & Resh, V.H. (1999). Streams in Mediterranean climate regions: abiotic influences and biotic responses to predictable seasonal events. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 30, 51–81.
18. Gordon, D.R., Tancig, K.J., Onderdonk, D.A., & Gantz, C.A. (2011). Assessing the invasive potential of biofuel species proposed for Florida and the United States using the Australian Weed Risk Assessment. *Biomass and Bioenergy*, 35, 74–79. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.08.029>
19. Grzesiak, M.T., Waligórski, P., Janowiak, F., Marcińska, I., Hura, K., Szczyrek, P., & Głąb, T. (2013). The relations between drought susceptibility index based on grain yield (DSIGY) and key physiological seedling traits in maize and triticale genotypes. *Acta Physiol Plant*, 35, 549–565.
20. Haworth, M., Cosentino, S.L., Marino, G. (2017). Physiological responses of *Arundo donax* ecotypes to drought: a common garden study. *GCB Bioenergy*, 9, 132–143. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12348>
21. Hernández, I., Alegre, L., & Munné-Bosch, S. (2012). Drought-induced changes in flavonoids and other low molecular weight antioxidants in *Cistus clusii* grown under Mediterranean field conditions. *Tree Physiology*, 24, 1303–1311. <https://doi.org/10.1093/treephys/24.11.1303>
22. Jørgensen, U. (2011). Benefits versus risks of growing biofuel crops: the case of *Miscanthus*. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3, 24–30. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.12.003>
23. Juneau, K.J., & Tarasoff, C.S. (2013). The seasonality of survival and subsequent growth of common reed (*Phragmites australis*) rhizome fragments. *Invasive Plant Science and Management*, 6, 79–86. <https://doi.org/10.1614/IPSM-D-12-00051.1>
24. Lambert, A.M., Dudley, T.L., & Saltonstall, K. (2010). Ecology and impacts of the large-statured invasive grasses *Arundo donax* and *Phragmites australis* in North America. *Invasive Plant Science and Management*, 3, 489–494. <http://dx.doi.org/10.1614/IPSM-D-10-00031.1>
25. Lauteri, M., Haworth, M., Serraj, R., Monteverdi, M.C., & Centritto, M. (2014). Photosynthetic diffusional constraints affect yield in drought stressed rice cultivars during flowering. *PLoS One*, 9, e109054. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109054>
26. Lawlor, D.W., & Cornic, G. (2002). Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to

- water deficits in higher plants. *Plant, Cell & Environment*, 25, 275–294. <https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00814>
27. Long, S.P., & Bernacchi, C.J. (2003). Gas exchange measurements, what can they tell us about the underlying limitations to photosynthesis? Procedures and sources of error. *Journal of Experimental Botany* 54, 2393–2401. <https://doi.org/10.1093/jxb/erg262>
28. Loreto, F., & Fineschi, S. (2015). Reconciling functions and evolution of isoprene emission in higher plants. *The New Phytologist*, 206, 578–582. <https://doi.org/10.1111/nph.13242>
29. Mann, J., Barnet, J., Guy, B., & Joseph, M. (2013). Miscanthus 3 giganteus and *Arundo donax* shoot and rhizome tolerance of extreme moisture stress. *Global Change Biology*, 5, 693–700. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12039>
30. Mantineo, M., D'Agosta, G.M., Copani, V., Patanè, C., & Cosentino, S.L. (2009). Biomass yield and energy balance of three perennial crops for energy use in the semi-arid Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 114, 204–213. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.07.020>
31. Mariani, C., Cabrini, R., Danin, A. (2010). Origin, diffusion and reproduction of the giant reed (*Arundo donax* L.): a promising weedy energy crop. *Annals of Applied Biology*, 157, 191–202. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2010.00419.x>
32. Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell & Environment* 25, 239–250. <https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808>
33. Pilu, R., Cassani, E., & Landoni, M. (2014). Genetic characterization of an Italian giant reed (*Arundo donax* L.) clones collection: exploiting clonal selection. *Euphytica*, 196, 169–181.
34. Signarbieux, C., & Feller, U. (2011). Non-stomatal limitations of photosynthesis in grassland species under artificial drought in the field. *Environment and Experimental Botany*, 71, 192–197. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2010.12.003>
35. Silva, E.N., Ferreira-Silva, S.L., Fontenele, A.V., Ribeiro, R.V., Viégas, R.A., & Silveira, J.A. (2010). Photosynthetic changes and protective mechanisms against oxidative damage subjected to isolated and combined drought and heat stresses in *Jatropha curcas* plants. *Journal of Plant Physiology*, 167, 1157–1164. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2010.03.005>
36. Steinmaus, S., & Norris, R.F. (2002). Growth analysis and canopy architecture of velvetleaf grown under light conditions representative of irrigated Mediterranean-type agroecosystems. *Weed Science*, 50, 42–53. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2002\)050\[0042:GAACAO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2002)050[0042:GAACAO]2.0.CO;2)
37. Trnka, M., Olesen, J.E., & Kersebaum, K.C. (2011). Agroclimatic conditions in Europe under climate change. *Global Change Biology*, 17, 2298–2318. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02396>
38. Valli, F., Trebbi, D., Zegada-Lizarazu, W., Monti, A., Tuberosa, R., & Salvi, S. (2017). In vitro physical mutagenesis of giant reed (*Arundo donax* L.). *GCB Bioenergy*, 9, 1380–1389. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12458>
39. Watts, D.A., & Moore, G.W. (2011). Water-use dynamics of an invasive reed, *Arundo donax*, from leaf to stand. *Wetlands*, 31, 725–734. <http://dx.doi.org/10.1007/s13157-011-0188-1>
40. Wilhelm, C. (2014) Salt stress resistance – multisite regulation in focus. *Journal Plant Physiology*, 171, 1. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2013.11.001>
41. Zub, H.W., & Brancourt-Hulmel, M. (2010). Agronomic and physiological performances of different species of *Miscanthus*, a major energy crop. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30, 201–214. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-0394-0_21
42. Zúñiga, G.E., Argandoña, V.H., Niemeyer, H.M., & Corcuera, L.J. (1983). Hydroxamic acid content in wild and cultivated gramineae. *Phytochemistry*, 22(12), 2665–2668.



Investigating the Diversity and Flora of Weeds and the Distribution of Caspian Vetch (*Vicia hyrcanica*) in Comparison to other Weeds in Kermanshah Wheat and Chickpea Fields

A. Karami¹, I. Nosratti^{2*}, Gh. Mohammadi³, A. Bagheri⁴, S. Babaei⁵

Received: 13-10-2022

Revised: 02-02-2023

Accepted: 07-03-2023

Available Online: 07-03-2023

How to cite this article:

Karami, A., Nosratti, I., Mohammadi, Gh., & Babaei, S. (2023). Investigating the diversity and flora of weeds and the distribution of Caspian vetch (*Vicia hyrcanica*) in comparison to other weeds in Kermanshah wheat and chickpea fields. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, 37(2), 195-213. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jpp.2023.73615.1110>

Introduction

Vicia hyrcanica grows in crop fields and field margins, pastures, meadows, orchards, vineyards, uncultivated areas, and other open areas in western parts of Iran. This is an annual, cool-season weed, which can reduce crop yield substantially. The population of this weedy species during last year has been increased and it is now considered as an invasive weed in the cultivated areas of west of Iran. Hence, the aim of this study was to determine the diversity, density and dominance of *Vicia hyrcanica* compared with other weed species infesting wheat and chickpea fields in Kuzaran city in Kermanshah province, Iran. Furthermore, another aim of this experiment was to prepare the map of contaminated areas with *V. hyrcanica* as well as the endanger fields for being invaded by this weedy species.

Materials and Methods

For conducting this study, a list of important areas for growing wheat, chickpea, rainfed and irrigated in Kuzaran city was prepared, then the distribution of this weed was evaluated during growing season of 2020. 300 farms of both irrigated and rainfed wheat and chickpea farms of Kuzaran city, Kermanshah province, Iran were selected for sampling. The selected fields were monitored in such a way as to cover all important areas of wheat and chickpea production areas in Kuzaran city. The selection of farms at a distance of approximately 3-5 km before the emergence of wheat spike gradually began in late April from different parts of the city and continued until late May. Sampling time in different parts of the province was from the beginning of stem emergence to the end of wheat clustering. In order to identify seedlings, they were labeled in the field and seedling identification keys were used to identify them. Parameters related to relative abundance, species richness, density and relative uniformity as well as diversity and dominance indices were measured to determine the importance of the mentioned weed species at the farm level. Through using GIS technique, the distribution map of yellow flower vetch in these areas was drawn.

Results

In addition to yellow vetch, another 21 species of germinae weeds were observed. The highest average species density with 35.2 plants per square meter and the highest relative abundance of 36.3% is related to *Vicia*

1, 2, 3 and 4- Ph.D. Student of Crop Ecology, Associate Professors and Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Razi University, respectively.

(* - Corresponding Author Email: irajnosratti@gmail.com)

5- Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan
DOI: [10.22067/jpp.2023.73615.1110](https://doi.org/10.22067/jpp.2023.73615.1110)

hyrcanica and two species *Tragopogon major* and *Melilotus officinalis* both with 0.27 and 0.26, respectively, had the lowest mean species density and relative abundance. In addition, the most common broadleaf species included Catchweed bedstraw (*Galium tricornutum* Dandy), yellow vetch (*V. hyrcanica*), wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) and Makhobeli (*Cephalaria syriaca* (L.) Roemer & Schultes). Uniformity index in irrigated and rainfed wheat fields of Kuzran city of Kermanshah province shows that the differences between species were very close in terms of uniformity and ranged from 0.53 (*Sinapis arvensis*) to 95% (related to *Silybum marianum*).

Conclusion

The highest prevalence index was related to species (*V. hyrcanica*) and all other weed species had a dominance index of less than 100. Based on the results obtained, among the species identified in wheat and chickpea fields of Kuzran city, five species with the highest prevalence of Simpson species were introduced as the species with the highest relative importance. Differences in species diversity and dominance indices were related to the amount and type of management operations on farms. Caspian vetch and Catchweed bedstraw were identified as the main invasive species. The predominance of these weeds, especially the Caspian vetch, as a weed, creates problems for farmers in the production of important crops, such as peas, because these crops are similar to vetch, and they separate it from the seeds of the crop. It is difficult and somewhat impossible by Bojari devices. Therefore, presence of this weed in these fields is critical and their spread should be prevented. In addition to seed contamination, endrils of vetchs allow *V. hyrcanica* to attach to crop plants, which results in hindering crop harvest and reducing its yield. Finally, totally, these attributes help to increase the infestation area by this weedy species and my explain its invasion status in the region.

Keywords: Diversity, Dominance, Invasive weed, Weed density, Vetch

بررسی تنوع و فلور علف‌های هرز و پراکنش گونه ماشک خرسی (*Vicia hircanica*) در مقایسه با سایر علف‌های هرز مورد بررسی در مزارع گندم و نخود کرمانشاه

امین کرمی^۱ - ایرج نصرتی^{۲*} - غلامرضا محمدی^۳ - علیرضا باقری^۴ - سیروان بابایی^۵

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۶

چکیده

بررسی و شناسایی تنوع و ترکیب علف‌های هرز در مناطق مختلف کشاورزی، می‌تواند در تعیین راهکارهای بهینه برای مدیریت علف‌های هرز و شناخت نوع علف‌های هرز مهاجم در مزارع آن منطقه مفید واقع گردد. ماشک خرسی *Vicia hircanica* یکی از مهمترین گیاهان هرز مشکل‌ساز به‌ویژه در مزارع گندم زمستانه و نخود به شمار می‌رود. از این رو وضعیت پراکنش این گیاه هرز به روش نمونه‌گیری تصادفی در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۹ در ۳۰۰ مزرعه از مزارع گندم آبی و دیم (۲۵۰ مزرعه) و نخود دیم (۵۰ مزرعه) در شهرستان کوزران استان کرمانشاه مورد بررسی قرار گرفت. مولفه‌های مربوط به فراوانی نسبی، غنای گونه‌ای، تراکم و یکنواختی نسبی و نیز شاخص‌های تنوع و غالبیت اندازه‌گیری شد. بیشترین میانگین تراکم گونه‌ای با ۳۵/۲ بوته در متر مربع و بیشترین فراوانی نسبی ۳۶/۳ درصد مربوط به ماشک خرسی و کمترین میانگین تراکم گونه‌ای (۰/۲۷) و فراوانی نسبی (۰/۲۶) به‌ترتیب متعلق به گونه *Tragopogon major* و *Melilotus albus Medic* بود. همچنین غالب ترین گونه‌های پهن برگ شامل شیرپنیر (*Galium tricornutum*)، ماشک خرسی، خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) و سرشکافته (*Cephalaria syriaca* (L) Roemer & Schultes) بودند. شاخص یکنواختی در گندم‌زارهای آبی و دیم شهرستان کوزران استان کرمانشاه نشان می‌دهد که اختلاف بین گونه‌ها از نظر یکنواختی بسیار به هم نزدیک و در دامنه ۰/۵۳ خردل وحشی تا ۹۵٪ خار مریم (*Silybum marianum*) متغیر بود. علاوه بر آن نتایج پهنه بندی از ۱۳۰۰ تا ۱۶۰۰ متر نشان داد که ارتفاع از سطح دریا تأثیر چندانی در تراکم اکوتیپ‌های ماشک خرسی و سایر گیاهان هرز گندمیان نداشته است. مقدار تنوع شانون-وینر، به میزان ۴/۰۹ و شاخص تنوع سیمپسون ۰/۹۹ و شاخص غالبیت سیمپسون ۰/۸۷ محاسبه شد. تفاوت در شاخص‌های تنوع گونه‌ای و غالبیت با میزان و نوع عملیات مدیریتی از جمله استفاده بیش از حد از نهاده‌های کشاورزی و مشکلات مدیریتی علف‌کش‌ها در مزارع ارتباط داشت. از این رو ماشک خرسی و شیر پنیر به عنوان گونه غالب در مزارع کرمانشاه و عمده‌ترین گونه مهاجم تشخیص داده شد.

واژه‌های کلیدی: تنوع، تراکم علف‌هرز، غالبیت، علف هرز مهاجم، ماشک خرسی

مقدمه

علف‌های هرز از مهمترین عوامل کاهش عملکرد محصولات زراعی در ایران هستند؛ به نحوی که میزان خسارت ناشی از آنها به طور متوسط ۳۰-۲۵ درصد برآورد شده است (Nosratti et al., 2020). این گیاهان علاوه بر رقابت با گیاهان زراعی و باغی در دریافت، مواد غذایی، آب و نور (MacLaren et al., 2014)، میزبان بسیاری از عوامل بیماری‌زا و آفات نیز می‌باشند (Mousavi et al., 2011). شناسایی علمی علف‌های هرز و آگاهی از تراکم و غالبیت آن‌ها در مزارع گام اصلی و بنیادی در مدیریت علف‌های هرز و

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشیاران و استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه

*- نویسنده مسئول: (Email: irajnosratti@gmail.com)

۵- استادیار گروه تولید و مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان

DOI: [10.22067/jpp.2023.73615.1110](https://doi.org/10.22067/jpp.2023.73615.1110)

افزایش عملکرد گیاه زراعی می‌باشد. با شناخت نوع و چگونگی پراکنش علف‌های هرز هر منطقه، می‌توان از پراکنش آن‌ها از منطقه ای به منطقه دیگر جلوگیری کرد. بررسی‌های محققین نشان می‌دهد که ساختار جامعه‌های علف هرز به میزان زیادی به شرایط اقلیمی، درجه حرارت و میزان بارندگی در بهار و تابستان بستگی داشته و نقش قابل توجهی در شکل‌گیری این ساختار دارد (Thomas and Dale, 1991; Thomas, 1985).

تنوع گونه‌ای یکی از مؤلفه‌های تنوع زیستی است که پایداری اکوسیستم را در برابر عوامل نامساعد محیطی و تهدیدهای زیستی تضمین می‌کند. اکوسیستم‌هایی که تنوع گونه‌ای بیشتری داشته باشند پایداری اکولوژیکی بیشتری در برابر تغییرات و هجوم گونه‌های جدید خواهند داشت و اکوسیستم‌های پایدار و پویا محسوب می‌شوند (James, 2010).

با توجه به اهمیت ویژه گندم در تغذیه انسان و زیان بالای علف‌های هرز در کشت این گیاه زراعی، شناسایی و بررسی نوع، تراکم و فراوانی گونه‌های علف هرز موجود برای مدیریت آنها در این گیاه زراعی بسیار ضروری است.

میانگین افت عملکرد ناشی از علف‌های هرز در مزارع استان کرمانشاه در سال زراعی ۷۸-۸۸ علی‌رغم مدیریت‌های اعمال شده، ۱۷/۳۲ درصد برآورد گردیده است (Sabati et al., 2013). بنابراین تحقیق در جهت شناسایی فلور علف‌های هرز و تعیین شاخص‌های جمعیتی از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. برنامه‌ریزی و ارایه راهبردهای مناسب برای مدیریت علف‌های هرز نیازمند شناخت دقیق وضعیت علف هرز است. در واقع با شناسایی فلور علف‌هرز و تعیین وضعیت فراوانی و پراکنش گونه‌های علف هرز می‌توان اطلاعات مهمی برای طراحی برنامه‌های مدیریتی علف هرز انجام داد (Arun Kumar et al., 2007). استفاده متوالی و مداوم از علف‌کش‌هایی با یک مکانیسم عمل، باعث تغییر در جمعیت علف‌های هرز حساس به علف‌های هرز متحمل تر می‌شود (Lair and Redente, 2004). در دست داشتن اطلاعاتی مانند چگونگی توزیع علف‌های هرز در سطح مزرعه و ارتباط مکانی آنها با گیاه زراعی، می‌تواند در مدیریت متناسب با مکان علف‌های هرز مفید واقع شده و باعث کاهش آلودگی زیست محیطی ناشی از عملیات کنترل شیمیایی و کاهش هزینه‌های آن شود (Makarian and Rohani, 2014). تداخل انسان در بوم نظام‌های مختلف می‌تواند منجر به تغییر تنوع و تهاجم گونه‌ای شود و فقدان اطلاعات اساسی در این مورد، بوم نظام‌های طبیعی را تهدید می‌کند. معرفی و ورود گیاه مهاجم به یک کشور، به عنوان یکی از شناخته شده ترین منابع علف‌های هرز در یک کشور مطرح است. این امر در دهه های اخیر و با جابه‌جایی انسان و تجارت محصولات در سراسر جهان افزایش یافته است (Nosratti et al., 2017). علف هرز ماشک خرسی یا ماشک گل زرد با نام علمی *Vicia hircanica* (شکل ۶) از

تیره لگومینوز (Fabaceae)، گیاهی یک‌ساله، زودرس، پاییزه و تا حدودی مقاوم به سرما و خشکی می‌باشد که از لحاظ اکولوژیکی، سازگار به مناطق مدیترانه‌ای، معتدل و مرطوب می‌باشد که دامنه دمایی رشد آن در محدوده صفر (جوانه‌زنی) تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد (دمای سقف) متغیر می‌باشد که اخیراً جزو یکی از گیاهان مهاجم ایران است (Javanmard et al., 2019).

گیاهان مهاجم علاوه بر تحمیل هزینه‌های اقتصادی فراوان، سبب انقراض گونه‌های بومی، کاهش تنوع ژنتیکی و ایجاد همگنی زیستی می‌شود (Rahmanian et al., 2020). در ارتباط با حضور علف‌های هرز مهاجم در ایران، اطلاعات زیادی وجود ندارد که این مسئله عمدتاً ناشی از عدم شناخت اهمیت گیاهان مهاجم و نبود سیستم نظارتی و پایش دائمی و فعال در کشور است (Minbashi et al., 2008). با تغییر شرایط محیطی، افزایش دما و کاربرد مکرر نهاده های کشاورزی، پایش و بررسی مداوم تغییر گیاهان مزارع، باغات و مراتع ضروری است. تهیه نقشه نقاط آلوده و ارزیابی خطر علف‌های هرز مهاجم نیز از جمله راهکارهای مدیریتی، برای جلوگیری از افزایش پراکنش آن‌ها و صرف حداقل هزینه‌ها خواهد بود (Sage et al., 2011). از توزیع علف‌های هرز برای اجرای صحیح عملیات مختلف کنترل علف‌های هرز، کاهش مصرف، افزایش اثربخشی علف‌کش‌ها، ارزیابی استراتژی‌های مدیریت در گذشته و حال و طراحی استراتژی‌های مدیریت علف‌های هرز در آینده استفاده می‌شود (Nunes et al., 2020). شاخص غنای گونه‌ای عمدتاً معرف غنای گونه‌ای یک بوم نظام است و گویای وضعیت محیط، از لحاظ شرایط مناسب زیستی می‌باشد زیرا شرایط مطلوب محیطی، موجب افزایش حضور گونه‌ها می‌شود و امکان مقایسه زیستگاه‌های مشابه در نقاط مختلف را نشان می‌دهد، از طرفی، این شاخص قادر به بیان توزیع جمعیت افراد بین گونه‌ها نیست. همچنین گزارشات متعددی حاکی از مشاهده این علف هرز در استان کرمانشاه بوده است. از این رو، این تحقیق به منظور مطالعه فلور و کارایی شاخص‌های تنوع، تراکم و غالبیت گونه‌های علف‌های هرز در مزارع نخود و گندم آبی و دیم استان کرمانشاه شهرستان کوزران انجام شد.

