**Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)**

**48(2), Summer, 2025**

**10.22055/ppr.2025.49268.1799**

# Transmission dynamics and the impact of barley stripe disease agents on seed germination and early seedling traits

N. Khaledi [*1], B. Oskouei [1], L. Zare [2], H. Afshar [2]

1. ***Corresponding Author:** Assistant Professor, Seed and Plant Certification and Registration Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran (n_khaledi@areeo.ac.ir)
2. M.Sc., Seed and Plant Certification and Registration Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Received: 17 March 2025 Revised: 8 May 2025 Accepted: 21 May 2025

## Abstract

### Background and Objective

Stripe diseases, caused by species of the genus *Pyrenophora*, are among the most significant diseases affecting barley worldwide. These pathogens can be transmitted through seeds to the next generation, reducing seed quality and crop yield. As a result, the use of healthy, certified seeds represents a primary management strategy for improving seed quality and seedling health. This study aimed to compare different diagnostic methods for detecting stripe disease agents in seed samples, assess the transmission rates of stripe and net blotch diseases from seed to the next generation, and evaluate the effects of seed infection on several traits related to germination and early seedling growth.

### Materials and Methods

To identify *Pyrenophora* species responsible for barley stripe diseases in seed samples of the Sahand, Goharan, and Yoosef cultivars grown in Lorestan (Borujerd), East Azerbaijan (Bostan Abad), Alborz (Karaj), and Tehran (Varamin) provinces, seeds were collected following the International Rules for Seed Testing (ISTA). Infected seeds were detected using osmotic and agar cultivation methods. Fungal isolates obtained from the agar medium were identified and confirmed based on morphological characteristics and species-specific primers. To determine the disease index, a pathogenicity test was conducted on the barley cultivar Rihane seedlings, which were artificially inoculated with Pyrenophora isolates. Subsequently, the effects of seed infection by *Pyrenophora* spp. on traits related to seed germination, the transmission process, and stripe disease incidence in the next plant generation were evaluated.

### Results

The results of the osmotic test indicated that the proportion of *Pyrenophora*-infected seeds in samples collected from different fields ranged from 0% (no infection) to 19%. A total of 61 isolates were identified based on morphological characteristics and species-specific molecular markers, including *P. teres* (38 isolates, 62%) and *P. graminea* (23 isolates, 38%). The highest infection levels in seed samples were 8% for *P. teres* and 5% for *P. graminea*. Pathogenicity tests showed that all *Pyrenophora* spp. isolates obtained from seeds could induce varying levels of disease index in barley seedlings. Germination and seed vigor indices varied among the seed samples, likely influenced by the barley cultivar and seed infection by seed-borne fungi, particularly *Pyrenophora* spp. Seed infection by *Pyrenophora* isolates negatively affected germination percentage and seedling quality, depending on the pathogenicity level and prevalence of the isolates. The transmission rate of stripe disease from seed to the next-

generation plant showed that disease incidence caused by *P. teres* ranged from 3.18% to 11.94%, while incidence caused by *P. graminea* ranged from 1.06% to 5.40%. Natural infection by *Pyrenophora* spp. also reduced seed yield in the tested barley cultivars, with yield losses ranging from 3.44% to 18.76% compared to uninfected control cultivars.

**Discussion**

The results of this study indicate that, due to a limited understanding of the effects of *Pyrenophora* isolates on seed quality and cultivar response, accurately predicting seed yield and the incidence of stripe diseases in the next plant generation remains challenging. The presence of infection in seeds alone does not directly determine seed quality. Instead, seedling growth indicators are influenced by the complex interaction between fungal isolate pathogenicity and environmental conditions affecting host plants. These findings provide new insights into the impact of *Pyrenophora*-infected seeds on germination-related traits and the field transmission rate of stripe diseases. The outcomes of this study could contribute to revising national standards for barley seed quality assessment and certification.

***Keywords: Pyrenophora teres, Pyrenophora graminea, Detection, Seed health, Disease index***

Associate editor: S. Abbasi (Ph.D.)

**Citation:** Khaledi, N., Oskouei, B., Zare, L. & Afshar, H (2025). Transmission dynamics and the impact of barley stripe disease agents on seed germination and early seedling traits. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 48*(2), 35-55. https://doi.org/ 10.22055/ppr.2025.49268.1799.

گیاه‌پزشکی (مجله علمی کشاورزی)
جلد ٤٨، شماره ٢، تابستان ١٤٠٤

10.22055/ppr.2025.49268.1799

# بررسی روند انتقال و تأثیر گونه‌های مختلف عامل بیماری‌های لکه قهوه‌ای جو روی برخی صفات مرتبط با جوانه‌زنی

نیما خالدی *[1]، بیتا اسکویی [1]، لیلا زارع [2]، حدیث افشار [2]

۱- * **نویسنده مسوول**: استادیار، موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران (n_khaledi@areeo.ac.ir)

۲- کارشناسی ارشد، موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۷ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۳۱

**چکیده**

**هدف از این پژوهش مقایسه آزمون بلاتر اسمزی و روش کشت در محیط کشت آگاردار برای ردیابی و شناسایی قارچ‌های عامل بیماری‌های لکه قهوه‌ای نواری و لکه توری در نمونه‌های بذری، ارزیابی تأثیر نوع و میزان آلودگی بذر روی برخی صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذر و رشد اولیه گیاهچه‌ها و همچنین بررسی روند انتقال آلودگی‌ها و بروز بیماری‌ها در گیاهان حاصل از بذر می‌باشد. شناسایی عوامل بیماری‌زای قارچی بر اساس ویژگی‌های ریخت‌شناختی و آغازگرهای اختصاصی گونه انجام شد. بر اساس آزمون بلاتر اسمزی میزان آلودگی ردیابی شده در نمونه‌های بذری از صفر تا ۱۹ درصد متغیر بود. در مجموع، ٦١ جدایه بر اساس ویژگی‌های ریخت‌شناختی و مولکولی متعلق به گونه‌های *Pyrenophora teres* (۳۸ جدایه) و *P. graminea* (۲۳ جدایه) شناسایی شدند. نتایج آزمون بیماریزایی نشان داد که تمامی جدایه‌های *Pyrenophora* spp. به دست آمده از بذر علایم لکه قهوه‌ای را روی گیاهچه‌های رقم ریحان ایجاد می‌نمایند. نتایج آزمون جوانه‌زنی استاندارد نشان داد که در میان نمونه‌های بذری ارقام مختلف جو مورد بررسی، اختلاف معنی‌داری از نظر شاخص‌های بنیه و جوانه‌زنی وجود دارد. نتایج حاصل از بررسی میزان انتقال بیماری‌ها نشان داد که میزان بروز بیماری ناشی از قارچ *P. teres* در محدوده ۳/۱۸ تا ۱۱/۹٤ درصد و میزان بروز بیماری ناشی از قارچ *P. graminea* در محدودهٔ ۱/۰٦ تا ٥/٤٠ درصد متغیر بود. نتایج این پژوهش دیدگاه جدیدی را درباره روند انتقال بیماری‌های بذربُرد لکه قهوه‌ای و تأثیری که روی شاخص‌های مرتبط با ویژگی‌های جوانه‌زنی ارائه می‌دهد که می‌تواند در بازنگری استاندارد ملی سلامت بذر جو مورد استفاده قرار گیرند.**

***کلیدواژه‌ها:*** ***Pyrenophora teres*، *Pyrenophora graminea*، ردیابی، سلامت بذر، شاخص بیماری.**

دبیر تخصصی: دکتر سعید عباسی

## مقدمه

بر اساس آمار سازمان خوار و بار کشاورزی ملل متحد در سال ۲۰۲۳، جو از نظر سطح زیر کشت (با ۴۶/۲ میلیون هکتار) بعد از گندم، ذرت، برنج و سویا در رتبه پنجم و از نظر میزان تولید در رتبه دوازدهم (۱۴۵/۷ میلیون تن) جهان قرار دارد (FAOSTAT, 2023). جو[1] گیاهی از خانواده گندمیان[2] است که به‌عنوان یکی از مهم‌ترین غلات دانه‌ریز از ارزش غذایی زیادی برای انسان و دام برخوردار است (Liu et al., 2020). چندین گونه قارچ از جنس *Pyrenophora* روی جو گزارش شده است. بیماری لکه قهوه‌ای نواری با عامل *Pyrenophora graminea* Ito & Kuribayashi یکی از مهمترین بیماری‌های قارچی جو به‌صورت بذربُرد می‌باشد که تنها می‌تواند یک چرخه آلودگی در طی یک فصل داشته باشد (Si et al., 2019). قارچ عامل این بیماری دارای دو شکل مخصوص است که از نظر ژنتیکی متمایز بوده و علایم متفاوتی روی میزبان (شکل شبکه‌ای یا تور[3] و شکل نقطه‌ای[4]) ایجاد می‌کنند. اما امکان تفکیک آنها از یکدیگر بر اساس ویژگی‌های ریخت‌شناختی وجود ندارد (Murray et al., 2013; Dokhanchi et al., 2022b). بیماری لکه برگی (توری) با عامل *Pyrenophora teres* Drechsler به عنوان بیماری بذربُرد و بقایا زاد می‌باشد (Carmona et al., 2008; Liu et al., 2011) که می‌تواند چند چرخهٔ آلودگی در طی یک فصل داشته باشد (Dokhanchi et al., 2020b). این بیماری‌ها در اغلب مناطق زیرکشت ارقام مختلف جو در کشور به‌ویژه استان‌های آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی، اردبیل، اصفهان، ایلام، تهران، خراسان رضوی، خوزستان، زنجان، لرستان، مازندران، کرمانشاه، کردستان، سمنان و همدان گزارش شده است (Nooralahi & Shahbazi, 2015; Dokhanchi et al., 2020a; Dokhanchi et al., 2020b; Sohrabi et al., 2022).

خسارت این بیماری‌ها بسته به رقم و شرایط محیطی متفاوت است. خسارت ناشی از بیماری لکه قهوه‌ای نواری در ارقام حساس به دلیل کاهش تعداد پنجه و سنبله در بوته و وزن هزار دانه می‌تواند منجر به کاهش بیش از ۷۰ درصد از عملکرد محصول شود (Sohrabi et al., 2022). گیاهانی که تحت تأثیر بیماری لکه قهوه‌ای نواری قرار دارند، بذر بسیار کمی تولید می‌کنند و برآورد شده است که در شرایط طبیعی به ازای هر یک درصد از گیاهان آلوده، میزان عملکرد محصول در محدودهٔ ۰/۵ تا ۱ درصد کاهش می‌یابد (Murray et al., 2013). بیماری لکه توری موجب کاهش ۱۰ تا ۴۰ درصد از عملکرد محصول می‌شود (Liu et al., 2011). همچنین شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد که بیماری‌های لکه قهوه‌ای نواری و توری می‌توانند کیفیت مالت جو را با تأثیر روی برخی ویژگی‌های کیفی از جمله میزان پروتئین و محتوای کربوهیدرات دانه کاهش دهند (Gangwar et al., 2018).

