



Review article

Sustainable management of bean root rots using epidemiologyBITA NASERI¹✉, ALI DEGHANI², SARA SIAHPOUSH²

1. Associate Professor, Plant Protection Research Department, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre, AREEO, Kermanshah, Iran; 2,3. Assistant professor, Plant Protection Research Department, Lorestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Centre, AREEO, Lorestan, Iran

(Received: July 2025; Accepted: Oct., 2025)

Abstract

As epidemiology shows, the description of indicators related to weather, environment, soil, agricultural practices, host plant botany, and pathogen virulence is greatly needed for sustainable and efficient management of plant diseases. For instance, increasing genetic resistance of bean as host plant is accessible according to effective agronomic practices in particular optimal planting date based on multiple interaction of plant resistance, optimum date of planting and soil indicators of root rot disease development. As another example, an effective application of fungicide in disinfecting of seed based on epidemiology not only inhibits risks and over-use of fungicide soil-application, but also reduces chemical pollution of soil and water. In this soilborne disease, it could also benefit from correlation of disease epidemics occurrence with soil biotic and structural characteristics, agronomic indicators such as optimized irrigation and fertilization, weather indicators used to optimize planting date, progression of disease in host plant and its regional distribution. Thus, involving further disease control strategies highly improves efficiency and stability of sustainable disease management. Hence, sustainable management of plant diseases is accurately achievable according to epidemiological science and using predictive models.

Keywords: Epidemiology, climate, disease outbreak, soil

DOI: <http://doi.org/10.22092/jaep.2025.370552.1553>

✉ b.naseri@areeo.ac.ir

©2025, The Author(s). Published by Iranian Research Institute of Plant Protection (IRIPP). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)



مقاله مروری

مهار پایدار پوسیدگی ریشه لوبیا با بهره‌گیری از دانش همه‌گیر شناسی

بیتا ناصری^۱ , علی دهقانی^۲، سارا سیاهپوش^۳

۱- دانشیار، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران؛

۲،۳- استادیار، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی لرستان، ایران

(تاریخ دریافت: مرداد ۱۴۰۴؛ تاریخ پذیرش: آبان ۱۴۰۴)

چکیده

همان‌گونه که از نام دانش همه‌گیرشناسی بر می‌آید، شناسایی نشانگرهای وابسته به هواشناسی، زیستگاه، خاک، روش‌های کشاورزی، گیاه‌شناسی گیاه میزبان بیماری، و بیماری‌زایی بیمارگر برای مهار پایدار و کارآمد بیماری‌های گیاهی نیاز است. برای نمونه، افزایش مقاومت ژنتیکی گیاه لوبیا با به‌کارگیری روش‌های کشاورزی به‌ویژه بهینه‌سازی هنگام کاشت بر پایه یافته همه‌گیرشناسی از هم‌بستگی چندگانه میان مقاومت گیاه، کاشت به‌هنگام و نشانگرهای کلیدی خاک پیشرفت بیماری پوسیدگی ریشه انجام‌پذیر است. نمونه دیگر، می‌توان از کاربرد کارآمد قارچکش در ضدعفونی دانه لوبیا بر پایه دانش همه‌گیرشناسی این بیماری خاک‌زاد یاد نمود که همگام با جلوگیری از کاربرد بی‌رویه و زیان‌بار قارچکش در خاک، از آلودگی شیمیایی خاک و آب نیز می‌کاهد. همچنین در برنامه‌ریزی مهار پایدار این بیماری خاک‌زاد می‌توان از هم‌بستگی میان رخداد همه‌گیری بیماری با ویژگی‌های زیستی و ساختاری خاک، روش‌های کشاورزی مانند آبیاری و کوددهی، رویدادهای هواشناسی برای بهینه‌سازی هنگام کاشت، روند پیشرفت بیماری در گیاه میزبان و گسترش آن در هر پهنه سود بسیار جست. پس به‌کار بستن شمار بیش‌تری از روش‌های مبارزه با بیماری، کارایی و پایداری برنامه مهار بیماری را افزایش چشمگیری می‌دهد. از همین‌رو مهار پایدار بیماری‌های گیاهی با کمک دانش همه‌گیرشناسی و به‌کارگیری مدل‌های پیش‌آگاهی به درستی انجام‌پذیر است.

واژه‌های کلیدی: اقلیم، خاک، همه‌گیرشناسی، همه‌گیری بیماری

مقدمه

دانش همه‌گیرشناسی به ما کمک می‌کند تا با به‌کارگیری برترین ابزار مبارزه با هر بیماری به مهار پایدار و کارآمد آن بپردازیم. ارزیابی کارایی این ابزار مبارزه در چارچوب یافته‌های پژوهشی در زمینه روش‌های مهار هر بیماری بر روی هر گیاه میزبان جداگانه به دست می‌آید (Dehghani, 2012a). پس این دانش بایستی برتری روش‌های گوناگون مبارزه با هر بیماری را بیشتر آزموده باشد تا بر پایه درصد کارایی هر روش، مهار کارآمد با آن بیماری را برنامه‌ریزی نماید. ناگفته پیداست که در همه‌گیرشناسی یک بیماری همه زمینه‌های آغازگر و گسترش دهنده بیماری در گیاه میزبان آزمایش می‌گردد و از میان این زمینه‌ها، نشانگرهای کلیدی رخداد همه‌گیری و پیشرفت بیماری را شناسایی و نمره‌دهی می‌کند. هدف از این نوشتار گردآوری دستاوردها و یافته‌های نوین دانش همه‌گیرشناسی با رویکرد مهار پایدار بیماری فراگیر و زیان‌بار پوسیدگی ریشه لوبیا در ایران به زبان ساده و گویا می‌باشد.

لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) نخستین گیاه مورد کشت کشاورزان از خانواده‌ی حبوبات در دنیا و دومین پس از نخود در ایران است. این گیاه با تثبیت نیتروژن و در دور کشتی (تناوب) با گیاهان خانواده گندمیان به ویژه گندم، جو و ذرت کمک بزرگی به کشاورزی پایدار به شمار می‌آید (Naseri & Ansari Hamadani, 2014). لوبیا در ۱۰۱۳۶۷ هکتار زمین زیر کشت دیم و آبی کشور در سال ۱۴۰۱-۰۲ کشت شده است (بی‌نام، ۱۴۰۲). استان‌های فارس با ۲۶، لرستان با ۱۶ و زنجان با ۱۳ هزار هکتار بیش‌ترین زمین زیر کشت لوبیا را در کشور دارا هستند (بی‌نام، ۱۴۰۲). از همین‌رو برای دستیابی به دانش درستی از همه‌گیرشناسی بیماری پوسیدگی ریشه لوبیا در استان‌های زنجان و لرستان پیشرو لوبیاکاری کشور به ارزیابی گسترده و موشکافانه دست‌کم ۵۰ نشانگر روش‌کارهای کشاورزی، خاک، گیاه لوبیا، قارچ‌های بیمارگر فراگیر، هواشناسی و بیماری در برهمکنش با زمان پرداخته شده است.

قارچ‌های بیمارگر پوسیدگی ریشه لوبیا

در سال ۱۳۸۶، پایش گسترده لوبیاکاری‌های استان زنجان و جداسازی بیمارگرهای پوسیدگی ریشه و بوته‌میری لوبیا در آزمایشگاه نشان داد که قارچ‌های *Fusarium solani* (پوسیدگی فوزاریومی)، *Rhizoctonia solani* (پوسیدگی ریزوکتونیایی)، *Macrophomina phaseolina* (پوسیدگی ذغالی) و *Fusarium oxysporum* (پژمردگی فوزاریومی) فراوان‌ترین بیمارگرهای ریشه و طوقه لوبیا هستند (Naseri, 2008c). قارچ بیمارگر *F. solani* بالاترین فراوانی جداسازی از نمونه‌های پوسیدگی ریشه گردآوری شده از پهنه‌های لوبیاکاری استان زنجان در بازه ۳-۹۶ درصد را داشت. دومین قارچ بیمارگر فراگیر *R. solani* بود که درصد فراوانی جداسازی آن از نمونه‌های آلوده ریشه لوبیا در بازه ۹۲-۰ درصد را داشت. سومین بیمارگر فراگیر قارچ *M. phaseolina* با فراوانی ۵۲-۰ درصد بود (Naseri, 2007). چهارمین بیمارگر فراگیر نیز قارچ *F. oxysporum* با فراوانی ۲۳-۰ درصد از ریشه‌های آلوده لوبیا جداسازی و شناسایی شد (Naseri, 2008a,b). سپس همه‌گیرشناسی این چهار بیمارگر فراگیر در پهنه‌های لوبیاکاری استان زنجان در با هدف مهار پایدار پوسیدگی ریشه لوبیا انجام گرفت (Naseri, 2011a). قارچ بیمارگر *Sclerotinia sclerotiorum* نیز با فراوانی کم‌تری از نمونه‌های ریشه آلوده لوبیا جداسازی شد و بر روی گیاه لوبیا در گلخانه بیماریزا بود. این بیمارگر تنها در دو لوبیاکاری با آبیاری بیش از اندازه (۳-۲ روز یک‌بار) و کاشت بسیار پرپشت بوته‌های لوبیا و با پیدایش سختینه‌های فراوان و سیاه‌رنگ قارچ بر روی طوقه و خاک پای بوته‌های آلوده گزارش گردید. با هدف شناسایی گونه‌های فوزاریوم وابسته به پوسیدگی ریشه لوبیا، ۵۰ جدایه از ریشه‌های آلوده نمونه‌برداری شده از پهنه‌های لوبیاکاری استان زنجان در هشت گونه *F. solani*، *F. acuminatum*، *F. crookwellense*، *F. equiseti*، *F. brevicatenuatum*، *F. oxysporum*، *F. semitectum*، *F. sambucinum* رده‌بندی شدند (Safarloo & Hemmati, 2014). سه گونه پایانی برای نخستین بار در کشور از روی ریشه آلوده لوبیا گزارش شدند و گونه *F. solani*

فراوان‌ترین و بیماری‌زاترین بیمارگر پوسیدگی ریشه لوبیا در پهنه‌های لوبیاکاری استان شناخته شد. شناسایی بیمارگرهای فراگیر استان لرستان بر پایه ریخت‌شناسی پرگنه و آزمایش‌های ژنومی نشان داد قارچ *F. solani* با فراوانی ۳۳ درصد، *F. Oxysporum* با فراوانی ۲۷ درصد، *M. phaseolina* با فراوانی ۱۶ درصد و *R. solani* با فراوانی ۸ درصد بودند (Dehghani et al., 2018a). در این پژوهش بیماری پوسیدگی ریشه در پهنه‌های لوبیاکاری استان با پیشروی دوره رویشی گیاه میزبان روندی افزایشی داشت (Dehghani et al., 2016). در استان لرستان به تازگی همراه با قارچ بیمارگر پژمردگی فوزاریومی، باکتری بیمارگر پژمردگی لوبیا نیز به گزارش رسید (Dehghani et al., 2025).