مواد و روش‌ها

خصوصیات منطقه مورد مطالعه

استان کرمانشاه با وجود مساحت ۲۴۶۳۶۰۰ هکتار دارای ۹۳۳۰۹۱ هکتار اراضی کشاورزی برخوردار است. مختصات جغرافیایی آن بین ۳۳° ۳۶' و ۳۵° ۱۵' عرض شمالی و ۴۵° ۲۴' و ۴۸° ۳۰' طول شرقی دارد. به منظور شناسایی مزارع گندم دیم و آبی (*Triticum aestivum* L.) و مزارع نخود آلوده به علف هرز ماشک گل زرد در استان کرمانشاه، در مجموع ۳۰۰ مزرعه به طور تصادفی از

مشخصات گونه‌های متعلق به خانواده گندمیان و سایر گونه‌های دیگر نیز ثبت گردید. برای تعیین اهمیت گونه‌های هرز نامبرده در سطح مزارع منطقه از شاخص‌های فراوانی گونه، یکنواختی پراکنش و تراکم گونه و شاخص‌های تنوع شانون - وینر و سیمپسون استفاده شد.

شاخص‌های تنوع زیستی

غناي گونه‌ای

غناي گونه‌ای به تعداد گونه‌های موجود در یک سطح یا در یک نمونه مشخص بدون در نظر گرفتن تعداد افراد مورد مطالعه در هر گونه گفته می‌شود (Sohrabi and Gharekhloo, Hulbert, 1971)؛ گونه‌های ۲۰۱۵. همچنین بر این اساس، محققین بیان می‌دارند که منظور از غناي گونه‌ای، تعداد گونه علف هرز است و بیانگر اثرات مربوط به آن نمی‌باشد (Ludwig and Reynolds, Azizi et al., 2020)؛ (1988).

شاخص غناي منهنیک

$$R_2 = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

معادله (۱)

S: تعداد گونه، N: تعداد افراد

شاخص تنوع آلفا فیشر (fisher_alpha)

اکثر روش‌های پیشنهادی برای تعیین کمیت تنوع زیستی گونه‌ها به تنوع درون جوامع، یعنی تنوع آلفا اشاره دارد. در این روش‌ها، روش‌های مبتنی بر کمی‌سازی تعداد گونه‌ها (غناي گونه) و روش‌های مبتنی بر ساختار جامعه، از سوی دیگر، به نسبت ارزش اهمیت هر گونه وجود دارد. اینها هنوز هم می‌تواند براساس اطلاعات، غالبیت یا برابری جامعه باشد (Magurran, 1988; Kanieski et al., 2018)؛ معادله (۲)

$$S = a \times \ln\left(\frac{1+n}{a}\right)$$

S: تعداد گونه، n: تعداد افراد و a شاخص تنوع آلفا فیشر می‌باشد.

شاخص هیل

$$\frac{1}{D} = \frac{1}{\sum p_i^2}$$

معادله (۳)

P_i = نسبت گونه‌های i ام در جامعه و $\frac{1}{D}$ = شاخص تنوع معکوس

سیمپسون

فراوانی گونه

$$F_k = \sum \frac{Y_i}{n} \times 100$$

معادله (۴)

F : فراوانی گونه k بر اساس بود یا نبود آن در سطح مزارع مورد بازدید صرفنظر از سطح تراکم؛ گویای درصد مزارعی که گونه مورد نظر در آنها مشاهده شده است، Y_i : حضور (۱) یا عدم حضور (۰) گونه

بین مزارع نخود (۵۰ مزرعه) و گندم دیم و آبی (۲۵۰ مزرعه) مناطق مختلف شهرستان کوزران استان کرمانشاه طی سال زراعی ۱۳۹۸-۹۹ انتخاب شد و ارزیابی لازم به منظور بررسی میزان آلودگی این علف هرز پهن برگ صورت گرفت (شکل ۱).

نمونه‌گیری

در همین راستا ابتدا فهرستی از مناطق مهم کشت گندم و نخود در شهرستان کوزران تهیه شد، سپس متناسب با سطح زیرکشت تعدادی مزرعه به طور تصادفی برای نمونه برداری انتخاب شدند. پایش مزارع به نحوی بود که همه مناطق مهم کشت گندم و نخود در شهرستان کوزران را در بر گیرد. انتخاب مزارع به فاصله تقریبی ۳-۵ کیلومتر قبل از ظهور سنبله گندم به تدریج در اواخر فروردین از مناطق مختلف شهرستان شروع و تا اواخر اردیبهشت ماه ادامه داشت. ارزیابی مشابهی در ادامه مطالعات پیشین در همین مزارع دوباره در سال ۱۳۹۹ انجام گرفت تا از مقایسه این دو نمونه برداری تغییرات کوتاه مدت در فلور بررسی شود. زمان نمونه برداری در منطق مختلف استان از شروع ساقه رفتن تا انتهای مرحله خوشه دهی گندم بود. مختصات جغرافیایی هر مزرعه (طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا) توسط دستگاه GPS در سال ۱۳۹۸ ثبت (با میزان خطای ۵ متر)، و با نرم‌افزارهای Map source و Google earth و UTM Geo Map نقشه مورد نیاز تهیه شد. این داده‌ها سپس برای ردیابی و بازیابی مزارع گندم در سال ۱۳۹۹ به کار برده شدند. ارتفاع مناطق مورد بررسی بین ۱۳۰۰ تا ۱۶۰۰ متر بود. انتخاب مزارع بر اساس مساحت آنها در شهرستان با توجه به سه مقیاس، مزارع یک تا پنج هکتاری، شش تا پانزده هکتاری، و مزارع شانزده هکتاری به بالا، صورت گرفت. بر اساس روش توماس از الگوی W جهت تعیین تراکم علف‌های هرز استفاده شد (Thomas, McCully et al., 1991)؛ (1985; Uddin et al., 2009; Vaisee et al., 2012). در مزارع پنج هکتاری ۵ نمونه، شش تا ۱۵ هکتاری ۹ نمونه، و مزارع ۱۶ هکتاری به بالا ۱۳ نمونه گرفته شد. در هر سه مقیاس فاصله هر دو نقطه متوالی ۲۰ متر بود و نمونه برداری در هر نقطه توسط یک کوادرات به ابعاد ۰/۵ متر در ۰/۵ متر (۲۵ متر مربع) انجام شد (Zaidali et al., 2014). به منظور شناسایی دانه‌رست‌ها در مزرعه اتیکت گذاری شد و از کلیدهای شناسایی دانه‌رست جهت شناسایی آنها استفاده شد (Aghabeigi et al., 2002). جهت شناسایی علف‌های هرز بالغ نیز از فلور رشیگر^۱ و هرباریوم بخش تحقیقات منابع طبیعی استان کرمانشاه استفاده شد. علاوه بر این، تعداد علف‌های هرز هر گونه در هر کادر هم مشخص شد، در این تحقیق

k در مزرعه شماره i و n : تعداد مزرعه مورد بازدید می‌باشد.

فراوانی نسبی

$$RF_k = \frac{F_k}{\sum F} \times 100 \quad \text{معادله (۵)}$$

RF: فراوانی نسبی گونه k ; گویای درصد فراوانی گونه مورد نظر از مجموع فراوانی تمام گونه‌ها FK: فراوانی گونه k و $\sum F$ مجموع فراوانی تمامی گونه‌ها می‌باشد.

یکنواختی مزرعه

$$U_k = \frac{\sum x_i}{m} \times 100 \quad \text{معادله (۶)}$$

U_k : یکنواختی مزرعه برای گونه k بر اساس بود یا نبود آن در کادریهای انداخته شده در سطح مزارع صرفنظر از سطح تراکم؛ گویای درصد کوادرات‌هایی که گونه هدف در آنها مشاهده شده است، X_i : حضور (۱) یا عدم حضور (۰) گونه k در کوادرات شماره i و m : تعداد کوادرات انداخته شده می‌باشد.

تراکم گونه

$$Dk = \frac{\sum z_i}{m} \quad \text{معادله (۷)}$$

تراکم (تعداد بوته در متر مربع) برای گونه k در سطح مزرعه، Z_i : تعداد بوته از گونه k در کادریهای ۵۰ در ۵۰ سانتیمتر و m : تعداد کادر انداخته شده می‌باشد.

شاخص تنوع شانون-وینر

متداول‌ترین شاخص اندازه‌گیری تنوع گونه‌ای است.

$$H' = -\sum_{i=1}^s (p_i \ln p_i) \quad \text{معادله (۸)}$$

که در آن H' : شاخص تنوع شانون؛ S تعداد گونه؛ i : فراوانی گونه و P_i : فراوانی نسبی گونه ای مشخص است که از طریق زیر محاسبه می‌شود:

$$P_i = \frac{n_i}{N}$$

که در آن n_i تعداد افراد یا فراوانی هر گونه مشخص و N تعداد کل افراد یا مجموع فراوانی تمامی گونه‌ها می‌باشد. مقدار این شاخص از ۰/۵ برای غنای (تعداد گونه‌ها) کمتر و فراوانی نسبی بیشتر تا ۳/۵ برای غنای بیشتر و فراوانی نسبی کمتر متغیر است (Sharifi, 1995).

شاخص غالبیت سیمپسون

$$D = \sum \{[n_i(n_i - 1)] / [N(N - 1)]\} \quad \text{معادله (۹)}$$

هرچه مقدار این شاخص بیشتر باشد تنوع گونه‌ای و غالبیت بیشتر بوده و یکنواختی گونه‌ها کمتر است.

شاخص تنوع سیمپسون

$$D = 1 - \frac{\sum_{i=1}^s n_i i (n_i - 1)}{N(N - 1)} \quad \text{معادله (۱۰)}$$

مقدار این شاخص بین ۱ و صفر بوده و عدد ۱ نمایانگر بالاترین یکنواختی گونه‌ای با تعداد گونه‌های غالب کمتر و عدد صفر بیانگر کمترین یکنواختی می‌باشد. ولی به طور قراردادی از معکوس آن استفاده می‌شود که در این حالت دامنه آن بین ۱ تا ۵ می‌باشد (Azizi et al., 2020) و هرچه غلبه یک گونه (یا تعداد اندکی) در جامعه بیشتر باشد، تنوع کمتر خواهد بود.

شاخص برگر-پارکر (Berger-Parker)

$$D = \frac{N_{max}}{N} \quad \text{معادله (۱۱)}$$

N_{max} : تعداد افراد در گونه‌های که دارای حداکثر فراوانی است و N تعداد کل گونه‌ها

تجزیه کلاستر (خوشه‌ای)

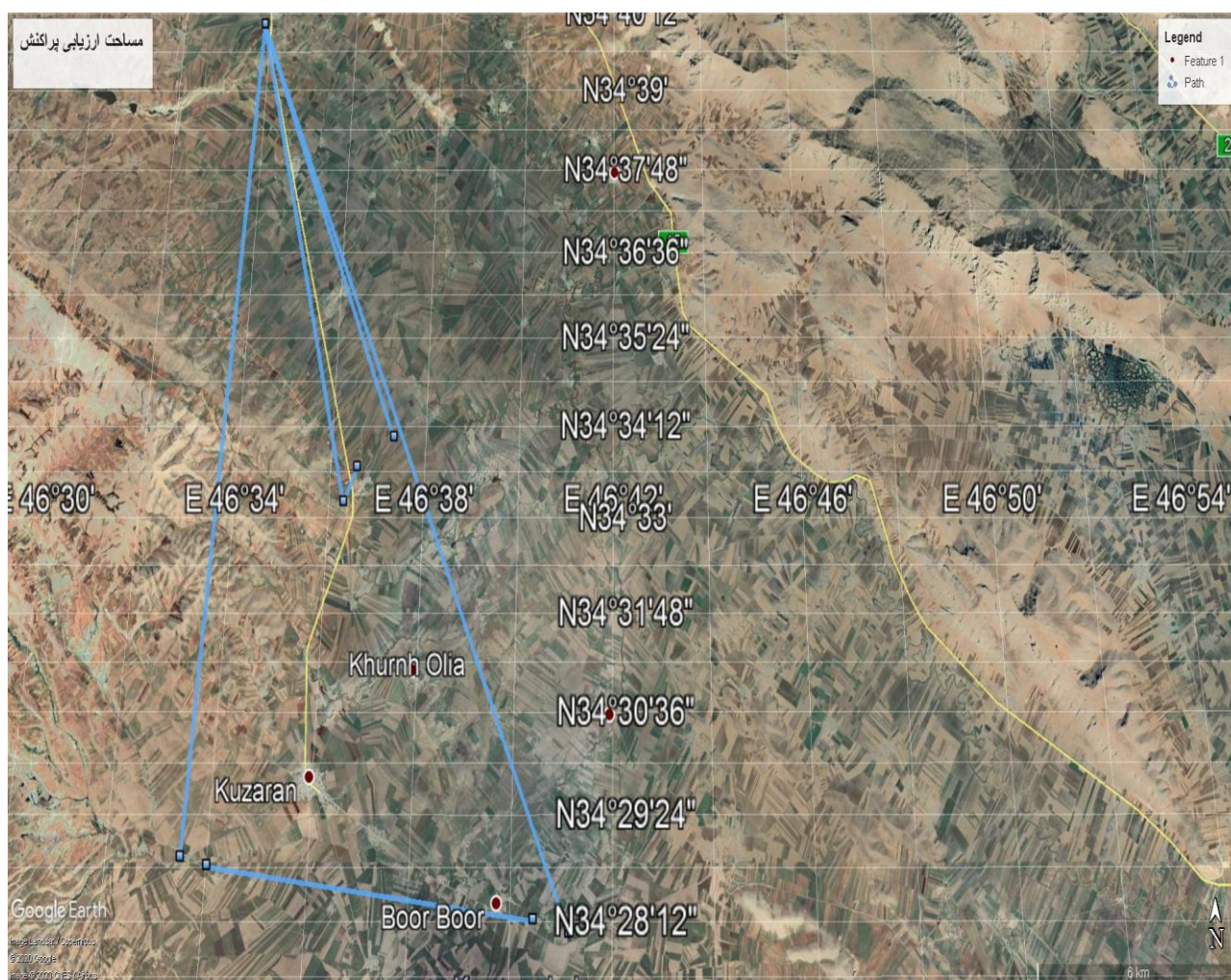
از آنالیز کلاستر به روش Ward در نرم‌افزار JMP نسخه ۷ براساس فراوانی گونه در سطح مزرعه، تراکم نسبی و یکنواختی نسبی برای گروه‌بندی گونه‌های علف‌هرز استفاده شد.

نقشه پراکنش

مختصات نقاط و مزارع مورد پایش با استفاده از GPS و استفاده از سیستم مختصات UTM WGS84 نقشه پراکنش گونه غالب بر مبنای نقشه‌های موجود در نرم‌افزار Google Earth ترسیم گردید. UTM از دو مشخصه شمالی و شرقی جهت نمایش مختصات استفاده می‌کند. موقعیت‌هایی که در یک ناحیه قرار دارند بر حسب فاصله شرقی یا غربی که از خط UTM اصلی دارند و همچنین فاصله شمالی یا جنوبی که از خط استوا دارند اندازه‌گیری می‌شوند. همچنین برای محاسبه شاخص‌های تنوع از نرم‌افزار Past, Primer 7, EstimateS, spss استفاده گردید.

نتایج و بحث

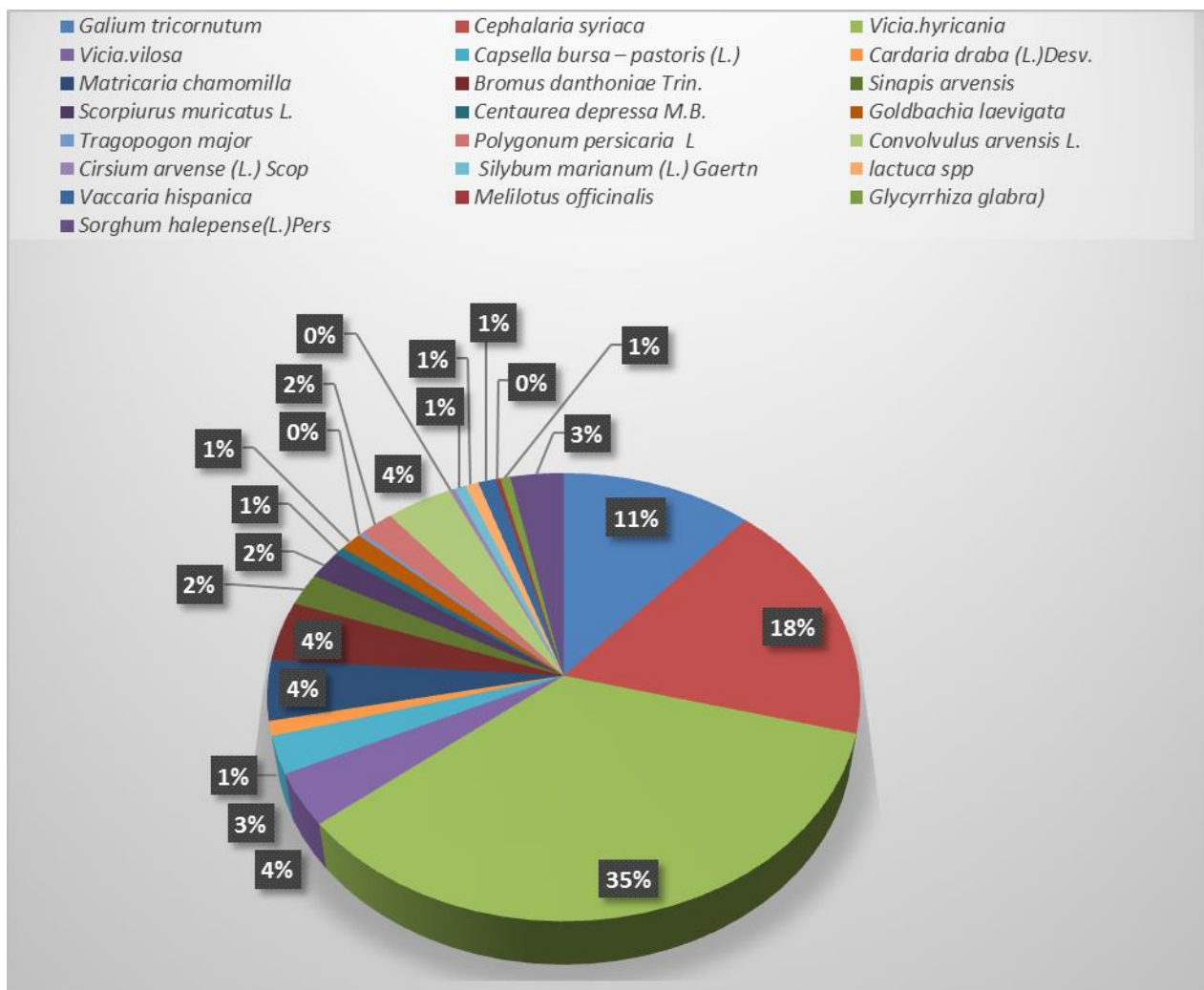
وضعیت ماشک گل زرد و ماشک گل قرمز (خوشه‌ای) و سایر علف‌های هرز در کرمانشاه نتایج نشان داد که علاوه بر دو اکوتیپ ماشک خرسی و ماشک گل خوشه‌ای گونه‌های علف‌هرز دیگر از خانواده گرامینه و سایر گونه‌ها در مزارع مورد بررسی مشاهده شد. فراوانی نسبی (شکل ۲) ماشک گل زرد ۳۶/۳۵ درصد از میانگین نمونه‌برداری ۹ مرتبه بیشتر از اکوتیپ ماشک گل قرمز با فراوانی ۳/۹۶ درصد بود.



شکل ۱- محدوده مورد ارزیابی نقشه پراکنش علف‌های هرز مزارع نخود و گندم در شهرستان کوزران
Figure 1- Evaluated area of weed distribution map of chickpea and wheat fields in Kuzaran city

Glycyrrhiza و شیرین بیان (*Centaurea depressa*) با ۰/۶۶، و کنگر صحرایی (*Cirsium arvense* L.) با ۰/۶۲ و یونجه زرد (*Melilotus officinalis*) و شنگ (*Tragopogon major* L.) هر دو با ۰/۲۷ درصد فراوانی نسبی در رتبه‌های بعدی فراوانی قرار داشتند. در این بین تمام گونه مورد بررسی یک‌ساله بودند. از ویژگی‌های گیاهان یک‌ساله توان بازیابی و قابلیت تکثیر سریع پس از تخریب‌هایی است که در محیط روی می‌دهد. بنابراین فراوانی یک‌ساله‌ها در اراضی کشاورزی که با تخریب مداوم همراه هستند دور از انتظار نیست. علاوه بر این در کشت بوم‌ها، غالب گیاهان زراعی از نوع یک‌ساله می‌باشند و طبیعی است گیاهان هرز یک‌ساله که از احتیاجات رشدی مشابه با گیاه زراعی برخوردارند فراوان تر از گیاهان هرز چندساله باشند (Zeynivand et al., 2019) و مشابه این نتایج طی این مطالعه نیز به دست آمد.