بذرهای آلوده تنها منبع آلودگی به بیماری لکه قهوه‌ای نواری بوده که بی‌توجهی به کیفیت و سلامت بذرهای تولیدی موجب انتقال بیماری به نسل بعد و همچنین گسترش بیماری به مناطق دیگر می‌شود. مهم‌ترین منبع اولیه آلودگی به بیماری لکه قهوه‌ای نواری بقایای میزبان آلوده است، اگر چه این بیماری می‌تواند بذربُرد نیز باشد. پایش و کنترل بیماری در مزارع و همچنین ارزیابی سلامت بذرها نقش مهمی در کاهش اثرات مخرب این بیماری‌ها در مزرعه و افزایش میزان عملکرد محصول دارد (Murray et al., 2013; Abedi et al., 2019). آزمون‌های سلامت بذر ضمن کمک به شناسایی دقیق میزان و نوع آلودگی‌های ناشی از بیمارگرهای بذربُرد و همراه بذر، با پیش‌بینی پتانسیل استقرار زادمایه بذربُرد در مزرعه می‌تواند در انتخاب راهکارهای مؤثر مدیریتی برای کاهش اثرات مخرب بیماری‌های ناشی از آنها در مزرعه و افزایش میزان تولید و کیفیت محصول مؤثر باشد (Etebu et al., 2017). امکان تمایز بذرهای آلوده به قارچ عامل بیماری لکه قهوه‌ای نواری از بذر آلوده به قارچ عامل بیماری لکه توری در این روش‌های پیشنهاد شده وجود ندارد. بنابراین ارائه راهکارهای نوین به منظور افزایش دقت شناسایی این عوامل بیماریزا و

1- *Hordeum vulgare* L.
2- Poaceae
3- Net form net blotch
4- Spot form net blotch

همچنین بررسی حضور همزمان گونه‌های *Pyrenophora* spp. ضروری می‌باشد.

با وجود اهمیت اقتصادی بیماری‌های لکه قهوه‌ای و نقش جو در تأمین امنیت غذایی، اطلاعات ما در مورد میزان انتقال این عوامل بیماریزا از بذر به گیاه و کیفیت بذر تولیدی، بسیار محدود است. بنابراین هدف از این پژوهش (الف) مقایسه آزمون بلاتر اسمزی و روش کشت در محیط کشت آگاردار برای ردیابی و شناسایی قارچ‌های عامل بیماری‌های لکه قهوه‌ای نواری و لکه توری، (ب) بررسی میزان بروز و انتقال این بیماری‌ها از بذر به گیاه و (ج) ارزیابی تأثیر نوع و میزان آلودگی بذر به این عوامل بیماریزا روی برخی از صفات مرتبط با جوانه‌زنی ارقام جو سهند، گوهران و یوسف می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

### نمونه‌برداری

نمونه‌برداری براساس شیوه‌نامهٔ انجمن بین المللی آزمون بذر در طی سال‌های زراعی ۱۴۰۲-۱۴۰۱ از مزارع جو در استان‌های آذربایجان شرقی (۱ نمونه)، البرز (۵ نمونه)، تهران (۲ نمونه) و لرستان (۱ نمونه) انجام شد و به همراه ثبت مشخصات در پاکت‌های کاغذی به آزمایشگاه سلامت بذر مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال منتقل شدند (جدول ۱). نمونه‌های رقم سهند به عنوان رقمی بینابین و دو ردیفه و ارقام گوهران و یوسف به عنوان ارقام بهاره و شش ردیفه (Sohrabi et al., 2022) در این پژوهش مورد ارزیابی قرار گرفتند.

### روش‌های ردیابی قارچ عوامل بیماری‌های بذربُرد لکه قهوه‌ای در نمونه‌های بذری

**روش اول)** ارزیابی بذرهای آلوده به عوامل بیماری‌های لکه قهوه‌ای بر اساس آزمون بلاتر اسمزی انجام شد (Anonymous, 2025). از هر نمونهٔ بذری تعداد ۱۰۰ عدد بذر به صورت تصادفی و در تشتک پتری شیشه‌ای به مدت ۲ ساعت در دمای ۵ ± ۹۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. سپس بذرها روی چاهک‌های تعبیه شده در کاغذ بلاتر که با محلول ۰/۵ مولار ساکارز[1] غوطه‌ور گردید بود، قرار داده شدند. نمونه‌ها به مدت ۷ روز در اتاقک رشد با شرایط ۱۶ ساعت روشنایی با شدت حداقل ۴۰۰۰ لوکس در دمای ۲ ± ۲۶ درجه سلسیوس و ۸ ساعت تاریکی در دمای ۲۲±۲ سلسیوس نگهداری شدند.

پس از آن، بذرها خارج شده و محلول یک درصد هیدروکسید سدیم[2] روی کاغذ صافی ریخته شد. تغییر رنگ چاهک‌های تعبیه شده از قرمز آجری به بنفش رنگ، به عنوان تعداد بذر آلوده شمارش و درصد آلودگی در هر نمونهٔ بذری مشخص گردید. آزمایش برای هر نمونه چهار تکرار داشت و کل آزمایش دو بار تکرار شد. همچنین یک نمونه کنترل مثبت دارای سطح آلودگی مشخص در کنار نمونه‌های مورد ارزیابی در نظر گرفته شد (شکل ۱).

**جدول ۱- مشخصات نمونه‌های بذری جو جمع‌آوری شده بر اساس رقم و محل نمونه‌برداری**

**Table 1. Characteristics of barley seed samples collected based on cultivar and location**

| Initial seed under investigation | | | Next generation seed | |
|---|---|---|---|---|
| **Sample code** | **Cultivar** | **Sample site** | **Sample code** | **Cultivar** |
| S1L34 | Sahand | Lorestan – Borujerd | S2L34 | Sahand |
| S1A36 | Sahand | East Azerbaijan - Bostan abad | S2A36 | Sahand |
| S1C03 | Sahand | Alborz – Karaj | S2C03 | Sahand |
| G1A48 | Goharan | Alborz – Karaj | G2A48 | Goharan |
| G1T42 | Goharan | Tehran – Varamin | G2T42 | Goharan |
| G1C04 | Goharan | Alborz – Karaj | G2C04 | Goharan |
| Y1A59 | Yoosef | Alborz – Karaj | Y2A59 | Yoosef |
| Y1T57 | Yoosef | Tehran – Varamin | Y2T57 | Yoosef |
| Y1C05 | Yoosef | Alborz – Karaj | Y2C05 | Yoosef |

1 - Sucrose, C12H22O11

2 - Sodium hydroxide, NaOH

**روش دوم)** ارزیابی آلودگی بذری به عوامل بیماری‌های لکه قهوه‌ای بر اساس روش کشت در محیط آگاردار انجام شد (Khaledi et al., 2024). تعداد ۱۰۰ عدد بذر از هر نمونه با استفاده از محلول رقیق‌شده هیپوکلریت سدیم (حاوی یک درصد کلر فعال) به مدت ۹۰ ثانیه ضدعفونی و پس از سه بار شستشو با آب مقطر سترون، آب اضافی آنها روی کاغذ صافی سترون خشک شدند (Çelik Oğuz et al., 2025). بذرها در سطح تشتک‌های پتری (به قطر ۹ سانتی‌متر) حاوی محیط سیب‌زمینی دکستروز آگار[1] کشت و در اتاقک رشد با دمای ۲۲±۱ درجه سلسیوس با دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و تاریکی نگهداری و بدین ترتیب آلودگی قارچی مشخص و جداسازی شدند (شکل ۱). جدایه‌های قارچی به دست آمده با استفاده از روش نوک ریسه و یا تک اسپور خالص‌سازی شدند (Dokhanchi et al., 2022a). ریخت‌شناختی جدایه‌های قارچی بر اساس ویژگی‌های ظاهری و میکروسکوپی ذکر شده در کلیدهای شناسایی و منابع معتبر انجام گرفت (Sivanesan, 1987; Ariyawansa et al., 2014). برای تأیید گونه‌های قارچی شناسایی‌شده بر اساس مشخصات ریخت‌شناختی، از آغازگرهای اختصاصی گونه که در جدول ۲ ارائه شده‌اند، استفاده شد (Taylor et al., 2001; Gubiš et al., 2004; Rau et al., 2005). اختصاصی بودن هر آغازگر از طریق جستجو و مقایسه توالی‌های زیستی[2] در مرکز ملی اطلاعات زیست‌فناوری[3] مورد تأیید قرار گرفت. برای تهیه میسلیوم مورد نیاز جهت استخراج DNA، هر جدایهٔ قارچی در ظروف ارلن مایر محتوی محیط کشت عصارهٔ سیب‌زمینی دکستروز[4] در داخل دستگاه انکوباتور شیکردار[5] به مدت ۱۰ روز در دمای ۲۵±۲ درجه سلسیوس قرار داده شدند. تودهٔ میسلیومی رشد یافته هر جدایهٔ قارچی پس از جمع‌آوری و شستشو با آب مقطر سترون، آبگیری شد. از کیت استخراج[6] با توجه به شیوه‌نامهٔ شرکت سازنده برای استخراج DNA استفاده شد. به منظور بررسی حضور یا عدم حضور و نیز تعیین کیفیت DNA استخراج‌شده، چهار میکرولیتر از DNA استخراجی مربوط به هر نمونه DNA را با یک میکرولیتر محلول بافر بارگذاری[7]، مخلوط کرده، نشانگر مولکولی[8] Ladder 100 bp (فرمنتاز) و سپس در ژل آگارز ۱/۵ درصد در ولتاژ ۸۰ به مدت ۳۰ دقیقه الکتروفورز شد. مشاهده باندهای قوی نشان‌دهنده کمیت و کیفیت مطلوب DNA استخراج‌شده می‌باشد. تعیین غلظت نمونه‌های DNA با استفاده از دستگاه نانودراپ اسپکتروفتومتری[9] انجام گرفت.

اجزای واکنش زنجیره‌ای پلیمراز شامل ۳ میکرولیتر DNA الگو با غلظت تقریبی ۵۰ نانوگرم، ۱۲/۵ میکرولیتر مسترمیکس[10]، یک میکرولیتر از آغازگر روبه‌جلو و آغازگر برگشتی با غلظت پایه ۱۰ پیکومولار که در نهایت با افزودن آب دیونیزه (عاری از نوکلئاز) به حجم نهایی ۲۵ میکرولیتر رسانده شد. هر آزمایش شامل شاهد مثبت (DNA یک جدایه شناخته‌شده) و منفی (یک واکنش زنجیره‌ای پلیمراز بدون DNA) بود. در نهایت محصولات واکنش زنجیره‌ای پلیمراز در ژل آگارز ۱/۵ درصد و از طریق الکتروفورز به مدت ۳۰ دقیقه با ولتاژ ۷۰ ولت عبور داده شد. ردیابی نوارهای DNA با استفاده از رنگ آمیزی با رنگ فلورسنت GelRed® و سپس عکس‌برداری از ژل انجام شد.

### آزمون جوانه‌زنی استاندارد

از هر نمونهٔ بذر اولیه مورد بررسی و بذر حاصل از آنها در نسل بعد به صورت تصادفی تعداد ۴۰۰ عدد بذر (چهار تکرار شامل ۱۰۰ عدد بذر) انتخاب شده و به روش حوله کاغذی کشت و در اتاقک رشد با دمای ۲۰±۱ درجه سلسیوس و با ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد نگهداری شدند. پس از ۷ روز، میانگین درصد گیاهچه‌های تغییر شکل یافته، درصد

1 - Potato Dextrose Agar, Ibresco, Iran
2 - BLAST
3 - National Center for Biotechnology Information, NCBI
4 - Potato Dextrose Broth, Ibresco, Iran
5 - Shaking incubator, Certomat IS, Sartorius Stedim Biotech, Germany
6 - Genomic DNA isolation kit, Pishgam Biotech, Iran
7 - Loading Dye, Yektatajhiz, Iran
8 - DNA Ladder 100bp, Pishgam Biotech, Iran
9 - NanoDrop 2000; Spectophotometer, Thermo Scientific, Wilmington, USA
10 - 2X PCR Master Mix, Pishgam, Iran

جوانه‌زنی[1] (رابطه I)، میانگین ارتفاع گیاهچه و میانگین وزن خشک اندازه گیری شد. همچنین تعداد ۱۰ گیاهچهٔ عادی به طور تصادفی از هر واحد آزمایشی انتخاب و شاخص‌های وزنی[2] (رابطه II) و طولی بنیه گیاهچه[3] (رابطه III) با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه گردید:

رابطه I $$GP = \frac{n}{N} \times 100$$

رابطه II $$SWVI = GP \times SW$$

رابطه III $$SLVI = GP \times (RL + SL)$$

GP: درصد جوانه‌زنی، SWVI: شاخص وزنی بنیه گیاهچه، SLVI: شاخص طولی بنیه گیاهچه، n: تعداد بذر جوانه‌زده، N: تعداد کل بذرهای کاشته شده، SW: وزن خشک گیاهچه، RL: میانگین طول ریشه‌چه، SL: میانگین طول ساقه‌چه.