نشانگرهای زیان (خسارت) بیماری پوسیدگی ریشه در لوبیاکاری بازدهی (عملکرد) لوبیا همبستگی بسیار بالایی با درصد آلودگی بوته به بیمارگرهای پوسیدگی ریشه فراگیر در استان زنجان داشت (Naseri & Moradi, 2007). این برآورد نشان داد به ازای هر یک درصد افزایش آلودگی بوته لوبیا به بیماری پوسیدگی ریشه، ۴ غلاف و ۱۲ دانه در بوته کاهش یافت. همچنین برآوردها گویای کاهش ۶ گرم دانه‌دهی بوته و ۲۷۵ گرم دانه‌دهی بوته‌های لوبیا در متر مربع به ازای هر یک درصد افزایش آلودگی بوته به بیماری بود. برآورد دیگری نشانگر کاهش غلاف‌دهی تا ۶۰ درصد و دانه‌دهی تا ۵۲ درصد بوته لوبیای آلوده به پوسیدگی ریزوکتونیایی ریشه بود (Naseri, 2012b). یافته‌های دیگر از همه‌گیرشناسی پوسیدگی فوزاریومی ریشه با سه بار پایش بیماری در گیاهچه‌ای، گلدهی و غلاف‌دهی، و رسیدگی بوته در ۱۲۲ لوبیاکاری نشان دادند که غلاف‌دهی و دانه‌دهی بوته در لوبیا قرمز بیش‌تر از لوبیا سفید و چیتی، و در دیرکاشت پایان بهار در ۵ سانتی‌متری زیر خاک بیش‌تر از زودکاشت نیمه بهار در ۱۵-۱۰ سانتی‌متری زیر خاک بودند (Naseri & Mousavi, 2013). همچنین غلاف‌دهی و دانه‌دهی بوته لوبیا در خاک دارای ۶۵-۴۵ درصد شن کمتر از خاک دارای ۴۵-۲۵ درصد شن، در خاک دارای ۳۰-۱۵ درصد لای کمتر از خاک دارای ۴۸-۳۰ درصد لای، در خاک با مواد

آلی پایین ($< ۱/۲\%$) کمتر از خاک با مواد آلی بالا (۱/۸-۱/۲ درصد)، در بوته لوبیا با گره ریزوبیومی کم پایین‌تر از ریشه دارای گره ریزوبیومی زیاد بودند (Naseri, 2014b). همه‌گیرشناسی پژمردگی فوزاریومی لوبیا در سه بار پایش ۴۸ لوبیاکاری استان زنجان نشانگر وابستگی دانه‌دهی بوته با نژاد لوبیا، روش کشت (کرتی یا جوی-پشته)، هنگام کاشت، گیاه مورد کاشت در سال گذشته زمین، درصد رس خاک و کاربرد کود اوره بود (Naseri & Tabande, 2017). همه‌گیرشناسی پوسیدگی ذغالی ریشه در سه بار پایش ۴۸ لوبیاکاری گویای همبستگی بالای دانه‌دهی بوته لوبیا با درصد رس خاک، نژاد گیاه، هنگام و عمق کاشت، روش کاشت (کرتی یا جوی-پشته)، گیاه مورد کاشت در سال پیش از لوبیا، درصد گره‌دهی ریزوبیومی ریشه، کاربرد کود اوره و علفکش بود (Naseri et al., 2018). ارزیابی توده قارچ بیمارگر فراگیر *F. solani* در نمونه‌برداری از خاک، ریشه و دانه لوبیا در گیاهچه‌ای، گلدهی غلاف‌دهی، و رسیدگی گیاه میزبان نشان داد میانگین لگاریتمی CFU (Colony forming unite) در هر گرم نمونه خاک زمین کشاورز به هنگام نمونه‌برداری، پهنه لوبیاکاری، غلاف‌دهی و دانه‌دهی بستگی داشت (Naseri, 2011b). همچنین درصد فراوانی قارچ بیمارگر در ریشه لوبیا نمونه‌برداری شده در گیاهچه‌ای و رسیدگی گیاه میزبان با درصد آلودگی به پوسیدگی فوزاریومی ریشه، دانه‌دهی و غلاف‌دهی بوته همبستگی داشت. پیرو همه‌گیرشناسی پوسیدگی ریزوکتونیایی ریشه لوبیا در زمین آزمایشی، دانه‌دهی بوته (کیلوگرم در هکتار) با دیرکاشت در نیمه دوم خردادماه استان زنجان ۲۴-۱۰ درصد و با کاربرد گیاه‌کش‌های (علف‌کش‌های) ایمازتاپیر و تریفلورالین و وجین دستی گیاهان خودرو ۱۷-۶ درصد افزایش داشت (Naseri & Kakhki, 2022). این دستاورد از برهمکنش سه گانه دانه‌دهی بوته با نشانگرهای ویژه پیشرفت بیماری پوسیدگی ریزوکتونیایی بر روی ریشه لوبیا و نشانگرهای زیست‌توده گیاهان خودرو در کرت آزمایشی بود که در کارگاه آموزشی پوسیدگی ریشه حبوبات فرانسه برای نخستین بار در دنیا

قارچکش در خاک، کاربرد قارچکش در ضدعفونی دانه لوبیا پیش از کاشت، کاشت دانه دستی به جای دستگاه کارنده، و به کارگیری آبیاری نواری یا بارانی به جای آبیاری غرقابی افزایش چشم‌گیر یافت (Naseri *et al.*, 2016).