در مجموع (جدول ۲) سردار سرشکافته (*Cephalaria syriaca* (L.) با ۱۸/۲۶ و شیر پنیر (*Galium tricornutum* L.) با ۱۱/۸۸ درصد بیشترین فراوانی نسبی را به خود اختصاص دادند، بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) با ۴/۵۱ و بروموس (*Bromus danthoniae* Trin) با ۴/۴۵ و پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis* L.) با ۴/۱۲ و ماشک گل قرمز با ۳/۹۶ و قیاق (*Sorghum halepense* (L.) Pers) با ۳/۳، کیسه کشیش (*Capsella bursa - pastoris* L.) با ۲/۸، خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) با ۲/۴۲ هفت‌بند (*Polygonum persicaria* L.) با ۲/۱۴ دم عقربی (*Scorpiurus muricatus* (L.) با ۲/۰۹ ناخنک (*Goldbachia laevigata*) با ۱/۳۷، ازمک (*Cardaria draba* L.) و جغجگ (*Vaccaria hispanica*) هر دو با ۱/۱، کاهوک وحشی (*Lactuca spp.*) با ۰/۸، خار مریم (*Silybum marianum* (L.) Gaertn) با ۰/۷۱ گل گندم



شکل ۲- درصد فراوانی گونه‌های علف هرز در مزارع نخود و گندم (آبی و دیم) شهرستان کوزران
Figure 2- Percentage of weed species in chickpea and wheat fields (irrigated and rainfed) in Kuzran city

مورد پایش در مزارع گندم کرمانشاه بود. میزان شاخص تنوع شانون- وینر بیانگر فراوانی نسبی بالای گونه‌ها می‌باشد (Bazooabandi et al., 2007). همچنین در آزمایشی بیان داشتند که حداکثر مقدار شاخص شانون در بوم نظام‌های زراعی رایج در حدود ۳ است و این در حالی است که در نظام‌های زراعی سنتی مقادیر بالاتر از ۳ نیز گزارش شده است (Zeynivand et al., 2019). همچنین طی تحقیقی تنوع و غنای گونه ای بیشتر را در مراتع و مزارع سنتی مشاهده نمود (Simpson, 1964). نتایج برخی مطالعات نشان داده است که هر چه میزان دستکاری در یک نظام زراعی کمتر باشد، شاخص تنوع شانون آن نظام بالاتر است، به طوری که شاخص شانون نظام‌های کشاورزی رایج، به دلیل دستکاری و همچنین به کارگیری نهاده‌های شیمیایی در مقایسه با نظام‌های طبیعی کمتر است (Izsak and Papp, 2000) بالا بودن شاخص تنوع سیمپسون حاکی از بالا بودن رقابت

شاخص تنوع شانون - وینر، شاخص سیمپسون و غالبیت سیمپسون در مزارع گندم کرمانشاه

مقدار تنوع شانون- وینر، به میزان $4/09$ ، و شاخص تنوع سیمپسون $0/99$ و شاخص غالبیت سیمپسون $0/87$ محاسبه شد. شاخص غالبیت سیمپسون در محلی که تعداد گونه ها زیاد باشد و یا افراد گونه‌های مختلف در جامعه فرلوانی یکسانی داشته باشند کاهش می‌یابد. در محیط‌هایی که استرس‌های محیطی بالا است مقدار این شاخص افزایش می‌یابد زیرا تعداد کمی از گونه‌های مقاوم توانایی تحمل چنین شرایطی را دارند و بقیه یا مهاجرت کرده و یا از بین می‌روند. تنوع سیمپسون نشان دهنده یکنواختی و نیز تنوع متعادل جامعه مورد بررسی می‌باشد (Bazooabandi et al., 2007). میزان بالای شاخص تنوع شانون- وینر بیانگر فراوانی نسبی بالای گونه‌های

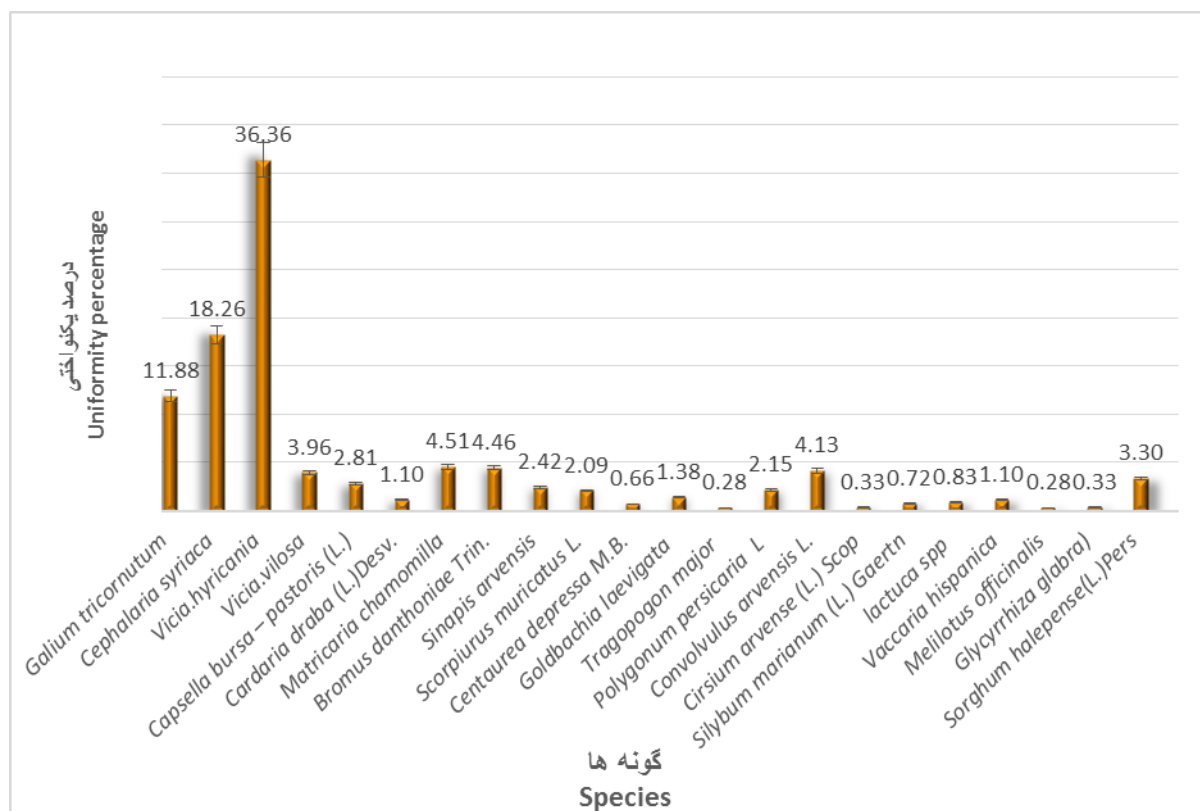
مدیریت از مهمترین عوامل در تعیین میزان تنوع و غالبیت گونه‌ها در سطوح مزارع هستند. بر این اساس می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تداوم نظام‌های رایج متکی بر مصرف نهاده‌ها موجب تغییر بیشتر در تنوع، فراوانی و ترکیب گونه‌ای گیاهان هرز و افزایش تراکم گونه‌های غالب و کاهش غنای گونه‌ای و تنوع کارکردی گیاهان هرز شده است (Zeynivand et al., 2019).

مطالعه ویژگی‌های جمعیتی

میزان شاخص‌های تنوع گونه‌ای و غالبیت با میزان و نوع عملیات مدیریتی در مزارع ارتباط دارد. به نظر می‌رسد تداوم سیستم مدیریتی رایج در مزارع گندم متکی بر استفاده بیش از حد از نهاده‌های کشاورزی، مبارزه شیمیایی گسترده با گیاهان هرز (به ویژه پهن‌برگ‌ها) و تناوب گندم با گیاهان تابستانه موجب کاهش تنوع گونه‌ای و تنوع کارکردی گیاهان هرز شده و افزایش فراوانی و تراکم گیاهان هرز غیرحساس به علف‌کش، گیاهان هرز باریک برگ، گیاهان هرز بهاره - تابستانه (که قابلیت فرار از علف‌کش را دارند)، گیاهان هرز نیتروفیل و گیاهان هرز چند ساله شده است. و موجب شده مدیریت گیاهان هرز در مزرعه مشکل‌تر شود (Hyvonen et al., 2003; Poggio et al., 2004).

بین گونه‌ها و حضور آن‌ها بود. با توجه به میزان شاخص تنوع سیمپسون در این مناطق، این گونه استنباط می‌شود به طور نسبی یکنواختی کمی در بین گونه‌های گیاه هرز مزارع گندم مورد پایش وجود دارد.

تنوع زیستی گیاهان هرز ضمن نشان دادن درجه ناهمگونی جوامع، تعداد گونه‌ها و برتری و اهمیت نسبی آن‌ها را نیز نشان می‌دهد (Legere and Derksen, 2000). بالا بودن شاخص تنوع سیمپسون در این تحقیق حاکی از بالا بودن رقابت بین گونه‌ها و حضور آن‌ها و نهایتاً بالا بودن تنوع بود. همچنین گزارش شده که افزایش تعداد گونه در یک نظام منجر به افزایش تراکم و به تبع آن افزایش شاخص‌های تنوع می‌شود. هرچه مقدار شاخص غالبیت سیمپسون بیشتر باشد تنوع و یکنواختی گونه‌ای بیشتر و گونه‌های غالب کمتر است. وقتی همه گونه‌های نمونه نیز زیاد باشند، شاخص برابری باید حداکثر مقدار را بگیرد و کاهش یابد و به صفر برسد، زیرا فراوانی نسبی گونه‌ها از برابری آن جدا می‌شود. این پارامترها شاخص سیمپسون و شانون را دارد. همچنین شاخص هیل می‌تواند در برخی موارد خاص باعث سوء تفاهم شود؛ وقتی ارزش بالایی داشته باشد یا وقتی گونه‌ای بر جامعه غالبیت داشته باشد، به مقدار بالایی می‌رسد (Kanieski et al., 2018). شرایط اقلیمی، سطح زیر کشت و



شکل ۳- درصد یکنواختی گونه‌های علف هرز در مزارع نخود و گندم (آبی و دیم) شهرستان کوزران

Figure 3- Percentage of uniformity of weed species in chickpea and wheat fields (irrigated and rainfed) in Kozran city

جدول ۱- محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی گونه‌های علف‌های هرز در مزارع نخود و گندم شهرستان کوزران
Table 1- Calculation of biodiversity indices of weed species in chickpea and wheat fields in Kozran city

نام علمی Scientific name	نام فارسی Persian name	شاخص شانون H	غنای گونه ای Species richness	شاخص هیل N1	شاخص غالبیت سیمپسون Simpson Dominance Index	شاخص فیشر - آلفا Fisher_alpha	شاخص بریلین Brillouin	شاخص منه‌نیک Menhinick
<i>Galium tricornutum</i>	شیر پنیر	4.46	16.99	86.29	0.01	38.54	4.18	4.36
<i>Cephalaria syriaca</i>	سردار سرشکافته	4.53	18.98	92.26	0.02	40.80	4.30	4.18
<i>Vicia hircanica</i>	ماشک گل زرد	4.99	27.92	147.15	0.01	60.52	4.80	4.78
<i>Vicia vilosa</i>	ماشک گل قرمز	4.33	17.12	76.10	0.02	61.96	3.79	6.33
<i>Capsella bursa – pastoris</i> (L.)	کیسه کشیش	2.96	5.17	18.47	0.07	9.51	2.69	2.18
<i>Cardaria draba</i> (L.) Desv.	ازمک	3.35	8.55	27.64	0.05	38.00	2.71	.65
<i>Matricaria chamomilla</i>	بابونه	4.09	13.99	58.94	0.02	39.38	3.66	4.97
<i>Bromus danthoniae</i> Trin.	بروموس	2.97	6.37	19.56	0.07	11.68	2.76	2.31
<i>Sinapis arvensis</i>	خردل وحشی	2.78	5.94	15.73	0.09	12.12	2.49	2.61
<i>Scorpiurus muricatus</i> L.	دم عقربی	3.09	6.76	22.00	0.06	15.58	2.72	3.09
<i>Centaurea depressa</i> M.B.	گل گندم	2.06	2.23	7.83	0.14	3.85	1.74	1.50
<i>Goldbachia laevigata</i>	ناخنک	1.60	1.16	4.95	0.23	1.54	1.47	0.69
<i>Tragopogon major</i>	شنگ	2.05	2.95	7.76	0.15	9.50	1.50	2.32
<i>Polygonum persicaria</i> L.	هفت بند	3.05	6.72	21.02	0.07	15.30	2.68	3.05
<i>Convolvulus arvensis</i> L.	پیچک صحرایی	3.33	7.57	27.89	0.05	15.22	3.05	2.80
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop	کنگر صحرایی	2.43	3.81	11.34	0.09	15.73	1.79	2.83
<i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn	خار مریم	2.88	5.46	17.76	0.07	18.55	2.30	3.36
<i>Lactuca</i> spp	کاهوک وحشی	2.44	2.89	11.45	0.09	5.35	2.08	1.79
<i>Vaccaria hispanica</i>	جغجغک	2.53	3.42	12.49	0.10	6.42	2.19	1.94
<i>Melilotus officinalis</i>	یونجه زرد	2.05	2.95	7.76	0.15	9.50	1.50	2.32
<i>Glycyrrhiza glabra</i>	شیرین بیان	2.50	4.53	12.14	0.11	13.53	1.98	2.92
<i>Sorghum halepense</i> (L.) Pers	قیاق	3.32	9.24	27.60	0.05	22.17	2.97	3.65

نهاده‌های شیمیایی از قبیل سموم و کود می‌باشند، اداره شوند. به طوری که با افزایش مساحت، مصرف نهاده‌ها نیز افزایش یافته و تنوع کاهش یافت. تاثیر نوع و میزان مصرف نهاده‌ها و نحوه مدیریت گیاهان هرز بر جمعیت، تراکم و تنوع گیاهان هرز قابل توجه می‌باشد. با افزایش تنوع، توزیع غالبیت بین گونه‌ای بیشتری متمرکز می‌باشد و این عامل باعث کاهش خسارت گیاهان هرز گردیده در حالی که با کاهش تنوع، تعداد معدودی از گیاهان هرز در مزارع غالب شده و خسارت افزایش می‌یابد.

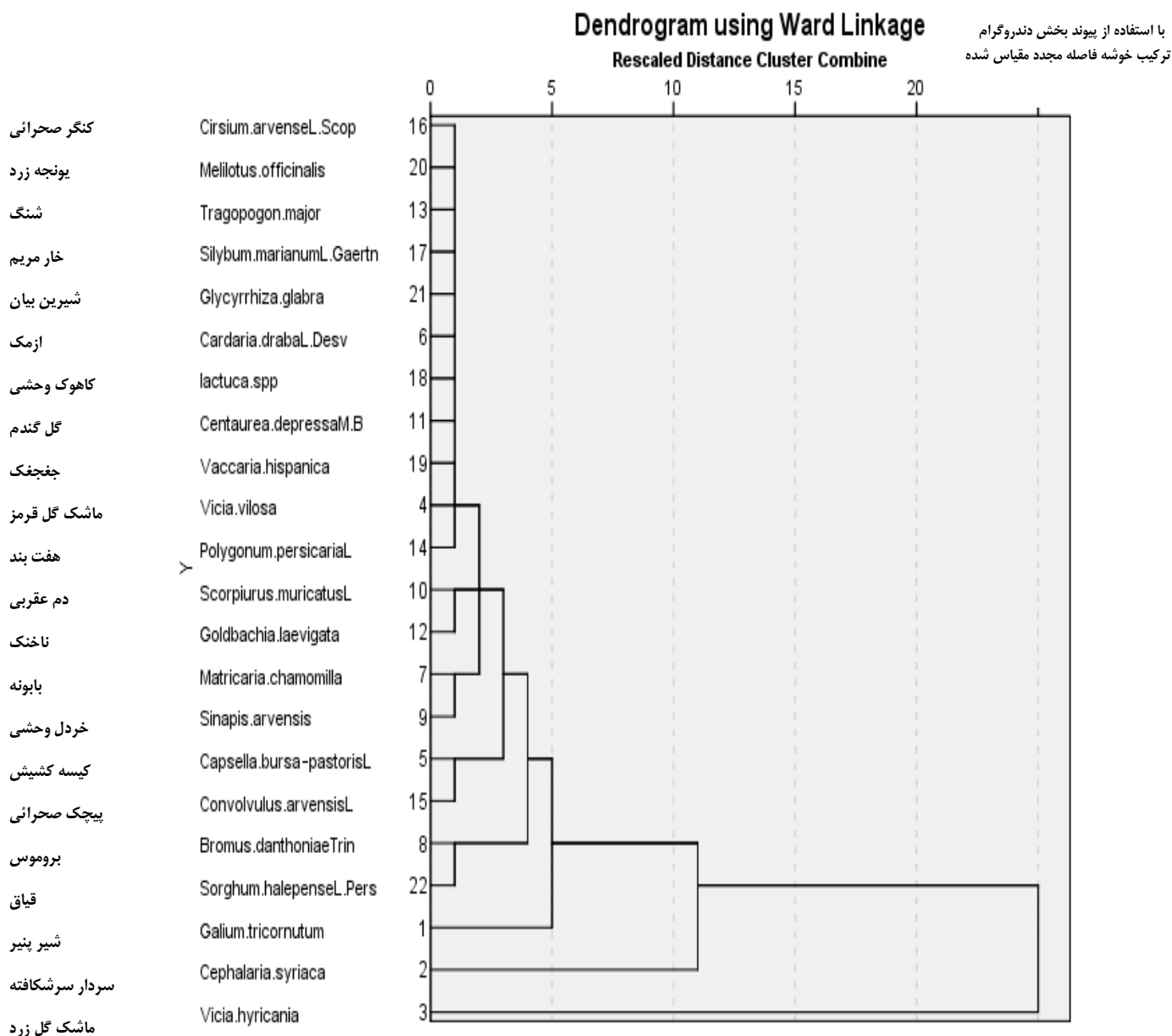
تجزیه کلاستر (خوشه‌ای)

بر اساس آنالیز کلاستر در ۳۰۰ مزرعه مورد پایش مزارع گندم استان کرمانشاه برای صفات فراوانی گونه در سطوح مزرعه، تراکم

سایر عملیات زراعی از جمله تناوب‌های نامناسب و کوتاه و یا کشت‌های مداوم نیز از جمله عوامل موثر بر کاهش تنوع گونه‌های گیاهان می‌باشد (Koocheki et al., 2006). در این بررسی با توجه به این که تنها گیاهان هرز هم خانواده گندم مورد پایش قرار گرفتند ولی آن‌ها نیز به تنهایی نقش عمده‌ای در کاهش عملکرد گندم دارند. که به نظر می‌رسد استفاده مداوم از پهن‌برگ‌کش‌ها طی چندین سال گذشته سبب افزایش جمعیت باریک برگ‌ها در این مزارع شده است. همین امر سبب شده که تاثیر تناوب علف‌کش‌ها بر فراوانی و تراکم گیاهان هرز توسط برخی از محققین نیز مورد تایید قرار گیرد (Lavorel et al., 1997; Hyvonen et al., 2013; Anderson and Beck, 2007) در مجموع مشاهده شد مزارعی که از تنوع گونه‌ای بالاتری برخوردار بودند احتمالاً با عملیات مدیریتی ضعیف‌تر که دارای حداقل بکارگیری ماشین آلات کشاورزی و عدم کاربرد

گرامینه مورد پایش در گروه کم اهمیت طبقه‌بندی شدند که خود آنها بر اساس اهمیت نسبی از جمله اکوتیپ ماشک گل زرد در گروه‌های کوچکتر قرار گرفتند (شکل ۴).