## آزمون بیماریزایی

رقم ریحان به‌عنوان رقم حساس به بیماری لکه قهوه‌ای برای ارزیابی بیماریزایی جدایه‌های قارچی *Pyrenophora* spp. به دست آمده از بذر ارقام مختلف جو استفاده شد (Etebarian, 2002). در شرایط آزمایشگاه به دلیل عدم تولید فراوان اسپور کافی قارچ عامل بیماری از روش ساندویچی برای آزمون بیماریزایی و آلوده سازی بذرها استفاده شد (Pecchioni et al., 1996). شدت بیماریزایی جدایه‌ها روی گیاهچه، بر اساس درصد آلودگی سطح برگ با استفاده از مقیاس ۳-۰ (۰ = بدون علایم بیماری، ۱ = کمتر از ۲۵ درصد، ۲ = ۵۰-۲۶ درصد، ۳ = بیش از ۵۰ درصد)، به روش شرح داده شده توسط جوهر و عربی (Jawhar & Arabi, 2006) درجه‌بندی و شاخص بیماریزایی جدایه‌ها با استفاده از رابطهٔ زیر محاسبه شد:

$$\text{درصد شاخص بیماریزایی} = \frac{0n_0 + 1n_1 + 2n_2 + 3n_3}{3N} \times ۱۰۰$$

$n_0$: تعداد گیاهچه‌ها با درجه صفر آلودگی، $n_1$: تعداد گیاهچه‌ها با درجه یک آلودگی، $n_2$: تعداد گیاهچه‌ها با درجه دو آلودگی؛ $n_3$: تعداد گیاهچه‌ها با درجه سه آلودگی؛ N: تعداد کل گیاهچه‌ها. آزمون شامل چهار تکرار (۱۰ گیاهچه) برای هر جدایه بود و آزمایش حداقل دو بار تکرار شد. در پایان آزمایش، از گیاهچه‌های دارای علایم بیماری به منظور اثبات اصول کخ، کشت مجدد انجام گرفت.

**جدول ۲- توالی آغازگرهای اختصاصی، اندازه محصول و شرایط واکنش زنجیره‌ای پلیمراز مورد استفاده برای شناسایی گونه‌های قارچی جداسازی شده به‌عنوان عوامل بذربُرد بیماری‌های لکه قهوه‌ای در نمونه‌های بذری جو**

**Table 2. Sequence of specific primers, product sizes and polymerase chain reaction conditions used for detection of fungal species isolated as causal agents of seed-borne brown stripe diseases in barley seed samples**

| Species | Primer | Sequences (5'→3') | Product size (bp) | Polymerase chain reaction conditions |
|---|---|---|---|---|
| *Pyrenophora graminea* | PG2F | CTTCTTAGCTGGGGCTACCGTC | 435 | 94 ˚C for 3 min, 40 cycles at 94 ˚C for 60 s; 56 ˚C for 40 s; 72 ˚C for 50 s, 72 ˚C for 10 min |
| | PG2R | ACCGACTCGGGAAAAGAGCA | | |
| *Pyrenophora teres* | Pt5 | AGCACCTTCGCCTGTAA | 1600 | 95 ˚C for 5 min, 30 cycles at 94 ˚C for 60 s; 52 ˚C for 60 s; 72 ˚C for 90 s, 72 ˚C for 10 min |
| | Pt7 | GGCGCATATGCAAGGGGGTTTC | | |
| *P. teres* f. *teres* | PTTF | CTC TGG CGAACCGTTC | 380 | 94 ˚C for 10 min, 10 cycles at 94 ˚C for 30 s; 65 ˚C for 30 s reducing 1 ˚C per cycles; 72 ˚C for 60 s, followed by 24 cycles at 94 ˚C for 30 s; 55 ˚C for 30 s; 72 ˚C for 60 s, and then 72 ˚C for 10 min |
| | PTTR | ATGATGGAAAAGTAATTTGTA | | |
| *P. teres* f. *maculata* | PTMF | TGCTGAAGCGTAAGTTTC | 411 | |
| | PTMR | ATGATGGAAAAGTAATTTGTG | | |

1 - Germination percentage; GP
2 - Seedling weight vigor index; SWVI
3 - Seedling length vigor index; SLVI

### ارزیابی میزان انتقال بیماری‌های بذربُرد لکه قهوه‌ای به نسل بعد در مزرعه

تمامی نمونه‌های بذری که دارای سطوح مختلف آلودگی بودند، همراه با نمونه‌های بذری از همان رقم که بر اساس نتایج آزمون سلامت فاقد هر گونه آلودگی به‌ویژه به قارچ‌های عامل بیماری‌های لکه قهوه‌ای بودند به عنوان شاهد، برای ارزیابی میزان بروز بیماری[1] بر اساس روش شرح داده شده توسط کوشکونتونا و اوزر (Coşkuntuna & Özer, 2004) مورد استفاده قرار گرفتند. درصد بوته‌های بیمار و سالم ثبت و درصد بروز بیماری‌ها در مزرعه محاسبه گردید:

رابطه IV $$DI = \frac{NIP}{TP} \times 100$$

DI: بروز بیماری، NIP: تعداد گیاهان بیمار، TP: تعداد کل گیاهان ارزیابی شده.

سپس نتایج مربوط به نوع و میزان آلودگی بذر در روش‌های ردیابی قارچ عوامل بیماری‌های لکه قهوه‌ای نواری و توری در نمونه‌های بذری با درصد بروز بیماری‌ها در مزرعه با یکدیگر مقایسه و روند انتقال بیماری‌ها از بذر به گیاه نسل بعد تعیین شد. همچنین در انتهای دوره رشد، از ۳ خط میانی آزمایش پس از حذف حاشیه‌ها، مساحتی معادل ۱ مترمربع به منظور اندازه‌گیری عملکرد بذر برداشت شد.

### تجزیه و تحلیل داده‌ها

پس از ثبت و اطمینان از نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگوروف - اسمیرنف، واکاوی آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (version 9.4) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد ($P \leq 0.05$) انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Microsoft Office Excel 2013 استفاده شد.

## نتایج

نتایج حاصل از ارزیابی نمونه‌های بذری اولیه جمع‌آوری شده از مزارع بذری جو بر اساس آزمون بلاتر اسمزی (شکل ۱) نشان داد که دامنه آلودگی به عوامل بذربُرد بیماری‌های لکه قهوه‌ای در نمونه‌های اولیه بذری ارقام سهند، گوهران و یوسف از صفر (عدم شناسایی آلودگی) تا ۱۹ درصد متغیر بود (جدول ۳). آلودگی در بذرهای نسل بعد حاصل از کشت این بذور کاهش یافته و از صفر تا ۱۱ درصد متغیر بود (جدول ۳).

**جدول ۳- مقایسهٔ میزان و نوع آلودگی ردیابی شده در نمونه‌های بذری ارقام سهند، گوهران و یوسف به عوامل بذربُرد بیماری‌های لکه قهوه‌ای بر اساس روش‌های مختلف (آزمون بلاتر اسمزی و کشت در محیط آگاردار)**

**Table 3. Comparison of the level and type of infestation detected in barley seed samples to causal agents of seed-borne brown stripe diseases based on different methods (osmotic test and cultivation method in agar)**

| Sample code | Initial seed under investigation | | | Sample code | Next generation seed | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Osmotic test | Cultivation in agar medium | | | Osmotic test | Cultivation in agar medium | |
| | Infection by *Pyrenophora* spp. (%) | Infection by *Pyrenophora graminea* (%) | Infection by *Pyrenophora teres* (%) | | Infection by *Pyrenophora* spp. (%) | Infection by *Pyrenophora graminea* (%) | Infection by *Pyrenophora teres* (%) |
| S1L34 | 6 | 1 | 3 | S2L34 | 3 | 1 | 1 |
| S1A36 | 7 | ND | 5 | S2A36 | 4 | ND | 3 |
| S1C03 | ND | ND | ND | S2C03 | ND | ND | ND |
| G1A48 | 10 | 2 | 4 | G2A48 | 5 | 2 | 2 |
| G1T42 | 19 | 5 | 8 | G2T42 | 11 | 3 | 4 |
| G1C04 | ND | ND | ND | G2C04 | ND | ND | ND |
| Y1A59 | 5 | 2 | 3 | Y2A59 | 3 | 1 | 2 |
| Y1T57 | 7 | 3 | 3 | Y2T57 | 3 | 3 | ND |
| Y1C05 | ND | ND | ND | Y2C05 | ND | ND | ND |
| Total number of isolates | 54 | 13 | 26 | Total number of isolates | 29 | 10 | 12 |

*ND: Not detected

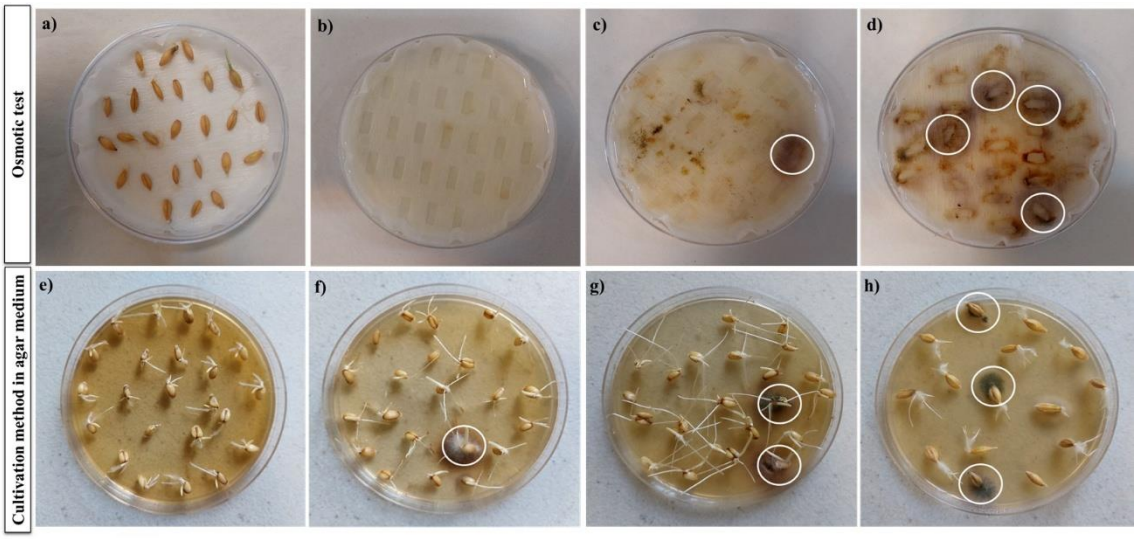
1 - Disease incidence, DI

نتایج حاصل از ارزیابی میزان و نوع آلودگی نمونه‌های بذری اولیه بر اساس روش کشت در محیط آگاردار و شناسایی گونه‌های *Pyrenophora* بر اساس ویژگی‌های ظاهری، میکروسکوپی و آغازگرهای اختصاصی گونه نشان داد که در نمونه‌های بذری اولیه دامنه آلودگی به قارچ *P. graminea* عامل بیماری لکه قهوه‌ای نواری از صفر تا ۵ درصد و همچنین دامنه آلودگی به قارچ *P. teres* عامل بیماری لکه توری از صفر تا ۸ درصد متغیر بود (جدول ۳). نتایج حاصل از ارزیابی میزان و نوع آلودگی نمونه‌های بذری نسل بعد حاصل از کشت این بذور نشان داد که دامنه آلودگی به قارچ *P. graminea* از صفر تا ۴ درصد و همچنین قارچ *P. teres* از صفر تا ۳ درصد متغیر بود (جدول ۳).