ارزیابی دامنه میزبانی و تنوع ژنتیکی قارچ بیمارگر فراگیر لوبیاکاری
در راستای همه‌گیرشناسی بیماری پوسیدگی ریشه در استان‌های پیشرو لوبیاکاری کشور، دامنه میزبانی و تنوع ژنتیکی قارچ بیمارگر فراگیر در استان زنجان با هدف برنامه‌ریزی مهار پایدار بیماری ارزیابی گردید. در نمونه‌برداری و جداسازی بیمارگرهای پوسیدگی ریشه از ۶۳ لوبیاکاری استان زنجان در تابستان ۱۳۸۸ در شهرستان‌های ابهر، خرمدره و خدابنده، ۴۳ جدایه قارچ *F. solani* f.sp. *phaseoli* به دست آمد که ۳ جدایه بالاترین بیماری‌زایی بر روی گیاهچه لوبیا در گلخانه را داشتند و در مایه‌زنی گیاهچه‌های ۳ هفته‌ای گیاهان مورد کاشت در پهنه‌های لوبیاکاری زنجان، لوبیا قرمز، لوبیا سفید، لوبیا چیتی، نخود، عدس، اسپرس، یونجه، باقلا و گندم میزبان ۱۱ جدایه بیمارگر بودند (Khodaghali *et al.*, 2010). افزون بر این یافته گلخانه‌ای، در ارزیابی میدانی ۳۵ لوبیاکاری استان زنجان در سال ۱۳۸۷ بیماری‌های پوسیدگی فوزاریومی و ریزوکتونیایی در کشت‌های پشته‌سرم لوبیا بسیار بالاتر از کشت‌های چرخشی یکساله یا بیش‌تر با دیگر گیاهان بود (Naseri & Ansari Hamadani, 2014). همچنین بیماری پوسیدگی ذغالی در کشت‌های پشته‌سرم لوبیا بسیار بالاتر از کشت‌های چرخشی سه ساله یا بیش‌تر با دیگر گیاهان بود. به کارگیری ابزار کشت چرخشی لوبیا با دیگر گیاهان در کاهش بیماری پژمردگی فوزاریومی کارایی از خود نشان نداد. در زمینه بازدهی لوبیا، دانه‌دهی لوبیا در کشت‌های چرخشی سه ساله و سه سال به بالا بیش‌تر بود (Naseri & Ansari Hamadani, 2014). این یافته‌های بومی‌سازی شده می‌تواند راهگشای برنامه‌ریزی بهینه کشت چرخشی با هدف کاهش توده قارچ‌های بیمارگر در خاک یا بازمانده گیاهی لوبیا در خاک و افزایش بازدهی لوبیاکاری کشور باشد.

گزارش گردید (Kakhki *et al.*, 2022d). همچنین این یافته پژوهشی نشان داد که کارایی این دو گیاهکشی در مبارزه با گیاه خودرو در دیرکاشت لوبیا در پایان بهار ۴۲ درصد و در زودکاشت نیمه بهار ۲۸ درصد بود. پس زودکاشت لوبیا در نیمه بهار نه تنها بیماری را افزایش می‌دهد که از کارایی گیاهکشی و دانه‌دهی بوته نیز می‌کاهد. میانگین اندازه پهنک برگ در بوته لوبیا با نرخ پیشرفت بیماری پوسیدگی فوزاریومی ریشه و زیست توده گیاهان خودرو همبستگی بالایی داشت (Kakhki *et al.*, 2022a). برآورد دانه‌دهی بوته لوبیا با کمک نشانگرهای ویژه پیشرفت بیماری پوسیدگی ریشه در دوره رویشی گیاه میزبان، هنگام کاشت زمین، کارایی مبارزه با گیاهان خودرو با گیاهکشی و وجین دستی، درصد آلودگی ریشه به مگس میوه، با ارزیابی ۲۵۶ کرت آزمایشی در استان زنجان انجام گرفت (Kakhki *et al.*, 2023). این یافته‌ها همگی نشانگرهای کلیدی زیان بیماری در لوبیاکاری را برای ما آشکار می‌سازند.

در ارزیابی میدانی برهمکنش دانه‌دهی لوبیا با بیماری پوسیدگی فوزاریومی ریشه، بوته لوبیا قرمز بیش‌تر از لوبیا سفید و چیتی دانه‌دهی و غلاف‌دهی داشت (Naseri, 2011e). در دو سوم از لوبیاکاری‌های استان زنجان، کاشت زمین با کمک دستگاه کارنده انجام می‌گیرد که با کاهش دانه‌دهی و غلاف‌دهی بوته لوبیا روبرو هستند (Naseri, 2013e). این برتری روش کاشت دستی را شاید بتوان یکی از پیامدهای کاربری بیش از اندازه بدون رسیدگی فنی به دستگاه کارنده و کاستی در کشت دانه لوبیا دانست. لوبیاکاران نیز بر همین باورند که کهنگی دستگاه کارنده و ناترازی زمین کشاورزی می‌تواند گویای این کاستی باشد. برای نمونه، همین دو کاستی می‌تواند به کاشت عمیق‌تر دانه لوبیا در عمق‌های بالای ۵ سانتی‌متری و افزایش بیماری پوسیدگی ریشه بیانجامد. در بخش دیگری از این دستاوردها دانه‌دهی بوته لوبیا به دنبال مبارزه با گیاهان خودرو با کاربرد گیاهکشی یا وجین دستی، افزایش مواد آلی خاک با کاربرد کود حیوانی پوسیده، بهبود گره‌دهی ریزوبیومی ریشه و دیگر ریزجانداران سودمند با خودداری از کاربرد کود اوره و

در انگشت‌نگاری ژنومی توده‌های بومی و ۳۰ جدایه این قارچ بیمارگر در استان زنجان، آغازگر OPA-13 در آزمایش RAPD توانست ۲۳ جدایه را در ۱۱ دودمان کلونی جای دهد که گویای تنوع ژنتیکی بالای این قارچ است (Khodaghali *et al.*, 2011). در این پژوهش برای نخستین بار در استان زنجان از نمونه‌برداری ۱۱ پهنه لوبیاکاری، گروه‌بندی ۳۰ جدایه قارچی بر پایه واکنش زنجیره‌ای پلیمرز با کمک آغازگرهای RAPD و ERIC بر روی DNA استخراج شده از جدایه‌های بیمارگر انجام گرفت که نشان از هم‌خوانی بالایی میان هر دو روش بود (Khodaghali *et al.*, 2013). در پژوهشی دیگر، ۴۲ جدایه بیمارگر فراگیر *F. solani* جداسازی شده از نمونه‌های ریشه آلوده از پهنه‌های لوبیاکاری استان زنجان در پنج گروه بزرگ سازگاری رویشی گروه‌بندی شدند (Safarloo & Hemmati, 2014). بایستی افزود جدایه‌های با بیماری‌زایی بالاتر در یک گروه سازگاری رویشی دسته‌بندی شدند که بیش‌ترین جدایه‌های مورد آزمایش را در خود جای داد و می‌تواند نمایانگر وابستگی و نزدیکی ژنومی توان بیماری‌زایی و سازگاری رویشی در این قارچ بیمارگر باشد. تنوع ژنتیکی بالای قارچ بیمارگر از کارآیی ارقام مقاوم و ماندگاری مقاومت ژنتیکی به بیماری می‌کاهد. هرچند در ارزیابی‌های گلخانه‌ای، زمین آزمایشی و لوبیاکاری‌های استان‌های زنجان و لرستان هیچ‌گونه رقم مقاوم لوبیا به پوسیدگی ریشه گزارش نشده است. از همین‌رو به کارگیری روش‌های چندگانه مهار پایدار بیماری در چارچوب مدیریت یکپارچه (تلفیقی) موردنیاز است تا در نبود یا کمبود رقم مقاوم یا متحمل، از گسترش بیمارگرهای فراگیر در لوبیاکاری کاسته شده و بر بازدهی لوبیا بیافزاید.