نسبی و یکنواختی نسبی فاصله، گونه‌های گیاه هرز گندمیان در دو گروه قرار گرفتند. در گروه اول گیاهان هرز با اهمیت مانند ماشک گل زرد، شیر پنیر، سردار سر شکافته قرار گرفتند و سایر گیاهان هرز



شکل ۴- تجزیه کلاستر خوشه‌ای گونه‌های علف‌هرز نخود و گندم شهرستان کوزران
Figure 4- Cluster cluster analysis of chickpea and wheat weed species in Kozran city

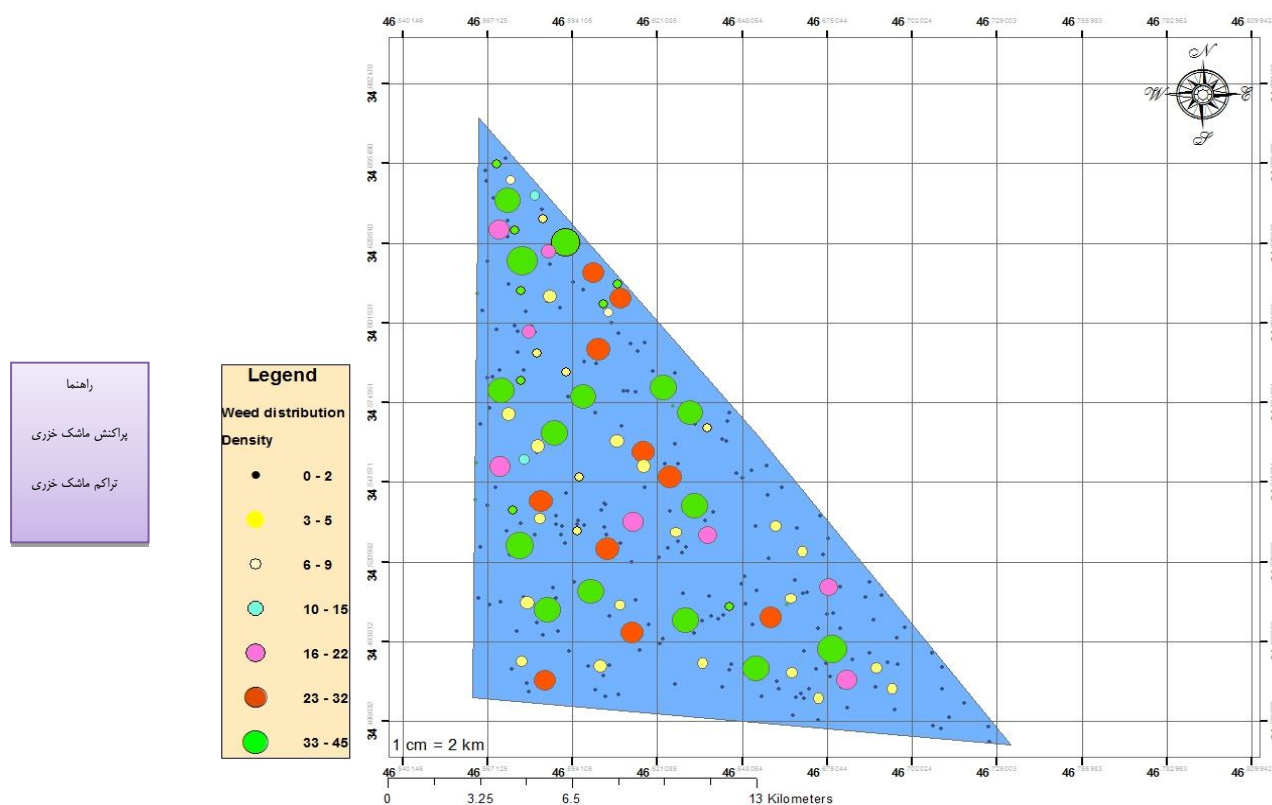
محسوس‌تری در وضعیت پراکنش ماشک گل زرد نداشته است ولی در مجموع در مناطق شمالی استان کرمانشاه که دارای ارتفاع بیشتر و نیز اقلیم سردتر می‌باشند فراوانی و تراکم این گیاه هرز در مزارع گندم به نسبت مناطق جنوبی و گرم‌تر تا حدی بیشتر است (شکل ۴ و ۳).

نقشه پراکنش ماشک خرسی در مزارع گندم

پراکندگی اکوتیپ‌های ماشک خرسی کرمانشاه در نقاط و مزارع پایش شده شهرستان کوزران کرمانشاه در شکل ذیل ارائه شده است. همان گونه که در شکل ۵ مشاهده می‌شود در ارتفاع تاثیر چندان

فروانی بیشتری از علف‌های هرز داراست و شاخص تنوع گونه‌ای متأثر از درصد فروانی علف‌های هرز می‌باشد، این روند منطقی به نظر می‌رسد. تنوع گونه‌ای بیشتر در منطقه کوهستان را به پایداری بیشتر این ناحیه نیز می‌توان نسبت داد. از دلایل پایداری بیشتر در این منطقه عدم مصرف علف‌کش، شخم سطحی و فاصله زمانی بیشتر بین گیاهان کاشته شده در تناوب، می‌باشد. البته باید این نکته را مد نظر داشت که دلیل پیروی نکردن تراکم گیاهان هرز گرامینه از ارتفاع از سطح دریا ممکن است به عوامل مدیریتی در مزرعه نیز مرتبط باشد. با وجود این که استان کرمانشاه اقلیمی سردسیری می‌باشد، از این رو حضور گونه‌های علف هرز سرما دوست در مزارع این شهرستان دور از انتظار نیست (Zeynivand et al., 2019). چمنی نیز در مطالعه تنوع و غنای گونه‌ای نتیجه گرفت که با افزایش ارتفاع غنای گونه‌ای افزایش می‌یابد (Chamani, 1996). از طرفی دمای اپتیمم فعالیت آنزیمی گیاهان پایین‌تر بوده و از این جهت سازگارتر به مناطق سرد می‌باشند که نسبت کمتر گونه‌های C4 به C3 در ناحیه کوهستان، این موضوع را تایید می‌کند (SHadloo et al., 2020).

ماشک گل خوشه‌ای در مزارع شمالی و نواحی سردتر دارای فراوانی و تراکم بیشتری از گیاه هرز ماشک خیزی بود. بدین صورت که بیشترین تراکم اکوتیپ ماشک گل زرد در مزارع اطراف شهر که دارای اقلیم نسبتاً گرم‌تر و ارتفاع کمتری بود مشاهده شد و اکوتیپ ماشک گل قرمز در مناطق مرتفع‌تر و به طبع سردتر دارای تراکم بیشتری بود (شکل ۱) البته باید این نکته را مد نظر داشت که دلیل پیروی نکردن تراکم گیاهان هرز گرامینه از ارتفاع از سطح دریا ممکن است به عوامل مدیریتی در مزرعه نیز مرتبط باشد. با توجه به داده‌های مشاهده شده در شکل ۴ این گونه استنباط می‌شود که ارتفاع تاثیر چندانی در تراکم اکوتیپ ماشک گل زرد و سایر گیاهان هرز گرامینه در مزارع گندم و نخود ندارد. هرچند در مناطقی مانند کوزران با میانگین ارتفاع ۱۳۶۸ متر بالاتر از سطح دریا علف هرز ماشک گل زرد از تراکم بیشتری نسبت به مناطق سرپل ذهاب با ارتفاع میانگین ۵۴۹ متر برخوردار است. لازم به ذکر می‌باشد که هر دو منطقه یکی کوهستانی و دیگری گرمسیری می‌باشد. علاوه بر آن کمترین تراکم گیاه هرز را در منطقه سرپل ذهاب با ارتفاع ۵۴۹ متر و کوزران با ارتفاع ۱۳۶۸ متر مشاهده گردید. با توجه به اینکه ناحیه کوهستانی



شکل ۵- نقشه پراکنش و تراکم ماشک خیزی (*Vicia hircanica*) در مزارع گندم و نخود شهرستان کوزران
Figure 5- Distribution map and density of Caspian vetch (*Vicia hircanica*) in wheat and chickpea fields of Kozran city





شکل ۶- چند نمونه از تصاویر تهیه شده از ماشک خرزی
Figure 6- Some samples of captured images of Caspian vetch

جدول ۲- نام علمی، یکنواختی، میانگین تراکم بوته (در متر مربع)، یکنواختی نسبی، تراکم نسبی، غنای گونه‌ای، فراوانی نسبی، اهمیت نسبی علف‌های هرز مورد بررسی شده در مزارع گندم و نخود (دیم و آبی) شهرستان کوزران

Table 2- Scientific name, uniformity, average plant density (per square meter), relative uniformity, relative density, species richness, relative abundance, relative importance of weeds studied in wheat and chickpea fields (rainfed and irrigated) of Kozran city

گونه علف هرز Weed species	نام فارسی Persian name	میانگین تراکم بوته Average density per m2	یکنواختی نسبی Relative uniformity	تراکم نسبی Relative density	غنای گونه در مزرعه Species richness at the field	اهمیت نسبی گونه Relative importance of species	فراوانی نسبی Relative frequency	شاخص غالبیت Abundance index
<i>Galium tricornutum</i>	شیر پنیر	11.52	0.78	0.20	16.99	6.15	11.88	61.64
<i>Cephalaria syriaca</i>	سردار سرشکافه	17.71	0.70	0.31	18.98	9.45	18.26	74.41
<i>Vicia hyrcanica</i>	ماشک گل زرد	35.25	0.69	0.63	27.92	18.81	36.36	131.95
<i>Vicia vilosa</i>	ماشک گل قرمز	3.84	0.82	0.07	17.12	2.05	3.96	44.66
<i>Capsella bursa – pastoris (L.)</i>	کیسه کشیش	2.72	0.72	0.05	5.17	1.45	2.81	15.44
<i>Cardaria draba (L.) Desv.</i>	ازمک	1.07	0.79	0.02	8.55	0.57	1.10	29.86
<i>Matricaria chamomilla</i>	بابونه	4.37	0.76	0.08	13.99	2.33	4.51	39.80
<i>Bromus danthoniae Trin.</i>	بروموس	4.32	0.54	0.08	6.37	2.30	4.46	20.86
<i>Sinapis arvensis</i>	خردل وحشی	2.35	0.54	0.04	5.94	1.25	2.42	16.22
<i>Scorpiurus muricatus L.</i>	دم عقربی	2.03	0.67	0.04	6.76	1.08	2.09	17.36
<i>Centaurea depressa M.B.</i>	گل گندم	0.64	0.87	0.01	2.23	0.34	0.66	5.51
<i>Goldbachia laevigata</i>	ناخنک	1.33	0.82	0.02	1.16	0.71	1.38	4.82
<i>Tragopogon major</i>	شنگ	0.27	0.86	0.00	2.95	0.14	0.28	5.13
<i>Polygonum persicaria L.</i>	هفت بند	2.08	0.64	0.04	6.72	1.11	2.15	17.38
<i>Convolvulus arvensis L.</i>	پیچک صحرائی	4.00	0.66	0.07	7.57	2.13	4.13	23.33
<i>Cirsium arvense (L.) Scop</i>	کنگر صحرائی	0.32	0.94	0.01	3.81	0.17	0.33	6.60
<i>Silybum marianum (L.) Gaertn</i>	خار مریم	0.69	0.85	0.01	5.46	0.37	0.72	10.87
<i>Lactuca spp</i>	کاهوک وحشی	0.80	0.95	0.01	2.89	0.43	0.83	7.09
<i>Vaccaria hispanica</i>	جنجفک	1.07	0.83	0.02	3.42	0.57	1.10	8.57
<i>Melilotus officinalis</i>	یونجه زرد	0.27	0.86	0.00	2.95	0.14	0.28	5.13
<i>Glycyrrhiza glabra</i>	شیرین بیان	0.32	0.71	0.01	0.69	0.17	0.33	8.59
<i>Sorghum halepense (L.) Pers</i>	قیاق	3.20	0.56	0.06	9.24	1.71	3.30	25.54

گونه‌های پهن برگ شامل شیر پنیر، ماشک گل زرد، خردل وحشی و سرشکافه بودند (جدول ۱). شاخص یکنواختی در گندم‌زارهای آبی و دیم شهرستان کوزران استان کرمانشاه نشان می‌دهد که اختلاف بین گونه‌ها از نظر یکنواختی بسیار به هم نزدیک و در دامنه ۰/۵۳ (خردل وحشی) تا ۹۵٪ (مربوط به خار مریم متغیر بود (جدول ۲). در رابطه با

همچنین نتایج نشان داد که بیشترین میانگین تراکم گونه‌ای با ۳۵/۲ بوته در متر مربع و بیشترین فراوانی نسبی ۳۶/۳ درصد مربوط به ماشک گل زرد و دو گونه *Tragopogon major* و *Melilotus officinalis* هر دو با ۰/۲۷ و ۰/۲۶ به ترتیب کمترین میانگین تراکم گونه ای و فراوانی نسبی را تشکیل دادند. همچنین غالب‌ترین

یکنواختی جامعه علف هرز، هرچه عدد بدست آمده به صفر میل کند نشان از شدت غیر یکنواختی یا غالب بودن یک گونه علف هرز در جامعه دارد، ولی هرچه عدد بدست آمده به یک میل کند نشان از یکنواختی بالای جامعه (حداکثر تنوع گونه‌ای و عدم غالبیت یک گونه خاص علف هرز) دارد (Sharifi, 1995; Poggio et al., 2004). تحقیقات نشان می‌دهد، در مزارعی که سالانه عملیات شخم انجام می‌شود، تراکم و شمار گونه‌های علف‌های هرز دو ساله و چندساله کاهش می‌یابد، دلیل آن از بین رفتن ریشه‌های زیرزمینی گونه‌های یاد شده است که آنها را قادر به زمستان‌گذرانی نمی‌کند. در این مزارع تنها گونه‌های علف هرز یکساله و چند ساله خزنده قادر به ادامه زیست هستند. علت موفقیت یکساله‌ها را میتوان به تکمیل چرخه‌ی زندگی آنها در فاصله بین دو عملیات زراعی نسبت داد (Zeynivand et al., 2019). گونه‌های چند ساله‌ی خزنده نیز به این دلیل صدمه کمتری می‌بینند که علاوه بر تولید بذر، از طریق اندام‌های رویشی نیز تکثیر می‌یابند (Pielou, 1975). در بین گونه‌های شناسایی شده در این مزارع، ۱۹ گونه (بیش از ۸۵ درصد) پهن برگ، ۳ گونه (بیش از ۱۳ درصد) باریک برگ (دو گونه گراس)، شناسایی شد (شکل ۲). به نظر می‌رسد هر چند گونه‌های پهن‌برگ از نظر شکل ظاهری شباهت کمتری با گیاه گندم دارند ولی به خاطر کارایی مناسب‌تر علف‌کش‌های پهن‌برگ‌کش رایج مانند تفرانید و گرانستار نسبت به علف‌کش‌های باریک برگ‌کش رایج مانند دیکلوفوپ-متیل، تعداد علف‌های هرز پهن‌برگ گسترش بیشتری دارد (Zaidali et al., 2014).

کاربرد نادرست کودهای شیمیایی به ویژه کودهای نیتروژنه، کاربرد علف‌کش و نیز آبیاری بیش از حد، شرایط را برای رشد برخی از علف‌های هرز مشکل‌ساز تغییر داده، چرا که با کاربرد علف‌کش‌ها، جمعیت گونه‌های حساس کاهش یافته، از تنوع گونه‌ای کاسته شده و برخی گونه‌های خاص (متحمل یا مقاوم) افزایش می‌یابد (Zaidali, 2014). در بین علف‌های هرز موجود در گندمزارهای آبی، چهار علف هرز شامل ماشک گل زرد، شیر پنیر، سر شکافته و ماشک گل قرمز دارای غالبیت بیشتری برخوردار بودند (جدول ۲).

شکل ۲ پراکنش این گونه را بر پایه تراکم در واحد سطح در مزارع گندم و نخود شهرستان کوزران نشان می‌دهد. با توجه به یکنواخت بودن تقریبی مدیریت‌های زراعی اعمال شده در مزارع گندم استان کرمانشاه سازگاری این گونه به شرایط اقلیمی معتدل، به نظر می‌رسد ماشک گل زرد در مناطق گرم استان سازگاری کمتری دارد. به طور کلی می‌توان گفت غنای گونه‌های علف‌های هرز در مزارع گندم و نخود شهرستان کوزران تفاوت زیادی داشت (۲۲ گونه). شرایط اقلیمی، سطح زیر کشت و مدیریت مهمترین عوامل در تعداد این گونه‌ها بودند. تحقیقات نشان داده است که علف‌های هرزی که بالاترین فراوانی، یکنواختی مزرعه و میانگین تراکم مزرعه را دارا

هستند گونه‌های سخت کنترل تری نسبت به گونه‌هایی که فراوانی کمتر از ۵۰ درصد، یکنواختی زیر ۳۵ درصد و میانگین تراکم بوته در مزرعه زیر ۲ را داشتند، در نتیجه دارای رقابت کمتری بودند (Hakim et al., 2013). مقادیر بالای فراوانی و یکنواختی برای برخی گونه‌ها نشان دهنده تناسب بیشتر آنها با شرایط اقلیمی و خاک است، در حالی که مقادیر بالای میانگین تراکم مزرعه برای بعضی گونه‌ها نشان دهنده توانایی رقابت و تولید مثل بیش‌تر نسبت به سایر گونه‌ها است (Minbashi et al., 2013). تداوم سیستم مدیریتی رایج در مزارع گندم متکی بر استفاده بیش از حد از نهاده‌های کشاورزی، مبارزه شیمیایی گسترده با علف‌های هرز و تناوب گندم با گیاهان تابستانه، موجب کاهش تنوع گونه‌ای و کارکردی علف‌های هرز و افزایش فراوانی و تراکم علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش‌ها شده است (Koocheki et al., 2006). علاوه بر این، سیاست تشویق استفاده گسترده از علف‌کش‌ها بخصوص روی گندم، منجر به افزایش موارد بیوتیپ‌های مقاوم به علف‌کش شده است (Nosratti et al., 2020). به علاوه افزودن کود نیتروژن یک عامل مهم زراعی است که بر رشد علف‌های هرز و رقابت آنها با گیاهان زراعی تأثیرگذار می‌باشد بنابراین، علف‌های هرز نیتروفیل (به عنوان مثال، *Amaranthus retroflexus* L. در مزارع ایران، به ویژه در مناطق آبی غالب هستند (Nosratti et al., 2020). از طرفی تنوع زیستی علف‌های هرز مهاجم ممکن است تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار گیرد، به گونه‌ای که با شناخت مکانیسم‌های پراکنش علف‌های هرز مهاجم تحت شرایط آب و هوایی فعلی و تغییر اقلیم بتوان راهکارهای مناسب‌تری برای کنترل و مدیریت این گونه‌های مهاجم به کار برد (Thomas and Dale, 1991). اقلیم از طریق اعمال محدودیت‌های اکوفیزیولوژیکی در تعیین محدوده پراکنش گونه‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند. بر اساس نتایج به دست آمده از بین گونه‌های شناسایی شده در مزارع گندم و نخود شهرستان کوزران پنج گونه که دارای بیشترین میزان شاخص غالبیت سیمپسون گونه‌ای بودند به عنوان گونه‌های با اهمیت نسبی بیشتر معرفی شدند. همچنین بیشترین شاخص غالبیت مربوط به گونه (*V. hyrcanica*) بود و همه گونه‌های دیگر علف هرز دارای شاخص غالبیت کمتر از ۱۰۰ بودند. از آنجا که این شاخص حاصل جمع میانگین تراکم بوته، یکنواختی مزرعه و همچنین فراوانی نسبی علف‌هرز است بالاتر بودن آن به مفهوم حضور بیشتر یک گونه در مزارع گندم و نخود است (جدول ۲) از بین پنج گونه‌ای که شاخص غالبیت آنها کمتر از ۱۰۰ بود تنها دو گونه (*Bromus danthoniae*) و (*Sorghum halepense*) باریک برگ بود و سایر گونه‌ها پهن‌برگ بودند. در این تحقیق به نظر می‌رسد سهولت کنترل علف‌های هرز باریک‌برگ توسط علف‌کش‌های شیمیایی باعث شده که میزان غالبیت این گونه‌ها در مقایسه با سایر گونه‌های پهن‌برگ

کاهش یابد.

گردد.

نتیجه‌گیری

بسیاری از گونه‌های شناخته شده به عنوان مزرعه رست، مکانیسم تشکیل بانک بذر پایا یا با دوام طولانی را دارند، که به دلیل سازگاری بیشتر با شرایط اقلیمی منطقه در مقایسه با سایر تیره‌های گیاهی سهم بیشتری از رستنی‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. نحوه مدیریت شیمیایی علف‌های هرز مزارع گندم و نخود شهرستان کوزران نیز با مشکلات متعددی روبرو است که از جمله می‌توان به کاربرد دیر هنگام و استفاده گسترده و طولانی مدت علف‌کش‌ها و میزان نیتروژن مصرفی، هزینه بالای وجین دستی، گران بودن نیروی کارگری و علف‌کش‌های پس‌رویشی اشاره نمود. همچنین به کارگیری روش‌های غیر شیمیایی نظیر به کارگیری تناوب زراعی مناسب چندان متداول نمی‌باشد. از طرفی زراعت در عرصه‌های مرتعی باعث جایگزینی گونه‌های گندمی شده است که از یکنواختی بالایی نیز برخوردار هستند. با وجود این که شهرستان کوزران دارای اقلیمی نیمه سردسیر و مدیترانه‌ای می‌باشد، حضور گونه‌های علف هرز در مزارع گندم و نخود، دور از انتظار نیست و می‌توان با به کارگیری روش‌های صحیح مدیریتی از میزان تداخل گونه‌های مهاجم از یک منطقه به منطقه مستعد دیگر جلوگیری نمود.