در روش کشت در محیط آگاردار (شکل ۱) از نمونه‌های بذری اولیه جمع‌آوری شده، ۶۱ جدایهٔ قارچ *Pyrenophora* spp. (جدول ۳) که ۳۹ جدایهٔ قارچی در بذر اولیه و ۲۲ جدایهٔ قارچی در نمونه‌های بذری نسل بعد حاصل از کشت این بذور جداسازی شدند. بر اساس ویژگی‌های ظاهری و میکروسکوپی ذکر شده در منابع و کلیدهای شناسایی معتبر و همچنین بر اساس نتایج به دست آمده از واکاوی مولکولی با استفاده از آغازگرهای اختصاصی گونه مشاهده شد، در بذر اولیه ۱۳ جدایه متعلق به *P. graminea* و ۲۶ جدایه متعلق به *P. teres* بودند (جدول ۳) و همچنین در نمونه‌های بذری نسل بعد حاصل از کشت این بذور، ۱۰ جدایهٔ متعلق به *P. graminea* و ۱۲ جدایهٔ متعلق به *P. teres* بودند (جدول ۳).

بر اساس نتایج آزمون بلاتر اسمزی میزان آلودگی به قارچ *Pyrenophora* spp. در نمونه‌های اولیه بذری رقم گوهران جمع‌آوری شده از استان‌های تهران (G1T42) و البرز (G1A48) به ترتیب ۱۹ درصد و ۱۰ درصد بود. این آلودگی در بذرهای نسل بعد حاصل از کشت این بذور کاهش یافته و به ترتیب ۱۱ درصد (G2T42) و ۵ درصد (G2A48) رسیده بود (جدول ۳). همچنین میزان آلودگی به قارچ *Pyrenophora* spp. در نمونه‌های اولیه بذری رقم سهند جمع‌آوری شده از استان‌های آذربایجان شرقی (S1A36) و لرستان (S1L34) به ترتیب ۷ درصد و ۶ درصد بود. این آلودگی در بذرهای نسل بعد حاصل از کشت این بذور کاهش یافته و به ترتیب ۴ درصد (S2A36) و ۳ درصد (S2L34) رسیده بود (جدول ۳). همچنین میزان آلودگی به قارچ *Pyrenophora* spp. در نمونه‌های اولیه بذری رقم یوسف جمع‌آوری شده از استان‌های تهران (Y1T57) و البرز (Y1A59) به ترتیب ۷ درصد و ۵ درصد بود. این آلودگی در بذرهای نسل بعد حاصل از کشت این بذور به ۳ درصد (Y2A59 و Y2T57) کاهش یافته بود (جدول ۳). بر اساس نتایج آزمون بلاتر اسمزی و کشت در محیط آگاردار، در نمونه‌های شاهد ارقام گوهران (G1C04) و سهند (S1C03) و همچنین بذرهای نسل بعد حاصل از کشت این بذر (G2C04 و S2C03) هیچ‌گونه آلودگی قارچی بذربُردی به عوامل بیماری‌های لکه قهوه‌ای مشاهده نشد (جدول ۳).

مقایسه داده‌های به دست آمده از بررسی آزمون بیماریزایی جدایه‌های مختلف قارچ *Pyrenophora* spp. جداسازی شده از بذر نشان داد که تمامی جدایه‌های *P. graminea* و *P. teres* شناسایی شده روی گیاهچه‌های جو رقم ریحان بیماریزا بودند. بر اساس نتایج به دست آمده، تفاوت معنی‌داری از نظر شاخص بیماری‌های ناشی از قارچ‌های *P. graminea* و *P. teres* در بین جدایه‌های مختلف مشاهده شد (شکل ۲). آزمون بیماریزایی جدایه‌های قارچی به دست آمده از نمونه‌های اولیه نشان داد که شاخص بیماری جدایه‌های مختلف گونه *P. graminea* از ۱/۶۷ ± ۱۵/۰۰ درصد تا ۰/۹۶ ± ۷۵/۰۰ درصد و جدایه‌های مختلف گونه *P. teres* از ۰/۸۳ ± ۵/۸۳ درصد تا ۰/۸۳ ± ۶۷/۵۰ درصد متغیر بود (شکل ۲). بیشترین و کمترین شاخص بیماری جدایه‌های قارچ *P. graminea* جداسازی شده از نمونه‌های اولیه روی گیاهچه‌های جو به ترتیب مربوط به جدایه‌های P1T4G-I4 و P1A4G-I6 جداسازی شده از رقم گوهران با کد نمونهٔ G1A42 بود (شکل ۲). همچنین بیشترین و کمترین شاخص بیماری جدایه‌های قارچ *P. teres* جداسازی شده از نمونه‌های اولیه روی گیاهچه‌های جو به ترتیب مربوط به جدایه‌های P1A4T-I2 و P1A4T-I4 جداسازی شده از رقم گوهران با کد نمونهٔ G1A48 بود (شکل ۲).




**شکل ۱- مقایسهٔ آزمون بلاتر اسمزی (a-d) و روش کشت در محیط آگاردار (e-h) برای ردیابی قارچ *Pyrenophora* spp. در نمونه‌های بذری. ارقام جو شامل یوسف (a، d و g)، گوهران (b و h) و سهند (c، e و f)؛ جداسازی از نمونه‌ها بذری Y1C05 (a)، G2C04 (b)، S1L34 (c)، Y1T57 (d)، S1C03 (e)، S2L34 (f)، Y2T57 (g) و G2T42 (h).**

**Figure 1. Comparison of osmotic test (a-d) and cultivation method in agar (e-h) for detection of the fungus *Pyrenophora* spp. in seed samples. Barley cultivars including (a, d and g) Yoosef, (b and h) Goharan and (c, e and f) Sahand; isolation from seed samples of Y1C05 (a), G2C04 (b), S1L34 (c), Y1T57 (d), S1C03 (e), S2L34 (f), Y2T57 (g) and G2T42 (h).**

آزمون بیماریزایی جدایه‌های قارچی به دست آمده از نمونه‌های بذری حاصل از نسل بعد مورد بررسی در این پژوهش نشان داد که شاخص بیماری جدایه‌های مختلف گونه *P. graminea* از ۰/۹۶ ± ۳۸/۳۳ درصد تا ۱/۵۹ ± ۷۷/۵۰ درصد و جدایه‌های مختلف گونه *P. teres* از ۰/۹۶ ± ۲۱/۶۷ درصد تا ۰/۸۳ ± ۷۴/۱۷ درصد متغیر بود (شکل ۲). بیشترین و کمترین شاخص بیماری جدایه‌های قارچ *P. graminea* جداسازی شده از نمونه‌های بذری حاصل از نسل بعد روی گیاهچه‌های جو به ترتیب مربوط به جدایهٔ P2T5G-I1 جداسازی شده از رقم یوسف با کد نمونهٔ Y2T57 و جدایهٔ P2A4G-I2 جداسازی شده از رقم گوهران با کد نمونهٔ G2A48 بود (شکل ۲). همچنین بیشترین و کمترین شاخص بیماری جدایه‌های قارچ *P. teres* جداسازی شده از نمونه‌های بذری حاصل از نسل بعد روی گیاهچه‌های جو به ترتیب مربوط به جدایهٔ P2A4T-I2 جداسازی شده از رقم گوهران با کد نمونهٔ G2A48 و جدایهٔ P2A5T-I2 جداسازی شده از رقم یوسف با کد نمونهٔ Y2A59 بود (شکل ۲).

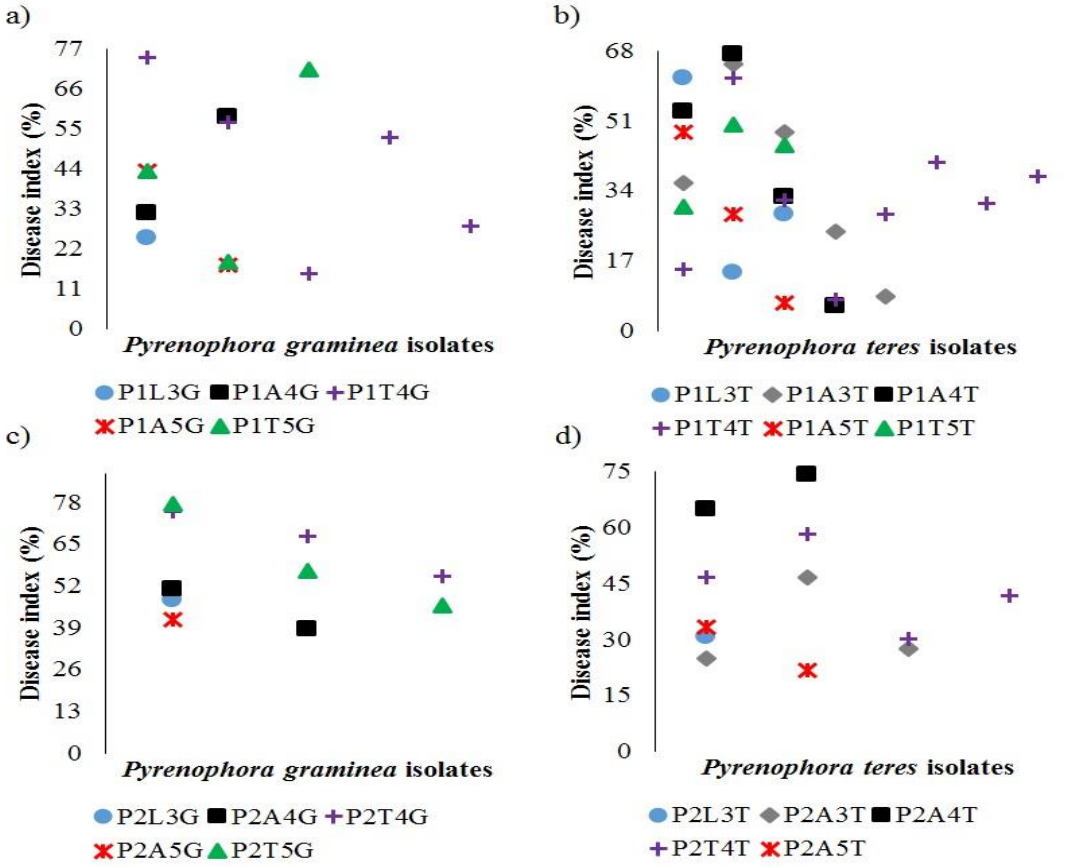
نتایج مقایسهٔ میانگین شاخص‌های بنیه و جوانه‌زنی نمونه‌های بذری ارقام سهند، گوهران و یوسف با نمونه‌های شاهد و همچنین نمونه‌های بذری حاصل از آن‌ها در نسل بعد با نمونه‌های شاهد در آزمون‌های استاندارد جوانه‌زنی نشان داد که در تمامی صفات مورد ارزیابی در این پژوهش تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴).