زادمایه بیمارگرهای قارچی

در پژوهشی سه ساله (۸۸-۱۳۸۶)، توده قارچ بیمارگر فراگیر پوسیدگی ریشه *F. solani* در نمونه‌برداری خاک ۱۳۵ لوبیاکاری، ریشه و دانه لوبیا از پهنه‌های آلوده استان زنجان در گیاهچه‌ای، گلدهی و غلاف‌دهی، و رسیدگی گیاه میزبان ارزیابی شد (Naseri, 2011b). میانگین لگاریتمی CFU در هر

گرم نمونه خاک زمین کشاورز به هنگام نمونه‌برداری و پهنه لوبیاکاری بستگی داشت و از گیاهچه‌ای تا رسیدگی گیاه میزبان در خاک لوبیاکاری افزایش یافت. همین یافته از پراکنش بیمارگر فراگیر و همه‌گیرشناسی بیماری پوسیدگی فوزاریومی ریشه لوبیا گویای نیاز به گنجاندن گیاهانی مانند گندم، جو و ذرت در کشت چرخشی با لوبیاست که بیمارگر توان بیماری‌زایی و سپس زمستان‌گذرانی کم‌تری بر روی آنها دارد. از سوی دیگر چهار بیمارگر فراگیر پوسیدگی ریشه لوبیا در آلوده‌سازی خاک، ریشه و دانه لوبیا با یکدیگر یکسان نبودند، به گونه‌ای که دو قارچ *F. solani* و *R. solani* درصد فراوانی بیش‌تری در بافت ریشه گیاه میزبان، قارچ *F. oxysporum* بیش‌ترین فراوانی در دانه لوبیا، و دو قارچ *F. oxysporum* و *R. solani* بالاترین توده قارچی (میانگین لگاریتمی CFU در هر گرم نمونه) در خاک لوبیاکاری را داشتند (Naseri & Emami, 2013a). در زمینه پراکنش این بیمارگرها، یافته‌های پژوهشی نشان دادند شهرستان خیرآباد پایین‌ترین آلودگی گیاهی و خاکی، شهرستان خدابنده بالاترین آلودگی بافت گیاهی (ریشه و دانه)، و شهرستان خرمدره بالاترین آلودگی خاکی را داشت (Naseri & Emami, 2013b). چنین دستاوردهایی به ما کمک می‌کند تا نمره‌دهی به راه‌کارهای مبارزه با بیماری و جلوگیری از گسترش آلودگی در هر پهنه بر پایه درست و کارساز انجام گیرد. برای نمونه، کاربرد قارچ‌کش در پاک‌سازی آلودگی قارچی دانه لوبیا پیش از کاشت در پهنه آلوده خدابنده بیش‌تر از پهنه خیرآباد نیاز است.

در ارزیابی توده قارچ بیمارگر *M. phaseolina* در خاک ۱۳ لوبیاکاری استان زنجان، میانگین لگاریتمی CFU در هر گرم نمونه خاک در گیاهچه‌ای، گلدهی-غلاف‌دهی، و رسیدگی بوته با نشانگرهای بافت خاک، EC، و عمق کاشت همبستگی داشت (Naseri, 2013f). برای نمونه، این قارچ بیمارگر در سراسر دوره رویشی لوبیا در خاک لومی با درصد لای بیشتر آلودگی پایین‌تری داشت. نمونه دیگر گویای افزایش آلودگی این قارچ بیمارگر در خاک‌های با EC یا شوری بالاتر بود. در پژوهش

دیگری بر روی توانایی آلوده‌سازی چهار بیمارگر فراگیر پوسیدگی ریشه لوبیا، گسترش بیماری پوسیدگی ریشه لوبیا با فراوانی قارچ *F. oxysporum* در بافت ریشه، و فراوانی قارچ‌های *M. phaseolina* و *F. solani* در دانه همبستگی بالا داشت (Naseri & Mousavi, 2015). همچنین دانه‌دهی بوته لوبیا با فراوانی قارچ *R. solani* و *M. phaseolina* در بافت ریشه و میانگین لگاریتمی CFU در هر گرم نمونه خاک قارچ *F. oxysporum* همبستگی نشان داد. این دستاوردها گویای این هستند که زادمایه ریزوکتونیا و ماکروفومینا در بافت ریشه برجای مانده از کشت لوبیا و زادمایه قارچ *F. oxysporum* در خاک نشانگرهای کلیدی دانه‌دهی بوته هستند. به زبانی دیگر، افزایش این سه زادمایه قارچی کاهش دانه‌دهی بوته لوبیا را در پی دارد.