در ارتباط با غالبیت گونه ماشک خرزی باید نکات و مشکلات مدیریتی علف‌کش‌های مورد استفاده از قبیل زمان مصرف، نحوه کاربرد، نوع سم‌پاش یا نازل، کیفیت علف‌کش‌ها، بروز پدیده مقاومت به دلیل کاربرد گسترده و طولانی مدت علف‌کش‌ها و انطباق مراحل رشدی این گونه با زمان کاربرد این علف‌کش‌ها بررسی شود. همچنین در بررسی به عمل آمده از کشاورزان از طریق پرسشنامه، مشخص گردید که تقریباً اکثر کشاورزان از سموم رایج همچون توفوردی و گرانتار جهت کنترل علف‌های هرز و همچنین در مزارع نخود به دلیل عدم مصرف سموم علف‌کش و نداشتن اطلاعات لازم در رابطه با زمان و نوع سموم مصرفی و عدم تنوع در سموم مصرفی و عدم رعایت تناوب علمی و عدم استفاده از آیش و گران بودن نهاده‌ها، می‌توان از دلایل تهاجم این علف هرز شمرد. بر این اساس هر چند گونه ماشک خرزی به عنوان یک گونه با بالاترین فراوانی و غالبیت شناخته شده ولی یکی از گونه‌های بومی منطقه می‌باشد و استفاده نادرست از واژه "گونه مهاجم" به جای گونه "غیرمهاجم" ممکن است منجر به عواقب زیست‌محیطی شده و تبعات سنگینی برای تنوع زیستی و حیات گونه‌های با ارزش بومی ایجاد کند (Rahmanian et al., 2019). این گونه نه تنها در منطقه کوزران بلکه در جاهایی دیگر از استان کرمانشاه مشاهده شده، که یکی از دلایل اصلی آن احتمالاً می‌توان مقاومت و سازگاری بالا به علف‌کش‌ها و همچنین استفاده از سیستم فشرده کشاورزی و عدم رعایت تناوب علمی ذکر

منابع

- 1- Aghabeigi, F., Termeh, F., & Amiri, N. (2003). Important weed seedlings of Gilan, Mazandaran and Golestan provinces and their identification key. *Pajouhesh-va-Sazandegi*, 15(56-57 in Agronomy and Horticulture), 9-15.
- 2- Anderson, R.L., & Beck, D.L. (2007). Characterizing weed communities among various rotations in central South Dakota. *Weed Technology*, 21, 76-79. <https://doi.org/10.1614/WT-06-020.1>
- 3- Ardakani, M.R. (1998). *Ecology*. Tehran University Publication Limited, Iran. (In Persian)
- 4- Arun Kumar, S., Malay, B., Biswanath, S., & Arunachalam, V. (2007). Weed floristic composition in palm gardens in plains of Eastern Himalayan region of West Bengal. *Curent Science*, 92, 10-25.
- 5- Azizi, K.H., Daraeimofrad, A., Nasiri, B., & Feizian, M. (2020). Weed species diversity indices in legume - cereal additive series intercropping. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 51(1), 51-62. <https://doi.org/10.22059/ijfcs.2018.235401.654336>
- 6- Bazoobandi, M., Sadrabadi, R., & Beheshtian Mesgaran, M. (2007). *Weeds ecology in agricultural and natural system*. Sukhan Gostar publication and Research Department of Islamic Azad University. Mashhad. (In Persian with English abstract)
- 7- Chamani, A. (1996). *Determination plant diversity and richness about vegetation in the Mirzabailoo plain and south of Alme Mountain*. Thesis Master of Science. Gorgan Natural and Agriculture University. pp 92.
- 8- Hakim, M.A., Juraimi, A.S., Ismail, M.R., Hanafi, M.M., & Selamat A. (2013). A survey on weed diversity in Coastal rice fields of Sebarang Perak in Peninsular Malaysia. *The Journal of Animal and Plant Sciences* 23(2), 534-542.
- 9- Hamaoui-Laguel, L., Vautard, R., Liu, L., Solmon, F., Viovy, N., & Khvorostyanov, D. (2015). Effects of climate change and seed dispersal on airborne ragweed pollen loads in Europe. *Nat. Clim. Change*, 5, 766-771. <https://doi.org/10.1038/nclimate2652>
- 10- Hulbert, S.H. (1971). The non-concept of species diversity: A critique and alternative parameters. *Ecology*, 52, 577-586.

- 11- Hyvonen, T., Ketoja, E., Salonen, J., Jalli, H., & Tiainen, J. (2003). Weed species diversity and community composition in organic and conventional cropping of spring cereals. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 97, 131-149. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00117-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00117-8)
- 12- Izsak, I., & Papp, L. (2000). A link between ecological diversity indices and measures of biodiversity. *Ecological Modeling*, 130, 151-156. [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00203-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00203-9)
- 13- James, J.J., BS, Smith, EA, Vasquez, & Sheley, R.L. (2010). Principles for ecologically based invasive plant management. *Invasive Plant Science and Management*, 3, 229-239. <https://doi.org/10.1614/IPSM-D-09-00027.1>
- 14- Javanmard, A., Nikdel, H., & Amani, M. (2019). Evaluation of forage quantity and quality in domestic populations of hairy vetch (*Vicia villosa* L.), Vetch (*Vicia sativa* L.) and Caspian Vetch (*Vicia hircanica*) under rainfed condition. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 29(1), 16-31.
- 15- Kanieski, M.R., Longhi, S.J., & Soares, P.H.R.C. (2018). *Methods for biodiversity assessment: case study in an area of Atlantic forest in Southern Brazil*. Chapter 3. Pp 45-58. Information website: www.intechopen.com
- 16- Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Tabrizi, L., azizi, G., & Jahan, M. (2006). Assessment of species diversity, function and structure of weed communities. Wheat and sugar beet farms in different provinces in Iran. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 4(1), 105-129. (In Persian with English abstract)
- 17- Lair, K., & Redente, EF. (2004). Influence of auxin and sulfonylurea herbicides on seeded native communities. *Journal of Range Management*, 57, 211-218. [https://doi.org/10.2111/1551-5028\(2004\)057\[0211:IOAASH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2111/1551-5028(2004)057[0211:IOAASH]2.0.CO;2)
- 18- Lavorel, S., McIntyer, S., Landsberg, J., & Forbes, T.D.A. (1997). Plant functional classification: from general groups based on response to disturbance. *Trend in Ecology and Evolution*, 12, 474-478. [https://doi.org/10.2111/1551-5028\(2004\)057\[0211:IOAASH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2111/1551-5028(2004)057[0211:IOAASH]2.0.CO;2)
- 19- Legere, A., & Derksen, D.A. (2000). *Weed community diversity and cropping systems: Concepts and applications*. Third International Weed Science Congress, Foz do Iguassu.
- 20- Ludwig, J.A., & Reynolds, J.F. (1988). *Statistical Ecology: A Primer on Methods and Computing*. New York, NY: John Wiley & Sons; 338pp.
- 21- Magurran, A.E. (1988). *Ecological Diversity and its Measurements*. New Jersey, NJ: Princeton University Press; 179 pp.
- 22- MacLaren, C., Storkey, J., Menegat, A., Metcalfe, H., & Dehnen-Schmutz, K. (2020). An ecological future for weed science to sustain crop production and the environment. A review. *Agronomy Sustainable Deversion*, 40(4), 1-29. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00631-6>
- 23- Makarian, H., & Rohani, A. (2014). Determination of weed spatial distribution based on damage threshold in two winter wheat (*Triticum aestivum* L.) fields in Shahrood region. *Journal Plant Production Research*, 21(3), 51-73. (In Persian with English abstract). DOR:20.1001.1.23222050.1393.21.3.3.7
- 24- McCully, K.M., Simpson, G., & Watson, A.K. (1991). Weed survey of Nova Scotia Lowbush (*Vaccinium angustifolium*) fields. *Weed Science*, 39, 180-185. <https://doi.org/10.1017/S0043174500071447>
- 25- Menalled, F.D., Gross, K., & Hammond, M. (2001). Weed aboveground and seedbank community responses to agricultural management systems. *Ecological Application*, 11, 1586-1601. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2001\)011\[1586:WAASCR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2001)011[1586:WAASCR]2.0.CO;2)
- 26- Minbashi, M., Rahimian, H., Zand, E., & Baghestani, M.A. (2010). *Invasion weeds, a forgotten challenge*. The 3rd Iranian Weed Science Congress, February, Babolsar, Iran, Key articles.30-39.
- 27- Minbashi Moeini, M., Baghestani, M.A., Rahimian, H., & Aleefard, M. (2008). Weed mapping for irrigated wheat fields Tehran province using geographic information system (GIS). *Iranian Journal of Weed Science*, 4, 97-118. (In Persian with English abstract)
- 28- Mousavi, S., Soori, N., Zaidali, E., Azadbakht, N., & Ghiasvand, M. (2011). Comparison of weed floristic composition in fruit gardens in Khorramabad. *Iran Journal Field Crops Research*, 8(2), 252-268. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/gsc.v8i2.7523>
- 29- Nosratti, I., Mohammadi, A.D., Amini, R., & SHakiba M.R. (2017). Evaluation of species diversity and population indices of weeds in chickpea fields under dry-land of Kermanshah province. *Journal of Crop Ecophysiology*, 11(1), 143-162.
- 30- Nosratti, I., Sabeti, P., Chaghamirzaee, G., & Heidari, H. (2020). Weed problems, challenges, and opportunities in Iran. *Crop Protection*, 134, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.10.007>
- 31- Nunes, M.A., Novelli, V.M., da Cunha, B.A., Soares, A.J., de Mineiro, J.L., Freitas-Astúa, J., & Bastianel, M. (2020). Survey of the citrus leprosis vector (*Brevipalpus yothersi*) and phytoseiids in spontaneous plants of an organic citrus orchard. *Exp. Appl. Acarol.* 82(2), 199-209. <https://doi.org/10.1007/s10493-020-00543-w>
- 32- Pielou, E.C. (1975). *Ecological diversity*. New York, NY: John Wiley; p. 165. <https://doi.org/10.1007/BF01867726>
- 33- Poggio, S.L., Sattorre, E.H., & Fuente, EB. (2004). Structure of weed communities occurring in Pea and Wheat crops in the rolling pampa (Argentina). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 103, 225-235. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.09.015>
- 34- Radosvich, S.R., Stubbs, M.M., & Gherssa, C.M. (2003). Plant invasions-process and patterns. *Weed Science*, 51,

- 254-259. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2003\)051\[0254:PIPAP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2003)051[0254:PIPAP]2.0.CO;2)
- 35- Rahel, F.J. (2000). Homogenization of fish faunas across the United States. *Science*, 288, 854–856. <https://doi.org/10.1126/science.288.5467.85>
- 36- Rahmanian, S., Ejtehad, H., Farzam, M., & Memarian, F. (2019). The need to reconsider the use of the word invasive by plant ecology researchers in Iran. *Journal of Rangeland*, 4, 673-690.
- 37- Sabeti, P., Minbashi Moeini, M., & Rivand, M. (2013). *Assess the damage weeds corn fields*. The Fifth Scientific Conference Weed. University of Tehran- Karaj. 2-4 September 2013. (In Persian with English abstract)
- 38- Sage, R.F., Wedin, D.A., & Li, M.R. (2011). *The biogeography of C4 photosynthesis*. P. 313-373. In Sage R.F., and Monson R.K. (eds.) C4 plant biology San Diego, California: Academic Press.
- 39- Setterfield, S.A., Rossiter-Rachor, N.A., Douglas, M.M., Wainger, L., Petty, A.M., & Barrow P. (2013). Adding fuel to the fire: the impacts of non-native grass invasion on fire management at a regional scale. *PLoS ONE*, 8, e59144. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059144>
- 40- SHadloo, A., Rastgoo, M., Ghorbani, R., & Bazoobandi, M. (2020). Evaluation the potential of geographical distribution of *Dodartia orientalis* L. in Iran and the world in current climatic conditions and future climate change. *Iranian Journal of Weed Science*, 16(1), 79-94. <https://doi.org/10.22092/IJWS.2020.1601.1302>
- 41- Shannon, C.E., & Wiener, W. (1949). *The mathematical theory of communication* Urbana University of Illinois Press, Chicago, USA, Pages: 117.
- 42- Sharifi Niarag, J. (1995). Assessment of grassland diversity in Ardebil. *Research and Development*, 33, 26-31. (In Persian with English abstract)
- 43- Simpson, G.G. (1964). Species diversity of North American recent mammals. *Systematic Zoology*, 13, 57-73. <https://doi.org/10.2307/2411825>
- 44- Sohrabi, S., & Ghorekhloo, J. (2015). *Investigating the status of invasive weeds of Iran*. The 6th Iranian Weed Science Conference, 1-3 September, Birjand, Iran. 294-299. <https://doi.org/10.22092/IJWS.2020.1601.1302>
- 45- Taylor, S., Kumar, L., & Reid, N. (2012). Impacts of climate change and land-use on the potential distribution of an invasive weed: a case study of *Lantana camara* in Australia. *Weed Research*, 52, 391–401. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2012.00930.x>
- 46- Thomas, A.G., & Dale, M.R.T. (1991). Weed community structure in spring-seeded crops in Manitoba. *Can. Journal Plant Science*, 71(4), 1069-1080.
- 47- Thomas, A.G. (1985). Weed survey system used in Saskatchewan for cereal and oilseed crops. *Weed Science*, 33, 34-43. <https://doi.org/10.1017/S0043174500083892>
- 48- Uddin, K.M., Juraimi, A.S., Begum, M., Ismail, M.R., Rahim, A.A., & Othman, R. (2009). Floristic composition of weed community in turf grass area of west peninsular Malaysia. *International Journal of Agricultural Biology*, 11, 13–20.
- 49- Vaisee, M., minbashi, M., & Sabeti, P. (2012). Weed community structure, species diversity and weed mapping in irrigated wheat fields of Kermanshah Province. *Weed Research*, 4(2), 77-96.
- 50- Zaidali, E., GHorbani, R., Parsa, M., & Asadi, G.H. (2014). Study of population characteristics and distribution of cheat grass (*Bromus tectorum*) with other grass weeds in wheat fields of Khorramabad. *Weed Research*, 6(1), 71-86.
- 51- Zeynivand, F., Ajorlo, M., & Ariapour, A. (2019). Effect of livestock grazing intensity on diversity of invasive plant species in Kabirkuh mountainous area, Darrehshar Town. *Journal of Plant Research*, 33(13).



The Pattern of Johnson Grass (*Sorghum halepense* (Pers.) L.) Emergence in Corn Field under the Influence of Management Operations

M. Valikhanzadi¹, M. Diyanat^{2*}, M. Oveisi³

Received: 07-01-2023

Revised: 15-03-2023

Accepted: 01-05-2023

Available Online: 02-05-2023

How to cite this article:

Valikhanzadi, M., Diyanat, M., & Oveisi, M. (2023). The pattern of Johnson grass (*Sorghum halepense* (Pers.) L.) emergence in corn field under the influence of management operations. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, 37(2), 215-228. (In Persian with English abstract).
<https://doi.org/10.22067/jpp.2023.80440.1122>

Introduction

Prediction of weed emergence time is one of the valuable decision-making tools in integrated weed management, which can be used to optimize weed control programs. Among human agricultural practices, tillage is one of the main drivers of weed communities. The emergence pattern has sensitive receptors that may change with a manipulation such as tillage or any other management activity. Johnson grass (*Sorghum halepense* (Pers.) L.) from the Poaceae family is a C4 perennial weed and one of the most invasive weeds in the world. This weed has spread in one third of the world's regions, which has led to a major reduction of biological and agricultural diversity in Asia, Africa, America and Europe. It ranks sixth in the list of 30 worst weeds in the world in 53 countries and has become endemic in millions of hectares of the world. Cutworms have been reported in crops including wheat (*Triticum aestivum* L.), soybean (*Glycine max* L.), corn (*Zea mays* L.), cotton (*Gossypium hirsutum* L.), vegetables and fruit trees.

Materials and Methods

In order to predict the time of emergence of seedlings from seeds and rhizomes, a field experiment was conducted during the spring and summer of 2022 in the research farm located in the Agricultural Campus of Tehran University located in Karaj. The experiment was conducted as a randomized complete block with four replications. The investigated treatments were four tillage dates including 15 May, 30 May, 15 June and 30 June. 20 plots with dimensions of 2 × 1 m² were prepared in a part of the research farm which has a high level of Johnson grass contamination based on previous monitoring. Tillage is done up to a depth of 20 cm in the plots. In each plot, three quadrates with dimensions of 0.5 × 0.5 m² were installed, and seed seedlings and rhizomes were counted at weekly intervals until the end of the season. Four models (Logistic, Sigmoidal, Gumpertz and Weibull) were used to investigate the emergence pattern of seedlings obtained from seeds and rhizomes. Analysis of variance was done with the help of SAS 9.1 software. Sigma plot software was used to brush the models.

Results and Discussion

The minimum square standard error model with an explanation coefficient of 0.85 and also the root mean square error of 5.35 has been able to predict the cumulative emergence of the seedlings of Johnson grass seeds. These values were 0.94 and 3.8 respectively in predicting the cumulative emergence of seedlings from the rhizome, which indicates the higher accuracy of the model in predicting the emergence from the rhizome. The

1 and 2- M.Sc. Student and Associate Professor, Department of Agricultural Sciences and Food Industries, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, respectively.

(*- Corresponding Author Email: m.diyanaat@sbiau.ac.ir)

3- Associate Professor, College of Agriculture and Natural Resources University of Tehran, Tehran, Iran

DOI: [10.22067/jpp.2023.80440.1122](https://doi.org/10.22067/jpp.2023.80440.1122)

results showed that, in general, the used models had close values of the corrected coefficient of explanation and root mean square error, so these indicators were not able to distinguish the more accurate model. But in general, since models with a lower Akaike index are more accurate anyway, the logistic model was chosen as the best model. The effect of plowing was significant on the germination pattern of seed and rhizomes. May plowing dates were associated with a high population of seed and rhizome seedlings, but in the same proportion in the population. Seed seedlings emergent in a smaller number and during a shorter period of the season, while rhizome shoots are observed in a longer period and with a much higher number in the field. In general, the emergence of seed seedlings started earlier, slightly before rhizome seedlings. With the gradual increase in temperature from May 15 to June 30, the response of rhizome seedlings to temperature has been variable among the studied squares. A similar trend regarding the increase of germination variance can be seen in the case of seeds, with the difference that the variance was much higher in the case of seed seedlings. This indicates that the seeds are more sensitive to the increase in temperature and their variable response to environmental changes.

Conclusion

The plowing dates during June were associated with a decrease in the population of seed seedlings and an increase in rhizome seedlings of the Johnson grass population. Considering that the rhizome population in the farm is high at all times, it is suggested to write and implement control programs based on the rhizome population. This point is more important in late tillage and late planting dates.

Keywords: Akaike index, Logistic model, Rhizome, Tillage

الگوی رویش قیاق (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) در مزرعه ذرت تحت تأثیر عملیات

مدیریتی

مهدی ولی خانزادی^۱ - مرجان دیانت^{۲*} - مصطفی اویسی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۲/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۱۱

چکیده

پیش‌بینی زمان رویش علف‌های هرز از ابزارهای ارزشمند تصمیم‌گیری در مدیریت تلفیقی علف‌های هرز می‌باشد که می‌تواند به منظور بهینه‌سازی برنامه‌های کنترل علف‌های هرز مورد استفاده قرار گیرد. بدین منظور جهت پیش‌بینی زمان ظهور گیاهچه‌های قیاق حاصل از بذر و ریزوم آزمایش مزرعه‌ای طی دو فصل بهار و تابستان ۱۴۰۱ در مزرعه تحقیقاتی واقع پردیس کشاورزی دانشگاه تهران واقع در کرج اجرا شد. آزمایش به صورت بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارهای مورد بررسی چهار تاریخ شخم شامل ۱۵ اردیبهشت، ۳۰ اردیبهشت، ۱۵ خرداد و ۳۰ خرداد بودند. چهار مدل سیگموئیدی، لجستیک، گامپرتز و ویبول جهت بررسی الگوی رویش گیاهچه‌های حاصل از بذر و ریزوم مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج نشان داد که مدل لجستیک با دارا بودن پایین‌ترین شاخص آکائیک از دقت بیشتری برخوردار بود. اثر شخم در الگوی رویش قیاق‌های بذری و ریزمی قابل توجه بود. تاریخ‌های شخم اردیبهشت با جمعیت بالای گیاهچه‌های بذری و ریزومی ولی به نسبت یکسان در جمعیت همراه بود. تاریخ‌های شخم خرداد ماه با کاهش جمعیت گیاهچه‌های بذری و افزایش گیاهچه‌های ریزومی در جمعیت قیاق همراه بود. در تاریخ‌های شخم اردیبهشت ماه، واریانس رویش در بین ۶ تکرار آزمایشی کوچکتر بود و در نتیجه برازش مدل‌ها با دقت بالاتری صورت پذیرفت. حال آنکه با تأخیر زمان شخم و افزایش دما، واریانس بین تکرارها به شدت افزایش یافت و در نتیجه برازش توابع به الگوی رویش گیاهچه‌های قیاق با دقت پایین‌تری صورت پذیرفت. با توجه به اینکه در همه زمان‌ها، جمعیت ریزومی در مزرعه بالاست پیشنهاد می‌شود برنامه‌های کنترلی براساس جمعیت ریزومی نوشته و اجرا گردد. این نکته در شخم‌های دیر هنگام و تاریخ کشت‌های تأخیری از اهمیت بالاتری برخوردار است.

واژه‌های کلیدی: ریزوم، شاخص آکائیک، شخم، مدل لجستیک

مقدمه

پیش‌بینی الگوهای فصلی ظهور علف‌هرز برای اعمال برنامه‌های مدیریت علف‌هرز بسیار مفید است و توانایی پیش‌بینی زمان ظهور گیاهچه به عنوان یک جزء حیاتی برای مدیریت یکپارچه علف هرز به رسمیت شناخته شده است (Roman et al., 2000). تعیین زمان

نسبی سبز شدن به عنوان یک مولفه اصلی در رقابت اهمیت زیادی دارد (Ebrahim et al., 2011). چرا که اولین مرحله برای شروع رقابت علف هرز در آن آشیان اکولوژیک می‌باشد، لذا درک کامل از آن در مدیریت علف‌های هرز بسیار کاربردی و ضروری است (Forcelle et al., 2000).