نتایج حاصل از آزمون جوانه زنی در نمونه‌های بذری اولیه نشان داد که در نمونه‌های رقم سهند (S1L34، S1A36 و شاهد S1C03) میزان جوانه‌زنی بذر از ۹۳/۲۵ تا ۹۶/۵۰ درصد و قوه نامیه از ۹۲/۰۰ تا ۹۶/۲۵ درصد (جدول ۴)، در نمونه‌های رقم گوهران (G1A48، G1T42 و شاهد G1C04) میزان جوانه‌زنی بذر از ۸۸/۲۵ تا ۹۵/۰۰ درصد و قوه نامیه از ۸۵/۲۵ تا ۹۴/۷۵ درصد (جدول ۴) و در نمونه‌های رقم یوسف (Y1A59، Y1T57 و شاهد Y1C05) میزان جوانه‌زنی بذر از ۹۴/۷۵ تا ۹۹/۰۰ درصد و قوه نامیه از ۹۱/۷۵ تا ۹۹/۰۰ درصد متغیر بود (جدول ۴). در نمونه‌های بذری حاصل از آن‌ها در نسل بعد مشاهده شد که در کد نمونه‌های رقم سهند (S2L34، S1A36 و شاهد S2C03) میزان

جوانه‌زنی بذر از ۹۳/۰۰ تا ۹۶/۲۵ درصد و قوه نامیه از ۹۲/۰۰ تا ۹۶/۰۰ درصد (جدول ۴)، در کد نمونه‌های رقم گوهران (G2A48، G2T42 و شاهد G2C04) میزان جوانه‌زنی بذر از ۸۸/۵۰ تا ۹۵/۲۵ درصد و قوه نامیه از ۸۶/۰۰ تا ۹۴/۷۵ درصد (جدول ۴) و همچنین در نمونه‌های رقم یوسف (Y2A59، Y2T57 و شاهد Y2C05) میزان جوانه‌زنی بذر از ۹۳/۷۵ تا ۹۹/۰۰ درصد و قوه نامیه از ۹۲/۲۵ تا ۹۸/۷۵ درصد متغیر بود (جدول ۴).

میانگین درصد گیاهچه‌های تغییر شکل یافته در رقم سهند از ۱/۲۵ درصد (نمونه‌های بذری اولیه) به ۱ درصد (نمونه‌های بذری نسل بعد) رسید. همچنین میانگین درصد گیاهچه‌های تغییر شکل یافته رقم گوهران در نمونه‌های بذری اولیه به میزان ۳ درصد (G1T42) و ۲/۵ درصد (G1A48) و در نمونه‌های بذری نسل بعد به ترتیب ۲/۵ درصد (G2T42) و ۲/۲۵ درصد (G2A48) بود. درصد گیاهچه‌های عادی رقم یوسف در نمونه‌های بذری اولیه به میزان ۹۹/۲۵ درصد (Y1A59) و ۹۸/۷۵ درصد (Y1T57) و در نمونه‌های بذری نسل بعد به ترتیب ۹۹/۰ درصد (Y2A59) و ۹۸/۵۰ درصد (Y2T57) بود.

در نمونه‌های اولیه رقم سهند (S1L34، S1A36 و شاهد S1C03) میانگین طول گیاهچه از ۱۷/۸۵ تا ۱۸/۳۵ سانتی‌متر و وزن خشک گیاهچه از ۰/۱۶۴ تا ۰/۱۷۹ گرم (جدول ۴)، در نمونه‌های اولیه رقم گوهران (G1A48، G1T42 و شاهد G1C04) میانگین طول گیاهچه از ۱۹/۷۹ تا ۲۲/۳۷ سانتی‌متر و وزن خشک گیاهچه از ۰/۲۰۶ تا ۰/۲۳۳ گرم (جدول ۴) و در نمونه‌های اولیه رقم یوسف (Y1A59، Y1T57 و شاهد Y1C05) از ۲۰/۷۲ تا ۲۱/۶۷ سانتی‌متر و وزن خشک گیاهچه از ۰/۱۶۹ تا ۰/۱۸۳ گرم (جدول ۴) متغیر بود.




**شکل ۲- شاخص بیماری‌زایی جدایه‌های مختلف *Pyrenophora graminea* (a و c) و *P. teres* (b و d) به دست آمده از نمونه‌های بذر اولیه (a و b) و نسل بعد (c و d) ارقام مختلف جو روی گیاهچه‌های رقم ریحان**

**Figure 2. Level of disease index of different isolates of *Pyrenophora graminea* (a and c) and *Pyrenophora teres* (b and d) isolated from the initial seeds and next generation samples on barley seedlings of Rihane cultivar**

همچنین در نمونه‌های بذری حاصل از آن‌ها در نسل بعد مشاهده شد که در نمونه‌های رقم سهند (S2L34، S2A36 و شاهد S2C03) میانگین طول گیاهچه از ۱۷/۸۴ تا ۱۸/۳۴ سانتی‌متر و وزن خشک گیاهچه از ۰/۱۶۴ تا ۰/۱۷۸ گرم (جدول ۴)، در نمونه‌های اولیه رقم گوهران (G2A48، G2T42 و شاهد G2C04) میانگین طول گیاهچه از ۱۹/۸۳ تا ۲۲/۳۷ سانتی‌متر و وزن خشک گیاهچه از ۰/۲۱۷ تا ۰/۲۳۲ گرم (جدول ۴) و در نمونه‌های اولیه رقم یوسف (Y2A59، Y2T57 و شاهد Y2C05) از ۲۰/۷۱ تا ۲۱/۶۷ سانتی‌متر و وزن خشک گیاهچه از ۰/۱۶۷ تا ۰/۱۸۳ گرم (جدول ۴) متغیر بود. نتایج تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها نشان داد که بین نمونه‌های اولیه بذری ارقام مختلف با نمونه‌های بذری حاصل از آن‌ها در نسل بعد از نظر میانگین طول و وزن خشک گیاهچه تفاوت معنی‌داری وجود ندارد.

**جدول ٤- مقایسه میانگین شاخص‌های بنیه و جوانه‌زنی در نمونه‌های بذری اولیه و نسل بعد جو ارقام مختلف جو (سهند، گوهران و یوسف) تحت تأثیر آلودگی طبیعی بذربُرد به قارچ *Pyrenophora* spp.**

**Table 4. Means comparison of vigority and germination indices as affected by natural seed-borne fungal infection of *Pyrenophora spp.* in initial seed and next generation samples of different barley cultivars (Sahand, Goharan and Yoosef)**

| Sample code | Germination (%)¥ | Seed viability (%)¥ | Deformed seedlings (%)¥ | Dead seeds (%)¥ | Seedling length (cm)¥ | Seedling length vigor index¥ | Dry weight (g)¥ | Seedling weight vigor index¥ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Initial seed under investigation** | | | | | | | | |
| S1L34 | 93.25 c | 92.00 c | 1.25 a | 6.75 a | 17.85 c | 1642.20 c | 0.164 c | 15.06 c |
| S1A36 | 94.25 b | 93.00 b | 1.25 a | 5.75 b | 17.88 b | 1662.84 b | 0.166 b | 15.46 b |
| S1C03 | 96.50 a | 96.25 a | 0.25 b | 3.50 c | 18.35 a | 1765.95 a | 0.179 a | 17.20 a |
| LSD (0.05) | 0.84 | 0.46 | 0.79 | 0.84 | 0.01 | - | 0.001 | - |
| G1A48 | 90.50 b | 88.00 b | 2.50 a | 9.50 b | 20.49 b | 1803.34 b | 0.211 b | 18.74 b |
| G1T42 | 88.25 c | 85.25 c | 3.00 a | 11.75 a | 19.79 c | 1687.10 c | 0.206 c | 17.58 c |
| G1C04 | 95.00 a | 94.75 a | 0.25 b | 5.00 c | 22.37 a | 2120.04 a | 0.233 a | 22.05 a |
| LSD (0.05) | 0.70 | 0.65 | 1.03 | 0.70 | 0.07 | - | 0.004 | - |
| Y1A59 | 94.75 b | 93.50 b | 0.75 a | 5.25 b | 20.76 b | 1941.06 b | 0.174 b | 16.29 b |
| Y1T57 | 93.50 c | 91.75 c | 1.25 a | 6.50 a | 20.72 c | 1901.52 c | 0.169 c | 15.55 c |
| Y1C05 | 99.00 a | 99.00 a | 0 b | 1.00 b | 21.67 a | 2145.08 a | 0.183 a | 18.09 a |
| LSD (0.05) | 1.03 | 1.03 | 0.65 | 1.03 | 0.03 | - | 0.003 | - |
| **Next generation seed** | | | | | | | | |
| S2L34 | 93.00 c | 92.00 c | 1.00 a | 7.00 a | 17.84 c | 1641.74 c | 0.164 c | 15.08 c |
| S2A36 | 93.75 b | 92.75 b | 1.00 a | 6.25 b | 17.88 b | 1658.14 b | 0.166 b | 15.39 a |
| S2C03 | 96.25 a | 96.00 a | 0.25 a | 3.75 c | 18.34 a | 1761.36 a | 0.178 a | 17.09 a |
| LSD (0.05) | 0.65 | 0.46 | 0.88 | 0.65 | 0.01 | - | 0.001 | - |
| G2A48 | 90.75 b | 88.50 b | 2.25 a | 9.25 b | 20.51 b | 1815.58 c | 0.226 b | 20.02 b |
| G2T42 | 88.50 c | 86.00 c | 2.50 a | 11.50 a | 19.83 c | 1705.60 b | 0.217 c | 18.68 c |
| G2C04 | 95.25 a | 94.75 a | 0.5 b | 4.75 c | 22.37 a | 2119.30 a | 0.232 a | 22.00 a |
| LSD (0.05) | 1.13 | 0.70 | 1.16 | 1.13 | 0.07 | - | 0.002 | - |
| Y2A59 | 94.75 b | 93.25 b | 1.00 a | 5.25 b | 20.75 b | 1945.78 b | 0.173 b | 16.26 b |
| Y2T57 | 93.75 c | 92.25 c | 1.50 a | 6.25 a | 20.71 c | 1910.72 c | 0.167 c | 15.43 c |
| Y2C05 | 99.00 a | 98.75 a | 0.25 b | 1.00 c | 21.67 a | 2139.90 a | 0.183 a | 18.09 a |
| LSD (0.05) | 0.99 | 1.09 | 1.70 | 0.99 | 0.04 | - | 0.004 | - |

*ND: Not detected

¥Different letters indicate significant differences according to least significant difference (LSD) test at the level $P \leq 0.05$.

نتایج حاصل از ارزیابی میزان شاخص بنیه گیاهچه در نمونه‌های اولیه نشان داد که در نمونه‌های اولیه رقم سهند (S1L34، S1A36 و شاهد S1C03) میزان شاخص طولی از ۱۶۴۲/۲۰ تا ۱۷۶۵/۹۵ و میزان شاخص وزنی از ۱۵/۴۶ تا ۱۷/۲۰ (جدول ۴)، در نمونه‌های اولیه رقم گوهران (G1A48، G1T42 و شاهد G1C04) میزان شاخص طولی از ۱۶۸۷/۱۰ تا ۲۱۲۰/۰۴ و میزان شاخص وزنی از ۱۷/۵۸ تا ۲۲/۰۲ (جدول ۴) و در نمونه‌های اولیه رقم یوسف (Y1A59، Y1T57 و شاهد Y1C05) میزان شاخص طولی از ۱۹۰۱/۵۲ تا ۲۱۴۵/۰۸ و میزان شاخص وزنی از ۱۶/۲۹ تا ۱۸/۰۹ (جدول ۴) متغیر بود. همچنین در نمونه‌های بذری حاصل از آن‌ها در گیاه نسل بعد مشاهده شد که در نمونه‌های رقم سهند (S2L34، S2A36 و شاهد S2C03) میزان شاخص طولی از ۱۶۴۱/۷۴ تا ۱۷۶۱/۳۶ و میزان شاخص وزنی از ۱۵/۰۸ تا ۱۷/۰۹ (جدول ۴)، در نمونه‌های اولیه رقم گوهران (G2A48، G2T42 و شاهد G2C04) میزان شاخص طولی از ۱۷۰۵/۶۰ تا ۲۱۱۹/۳۰ و میزان شاخص وزنی از ۱۸/۶۸ تا ۲۲/۰۰ (جدول ۴) و در نمونه‌های اولیه رقم یوسف (Y2A59، Y2T57 و شاهد Y2C05) میزان شاخص طولی از ۱۹۱۰/۷۲ تا ۲۱۳۹/۹۰ و میزان شاخص وزنی از ۱۵/۴۳ تا ۱۸/۰۹ متغیر بود.