کاربرد گیاه‌کش و کود فسفره، نژاد لوبیا، گیاه مورد کاشت سال پیش از لوبیا، اندازه زمین کشاورزی، پهنه، درصد شن خاک و کوددهی اوره با میانگین لگاریتمی CFU در هر گرم نمونه خاک قارچ *F. oxysporum* و *M. phaseolina* همبستگی داشتند (Naseri & Ansari Hamadani, 2017). همچنین توده قارچ بیمارگر *F. solani* در خاک با نژاد لوبیا، کاربرد گیاه‌کش و کود فسفره همبستگی داشت. توده قارچ بیمارگر *R. solani* در خاک نیز با پهنه، درصد شن و pH خاک همبستگی داشت. روی هم‌رفته میانگین لگاریتمی CFU در هر گرم نمونه خاک هر ۴ قارچ بیمارگر پوسیدگی ریشه در لوبیا قرمز، لوبیاکاری‌های بزرگتر، در پهنه‌های خیرآباد و خداپنده، با کاربرد کود فسفره، بدون کاربرد گیاه‌کش و کود اوره، خاک شنی و شور پایین‌تر بود. نشانگرهای کشاورزی و خاک همبستگی بالاتری با فراوانی این ۴ قارچ بیمارگر فراگیر در دانه لوبیا و توده آنها در خاک لوبیاکاری داشتند (Naseri et al., 2021). همچنین هر سه گونه زادمایه قارچی در ریشه، دانه و خاک با نژاد لوبیا، کاربرد گیاه‌کش و عمق کاشت همبستگی داشتند.

رویدادهای هواشناسی

رویدادهای هواشناسی به ویژه خشکسالی و تابستان بسیار گرم پیرو افزایش روزافزون دمای زمین پیش‌آمودگی گیاهان را

به بیمارگرهای خاک‌زاد مانند پوسیدگی ذغالی ریشه و طوقه لوبیا افزایش می‌دهند. از آنجایی‌که کاشت لوبیا در خاک‌های قلیایی و آهکی ایران از گذشته‌های دور گسترش زیادی یافته است، ارزیابی برهمکنش رویدادهای هواشناسی با ویژگی‌های خاکشناسی زمینه‌ساز پیشرفت بیماری‌های خاک‌زاد در پهنه‌های لوبیاکاری کشور شایان پژوهش بیش‌تری است. (Siahpoush & Dehghani, 2024). برای نمونه، افزایش بیماری مرگ گیاهچه و پوسیدگی فوزاریومی و ریزوکتونیایی ریشه پیرو زودکاشت لوبیا در نیمه اردیبهشت استان زنجان را می‌توان از سردی خاک بستر کاشت برای جوانه‌زنی دانه و افزایش پیش‌آمودگی گیاه به این بیمارگرها دانست (Naseri & Veisi, 2019). در استان لرستان پراکنش بیماری پوسیدگی ذغالی به دنبال افزایش روزهای گرم تابستانی و پیامد تنش دمایی آن در پهنه نیمه خشک نیمه گرمسیری بیش‌تر از پهنه نیمه خشک سرد بود (Dehghani & Siahpoush, 2024, 2023a,b).

همبستگی بالای بیماری پوسیدگی ریشه و دانه‌دهی لوبیا با گره‌های ریزوبیومی ریشه این گیاه به نشانگر هنگام کاشت وابستگی خوبی نشان داد که گویای برهمکنش نشانگرهای هواشناسی بویژه دمای هوا و خاک، بارندگی و نم خاک با گسترش بیماری، همزیستی ریشه و بازدهی لوبیا است (Tabande & Naseri, 2020). به زبانی ساده‌تر، دیرکاشت لوبیا در خردادماه همراه با کاهش بارندگی و افزایش دمای هوا و خاک در لوبیاکاری‌های استان زنجان نه تنها بیماری را کاهش داد، بلکه به افزایش چشم‌گیر گره‌دهی ریزوبیومی ریشه و دانه‌دهی گیاه لوبیا انجامید. اگرچه تنش خیسی و نم بالای خاک به همراه سردی و دمای پایین خاک از سالیان گذشته زمینه‌ساز گسترش پوسیدگی ریشه لوبیا شناخته شده‌اند (Burke & Miller, 1983)، برهمکنش سه‌گانه بیماری-گره‌دهی-دانه‌دهی با دو نشانگر کلیدی دما و نم خاک در دیرکاشت لوبیا در خاک گرم‌تر و خشک خردادماه زنجان برای نخستین بار در دنیا گزارش گردید (Tabande & Naseri, 2020). ازسوی دیگر با پیشروی دوره رویشی گیاه لوبیا از سبز شدن دانه تا رسیدگی، بیماری

ویژگی‌های خاک

در سال ۱۳۸۸ در پایش ۸۷ لوبیاکاری استان زنجان در گیاهچه‌ای، گلدهی-غلاف‌دهی و رسیدگی لوبیا، درصد نم خاک با دانه‌دهی بوته همبستگی داشت (Naseri, 2010). گسترش پوسیدگی فوزاریومی ریشه در لوبیاکاری‌هایی که در خاک قارچکش بکار برده بودند بسیار بالاتر بود (Naseri, 2011c). گزارش شده که کاربرد قارچکش‌ها در خاک نه تنها کارایی مورد نیاز مبارزه با بیمارگرهای خاک‌زاد را ندارد که از ریزجانداران سودمند خاک‌زی به ویژه باکتری‌های ریزوبیومی، سودوموناس‌ها و باسیلوس‌ها یا قارچ‌های میکوریز، تریکودرما و گلیوکلادیوم نیز می‌کاهد (Naseri, 2019). از همین‌رو بایستی کاربرد زیان‌بار قارچکش در خاک را با دیگر روش‌های خاک‌ورزی کارآمد در مبارزه با بیمارگرهای خاک‌زاد جایگزین نمود. با هدف بهینه‌سازی روش‌های خاک‌ورزی برای مهار پایدار پوسیدگی ریزوکتونیایی ریشه لوبیا، افزایش درصد مواد آلی خاک بالاترین کارایی را در کاهش بیماری داشت (Naseri, 2013g). بررسی‌ها نشان داده است مواد آلی خاک نه تنها توان نگهداری آب را افزایش می‌دهند که بر توده ریزجانداران سودمند خاک‌زی نیز می‌افزایند (Naseri, 2019). برهمکنش این ریزجانداران سودمند و مواد آلی می‌تواند گسترش ریشه لوبیا در خاک را بهبود بخشد. درصد آلودگی بوته لوبیا به بیماری پوسیدگی ریزوکتونیایی ریشه در خاک با ۴-۲۵ درصد شن پایین‌تر از ۶۵-۴۵ درصد بود (Naseri, 2013a). همچنین افزایش گره‌های ریزوبیومی ریشه لوبیا و درصد لای خاک لوبیاکاری به کاهش چشمگیر بیماری پوسیدگی ریزوکتونیایی ریشه انجامید. افزون بر این، درصد لای خاک در گیاهچه‌ای، درصد شن خاک در گلدهی-غلاف‌دهی، و درصد مواد آلی خاک در رسیدگی بوته لوبیا بالاترین همبستگی را با گسترش این بیماری داشتند. در پایش بیماری پوسیدگی ذغالی ریشه در ۴۸ لوبیاکاری در استان زنجان، درصد رس و شن خاک با گسترش بیماری در رسیدگی بوته لوبیا همبستگی داشتند (Naseri, 2014a). این