الگوی سبز شدن فرایند پیچیده‌ای است که عوامل مختلف مانند دما (Zare et al., 2020; Goharani et al., 2019; Mousavi et al., 2018)، و رطوبت خاک (Ward et al., 2006)، عمق دفن بذر (Boyd and Van Acker, 2004)، حضور یا عدم حضور گیاه زراعی (Boyd and Norsworthy and Oliveira, 2007a)، بافت خاک (Van Acker, 2004)، نوسانات دمایی و نیاز نوری (Bench-

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار، دانشکده کشاورزی و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
(*)- نویسنده مسئول: (Email: m.diyant@srbiau.ac.ir)

۳- دانشیار، دانشکده‌گان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران
DOI: 10.22067/jpp.2023.80440.1122

(Arnold et al., 1990) و همچنین خصوصیات مربوط به بذر مانند سن، اندوخته و اندازه بذر (Finch-Savago, 2001) بر آن تاثیر می‌گذارند اما اولین و مهم‌ترین عامل در جوانه‌زنی و رویش علف‌های هرز دما است (Forcella, 1998). الگوی رویش، از دریافتگرهای حساسی برخوردار است که گاه با یک دستکاری مثل عملیات شخم و یا هر فعالیت مدیریتی دیگر ممکن است تغییر کند (Forcella et al., 1997). در بررسی اثر عملیات مدیریتی بر زمان رویش فرفیون خوابیده (*Euphorbia maculate* L.) در سویا مشاهده شد که رویش فرفیون خوابیده، به وسیله عملیات مدیریتی همچون سیستم‌های خاک‌ورزی، تراکم‌های سویا و دزهای ایمازاتاپیر تحت تاثیر قرار گرفت. درجه روز رشد تا رسیدن به ۱۲ درصد رویش فرفیون خوابیده در سیستم خاک‌ورزی رایج نسبت به سیستم بدون خاک‌ورزی افزایش یافت و با افزایش تراکم کاشت، رویش گیاهچه در هر درجه روز رشد کاهش یافت همچنین با افزایش دز علف‌کش، نیازهای درجه روز رشد برای رسیدن به ۱۲ درصد رویش افزایش یافت (Khakzad et al., 2019). زمان و اوج جوانه‌زنی علف‌های هرز مزارع کشاورزی بر اثر زمان شخم و تاریخ کاشت گیاه زراعی تغییر می‌کند (Bhagirath and Chauhan, 2006). زمان ظهور ۲۵٪، ۵۰٪ و ۷۵٪ گیاهچه *Ipomoea lacunose* L. و زمان ظهور ۲۵٪ گیاهچه سنا (*Senna obtusifolia* (L.)) با شخم بهاره کاهش یافت (Norsworthy and Oliveira, 2007b).

مدل‌های سبز شدن را می‌توان بر اساس زمان-دما ساخت و سبز شدن علف‌های هرز را به صورت تجمعی با استفاده از توابع سیگموئیدی مانند ریچارد جنرال لجستیک، گمپرتز، لجستیک و ویبول نشان داد (Brown and Mayer, 1988). برای توصیف الگوی رویش علف‌های هرز معمولا از توابع اس-شکل استفاده می‌شود (Gonzalez- Anduja et al., 2016). دونالد (Donald, 2000) مدل لجستیک را به خوبی به واکنش رویش شاخساره‌های حاصل از جوانه نابجای ریشه خارلته (*Cirsium arvense* L.) برازش داد. در حالی که در پژوهشی دیگر که از مدل زمان حرارتی خاک برای پیش بینی رویش شقایق (*Papaver rhoeas* L.) در مزارع غلات استفاده شد، مدل گامپرتز کارایی بسیار خوبی داشت (Izquierdo et al., 2009).

قیاق (*Sorghum halepense* (L.) Pers.) از تیره Poaceae یک علف هرز چند ساله C4 و یکی از یکی از سمج‌ترین علف‌های هرز در دنیا است (Holm et al., 1997). این علف‌هرز در لیست ۳۰ عدد از بدترین علف‌های هرز دنیا در ۵۳ کشور رتبه ششم را دارد و در حد وسیعی در میلیون‌ها هکتار از مناطق دنیا بومی شده است (Valverde and Gressel, 2006). قیاق در گیاهان زراعی شامل گندم (*Triticum aestivum* L.)، سویا (*Glycine max* L.)، ذرت

(*Zea mays* L.)، پنبه (*Gossypium hirsutum* L.)، سبزیجات و درختان میوه گزارش شده است (Mitskas et al., 2003 Uludag; et al., 2007; Uremis et al., 2009). حضور قیاق در مزرعه می‌تواند روی تولید گیاه زراعی به خصوص در ذرت و سویا تاثیر منفی داشته باشد چون قیاق میزبان تعدادی از حشرات آفت است (Vega et al., 1995). روش‌های متنوع تکثیر، رشد سریع، تقلید گیاه زراعی و سازگاری به طیف وسیعی از شرایط آب و هوایی باعث شده گیاه در محیط‌ها و نیچ‌های اکولوژیکی مختلف زنده بماند (Mihovsky and Pachev, 2012). این ویژگی‌ها در بیولوژی قیاق آن را به علف‌هرز سخت کنترل تبدیل کرده است و همچنین کارایی عملیات زراعی را برای کنترل قیاق در محصولات مختلف تحت تاثیر قرار داده است (Heap, 2014). کنترل شیمیایی این گونه به دلیل تکامل مقاومت به علف‌کش‌ها به خصوص گلیفوسیت چالش برانگیز شده است (Johnson and Norsworthy, 2014). علی‌رغم استفاده پیوسته از روش‌های کنترل پس‌رویشی، قیاق به یک دردسر در سیستم‌های زراعی گسترده در سراسر جهان تبدیل شده است (Johnson and Norsworthy, 2014). در این علف‌هرز تولید مثلی جنسی و غیر جنسی همزمان اتفاق می‌افتد اما تولید مثل غیر جنسی از طریق ریزوم مورد توجه بیشتری قرار گرفته است (Barroso et al., 2016). هدف از این پژوهش پیش‌بینی زمان جوانه‌زنی و الگوی رویش قیاق از بذر و ریزوم و مقایسه توانایی مدل‌های مختلف در پیش‌بینی الگوی رویش قیاق از بذر و ریزوم بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش مزرعه‌ای طی دو فصل بهار و تابستان ۱۴۰۱ در مزرعه تحقیقاتی واقع در استان البرز، شهر کرج اجرا شد. مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی دانشگاه تهران واقع در کرج با مشخصات جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی و ۳۵ دقیقه شمالی، ارتفاع ۱۳۶۱ متر و متوسط بارندگی سالانه ۲۴۱ میلی‌متر می‌باشد. تیمارهای مورد بررسی چهار تاریخ شخم شامل ۱۵ اردیبهشت، ۳۰ اردیبهشت، ۱۵ خرداد و ۳۰ خرداد بودند. کرت‌هایی به ابعاد دو متر در یک متر به تعداد ۲۰ عدد در قسمتی از مزرعه پژوهشی که بر اساس پایش‌های قبلی دارای سطح بالای آلودگی قیاق است، آماده شدند. عملیات شخم تا عمق ۲۰ سانتی‌متری در کرت‌ها انجام می‌شود. در هر کرت سه کادر به ابعاد ۵/۰ × ۵/۰ متر مربع نصب شد و شمارش گیاهچه‌های بذری و ریزومی به فواصل هفتگی تا انتهای فصل انجام شد. در هر مرحله گیاهچه‌های شماش شده حذف شدند. شناسایی گیاهچه‌های بذری و ریزومی با خارج کردن از خاک و مشاهده مزوکوتیل و بذر (نشان دهنده گیاهچه) صورت گرفت (Miguel and Ghera, 1993). گیاهچه-های بذری به آرامی توسط نوک چاقو از خاک خارج شدند تا از بهم

همچنین برای مقایسه و انتخاب مدل‌ها آیکائیک تصحیح شده (AICc) نیز به کار برده شد (Burnham and Anderson, 2002) که در این معادله مجموع مربعات باقیمانده رگرسیون K تعداد پارامترهای برآورد شده در مدل و n تعداد نقاط یا نمونه‌های می باشد (معادله ۶). هرچه عدد آیکائیک کوچکتر (یا منفی‌تر) باشد، مدل مناسب‌تر است. تجزیه واریانس با کمک نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد و جهت برآش مدل‌ها از نرم‌افزار Sigma plot استفاده شد.

$$AICc = -2 \times \ln\left(\frac{RSS}{n}\right) + 2 \times K + \frac{(2 \times K \times K + 1)}{n - K - 1} \quad \text{معادله (۶)}$$

نتایج و بحث

اثر زمان شخم بر رویش قیاق‌های بذری و ریزومی

برای تعیین اثرات تیمارهای آزمایشی، آنالیز واریانس از مدل حداقل مربعات خطای استاندارد استفاده شد. دو عامل تاریخ شخم و زمان شمارش گیاهچه‌ها به عنوان منابع تغییر، مورد بررسی قرار گرفتند. همچنانکه در شکل ۱ نشان داده شده است مدل حداقل مربعات خطای استاندارد با ضریب تبیین 0.85 و نیز جذر میانگین مربعات خطای 5.3529 توانسته است رویش تجمعی گیاهچه‌های بذری قیاق را پیش‌بینی نماید. این مقادیر در پیش‌بینی رویش تجمعی گیاهچه‌های حاصل از ریزوم به ترتیب 0.94 و 3.8957 بود که حاکی از دقت بالاتر مدل در پیش‌بینی رویش‌های حاصل از ریزوم می‌باشد (شکل ۱).

خوردن و جابجایی احتمالی بذور قیاق جلوگیری شود و گیاهچه‌های ریزومی نیز توسط دست از ریزوم جدا شدند.

چهار تابع سیگموئیدی (معادله ۲)، لجستیک (معادله ۳)، گامپرتز (معادله ۴) و ویبول (معادله ۵) برای بررسی الگوی رویش علف‌های هرز مورد استفاده قرار گرفتند (Dorado et al., 2009).

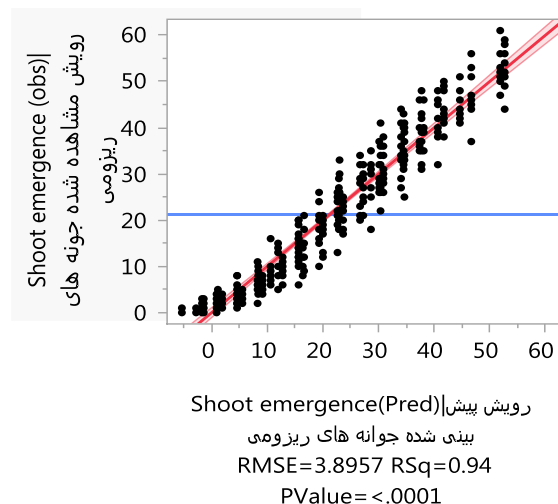
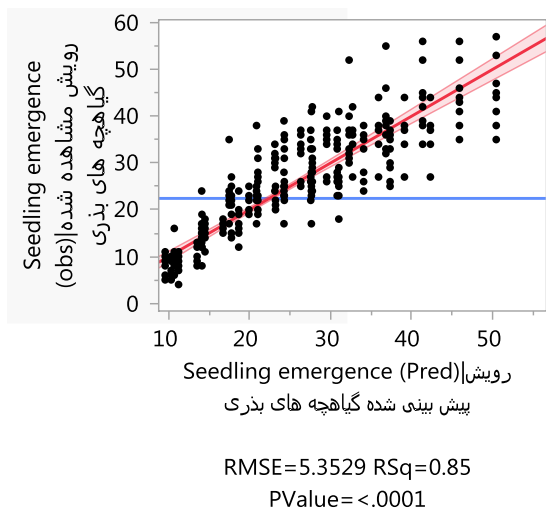
$$Y = \frac{a}{1 + \exp(-(x - x_0)/b))} \quad (۲)$$

$$\text{logistic} : y = \frac{k}{1 + \exp(-a(x - m))} \quad (۳)$$

$$\text{Gompertz} : y = k \exp(-\exp(-a(x - m))) \quad (۴)$$

$$\text{Weibull} : y = k \left(1 - \exp(-(ax)^c)\right) \quad (۵)$$

که در همه‌ی آن‌ها y رویش تجمعی قیاق در طول فصل، x نشانگر GDD تجمعی، x_0 زمانی که در آن روز شیب منحنی خطی می‌شود، k بیانگر مجانب بالای منحنی یا همان حداکثر درصد رویش تجمعی قیاق، a شیب منحنی یا نرخ رویش به ازاء هر GDD، b شیب منحنی یا آهنگ رویش به ازاء هر روز، m مقدار GDD که در آن شیب منحنی خطی می‌شود و c و d پارامترهای شکل دهنده‌ی مدل هستند. ضریب تبیین تصحیح شده (R^2_{adjusted}) نزدیکتر به یک و ریشه دوم میانگین مربعات خطاء (Root Mean of Squares) کوچکتر به عنوان شاخص‌های نیکویی برازش مدل‌ها استفاده شد.



شکل ۱- مقایسه مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده رویش تجمعی گیاهچه‌های بذری (راست) و ریزومی (چپ) قیاق به روش مدل حداقل مربعات خطای استاندارد

مقادیر ضریب تبیین (RSq) و جذر میانگین مربعات خطا ($RMSE$) نشان داده شده‌اند.

Figure 1- Comparison of the observed and predicted values of the cumulative growth of seed (right) and rhizome (left) seedlings of Johnson grass using the method of least square standard error model. The coefficient of determination (RSq) and root mean square error ($RMSE$) values are shown.

در جدول ۱، نتایج آزمون اثر عامل‌های آزمایشی بر رویش گیاهچه‌های بذری نشان داده شده است. دو عامل زمان شخم و زمان شمارش گیاهچه‌ها به عنوان اثرات ثابت در نظر گرفته شده اند. نتایج حاکی از معنی‌داری اثرات اصلی و نیز اثر متقابل زمان شخم و زمان شمارش گیاهچه‌ها می‌باشد. جدول ۲، نیز همین نتایج را درباره گیاهچه‌های ریزومی نشان می‌دهد. در مورد گیاهچه‌های ریزومی نیز، هم اثرات اصلی و هم اثر متقابل معنی‌دار هستند. به این مفهوم که بسته به زمان شخم، زمان رویش گیاهچه‌ها اعم از بذری و ریزومی

متفاوت بوده است.

به منظور مقایسه اثرات تیمارهای آزمایشی، ارزش لگاریتمی هم تراز شده هر یک از تیمارها بوسیله مدل حداقل مربعات خطای استاندارد محاسبه شده است که در جدول ۳ نشان داده شده است. براساس این معیار، زمان شخم مهم‌ترین عامل در تعیین تغییرات الگوی رویش گیاهچه‌های بذری و ریزومی قیاق شناخته شد.

جدول ۱- آزمون اثر تیمارهای آزمایشی بر رویش گیاهچه‌های بذری قیاق

Table 1- The test of the effect of experimental treatments on the seed seedlings emergence of Johnson grass

منابع تغییرات Source	Nparm	درجه آزادی DF	جمع مربعات Sum of Squares	نسبت F Ratio	سطح احتمال Prob > F
زمان شخم Tillage date	3	3	4072.872	47.3800	<.0001*
تعداد روز بعد از شخم Days after Tillage	1	1	39436.047	1376.286	<.0001*
زمان شخم × تعداد روز بعد از شخم Tillage date × Days after Tillage	3	3	1569.803	18.2616	<.0001*

جدول ۲- آزمون اثر تیمارهای آزمایشی بر رویش گیاهچه‌های ریزومی قیاق

Table 2- The test of the effect of experimental treatments on the shoot emergence of Johnson grass

منابع تغییرات Source	Nparm	درجه آزادی DF	جمع مربعات Sum of Squares	نسبت F Ratio	سطح احتمال Prob > F
زمان شخم Tillage date	3	3	30081.894	660.7200	<.0001*
تعداد روز بعد از شخم Days after Tillage	1	1	80429.259	5299.655	<.0001*
زمان شخم × تعداد روز بعد از شخم Tillage date × Days after Tillage	3	3	6880.135	151.1156	<.0001*

جدول ۳- مقادیر ارزش لگاریتمی هم تراز شده (Log Worth) هریک از تیمارهای آزمایشی و سطح احتمال معنی‌داری آنها

Table 3- Log Worth values of each experimental treatments and their significance levels

Source	ارزش لگاریتمی هم- تراز شده Log Worth	سطح احتمال P-Value
زمان شخم Tillage date	227.601	0.00000
تعداد روز بعد از شخم Days after Tillage	151.315	0.00000
زمان شخم × تعداد روز بعد از شخم Tillage date × Days after Tillage	64.148	0.00000

شخم در ابتدای فصل با ایجاد تبادلات دمایی و افزایش دمای خاک (Clements et al., 1996) و ایجاد تبادلات گازی و افزایش

نسبت اکسیژن در خاک باعث تغییر شرایط خاک و ایجاد تحریک در بذرها برای جوانه‌زنی می‌گردد (Baker et al., 2007). اما مسئله

جمعیت ریزومی قیاق خواهد شد. لذا یا باید روشی جایگزین برای شخم انتخاب نمود مثل کاربرد گیاهان پوششی و کاشت در بسترهای بدون شخم یا حداقل خاک‌ورزی، و یا اینکه با تکرار شخم و تلفیق با روش‌های شیمیایی جمعیت ریزومی قیاق را کنترل نمود.

الگوی رویش قیاق‌های بذری و ریزومی

در جدول ۴ پارامترهای برآورد شده توسط مدل‌های سیگنوییدی سه پارامتره، لجیستیک سه پارامتره، ویبول چهار پارامتره و نیز گامپتر سه پارامتره نشان داده شده است. همچنین شاخص‌های ضریب تبیین تصحیح شده، جذر میانگین مربعات خطا و از همه مهم‌تر مقادیر آکائیک تصحیح شده جهت مقایسه دقت مدل‌های مختلف در توصیف الگوی رویش برآورد و نشان داده شده است.

در مجموع مدل‌های مورد استفاده از مقادیر نزدیک به هم ضریب تبیین تصحیح شده و جذر میانگین مربعات خطا برخوردار بودند لذا این شاخص‌ها قادر به تشخیص مدل دقیق‌تر نبودند. شاخص آکائیک تصحیح شده نیز غالباً مقادیر نسبتاً نزدیک به هم نشان داد. بر این اساس به نظر هر یک از مدل‌ها در جای خود می‌توانند برای توصیف و پیش‌بینی الگوی رویش قیاق استفاده شوند، ولی از آنجاکه مدل‌های با شاخص آکائیک پایین‌تر در هر حال از دقت بیشتری برخوردارند، مدل لجیستیک به عنوان بهترین مدل انتخاب شد (جدول ۴).

مقایسه الگوی رویش قیاق‌های بذری و ریزومی

براساس مقایسات مدل‌ها، مدل لجیستیک سه پارامتره برای توصیف، پیش‌بینی و مقایسه الگوی رویش قیاق‌های بذری و ریزومی مورد استفاده قرار گرفت. شکل ۲، الگوی رویش قیاق بذری و ریزومی را در تاریخ شخم اول (۱۵ اردیبهشت) مقایسه می‌کند.

مقایسات پارامترها (جدول ۴) نشان داد مجموع گیاهچه‌های رویش‌یافته ریزومی ۹۷ با خطای استاندارد ۱۹ و مجموع گیاهچه‌های رویش‌یافته بذری ۳۸ با خطای استاندارد ۱/۳ پیش‌بینی شده است. بنابراین تعداد گیاهچه‌های ریزومی به مراتب بیش از گیاهچه‌های بذری بود. زمان رسیدن به پنجاه درصد رویش نهایی برای گیاهچه‌های ریزومی ۱۰۴ روز با خطای استاندارد ۱۵ روز و برای گیاهچه‌های بذری ۴۳ روز با خطای استاندارد ۱/۳ تخمین زده شده است، بدین مفهوم که طول دوره رویش گیاهچه‌های ریزومی بسیار طولانی‌تر از گیاهچه‌های بذری است. گیاهچه‌های بذری با تعداد کمتر و طی زمان کوتاهی از فصل رویش می‌یابند در حالی که گیاهچه‌های ریزومی در دوره طولانی‌تر و با تعداد بسیار بالاتر در سطح مزرعه مشاهده می‌شوند (شکل ۲).