نتایج حاصل از ارزیابی بروز بیماری در مزرعه نشان داد که میزان بروز بیماری ناشی از آلودگی بذربُرد بیماری‌های لکه قهوه‌ای در نمونه‌های بذری رقم سهند S1A36 و S1L34 به ترتیب حدود ۸ درصد و ۴ درصد بود (جدول ۵). میزان بروز بیماری‌های بذربُرد لکه قهوه‌ای در نمونه‌های بذری رقم گوهران G1T42 و G1A48 به ترتیب حدود ۱۷ درصد و ۷ درصد بود (شکل ۳ و جدول ۵). در نمونه‌های بذری رقم یوسف Y1T57 و Y1A59 میزان بروز بیماری ناشی از قارچ‌های *P. graminea* و *P. teres* حدود ۳ درصد بود (جدول ۵).

در گیاهان حاصل از نمونه‌های بذری ارقام سهند، گوهران و یوسف به ترتیب S2C03، G2C04 و Y2C05 که فاقد آلودگی بذری بودند، در مزرعه هیچگونه علایم بیماری مشاهده نشد (جدول ۵). میزان ظهور بیماری لکه قهوه‌ای نواری در گیاهان حاصل از نمونه‌های بذری رقم سهند S1A36 حدود ۱ درصد بود (جدول ۵). همچنین میزان ظهور بیماری ناشی از قارچ *P. teres* در گیاهان حاصل از نمونه‌های بذری رقم سهند S1A36 و S1L34 به ترتیب حدود ۸ درصد و ۳ درصد بود (جدول ۵). میزان ظهور بیماری ناشی از قارچ *P. graminea* در گیاهان حاصل از نمونه‌های بذری رقم گوهران G1T42 و G1A48 به ترتیب حدود ۱۷ درصد و ۷ درصد بود (شکل ۳ و جدول ۵). همچنین میزان ظهور بیماری لکه توری در گیاهان حاصل از نمونه‌های بذری رقم گوهران G1A48 و G1T42 به ترتیب حدود ۲ درصد و ۵ درصد بود (جدول ۵). میزان ظهور بیماری لکه قهوه‌ای نواری در گیاهان حاصل از نمونه‌های بذری رقم یوسف Y1T57 و Y1A59 به ترتیب حدود ۵ درصد و ۴ درصد بود (جدول ۵). همچنین میزان ظهور بیماری ناشی از قارچ *P. teres* در گیاهان حاصل از نمونه‌های بذری رقم یوسف Y1T57 و Y1A59 حدود ۱ درصد بود (جدول ۵).

**جدول ۵- میزان بروز بیماری‌های بذربُرد لکه قهوه‌ای (نواری و توری) از کاشت نمونه‌های بذری اولیه ارقام مختلف جو (سهند، گوهران و یوسف) تحت تأثیر آلودگی طبیعی به قارچ *Pyrenophora* spp. در آزمایش مزرعه‌ای**

**Table 5. Incidence level of seed-borne brown stripe diseases (stripe and net blotch) from planting initial seed samples of different barley cultivars (Sahand, Goharan and Yoosef) as affected by natural fungal infection by *Pyrenophora* spp. in field experiment**

| Sample code | cultivar | Incidence level of seed-borne brown stripe diseases (%) | Incidence level of leaf stripe disease (%) | Incidence level of net blotch disease (%) | Total plants (number) |
|---|---|---|---|---|---|
| S1L34 | | 4.33 ± 0.43 | 1.09 ± 0.02 | 3.24 ± 0.41 | 92 ± 1.73 |
| S1A36 | Sahand | 7.73 ± 1.09 | ND | 7.73 ± 1.09 | 91 ± 1.08 |
| S1C03 | | ND | ND | ND | 93 ± 1.47 |
| G1A48 | | 7.31 ± 2.07 | 2.08 ± 0.83 | 5.23 ± 1.24 | 95 ± 1.29 |
| G1T42 | Goharan | 17.34 ± 2.81 | 5.40 ± 1.12 | 11.94 ± 1.69 | 92 ± 0.91 |
| G1C04 | | ND | ND | ND | 96 ± 0.71 |
| Y1A59 | | 4.25 ± 1.62 | 1.06 ± 0.75 | 3.18 ± 0.87 | 94 ± 0.41 |
| Y1T57 | Yoosef | 5.39 ± 0.99 | 1.08 ± 0.43 | 4.32 ± 0.56 | 92 ± 1.58 |
| Y1C05 | | ND | ND | ND | 96 ± 1.08 |

*ND: Not detected




**شکل ۳- ظهور بیماری‌های لکه قهوه‌ای نواری (a) و لکه توری (b) روی گیاهچه‌های ارقام سهند نمونه S1L34 (a) و گوهران نمونه G1T42 (b) در مزرعه**

**Figure 3. Appearance of leaf stripe (a) and net blotch diseases (b) on the seedlings of cultivars Sahand of sample S1L34 (a) and Gohran of sample G1T42 (b) in the field**

نتایج حاصل از مقایسه متوسط میزان عملکرد بذر حاصل از کشت نمونه‌های رقم سهند S1A36 (۷ درصد آلودگی بذری) و S1L34 (۶ درصد آلودگی بذری) به ترتیب به میزان ۳۳ گرم و ۱۸ گرم کمتر از نمونهٔ شاهد (کد S1C03) (شکل ۴)، نمونه‌های حاصل از رقم گوهران G1T42 (۱۹ درصد آلودگی بذری) و G1A48 (۱۰ درصد آلودگی بذری) به ترتیب به میزان ۹۱ گرم و ۵۱ گرم کمتر از نمونهٔ شاهد (G1C04) (شکل ۴) و در نمونه‌های بذری حاصل از رقم یوسف Y1T57 (۷ درصد آلودگی بذری) و Y1A59 (۵ درصد آلودگی بذری) به ترتیب به میزان ۴۰ گرم و ۳۰ گرم کمتر از نمونهٔ شاهد (Y1C05) بود (شکل ۴).

## بحث

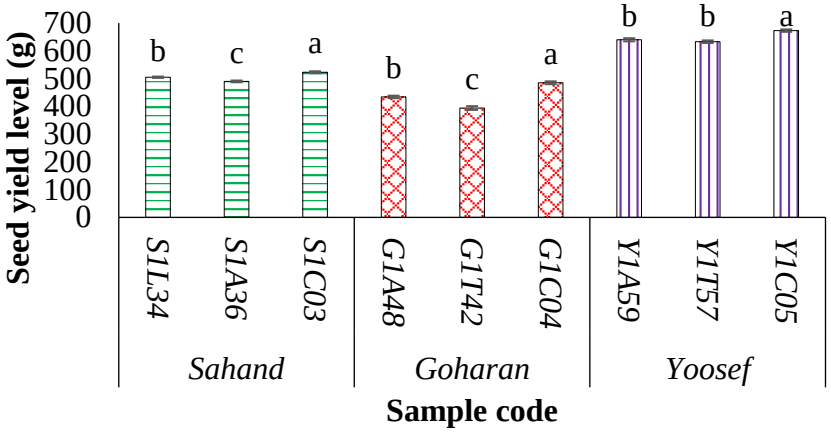
آزمون بلاتر اسمزی به عنوان شایع‌ترین روش مورد استفاده در آزمون‌های سلامت بذر در آزمایشگاه‌های دنیا برای ارزیابی میزان آلودگی بذر جو به قارچ *Pyrenophora* spp. می‌باشد که توسط انجمن بین المللی آزمون بذر پیشنهاد شده است (Mathur & Kongsdal, 2003). شناسایی میزان آلودگی بذور به قارچ *Pyrenophora* در این روش بر اساس توانایی قارچ در تولید رنگدانهٔ کاتنارین[1] روی کاغذ بلاتر می‌باشد (Engström et.al., 1993). با توجه به آنکه هر دو گونه توانایی تولید رنگدانه را دارند، در این روش امکان تفکیک گونه‌های *P. teres* و *P. graminea* وجود نداشته و تنها روش تکمیلی برای شناسایی عامل بیماری، انجام آزمایش گلخانه‌ای و بررسی علایم برگی می‌باشد (Justesen et al., 2008; Liu et al., 2011). از مقایسه نتایج حاصل از میزان آلودگی ردیابی شده به قارچ *Pyrenophora* در آزمون بلاتر اسمزی و روش کشت در محیط آگاردار به میزان ۲۲ درصد (جدایه) تفاوت مشاهده شد. نتایج نشان داد که این ۲۲ درصد تفاوت در اثر آلودگی بذر ناشی از جدایه‌های قارچی *Aspergillus* spp. (۴ جدایه)، *Fusarium* spp. (۱۷ جدایه) و *Penicillium* spp. (۱ جدایه) می‌باشد. برخی از جدایه‌های مختلف قارچ‌های

1 - catenarin

*Fusarium avenaceum*، *Aspergillus glaucus* *F. graminearum*، *F. culmorum*، *F. oxysporum*، *Gaeumannomyces graminis*، *Mycosphaerella graminicola*، *Pyrenophora tritici-repentis*، *Alternaria alternata* و *Cochliobolus sativus*، توانایی تولید و ترشح رنگدانه دارند *Penicillium* sp. (Bouras & Strelkov, 2008; Lebeau et al., 2019) که با مشاهدات این پژوهش مطابقت دارد.

ویژگی‌های ریخت‌شناختی گونه‌های *P. graminea* و *P. teres* شناسایی شده در این پژوهش با صفات ریخت‌شناختی گزارش شده توسط دخانچی و همکاران (Dokhanchi et al., 2022a; Dokhanchi et al., 2022b) مطابقت دارد. جدایه‌های قارچی *P. teres* جداسازی شده به شکل توری (*P. teres* f. *teres*) روی گیاهچه‌های جو علایم ایجاد می‌کنند. با توجه به آنکه چندین روش برای ردیابی و شناسایی قارچ *Pyrenophora* spp. گزارش شده است (Taylor et al., 2001; Justesen et al., 2008; Vasighzadeh et al., 2021)، پیشنهاد می‌گردد به منظور ردیابی دقیق عامل بیماری در نمونه‌های بذری و مزرعه از سایر روش‌های دیگر از جمله واکنش زنجیره‌ای پلی مراز در کنار آزمون بلاتر اسمزی (Mathur & Kongsdal, 2003) استفاده شود. گونه‌های *P. graminea* و *P. teres* از نمونه‌های جمع‌آوری شده از مزارع جو استان‌های آذربایجان‌غربی، آذربایجان‌شرقی، اردبیل، اصفهان، البرز، تهران، خراسان رضوی، خراسان شمالی، خوزستان، زنجان، گلستان و همدان جداسازی و بر اساس ویژگی‌های ریخت‌شناختی و آغازگرهای اختصاصی گونه شناسایی شدند (Dokhanchi et al., 2020a; Dokhanchi et al., 2020b; Vasighzadeh et al., 2021; Khaledi et al., 2024) که با مشاهدات این پژوهش مطابقت دارد. این مشاهدات با گزارش‌های سایر محققان در فنلاند (Peltonen-Sainio et al., 2011)، مجارستان (Ficsor et al., 2014)، دانمارک (Justesen et al., 2008) و انگلستان (Taylor et al., 2001) مطابقت داشت.

میزان بیماریزایی جدایه‌های مختلف قارچ *P. graminea* روی ارقام مختلف جو با توجه به میزان مقاومت رقم و توانایی بیماریزایی جدایه‌ها متفاوت است (Etebarian, 2002). مشاهدات این پژوهش با گزارش‌های دیگر محققان در مورد تفاوت بیماریزایی جدایه‌های مختلف *P. graminea* (Bembelkacem et al., 2000; Bayraktar & Akan, 2012; Benkorteby-Lyazidi et al., 2019) و *P. teres* (Akhavan et al., 2017; Novakazi et al., 2022; Bakonyi et al., 2024) در برهمکنش با ارقام مختلف جو مطابقت دارد.