پوسیدگی ریشه در لوبیاکاری‌های استان زنجان و همچنین در زمین آزمایشی لوبیا کاهش یافت (Naseri & Marefat, 2011). این یافته پژوهشی نیز گویای بیماری کم‌تر در خاک گرم‌تر و خشک‌تر خرداد-شهریور در برابر بیماری بیش‌تر در خاک سرد و خیس اردیبهشت‌ماه استان زنجان است. در ارزیابی میدانی لوبیاکاری‌های استان زنجان در دوره سه ساله ۸۸-۱۳۸۶، فراوانی هر چهار بیمارگر فراگیر پوسیدگی ریشه و پژمردگی لوبیا در شهرستان‌های ابهر و خدابنده (پهنه‌های نیمه خشک سردسیری) از شهرستان خیرآباد (پهنه نیمه خشک خیلی سرد) بالاتر بود (Naseri et al., 2021). همچنین فراوانی جداسازی هر چهار بیمارگر از ریشه و دانه آلوده لوبیا در شهرستان‌های ابهر و خدابنده بالاتر از نمونه‌های به دست آمده از شهرستان خیرآباد بود (Naseri et al., 2021). ارزیابی نمونه‌های خاک نشان داد توده‌های بزرگتری از هر چهار قارچ بیمارگر در خاک لوبیاکاری‌های شهرستان ابهر گزارش گردید. این یافته‌های نمایانگر همبستگی گسترش این بیمارگرهای خاک‌زاد با دما و نمناکی خاک لوبیاکاری است که بستگی به رویدادهای هواشناسی دمای هوا و بارندگی دارد. به گونه‌ای که در پهنه خیلی سرد خیرآباد پراکنش هر چهار بیمارگر قارچی فراگیر استان زنجان در خاک لوبیاکاری و آلودگی ریشه و دانه لوبیا به بیمارگرها پایین‌تر از پهنه‌های سردسیری ابهر و خدابنده بود. پس ماندگاری و زمستان‌گذرانی قارچ‌های بیمارگر فراگیر پوسیدگی ریشه لوبیا در خاک پهنه خیلی سرد کم‌تر از پهنه سرد است (Tabande & Naseri, 2020). از همین‌رو گرم شدن دمای زمین پیرو افزایش آلاینده‌ها و انباشت گازهای گلخانه‌ای و سپس گرم‌تر شدن زمستان‌ها به گسترش توده خاک‌زاد بیمارگرها و در پی آن به آلودگی قارچی ریشه و دانه لوبیا دامن می‌زند. این چنین بینشی از همه‌گیرشناسی بیماری پوسیدگی ریشه لوبیا در کشور به ما کمک می‌کند تا برنامه‌ریزی بهتری در برگیرنده روش‌های کارآمد و پایدار مبارزه با گسترش قارچ‌های بیمارگر در خاک و گیاه میزبان در پیش بگیریم (Naseri, 2019).

آزمایشی در استان لرستان، آبیاری به‌هنگام و فراهم ساختن نمناکی خوب برای خاک لوبیاکاری از بیماری پوسیدگی ریشه کاست (Dehghani, 2012b). در ۷۳ درصد از لوبیاکاری‌های استان زنجان کاشت زمین با کمک دستگاه کارنده انجام گرفت که به افزایش آلودگی بوته لوبیا به پوسیدگی فوزاریومی ریشه انجامید (Naseri, 2013c). این یافته باورنکردنی را شاید بتوان یکی از پیامدهای کاربری سنگین و بیش از اندازه بدون رسیدگی فنی به دستگاه کارنده و کاهش کارایی کاشت دانه لوبیا دانست.

با اینکه روش تشنگی دادن (آبیاری نکردن لوبیا پس از کاشت برای ۶-۲ هفته با هدف مبارزه پایدار با گیاهان خودرو) لوبیاکاران استان زنجان بر پایه باورهای برجای مانده از دوران گذشته با بیماری پوسیدگی فوزاریومی (Naseri, 2011f) و ریزوکتونیایی (Naseri, 2012a) ریشه لوبیا همبستگی نداشت، به افزایش آلودگی لوبیاکاری به بیماری پژمردگی فوزاریومی در رسیدگی بوته و پوسیدگی ذغالی ریشه در گیاهچه‌ای بوته گیاه میزبان انجامید (Naseri & Tabandeh, 2014). از میان پنج ویژگی دور آبیاری، اندازه کوددهی با اوره، تراکم کاشت، تراکم گیاهان خودرو و درصد مواد آلی خاک، تراکم بالای گیاهان خودرو در ۳۵ لوبیاکاری مورد بررسی، بالاترین همبستگی را با گسترش فزاینده بیماری پژمردگی فوزاریومی ریشه لوبیا داشت (Naseri & Kakhaki, 2014d). همچنین این بیماری پیرو روش کاشت دستی لوبیاکاری و ضدعفونی نکردن دانه لوبیا پیش از کاشت با قارچکش افزایش یافت (Naseri & Mousavi, 2014). کوتاه شدن دور آبیاری از ۹-۶ روز به ۴-۲ روز یک‌بار در گیاهچه‌ای و رسیدگی بوته لوبیا افزایش بیماری پوسیدگی ذغالی ریشه را در پی داشت (Naseri & Taghadossi, 2014). این بیماری با ضدعفونی دانه با قارچکش و مبارزه با گیاهان خودرو (کاربرد گیاه‌کش یا وجین دستی) کاهش یافت (Naseri & Moradi, 2014).