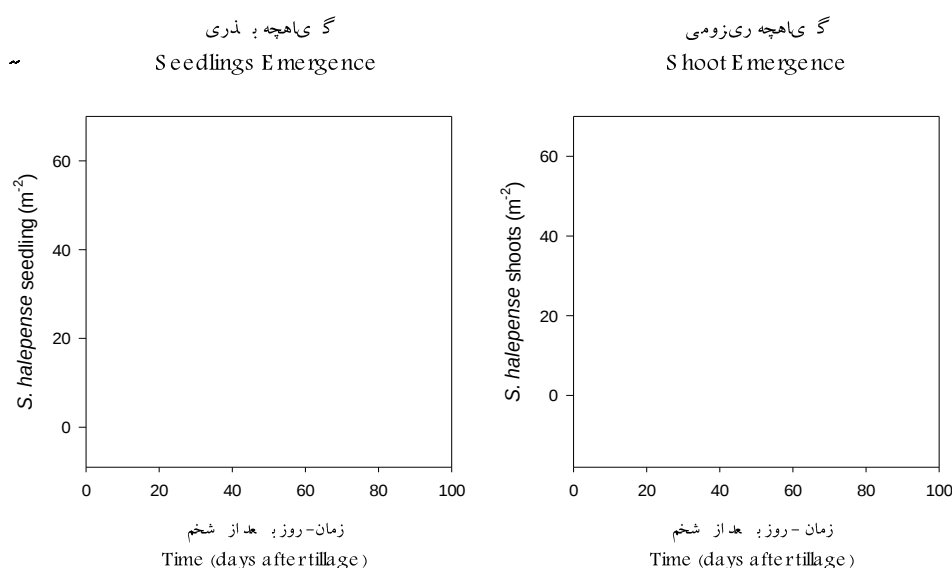
بسیار مهم در جوانه‌زنی بذرهای علف‌هرز، فراهم آمدن نیاز نوری برای بذرها است. براساس تحقیقات، اغلب علف‌های هرز دارای بذرهای فتوبلاستیک بوده و واکنش نوری مثبت دارند. لذا با دریافت طول موج قرمز ۶۸۰ نانومتر تحریک جوانه‌زنی در آن‌ها اتفاق می‌افتد (Chauhan, 2016). تاریخ شخم با توجه به تغییرات شرایط محیطی بر جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز بسیار موثر است (Buhler and Gunsolus, 1996). چرا که باعث ایجاد برهمکنش بین دما و اثرات نور می‌شود. دمای بالاتر، باعث افزایش فعالیت‌های آنزیمی و هورمونی در داخل بذر می‌گردد که قبلاً تحت تأثیر تابش نور قرمز، فعال شده است (Khan and Gulzar, 2003). همانطور که در نتایج نشان داده شد در تاریخ‌های شخم زودتر که در اردیبهشت انجام شد تعداد رویش‌های بذری بالاتر ثبت گردید. اگرچه تعداد گیاهچه‌های ریزومی نیز در تاریخ‌های کشت زودتر بالا بود ولی از نظر تعداد با گیاهچه‌های بذری برابری می‌نمود. لذا تاریخ‌های کشت در اردیبهشت با هر دو جمعیت بذری و ریزومی به صورت نسبتاً یکسان‌تر روبروست. آرنولد و همکاران (Arnold et al., 1990) قبلاً گزارشی مبنی بر تعداد بالاتر گیاهچه‌های بذری در تاریخ‌های کشت زودتر ارائه نموده بودند. وقتی گیاهچه‌های علف‌هرز در مزرعه ناشی از بذر باشند یکی از روش‌های مناسب برای کنترل آن‌ها می‌تواند روش بستر بذر کهنه باشد (Benvenuti and Macchia, 2006). آبیاری و تحریک بذرها به جوانه‌زنی و سپس استفاده از یک کالتیواتور یا علف‌کش تماسی می‌تواند منجر به کنترل مناسبی از علف‌های هرز بشود. در حالی که این روش برای گیاهچه‌های ریزومی مناسب نیست و لازم است برنامه مدیریتی متفاوتی اجرا گردد. در تاریخ‌های شخم و کاشت زودتر، اغلب جمعیت گیاهچه‌های قیاق در مزرعه بذری نبودند. اگرچه در تاریخ‌های زودتر شخم، جمعیت گیاهچه‌های بذری قابل توجه است ولیکن با توجه به جمعیت بالای گیاهچه‌های ریزومی، نوع برنامه مدیریتی متفاوت خواهد بود و نمی‌توان بر مبنای بذری بودن جمعیت‌های قیاق برنامه‌ریزی کرد. به علاوه در تاریخ‌های کشت بعدی، جمعیت گیاهچه‌های بذری در مقایسه با گیاهچه‌های ریزومی به شدت کاهش یافت. بنابراین در تاریخ‌های کشت تاخیری، جمعیت گیاهچه‌های قیاق، ریزومی است لذا روش کنترل براین اساس بایستی انتخاب گردد. احتمالاً لازم است علف‌کش‌های مناسب سیستمیک برای کنترل باریک برگ‌ها مورد استفاده قرار گیرد و یا در صورت آلودگی بالای قیاق که می‌تواند عملکرد محصولات تابستانه با توان رقابتی بالا مثل ذرت را حتی تا ۷۰ درصد کاهش دهد (Acciaresi and Guimet, 2010). برنامه تکرار شخم و دوزهای شکسته علف کش در دستور کار قرار گیرد (Locke and Reddy, 2002). تاخیر در زمان شخم باعث تحریک جوانه‌زنی و رویش ریزوم‌های قیاق می‌گردد. بنابراین اگر کشت به تاخیر بیفتد انجام شخم، باعث طغیان

جدول ۴- برآورد پارامترهای مدل‌های سیگموئیدی، لجیستیک، ویبول و گامپترز که برای توصیف الگوی رویش قیاق‌های بذری (Seedling) و ریزومی (Shoot) در هر تاریخ شخم برآزش داده شده‌اند
مقادیر درون پرانتزها، خطای استاندارد تخمین پارامتر هستند.

Table 4- Estimated parameters of Sigmoid, Logistic, Weibull and Gumpertz models, which were fitted to describe the growth pattern of seedling and rhizome-propagated plant in each plowing date
The values in parentheses are the standard error of the parameter estimate.

زمان شخم Tillage date	نحوه رویش Emergence Type	مدل Model	برآورد پارامترها Parameter Estimates				ضریب تبیین Adjusted R ²	جذر میانگین مربعات خطا RMSE	شاخص آکائیک AICc
			a	b	X0	c			
۱۵ اردیبهشت 15 May	گیاهچه بذری Seedling	سیگموئیدی Sigmoidal	36 (0.6)	10 (0.7)	43 (0.8)	-	0.93	3.4	233
		لجستیک Logistic	38 (1.3)	-3 (0.3)	43 (1.3)	-	0.93	3.6	232
		ویبول Weibull	35 (0.8)	116 (56)	43 (0.9)	7 (6)	0.93	3.5	226
		گامپترز Gompertz	37 (0.8)	16 (2)	36 (0.9)	-	0.93	3.7	232
	گیاهچه ریزومی Rhizome-propagated plant	سیگموئیدی Sigmoidal	51 (2.2)	17 (0.9)	68 (2)	-	0.96	2.7	190
		لجستیک Logistic	97 (19)	-2 (0.1)	104 (15)	-	0.96	2.7	187
		ویبول Weibull	58 (10)	93 (9)	73 (8)	2.9 (0.8)	0.96	2.7	191
		گامپترز Gompertz	73 (7)	39 (3)	70 (4)	-	0.97	2.6	189
	گیاهچه بذری Seedling	سیگموئیدی Sigmoidal	46 (1.4)	12 (1)	41 (1.3)	-	0.91	4.8	262
		لجستیک Logistic	57 (5)	-2 (0.2)	46 (4)	-	0.91	4.8	260
		ویبول Weibull	46 (2)	60 (19)	40 (1.3)	3 (1)	0.91	4.8	264
		گامپترز Gompertz	51 (2.5)	20 (2)	35 (1)	-	0.91	4.8	263
۳۰ اردیبهشت 30 May	گیاهچه ریزومی Rhizome-propagated plant	سیگموئیدی Sigmoidal	42 (3)	15 (1.5)	53 (2.7)	-	0.90	4.2	240
		لجستیک Logistic	80 (0.28)	-2 (0.3)	87 (27)	-	0.90	4.1	238
		ویبول Weibull	61 (34)	80 (33)	69 (30)	2 (0.7)	0.90	4.1	241
		گامپترز Gompertz	55 (7)	31 (4)	51 (5)	-	0.90	4.1	240
	گیاهچه بذری Seedling	سیگموئیدی Sigmoidal	31 (0.8)	9 (0.9)	22 (1)	-	0.85	4.1	224
		لجستیک Logistic	35 (2)	-2 (0.3)	23 (1)	-	0.85	4.1	223
		ویبول Weibull	31 (1)	30 (10)	22 (1)	2 (0.8)	0.85	4.1	228
		گامپترز Gompertz	32 (1)	12 (0.9)	17 (1)	-	0.85	4.1	226
	گیاهچه ریزومی Rhizome-propagated plant	سیگموئیدی Sigmoidal	57 (3)	12 (1)	42 (1.7)	-	0.94	4.1	221
		لجستیک Logistic	105 (25)	-1(0.1)	69 (15)	-	0.95	3.9	218
		ویبول Weibull	82 (32)	66 (23)	52 (19)	1(0.2)	0.95	3.9	220
		گامپترز Gompertz	70 (3)	25(2)	30(2)	-	0.95	3.9	219
۱۵ خرداد 15 June	گیاهچه بذری Seedling	سیگموئیدی Sigmoidal	31 (0.8)	9 (0.9)	22 (1)	-	0.85	4.1	224
		لجستیک Logistic	35 (2)	-2 (0.3)	23 (1)	-	0.85	4.1	223
		ویبول Weibull	31 (1)	30 (10)	22 (1)	2 (0.8)	0.85	4.1	228
		گامپترز Gompertz	32 (1)	12 (0.9)	17 (1)	-	0.85	4.1	226

۳۰ خرداد 30 June	گیاهچه بذری Seedling	سیگموئیدی Sigmoidal	26 (0.9)	5(1)	18(1)		0.76	4.7	231
		لجستیک Logistic	28 (0.9)	-2 (0.5)	18 (1.3)		0.75	4.7	230
		ویبول Weibull	26 (1.7)	23(13)	17 (1.3)	2(1.1)	0.75	4.7	232
		گامپترز Gompertz	27(1)	8(1)	14(1)		0.76	4.7	230
		سیگموئیدی Sigmoidal	60(3)	11(0.8)	35 (1.5)		0.96	3.2	191
	گیاهچه ریزومی Rhizome-propagated plant	لجستیک Logistic	161 (67)	-1 (0.01)	88 (37)		0.96	3	164
		ویبول Weibull	119 (103)	79 (63)	63 (57)	1.5(0.5)	0.96	3	166.6
		گامپترز Gompertz	76 (7)	23 (2.5)	33 (2.5)		0.96	3	166.9



شکل ۲- مقایسه الگوی رویش گیاهچه‌های بذری و ریزومی در تاریخ شخم ۱۵ اردیبهشت

نقاط نشانگر رویش‌های تجمعی قیاق طی شمارش‌های هفتگی در شش تکرار است. مدل برازش یافته به مشاهدات، مدل لجستیک سه پارامتره است.

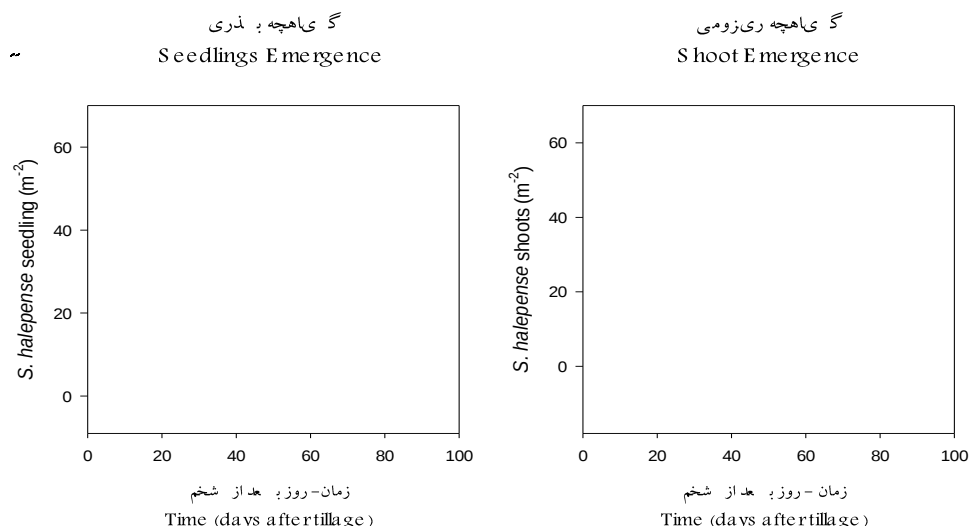
Figure 2- Comparison of the growth pattern of seed and rhizome seedlings on plowing date, May 15

The points indicate the cumulative growths of Johnson grass during weekly counts in six replicates. The model fitted to the observations is the three-parameter logistic model.

تاریخ شخم ۳۰ اردیبهشت همچنان بیش از طول دوره رویش و تعداد گیاهچه‌های بذری پیش‌بینی شده است. ولی نکته قابل توجه، کاهش طول دوره رویش و نیز تعداد گیاهچه‌های رویش یافته ریزومی در تاریخ شخم ۳۰ اردیبهشت در مقایسه با تاریخ ۱۵ اردیبهشت می‌باشد. این در حالیست که طول دوره رویش در مورد گیاهچه‌های بذری در مقایسه دو تاریخ شخم به مقدار ۸ روز بیشتر پیش‌بینی شده است. همچنین تعداد کل گیاهچه‌های بذری رویش یافته نیز در تاریخ کشت ۳۰ اردیبهشت، بیش از ۱۵ اردیبهشت تخمین زده شده است (جدول ۴).

در شکل ۳ الگوی رویش گیاهچه‌های بذری و ریزومی قیاق در تیمار شخم ۳۰ اردیبهشت نشان داده شده است. براساس تخمین پارامترهای مدل، تعداد گیاهچه‌های بذری رویش یافته نهایتاً ۵۷ گیاهچه با خطای استاندارد ۵ پیش‌بینی می‌شود در حالیکه این تخمین برای گیاهچه‌های ریزومی ۸۰ گیاهچه و با خطای استاندارد ۰/۲۸ پیش‌بینی شده است. ۵۰ درصد رویش گیاهچه‌های بذری در ۴۶ روز با خطای استاندارد ۴ روز و برای گیاهچه‌های ریزومی این پارامتر ۸۷ روز با خطای استاندارد ۲۸ پیش‌بینی شده است.

لذا شبیه به آنچه در مورد تاریخ شخم ۱۵ اردیبهشت مشاهده و پیش‌بینی شد، طول دوره رویش و نیز تعداد گیاهچه‌های ریزومی در



شکل ۳- مقایسه الگوی رویش گیاهچه‌های بذری و ریزومی در تاریخ شخم ۳۰ اردیبهشت

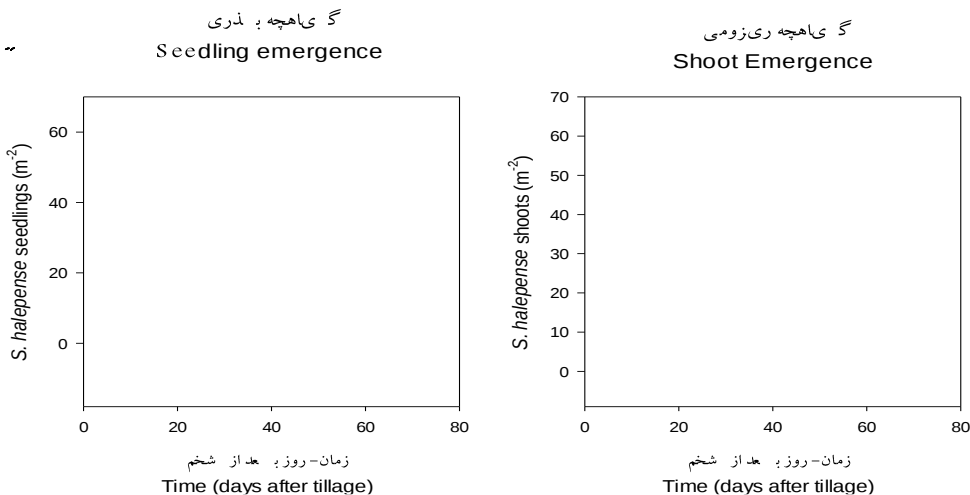
نقاط نشانگر رویش‌های تجمعی قیاق طی شمارش‌های هفتگی در شش تکرار است. مدل برازش یافته به مشاهدات، مدل لجیستیک سه پارامتره است.

Figure 3- Comparison of the growth pattern of seed and rhizome seedlings on plowing date, May 30

The points indicate the cumulative growths of Johnson grass during weekly counts in six replicates. The model fitted to the observations is the three-parameter logistic model.

تعداد گیاهچه‌های ریزومی و کاهش معنی‌دار گیاهچه‌های بذری همراه بوده است. ضمن اینکه طول دوره رویش گیاهچه‌های بذری نیز به شکل چشمگیری، کاهش نشان داده است. مقایسه مقادیر پارامترها در تاریخ‌های شخم مختلف نیز نشان می‌دهد که تعداد و زمان رویش گیاهچه‌های بذری در تاریخ ۱۵ خرداد نسبت به دو تاریخ قبلی شخم، به شکل معنی‌داری کاهش نشان داده است. در مقابل برای گیاهچه‌های ریزومی تعداد رویش بالاتر ولی طول دوره رویش کوتاه‌تر نسبت به تاریخ شخم قبلی تخمین زده شده است.

مشاهده الگوی رویش گیاهچه‌های بذری و ریزومی در تاریخ کشت ۱۵ خرداد (شکل ۴) و نیز بررسی پارامترهای پیش‌بینی شده (جدول ۴) نشان می‌دهد که مدت زمان رویش ۵۰ درصد گیاهچه‌های بذری ۲۳ روز با خطای استاندارد ۱ روز و نیز حداکثر گیاهچه‌های بذری رویش یافته ۳۵ گیاهچه با خطای استاندارد ۳ تخمین زده شده است. این مقادیر برای گیاهچه‌های ریزومی به ترتیب ۶۹ روز با خطای استاندارد ۱۵ و ۱۰۵ گیاهچه با خطای استاندارد ۲۵ پیش‌بینی شده است. لذا تاریخ شخم سوم یعنی ۱۵ خرداد با افزایش چشمگیر



شکل ۴- مقایسه الگوی رویش گیاهچه‌های بذری و ریزومی در تاریخ شخم ۱۵ خرداد

نقاط نشانگر رویش‌های تجمعی قیاق طی شمارش‌های هفتگی در شش تکرار است. مدل برازش یافته به مشاهدات، مدل لجیستیک سه پارامتره است.

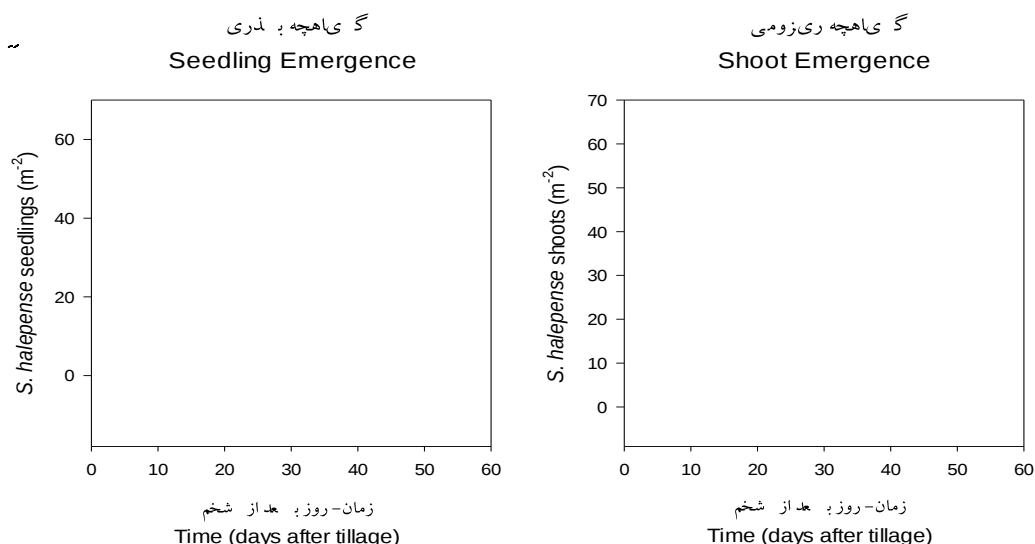
Figure 4- Comparison of the growth pattern of seed and rhizome seedlings on plowing date, June 15

The points indicate the cumulative growths of Johnson grass during weekly counts in six replicates. The model fitted to the observations is the three-parameter logistic model.

ریزوم نشان می‌دهد که دمای پایه بذرها اندکی پایین‌تر و بین ۷ تا ۹ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است. در مقابل دمای پایه جوانه‌زنی برای ریزوم‌های قیاق از ۱۰ تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است (Holshouser et al., 1996). لذا انتظار می‌رود که موج رویش گیاهچه‌های بذری زودتر حادث شود. نکته قابل توجه دیگر در مقایسه الگوی رویش بذری و ریزومی، طول دوره رویش طولانی‌تر در گیاهچه‌های ریزومی بود. بنابراین برای دستیابی تخمین پارامتر حد بالای رویش (پارامتر a) با دقت مناسب و نیز پیش‌بینی دقیق زمان رسیدن به ۵۰٪ رویش نهایی لازم است طول دوره شمارش گیاهچه‌های ریزومی افزایش یابد. گزارشات قبلی حاکی از امکان موج‌های رویش ریزومی در اواخر تابستان و کشت‌های دوم ذرت می‌باشند (Arnold et al., 1990).