**شکل ٤- میزان عملکرد بذر ارقام مختلف جو (سهند، گوهران و یوسف) تحت تأثیر آلودگی طبیعی به قارچ‌های *Pyrenophora graminea* و *P. teres* در آزمایش مزرعه‌ای**

**Figure 4. The seed yield level of of different barley cultivars (Sahand, Goharan and Yoosef) as affected by natural fungal infection by *Pyrenophora graminea* and *P. teres* in the field experiment**

با توجه به آنکه نمونه‌های بذری از ارقام مختلف جو می‌باشند، به نظر می‌رسد بخشی از تفاوت مشاهده شده در صفات جوانه‌زنی مربوط به تنوع ژنتیکی موجود در ارقام مورد بررسی در این پژوهش می‌باشد. Hrstková et al. (2006) گزارش کردند که از نظر شاخص‌های بنیه و صفات مرتبط با جوانه‌زنی اختلاف معنی‌داری در ارقام مختلف جو وجود دارد که با مشاهدات این پژوهش مطابقت دارد. آلودگی بذر به قارچی به‌طور قابل‌توجهی می‌تواند روی شاخص‌های مرتبط با ویژگی‌های جوانه‌زنی تأثیر گذار باشد (Khaledi et al., 2023). نتایج این پژوهش با مشاهدات Afissa & Siaki (2021) مطابقت دارد. آن‌ها گزارش کردند که آلودگی بذر به قارچ *P. graminea* موجب کاهش طول گیاهچه حاصل از آن، عملکرد محصول و وزن هزار دانه می‌شود. آلودگی طبیعی بذر جو به قارچ‌های *Drechslera*، *Bipolaris*، *Ascochyta* و *Fusarium* موجب کاهش درصد جوانه‌زنی بذر می‌شود (Kosiada, 2013). شاخص بنیه و صفات مرتبط با جوانه‌زنی با افزایش میزان آلودگی بذر به قارچ *P. teres* کاهش می‌یابد (Carabet et al., 2023) که با مشاهدات این پژوهش مطابقت دارد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین شاخص‌های ارزیابی شده نشان داد که واکنش ارقام نسبت به نوع و میزان آلودگی بذر متفاوت بود. Li et al. (2019) گزارش کردند که نحوی پاسخ میزبان نسبت به اثرات قارچ‌های بذرُبرد و همراه بذر به طور قابل ملاحظه‌ای با توجه به نوع و میزان بیماریزایی جدایه‌های مختلف متفاوت بوده و برخی از جدایه‌های قارچی موجب کاهش و برخی نیز موجب بهبود صفات مرتبط با جوانه‌زنی شوند که با مشاهدات این پژوهش مطابقت دارد.

نتایج حاصل از ارزیابی گیاهچه‌های حاصل از بذور دارای آلودگی طبیعی به قارچ‌های بذرُبرد نشان داد که میزان بروز بیماری ناشی از قارچ *P. graminea* در نمونه‌های بذر رقم سهند و یوسف به میزان حدود ۱ درصد و در نمونه‌های بذر رقم گوهران در محدودهٔ ۲/۰۸ تا ۵/۴۰ درصد می‌باشد. همچنین میزان بروز بیماری ناشی از قارچ *P. teres* در نمونه‌های بذر رقم سهند در محدودهٔ ۳/۲۴ تا ۷/۷۳ درصد و نمونه‌های بذر یوسف در محدودهٔ ۵/۲۳ تا ۱۱/۹۴ درصد و در نمونه‌های بذر رقم گوهران در محدودهٔ ۳/۱۸ تا ۴/۳۲ درصد می‌باشد. Porta-Puglia et al. (1986) گزارش کردند که میزان انتقال بیماری لکه قهوه‌ای نواری از بذر به گیاهچهٔ حاصل در نسل بعد، بسته به میزان آلودگی بذر در محدوده ۰/۳ تا ۲۸/۴ درصد بوده است. میزان انتقال آلودگی بذرُبرد ناشی از قارچ *P. teres* از بذر به گیاهچهٔ حاصل در نسل بعد در شرایط گلخانه ۹ درصد و در شرایط مزرعه از ۶/۵ درصد تا ۱۸/۸ درصد (Carmona et al., 2008) متغیر بود. در صورت کشت بذر جو دارای آلودگی ۵ درصد در شرایط خاص کنترل شده مزرعه، میزان آلودگی گیاهچه حاصل در محدودهٔ ۱ تا ۳ درصد گزارش شده است (Justesen et al., 2008). Kavak (2004) گزارش کرد اولین علایم آلودگی ناشی از قارچ *P. graminea* در مرحله پنجه زنی مشاهده شد و از کاشت بذر دارای آلودگی ۳/۲ درصد میزان عملکرد محصول حدود ۵ درصد کاهش یافته است.

میزان عملکرد بذر نمونه‌های رقم سهند در محدودهٔ ۳/۴۴ تا ۶/۳۱ درصد، در نمونه‌های رقم گوهران در محدودهٔ ۱۰/۵۱ تا ۱۸/۷۶ درصد و در نمونهٔ رقم یوسف در محدودهٔ ۴/۹۰ تا ۵/۹۴ درصد در مقایسه با ارقام شاهد کاهش یافت. Porta-Puglia et al. (1986) گزارش کردند که میزان عملکرد محصول بسته به میزان فراوانی آلودگی به قارچ *P. graminea* در نمونه‌های بذری بین ۲/۹۰ تا ۲۷/۳۵ درصد کاهش یافته است، که با مشاهدات این پژوهش مطابقت دارد. بیماری لکه توری می‌تواند عملکرد بذر جو را به میزان ۹ تا ۱۱/۱ درصد کاهش دهد، اگرچه در صورت مساعد بودن شرایط آب و هوایی برای گسترش آلودگی و عدم رعایت مدیریت این بیماری ممکن است میزان افت عملکرد بذر به ۱۵ تا ۴۰ درصد نیز برسد (Lhadj et al., 2022). میزان عملکرد حاصل از بذرهای آلوده به قارچ *P. teres* در مقایسه با شاهد به میزان ۹/۹۴ درصد کاهش یافته بود (Carmona et al., 2008). نتایج حاصل از مقایسه عملکرد بذر نمونه‌های ارقام مختلف با نمونه‌های شاهد نشان داد که واکنش ارقام بسته به نوع آلودگی، میزان فراوانی و بیماریزایی جدایه‌های قارچی متفاوت است. محققان گزارش کردند که عملکرد محصول تا ۱۴ درصد آلودگی بذر در مقایسه با شاهد از نظر

آماری تفاوت قابل ملاحظه‌ای را ایجاد نمی‌کند (Porta-Puglia et al., 1986)، اما بر اساس نتایج این پژوهش مشاهده شد که عملکرد محصول بسته به واکنش رقم و میزان بیماریزایی جدایه‌های قارچی متفاوت است.

پیش‌بینی میزان بروز و گسترش بیماری‌های لکه قهوه‌ای و تعیین اهمیت اقتصادی آنها به علت عدم اطلاعات از حساسیت و مقاومت ارقام گیاهی، تفاوت در میزان بیماریزایی و پرآزاری جدایه‌ها، تغییر مداوم شرایط آب و هوایی، آلودگی‌های همزمان توسط گونه‌های مختلف و یا همراه با سایر بیمارگرهای گیاهی به‌آسانی امکان‌پذیر نیست. بنابراین انجام اقدامات مدیریتی پیش از کاشت استفاده از قبیل استفاده از بذر گواهی شده و ضدعفونی بذر با قارچکش‌های شیمیایی توصیه شده و همچنین بازرسی مزارع از نظر آلودگی به این بیماری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که میزان و نوع آلودگی، میزان بیماریزایی جدایه‌ها، اثر متقابل هر کدام از این جدایه‌ها روی یکدیگر و همچنین واکنش ارقام نسبت به آن‌ها می‌تواند روی کیفیت بذر و شاخص‌های رشدی گیاهچه‌ها تأثیر گذار باشد. نتایج حاصل از بررسی روند انتقال این بیماری‌ها به نسل بعد و میزان تأثیر آن‌ها روی کیفیت بذر و سلامت گیاهچه‌ها نشان داد که واکنش ارقام نسبت به نوع و میزان آلودگی متفاوت بود. با توجه به امکان بذربُرد بودن قارچ عامل بیماری لکه توری و عدم ذکر این بیماری در استاندارد ملی بذر جو، پیشنهاد می‌گردد ضمن انجام تحقیقات گسترده‌تری در زمینه رابطه آلودگی بین بذر و ظهور بیماری در نسل بعد، در بازنگری استاندارد ملی بذر به این بیماری توجه ویژه‌ای شود. آگاهی از شرایط واقعی سلامتی بذرها نشان می‌دهد که هیچ گونه تحملی نباید برای بذر پیش پایه و پایه مجاز باشد تا حداکثر بهره وری محصول را فراهم کند. پژوهش حاضر دیدگاه‌های جدیدی در مورد تأثیر نوع و میزان آلودگی بذرها به عوامل لکه قهوه‌ای (نواری و توری) روی میزان انتقال بیماری‌ها و برخی از شاخص‌های جوانه‌زنی و صفات رشدی گیاهچه‌ها ارائه می‌دهد.

## سپاس‌گزاری

نگارندگان برای حمایت مالی مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال از این پژوهش با کد مصوب ۰۲۰۹۹۷-۰۳۹-۰۸-۰۸-۱۲ تشکر و قدرانی می‌نمایند.

## REFERENCES

Abedi, M., Rezapour, K., Aghajani, M. A., Asadi, F., & Salimian S. (2019). Determination of optimum timing of fungicides application for the control of barley spot blotch. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 41*, 17–34. https://doi.org/10.22055/ppr.2019.14150

Afissa, W., & Siaki, F. (2021). Comparative study of *Pyrenophora graminea* incidence on *Hordeum vulgare* L. hybrid populations and their parents. *Journal of Oasis Agriculture and Sustainable Development, 3*, 64–71. https://doi.org/10.56027/JOASD.spiss102021

Akhavan, A., Strelkov, S. E., Askarian, H., Kher, S. V., Fraser, M., Kutcher, H. R., & Turkington, T. K. (2017). Sensitivity of western Canadian *Pyrenophora teres* f. *teres* and *P. teres* f. *maculata* isolates to propiconazole and pyraclostrobin. *Canadian Journal of Plant Pathology, 39*, 11–24. https://doi.org/10.1080/07060661.2017.1282541

Anonymous, 2025. International Seed Testing Association (ISTA); International Rules for Seed Testing. Chapter 7: Validated Seed Health Testing Methods. 7 -027: Detection of *Pyrenophora teres* and *Pyrenophora graminea* in *Hordeum vulgare* subsp. *vulgare* (barley) seed. Bassersdorf, Switzerland: International Seed Testing Association; 2022. Available from: https://www.seedtest.org/api/rm/AJ4R928ZGB6468R/ista-rules-2025-shmethods-7-027-en.pdf

Ariyawansa, H. A., Kang, J. C., Alias, S. A., Chukeatirote, E. & Hyde, K. D. (2014). *Pyrenophora*. *Mycosphere, 5*, 351–362. https://doi.org/ 10.5943/mycosphere/5/2/9

Bakonyi, J., Seress, D., Nagy, Z. Á., Csorba, I., Cséplő, M., Marton, T. A., Martin, A., & Mészáros, K. (2024). Virulence spectra of Hungarian *Pyrenophora teres* f. *teres* isolates collected from experimental fields show continuous variation without specific isolate × barley differential interactions. *Journal of Fungi, 10*, 184. https://doi.org/10.3390/jof10030184

Bayraktar, H., & Akan, K. (2012). Genetic characterization of *Pyrenophora graminea* isolates and the reactions of some barley cultivars to leaf stripe disease under greenhouse conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 36*, 329–339. https://doi.org/10.3906/tar-1012-1645

Bembelkacem, A., Boulif, M., Amri, A., & Ceccarelli, S. (2000). Variation in the pathogenicity of 20 Algerian isolates of *Pyrenophora graminea* Ito & Kur. on nine barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties. *Phytopathologia-Mediterranea, 39*, 389–395. https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-1580

Benkorteby-Lyazidi, H., Zeghar, I., Hanifi-Mekliche, L., & Bouznad, Z. (2019). Barley Leaf Stripe disease in Algeria: evaluation of virulent *Pyrenophora graminea* isolates and identification of resistant Algerian barley genotypes. *Journal of Agricultural Sciences, 25*, 367–372. https://doi.org/10.15832/ankutbd.421747

Bouras, N., & Strelkov, S. E. (2008). The anthraquinone catenarin is phytotoxic and produced in leaves and kernels of wheat infected by *Pyrenophora tritici-repentis*. *Physiological and Molecular Plant Pathology, 72*, 87–95. https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2008.06.001

Carabet, A., Grozea, I., Manea, D., Cotuna, O., Scedei, D., Iamandei, M., & Stef, R. (2023). *Pyrenophora teres*, host-pathogen interaction in barley under some seed treatment conditions. *Scientific Papers Series A. Agronomy, LXVI*, 161–166.

Carmona, M., Barreto, D., Moschini, R., & Reis, E. (2008). Epidemiology and control of seed-borne *Drechslera teres* on barley. *Cereal Research Communications, 36*, 637–645. https://doi.org/10.1556/CRC.36.2008.4.13

Çelik Oğuz, A., Karakaya, A., Yüceler, H. S., & Mustafa, Z. (2025). Analyzing genetic diversity and mating type distribution in the Turkish Pyrenophora graminea population. *Physiological and Molecular Plant Pathology, 136*, 102577. https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2025.102577

Coşkuntuna, A., & Özer, N. 2004. Seedborne fungi in Hungarian vetch and their transmission to the crop. *Plant Pathology Journal, 3*, 5–8. https://doi.org/10.3923/ppj.2004.5.8

Dokhanchi, H., Arzanlou, M., Abed-Ashtiani, F. (2022a). Genetic diversity of Iranian populations of *Pyrenophora graminea*, the causal agent of leaf stripe disease on barley. *Journal of Phytopathology, 170*, 517–34. https://doi.org/10.1111/jph.13102

Dokhanchi, H., Babai-Ahari, A., Arzanlou, M., Abed-Ashtiani, F. (2022b). Characterization of *Pyrenophora*, *Bipolaris*, *Curvularia* and *Exserohilum* species associated with leaf spot diseases

on barley in East Azerbaijan province, using morphological and molecular data. *Journal of Applied Research in Plant Protection, 11*, 1–18. https://doi.org/ 10.22034/arpp.2021.13318

Dokhanchi, H., Babai-Ahari, A. & Arzanlou, M. (2020). Distribution of mating type alleles in Iranian populations of *Pyrenophora graminea*, the causal agent of barley leaf stripe disease, using a multiplex PCR approach. *European Journal of Plant Pathology, 156*, 343–354. https://doi.org/10.1007/s10658-019-01866-0

Engström, K., Brishammar, S., Svensson, C., Bengtsson, M., & Anderson, R. (1993). Anthraquinones from some *Drechslera* species and *Bipolaris sorokiniana*. *Mycological Research, 97*, 381–384. https://doi.org/10.1016/S0953-7562(09)81142-8

Etebarian, H. R. (2002). Evaluation of barley cultivars for resistance to leaf stripe. *Plant Protection Science, 38*, 170–173. https:// doi. org/10.17221/10347-PPS

Etebu, E., and Nwauzoma, A. Barth. (2017). A mini-review on the development and emerging perspectives of seed pathology. *Microbiology Research International, 5*, 1–7. https://doi.org/10.30918/MRI.51.16.020

FAOSTAT, (2023). FAOSTAT Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Statistics Division. Retrieved April 20, 2024. From https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCinfo

Ficsor, A., Bakonyi, J., Csosz, M., Tomscanyi, A., Varga, G., & Toth, B. (2014). Occurrence of barley pathogenic *Pyrenophora graminea* species and their mating type in Hungary. *Cereal Research Communication, 42*, 612–619. https://doi.org/10.1556/CRC.2014.0014

Gangwar, O. P., Bhardwaj, S. C., Singh, G. P., Prasad, P., & Kumar, S. (2018). Barley disease and their management: an Indian perspective. *Wheat and Barley Research, 10*, 138–150. https://doi.org/10.25174/22494065/2018/83844

Gubiš, J., Hudcovicová, M., Klčová, L., Červená, V., Bojnanská, K., & Kraic, J. (2004) Detection of leaf blotches – causal agents in barley leaves and grains. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 40*, 111–117. https://doi.org/10.17221/3708-CJGPB

Hrstková, P., Chloupek, O., & Bébarová, J., (2006). Estimation of barley seed vigour with respect to variety and provenance effects. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 42*, 44–49. https://doi.org/10.17221/3653-CJGPB

Jawhar, M., & Arabi. M. I. E. (2006). Genetic variability among *Pyrenophora graminea* isolates. *Australasian Plant Pathology, 35*, 279–281. https://doi.org/10.1071/AP06001

Justesen, A. F., Hansen, H. J., & Pinnschmidt, H. O. (2008). Quantification of *Pyrenophora graminea* in barley seed using real-time PCR. *European Journal of Plant Pathology, 122*, 253–263. https://doi.org/10.1007/s10658-008-9278-1

Kavak H., (2004). *Pyrenophora graminea* in fields sown- spring barley Angora in arid district of Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences, 7*, 1225–1228. https://doi.org/10.3923/pjbs.2004.1225.1228

Khaledi, N., Zare, L., Hassani, F., & Moslemkhani, C. (2023). Effect of seed disinfection on the quality indicators of germination and the incidence of Loose smut disease of barley. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 45*, 53–76. https://doi.org/10.22055/ppr.2023.17997

Khaledi, N., Zare, L., Hassani, F., & Osroosh, S. 2024. Comparison of diagnostic methods, virulence and aggressiveness analysis of Pyrenophora spp. in pre-basic seeds in the barley fields. *Tropical Plant Pathology, 49*, 304–316. https://doi.org/10.1007/s40858-023-00631-3

Kosiada, T. (2013). Influence of *Ascochyta*, *Bipolaris*, *Drechslera*, *Fusarium* inoculations on the germination, emergence and infection of barley leaves. *Cereal Research Communications, 41*, 116–125. https://doi.org/10.1556/CRC.2012.0026

Lebeau, J., Petit, T., Clerc, P., Dufossé, L., & Caro, Y. (2019). Isolation of two novel purple naphthoquinone pigments concomitant with the bioactive red bikaverin and derivates thereof produced by *Fusarium oxysporum*. *Biotechnology Progress, 35*, e2738. https://doi.org/10.1002/btpr.2738

Lhadj A. W., Boungab K., Assia R. F., Oğuz Ç. A., Karakaya A., & Ölmez, F. (2022). Genetic diversity of *Pyrenophora teres* in Algeria. *Journal of Plant Pathology, 104*, 305–315. https://doi.org/10.1007/s42161-021-01010-0

Li, Y. M., Shaffer, J. P., Hall, B., & Ko, H. (2019). Soil-borne fungi influence seed germination and mortality, with implications for coexistence of desert winter annual plants. *PLoS ONE, 14*, e0224417. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224417

Liu, Z., Ellwood, S. R., Oliver, R. P., & Friesen, T. L. (2011). Pyrenophora teres: profile of an increasingly damaging barley pathogen. *Molecular Plant Pathology, 12*, 1–19. https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2010.00649.x.

Liu, M., Li, Y., Ma, Y., Zhao, Q., Stiller, J., Feng, Q., Tian, Q., Liu, D., Han, B., & Liu, C. (2020). The draft genome of a wild barley genotype reveals its enrichment in genes related to biotic and abiotic stresses compared to cultivated barley. *Plant Biotechnology Journal, 18*, 443–456. https://doi.org/10.1111/pbi.13210

Mathur, B. S., & Kongsdal, O. (2003). Common laboratory seed health testing methods for detecting fungi. Bassersdorf, Switzerland: International Seed Testing Association (ISTA), 425 pp.

Murray, T. D., Parry, D. W., & Cattlin, N. D. (2013). Diseases of small grain cereal crops: a colour handbook. CRC Press, London, 142 pp.

Nooralahi, K., & Shahbazi, S. (2015). Study on genetic structure of *Pyrenophora graminea* populations the causal agent of barley leaf stripe disease using ISSR marker. *Iranian Journal of Plant Protection Science, 46*, 161–177. https://doi.org/10.22059/ijpps.2015.54731

Novakazi, F., Göransson, M., Stefánsson, T.S., Hokka, M., Jalli, M., & Hallsson, J. H. (2022). Virulence of Icelandic *Pyrenophora teres* f. *teres* populations and resistance of Icelandic spring barley lines. *Journal of Plant Pathology, 104*, 205–213. https://doi.org/10.1007/s42161-021-00972-5

Pecchioni, N., Faccioli, P., Toubia-Rahme, H., Valè, G., & Terzi, V. (1996). Quantitative resistance to barley leaf stripe (*Pyrenophora graminea*) is dominated by one major locus. Theoretical and Applied Genetics, 93, 97–101. https://doi.org/10.1007/BF00225733

Peltonen-Sainio, P., Jauhiainen, A. R. L., & Hakala, K. (2011). Hidden viability risks in the use of farm-saved small-grain seed. *Journal of Agricultural Science, 149*, 713–724. https://doi.org/10.1017/S0021859611000335

Porta-Puglia, A., Delogu, G., Vannacci, G. (1986). *Pyrenophora graminea* on winter barley seed: effect on disease incidence and yield losses. *Journal of Phytopathology, 117*, 26–33. https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.1986.tb04356.x

Rau, D., Maier, F. J., Papa, R., Brown, A. H. D., Balmas, V., Saba, E., Schafer, W., & Attene, G. (2005). Isolation and characterization of the mating-type locus of the barley pathogen *Pyrenophora teres* and frequencies of mating- type idiomorphs within and among fungal populations collected from barley landraces. *Genome, 48*, 855–869. https://doi.org/10.1139/g05-046

Si, E., Meng, Y., Ma, X., Li, B., Wang, J., Ren, P., Yao, L., Yang, K., Zhang, Y., & Shang, X. (2019). Development and characterization of microsatellite markers based on whole-genome sequences and pathogenicity differentiation of *Pyrenophora graminea*, the causative agent of barley leaf stripe. *European Journal of Plant Pathology, 154*, 227–241. https://doi.org/10.1007/s10658-018-01651-5

Sivanesan, A. (1987). Graminicolous species of *Bipolaris*, *Curvularia*, *Drechslera*, *Exserohilum* and their teleomorphs. Mycological Papers, 261 pp.

Sohrabi, M., Malekzadeh shafaroudi, S., & Aghnoum, R. (2022). Identification of genetic sources of resistance to the seed-born leaf stripe disease of barley (*Pyneophera graminea* Ito & Kurib). *Journal of Crop Breeding, 14*, 164–179. https://doi.org/10.52547/jcb.14.43.164

Taylor, E. J. A., Stevens, E. A., Bates, J. A., Morreal, G., Lee, D., Kenyon, D. M., & Thomas, J. E. (2001). Rapid-cycle PCR detection of *Pyrenophora graminea* from barley seed. *Plant Pathology, 50*, 347–355. https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2001.00563.x

Vasighzadeh, A., Sharifnabi, B., Javan-Nikkhah, M., Seifollahi, E., Landermann-Habetha, D., Feurtey, A., & Holtgrewe-Stukenbrock, E. (2021). Population genetic structure of four regional populations of the barley pathogen *Pyrenophora teres* f. *maculata* in Iran is characterized by high genetic diversity and sexual recombination. *Plant Pathology, 70*, 735–744. 10. https://doi.org/10.1111/ppa.13326

© 2025 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/.