الگوی رویش قیاق در آخرین تاریخ شخم مورد بررسی یعنی ۳۰ خرداد در شکل ۵ دیده می‌شود. مقادیر پیش‌بینی شده پارامترها نشان می‌دهد که گیاهچه‌های بذری با تعداد حداکثر ۲۸ گیاهچه (خطای استاندارد ۰/۹) و زمان رویش ۵۰ درصد در طول ۱۸ روز (خطای استاندارد ۱/۳) قابل مشاهده خواهد بود. در مقابل حداکثر گیاهچه‌های ریزومی رویش یافته ۱۶۱ گیاهچه با خطای استاندارد ۶۷ و نیز زمان لازم برای ۵۰ درصد رویش نهایی ۸۸ روز با خطای استاندارد ۳۷ تخمین زده شد. لذا تعداد گیاهچه‌های بذری و طول دوره رویش به شدت کاهش نشان داد. در حالی که برای گیاهچه‌های ریزومی، پیش‌بینی برعکس بود و هم زمان رویش و هم تعداد گیاهچه‌ها به طور معنی‌داری افزایش نشان داد.

در مجموع رویش گیاهچه‌های بذری زودتر اندکی پیش از گیاهچه‌های ریزومی آغاز شد. بررسی دمای پایه جوانه‌زنی بذری قیاق و



شکل ۵- مقایسه الگوی رویش گیاهچه‌های بذری و ریزومی در تاریخ شخم ۳۰ خرداد

نقاط نشانگر رویش‌های تجمعی قیاق طی شمارش‌های هفتگی در شش تکرار است. مدل برازش یافته به مشاهدات، مدل لجیستیک سه پارامتره است.

Figure 5- Comparison of the growth pattern of seed and rhizome seedlings on plowing date, June 30

The points indicate the cumulative growths of Johnson grass during weekly counts in six replicates. The model fitted to the observations is the three-parameter logistic model.

مراتب بیشتر مشاهده شد. این امر حاکی از حساسیت بیشتر بذرها نسبت به افزایش دما و واکنش متغیر آنها نسبت به تغییرات محیطی است.

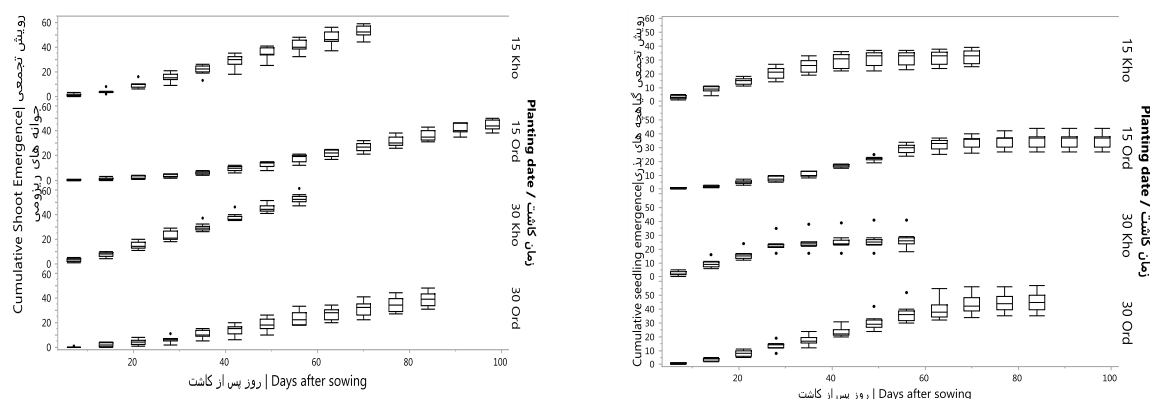
یکی از روش‌های شبیه‌سازی شرایط تغییر اقلیم در مزرعه، تاریخ کشت‌های تأخیری می‌باشد که گیاهان را اعم از محصولات زراعی و علف‌های هرز در شرایط دمای بالای محیط و نیز کاهش بارندگی، کاهش میزان رطوبت نسبی هوا و افزایش تبخیر و افزایش سرعت از دسترس خارج شدن رطوبت در خاک قرار می‌دهد (Kaleibar et al., 2021). بذرها و ریزوم‌هایی که در شرایط گرم‌تر محیطی با شخم و

بررسی واریانس رویش در طول زمان

در شکل ۶ واریانس رویش، در بین تکرارهای مختلف (شش کوادرات) در هراتاریخ کاشت، نشان داده شده است. هرچه زمان جلوتر رفته و دما افزایش یافته است واریانس رویش در بین تکرارها نیز افزایش یافته است. لذا می‌توان چنین استنباط کرد که با افزایش تدریجی دما از ۱۵ اردیبهشت تا ۳۰ خرداد، واکنش گیاهچه‌های ریزومی نسبت به دما در بین کوادرات‌های مورد بررسی متغیر بوده است. روند مشابهی در مورد افزایش واریانس رویش در مورد بذرها نیز دیده می‌شود. با این تفاوت که واریانس در مورد گیاهچه‌های بذری به

جذب آب تحریک می‌شوند در توفیق برای جوانه‌زنی و رویش، متفاوت عمل می‌کنند. چراکه احتمال قرارگیری در معرض تنش خشکی و دمایی در آنها بیشتر است (Norton et al., 2016). در حالیکه در دماهای پایین‌تر که در شخم و کشت زود هنگام محقق

می‌شود دامنه شرایط محیطی فراهم برای جوانه‌زنی و رویش اعم از رطوبت و دما پایدارتر و در بازه بهینه برای رشد قرار می‌گیرد لذا میانگین جوانه‌زنی در این شرایط بالاتر می‌باشد (Hoyle et al., 2013).



شکل ۶- واریانس رویش گیاهچه‌های ریزومی (راست) و بذری (چپ) در طول زمان شمارش تحت تاثیر تاریخ‌های شخم مختلف

Figure 6- Variance of growth of rhizome (right) and seed (left) seedlings during counting time under the influence of different plowing dates

اثر شخم در الگوی رویش قیاق‌های بذری و ریزمی قابل توجه بود. تاریخ‌های شخم اردیبهشت با جمعیت بالای گیاهچه‌های بذری و ریزومی ولی با نسبت یکسان در جمعیت همراه بود. تاریخ‌های شخم خرداد ماه با کاهش جمعیت گیاهچه‌های بذری و افزایش گیاهچه‌های ریزومی در جمعیت قیاق همراه بود. در تاریخ‌های کشت خردادماه، واریانس رویش گیاهچه‌ها در بین تکرارهای آزمایشی افزایش یافت. گیاهچه‌های ریزومی با جمعیت بالاتر و در مدت طولانی‌تری در سطح مزرعه دیده شدند. برای کنترل جمعیت ریزومی، تاریخ شخم‌های زود هنگام پیشنهاد می‌شود. با توجه به اینکه در همه زمان‌ها، جمعیت ریزومی در مزرعه بالاست پیشنهاد می‌شود برنامه‌های کنترلی براساس جمعیت ریزومی نوشته و اجرا گردد. این نکته در شخم‌های دیر هنگام و تاریخ کشت‌های تأخیری از اهمیت بالاتری برخوردار است.

یکی از پیش‌بینی‌ها در مورد اثرات تغییر اقلیم بر الگوی جوانه‌زنی علف‌های هرز، ایجاد تفرق زمانی و افزایش واریانس جمعیت در طول فصل رویش می‌باشد. در این تحقیق نیز، مشاهده شد که در تاریخ‌های شخم اردیبهشت ماه، واریانس رویش در بین ۶ تکرار آزمایشی کوچکتر بود و در نتیجه برازش مدل‌ها با دقت بالاتری صورت پذیرفت. حال آنکه با تأخیر زمان شخم و افزایش دما، واریانس بین تکرارها به شدت افزایش نشان داد و در نتیجه برازش توابع به الگوی رویش گیاهچه‌های قیاق با دقت پایین‌تری صورت پذیرفت. یکی از چالش‌های تغییر اقلیم در ایجاد تغییر در الگوی رویش علف‌های هرز و نیز تغییر زمان موج‌های رویشی می‌باشد که به لزوم بازنگری در نتایج قبلی ضرورت می‌بخشد.

نتیجه‌گیری

منابع

- 1- Acciaresi, H.A., & Guiamet, J.J. (2010). Below- and above-ground growth and biomass allocation in maize and *Sorghum halepense* in response to soil water competition. *Weed Research*, 50, 481–492.
- 2- Arnold, B.R.L., Fenner, M., & Edwards, P.J. (1992). Changes in dormancy level in *Sorghum halepense* (L.) Pers. seeds induced by water stress during seed development. *Functional Ecology*, 6, 596–605.
- 3- Baker, J.M., Ochsner, T.E., Venterea, R.T., & Griffis, T.J. (2007). Tillage and soil carbon sequestration-What do we really know. *Agriculture Economic Environment*, 118(1-4), 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.05.014>
- 4- Barroso, J., Maxwell, B.D., Dorado, J., Andujar, D., San Martín, C., & Fernandez-Quintanilla, C. (2016). Response of *Sorghum halepense* demographic processes to plant density and rimsulfuron dose in maize. *Weed Research*, 56, 304–312.
- 5- Benech-Arnold, R.L., Ghersa, C.M., Sanchez, R.A., & Insausti, P. (1990). A mathematical model to predict

- Sorghum halepense* (L.) Pers. seedling emergence in relation to soil temperature. *Weed Research*, 30, 91–99.
- 6- Benvenuti, S., & Macchia, M. (2006). Seedbank reduction after different stale seedbed techniques in organic agricultural systems. *Italian Journal of Agronomy*, 1, 11–22.
- 7- Bhagirath, S., & Chauhan, F. (2006). Seed germination and seedling emergence of threehorn bedstraw (*Galium tricornutum*). *Weed Science*, 54, 867–872.
- 8- Boyd, N., & Van Acker, A. (2004). Seed and microsite limitations to emergence of four annual weed species. *Weed Science*, 52, 571–577.
- 9- Brown, R.F., & Mayer, D.G. (1988). Representing cumulative germination. 2. The use of the Weibull function and other empirically derived curves. *Annals Botany*, 61, 127–138.
- 10- Buhler, D.D., & Gunsolus, J.L. (1996). Effect of date of preplant tillage and planting on weed populations and mechanical weed control in soybean (*Glycine max*). *Weed Science*, 44(2), 373–379.
- 11- Burnham, K.P., & Anderson D.R. (2002). *Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach*. Springer Verlag, New York.
- 12- Clements, D.R., Benoit, D.L., Murphv, S.D., & Swanton, C.J. (1996). Tillage effects on weed seed return and seedbank composition. *Weed Science*, 44(2), 314–322.
- 13- Chauhan, B.S. (2016). Germination biology of Hibiscus tridactylites in Australia and the implications for weed management. *Scientific Report*, 6(1), 1–6.
- 14- Donald, W.W. (2000). A degree-day model of *Cirsium arvense* shoot emergence from adventitious root buds in spring. *Weed Science*, 48, 333–341.
- 15- Dorado, J., Sousa, E., Calha, I.M., Gonzalez-Andujar, J.L., & Fernandez-Quintanilla, C. (2009). Predicting weed emergence in maize crops under two contrasting climatic conditions. *Weed Research*, 49, 251–260.
- 16- Ebrahimi, E., Eslami, S.V., Jami Al-Ahmadi, M., & Mahmodi, S. (2011). Studying the effect of different environmental factors on germination of *Ceratocarpus arenarius*. Bluk seed. *Iranian Journal of Weed Science*, 7(1), 45–87. (In Persian with English abstract)
- 17- Finch-Savage, W., Phelps, K., Steckel, J., Whalley, W., & Rowse, H. (2001). Seed reserve dependent growth responses to temperature and water potential in carrot (*Daucus carot* L.). *Journal of Experimental Botany*, 52, 2187–2197.
- 18- Forcella, F., & Wilson, R.G., Dekker, J. (1997). Weed seed bank emergence across the Corn Belt. *Weed Science*, 67, 123–129.
- 19- Forcella, F. (1998). Real-time assessment of seed dormancy and seedling growth for weed management. *Seed Science Research*, 8, 201–209.
- 20- Forcella, F., Benech-Arnold, R.L., Sanchez, R., & Ghera, C.M. (2000). Modeling seedling emergence. *Field Crops Research*, 67, 123–139.
- 21- Goharian, A., Sadat Asilan, K., & Mansourifar, C. (2019). Effect of environmental factors on some seed germination aspects of two populations of common cocklebur (*Xanthium strumarium* L.). *Iranian Journal of Seed Science and Research*, 6(3), 411–425. (In Persian with English absrtact)
- 22- Gonzalez-Andujar, J.L., Chantre, G.R., Morvillo, C., Blanco, A.M., & Forcella, F. (2016). Predicting field weed emergence with empirical models and soft computing techniques. *Weed Reseach*, 56(6), 415–423.
- 23- Heap, I. (2014). Herbicide resistant weeds. p. 281–301. In: Pimentel, D., Peshin, R. (eds) *Integrated pest management*. Springer, Dordrecht.
- 24- Holm, L.G., Plucknett, D.L., Pancho, J.V., & Herberger, J.P. (1997). *Sorghum halepense* L. Pers. p. 54–61. In: Holm (ed) *The world's worst weeds, distribution and biology*. The University Press of Hawaii, Honolulu.
- 25- Holshouser, D.L., Chandler, J.M., & Wu, H.I. (1996). Temperature-dependent model for non-dormant seed germination and rhizome bud break of Johnson grass (*Sorghum halepense*). *Weed Science*, 44(2), 257–265.
- 26- Hoyle, G.L., Venn, S.E., Steadman, K.J., Good, R.B., McAuliffe, E.J., Williams, E.R., & Nicotra, A.B. (2013). Soil warming increases plant species richness but decreases germination from the alpine soil seed bank. *Global Change Biology*, 19(5), 1549–1561.
- 27- Izquierdo, J., Gonzalez-Andujar, J.L., Bastida, F., Lezaun, J.A., & Sanchez-Arco, M.J. (2009). A thermal time model to predict corn poppy (*Papaver rhoeas*) emergence in cereal fields. *Weed Science*, 57, 660–664.
- 28- Johnson, D.B., & Norsworthy, J.K. (2014). Johnsongrass (*Sorghum halepense*) management as influenced by herbicide selection and application timing. *Weed Technology*, 28, 142–150. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/8040235>
- 29- Kaleibar, B.P., Oveisi, M., Alizadeh, H., & Mueller Schaerer, H. (2021). A thermal time model for optimising herbicide dose in maize. *Weed Research*, 61(6), 465–474.
- 30- Khakzad, R., Al Ibrahim, M.T., & Oveisi, M. (2019). Investigating the effect of management operations on the germination time of *Euphorbia maculata* L. in soybean. *Iranian Journal Weed Science*, 16, 27–43. (In Persian with English abstract)
- 31- Khan, M.A., & Gulzar, S. (2003). Light, salinity, and temperature effects on the seed germination of perennial grasses. *American Journal of Botany*, 90(1), 131–134.

- 32- Locke, M.A., Reddy, K.N., & Zablotowicz, R.M. (2002). Weed management in conservation crop production systems. *Weed Biology Management*, 2(3), 123-132.
- 33- Miguel, L.V., & Ghersa, C. (1993). Improving johnsongrass (*Sorghum halepense*) control in soybean and sunflower cropping systems. *Weed Science*, 41, 107-113.
- 34- Mitskas, M.B., Eleftherohorinos, I.G., & Damalas, C.A. (2003). Interference between corn and Johnsongrass (*Sorghum halepense*) from seed or rhizome. *Weed Science*, 51, 540-545.
- 35- Mihovsky, T., & Pachev, I. (2012). Reduced tillage practices. *Banat's Journal of Biotechnology*, 3, 49-58.
- 36- Mousavi, K., Ali Ghanbari, A., Ghorbani, R., & Baghestani, M.A. (2018). After-ripening and Emergence Pattern of Wild Wheat (*Triticum boeoticum* Boiss) and Wild Barley (*Hordeum spontaneum* C. Koch) under Dryland Condition of Lorestan Province. *Iranian Plant Protection Research*, 32, 385-398. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22067/jpp.v32i2.61452>
- 37- Norsworthy, J.K., & Oliveira, M.J. (2007 a). A model for predicting common cocklebur (*Xanthium strumarium*) emergence in soybean. *Weed Science*, 55, 341-345.
- 38- Norsworthy, J.K., & Oliveira, M.J. (2007 b). Effect of tillage and soyabean on *Ipomoea lacuosa* and *Senna obtusifolia* emergence. *Weed Research*, 47, 499-508.
- 39- Norton, M.R., Malinowski, D.P., & Volaire, F. (2016). Plant drought survival under climate change and strategies to improve perennial grasses. A review. *Agronomy Sustainable Development*, 36(2), 1-15.
- 40- Roman, E.S., Murphy, S.D., & Swanton, C.J. (2000). Simulation of *Chenopodium album* emergence. *Weed Science*, 48, 217-224.
- 41- Uludag, A., Gozcu, D., Rusen, M., Guvercin, R.S., & Demir, A. (2007). The effect of Johnsongrass densities (*Sorghum halepense* L. Pers.) on cotton yield. *Pakistan Journal of Biological Science*, 10, 523-525.
- 42- Uremis, I., Arslan, M., Uludag, A., & Sangun, M. (2009). Allelopathic potentials of residues of 6 brassica species on johnsongrass [*Sorghum halepense* (L.) Pers.]. *African Journal of Biotechnology*, 8, 3497-3501.
- 43- Valverde, B.E., & Gressel, J. (2006). Dealing with the evolution and spread of *Sorghum halepense* glyphosate resistance in Argentina. Consultancy Report to SENASA, Buenos Aires.
- 44- Vega, J., Owen, M., & Pitty, A. (1995). Organisms associated with Johnson grass [*Sorghum halepense* (L.) Pers.] in Honduras'. *Review Ceiba*, 36, 189-195.
- 45- Ward, J., Smith, S., & McClaran, M. (2006). Water requirements for emergence of buffelgrass (*Pennisetum ciliare*). *Weed Science*, 54, 720-725.
- 46- Zare, A., Elahifard, E., Taklifi Adnani, Z., & Roustaei A. (2020). Quantifying field weeds emergence pattern of weeds in rapeseed under weather conditions of Khuzestan, Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 22(2), 198-211. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.29252/abj.22.2.198>

Contents

Identification of Fungal Endophytes in Aerobic Rice Cultivation of Golestan Province	105
Z. Zare, S.E. Razavi, K. Rahnama, A. Taheri, J. Gharekhloo	
Evaluation of Plant Parasitic Nematodes in Organic and Conventional Gardening Systems	119
Z. Akbari, F. Aghamir, F. Ahmadzadeh, H. Mahmoudi	
The Effect of Some Bacteria and Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Rhizoctonia Root rot and Growth Parameters of Common Bean Plants	137
N. Moarrefzadeh- H. Khateri- R. Sharifi	
Some Nutritional Indices of the Khapra Beetle, <i>Trogoderma granarium</i> (Everts) (Coleoptera: Dermestidae) on Grain of Various Wheat Genotypes	159
B. Naseri, S. Noruzinia, S.A.A Fathi- H. Rafiee-Dastjerdi	
Community Structure, Species Diversity and Weed Distribution Map in Turfgrass of Tehran City Parks	165
A. Lashkari, M. Rastgoo, M. Minbashi Moeini, A. Ghanbari	
Investigating the Effect of Environmental Stresses on the Growth and Development of Giant Reed (<i>Arundo donax</i>) under the Climatic Conditions of Mashhad City	177
M. Elahinejad , Gh. Asadi, R. Tavakolafshari	
Investigating the Diversity and Flora of Weeds and the Distribution of Caspian Vetch (<i>Vicia hyrcanica</i>) in Comparison to other Weeds in Kermanshah Wheat and Chickpea Fields	195
A. Karami, I. Nosratti, Gh. Mohammadi, A. Bagheri, S. Babaei	
The Pattern of Johnson Grass (<i>Sorghum halepense</i> (Pers.) L.) Emergence in Corn Field under the Influence of Management Operations	215
M. Valikhanzadi, M. Diyanat, M. Oveisi	

Iranian Plant Protection Research

(AGRICULTURAL SCIENCES AND TECHNOLOGY)

Vol . 37

No. 2 2023

Published by: College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
Editor in charge: Valizadeh, R. (Ruminant Nutrition) Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
General Chief Editor: Rashed- Mohassel, M.H. (Weed Science) Prof. Ferdowsi University of Mashhad.

Editorial Board:

Izadi Darbandi, E.	Weed Science	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Baghaee Ravari ,S	Plant Pathology	Asso. Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Karim Mojeni ,H	Production and Plant Genetics	Asso. Prof. Isfahan University of Technology
Pourjam, E.	Plant Pathology	Prof. Tarbiat Modarres University.
Hosseini, M.	Agricultural Entomology	Asso. Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Rashed- Mohassel, M.H.	Weed Science	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Rashed- Mohassel, A.	Insect Ecology	Post-Doctoral Research Associate ,Texas A&M AgriLife Extension Service
Razi, H.	Crop Production & Plant Breeding	Asso. Prof. Shiraz University
Rajaei, H.	Entomologist	Researcher and Curator of Lepidoptera collection, Department Entomology State Museum of Natural History Stuttgart, Germany
Saboori, A.	Agricultural Entomology	Prof. Tehran University
Sadeghi Namaghi, H.	Agricultural Entomology	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Sahragard, A.	Agricultural Entomology	Prof. Guilan University.
Mahdikhani Moghadam, E	Plant Pathology	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.
Marashi, S.H.	Biotechnology & Plant Breeding	Prof. Ferdowsi University of Mashhad.

Publisher: Ferdowsi University of Mashhad.
Address: College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
P.O.BOX: 91775- 1163
Fax: +98 -0511- 8787430
E-Mail: Jpp1@um.ac.ir
Web Site: <https://jpp.um.ac.ir/>