کوددهی با اوره به‌ویژه در بازه ۵۰۰-۵۰ کیلوگرم در هکتار، گیاهان خودرو، کوتاهی دور آبیاری تا ۳-۲ روز یک‌بار به‌ویژه

پژوهش نشان داد که pH بالای ۷/۵ خاک، درصد شن ۳۵-۶۵ درصد، لوبیاکاری بزرگ‌تر، زودکاشت زمین در خاک سرد نیمه بهار، کشت عمیق‌تر از ۵ سانتی‌متری در خاک، و مبارزه نکردن با گیاهان خودرو به گسترش بیش‌تر بیماری انجامید. همچنین لوبیای کشت شده پس از گیاهان خانواده حبوبات یا گندمیان بیماری بیش‌تری از لوبیاکاری پس از گوجه‌فرنگی یا سیب‌زمینی داشتند. در ارزیابی برهمکنش گسترش بیماری پژمردگی فوزاریومی لوبیا با نشانگرهای خاک در ۴۸ لوبیاکاری استان زنجان، pH خاک، عمق کاشت، درصد لای خاک، هنگام کاشت و اندازه زمین لوبیاکاری با گسترش بیماری تا رسیدگی گیاه میزبان همبستگی داشتند (Naseri, 2014c).

راه‌کارهای کشاورزی

در این بخش به ارزیابی برهمکنش روش‌های گوناگون به کار گرفته شده به دست کشاورزان در استان‌های پیشرو لوبیاکاری کشور با گسترش بیماری پوسیدگی ریشه لوبیا، پراکنش قارچ‌های بیمارگر در خاک و گیاه میزبان، و دانه‌دهی لوبیا می‌پردازیم. در دوره دو ساله ارزیابی کارایی سه تیمار نژاد لوبیا، هنگام و عمق کاشت با گسترش بیماری پوسیدگی ریزوکتونیایی (Naseri, 2013b) و فوزاریومی ریشه لوبیا (Naseri, 2011d) در زمین آزمایشی ایستگاه خیرآباد استان زنجان، پایین‌ترین آلودگی بر روی لوبیا قرمز در گلدهی غلاف‌دهی و در دیرکاشت (نیمه دوم خردادماه) هر سه نژاد لوبیای کاشته شده در عمق ۵ سانتی‌متری خاک روی داد. در ارزیابی میدانی این یافته همه‌گیرشناسی بیماری، گسترش بیماری در بوته رسیده لوبیا قرمز کم‌تر از لوبیا سفید و چیتی بود (Naseri, 2011f). همین پدیده در برهمکنش نژاد لوبیا با بیماری پوسیدگی ریزوکتونیایی ریشه لوبیا نیز به گزارش رسید (Naseri, 2013d). بایستی افزود که دیرکاشت لوبیا به افزایش کارایی گیاه‌کش در مبارزه با گیاهان خودرو (Kakhaki et al., 2022b,c) و مقاومت‌زایی در گیاه میزبان از راه کاهش فشار بیماری (Naseri & Fareghi, 2024) نیز کمک شایانی می‌کند. در

در گلدهی-غلاف‌دهی و افزایش تراکم کاشت از ۴ تا ۱۷ بوته در متر مربع بیماری پوسیدگی فوزاریومی (Naseri & Marefat, 2011) و ریزوکتونیایی ریشه لوبیا (Naseri, 2013c) را در ۱۲۲ لوبیاکاری استان زنجان افزایش داد. همچنین کاشت لوبیا پس از ذرت پایین‌ترین آلودگی به بیماری پوسیدگی فوزاریومی و پس از سیب‌زمینی پایین‌ترین پوسیدگی ریزوکتونیایی ریشه را نشان داد (Naseri & Marefat, 2009). این یافته‌های پژوهشی نه تنها گویای زیان کوددهی با اوره برای باکتری‌های ریزوبیومی همزیست ریشه لوبیا و پیرو آن افزایش بیماری است، بلکه کاهش دسترسی گیاه لوبیا به نور، آب، نمک‌ها و کانی‌های خاک با افزایش تراکم کاشت بوته و گیاهان خودرو را به ما یادآوری می‌نماید. همچنین بیماری با پیروی از کشت چرخشی دربرگیرنده گیاهان نامیزبان قارچ بیمارگر کاهش یافت و آبیاری بیش از اندازه به خفگی ریشه و افزایش فراوانی قارچ بیمارگر خاکزاد انجامید که همگی این روشکارها پس از بهینه‌سازی بایستی در برنامه‌ریزی مهار پایدار بیماری پوسیدگی ریشه لوبیا با هر چهار بیمارگر قارچی به کار بسته شوند (Naseri, 2023).

در بخش دیگری از این دستاوردها در می‌یابیم که مبارزه با گیاهان خودرو با کاربرد گیاه‌کش (پاراکوآت یا بنتازون) یا وجین دستی، افزایش مواد آلی خاک با کاربرد کود حیوانی پوسیده، بهبود گره‌دهی ریزوبیومی ریشه و دیگر ریزجانداران سودمند با خودداری از کاربرد کود اوره و قارچ‌کش در خاک، کاربرد قارچ‌کش در ضدعفونی دانه لوبیا پیش از کاشت، کاشت دانه دستی به جای دستگاه کارنده، کاشت لوبیا قرمز در زمین‌های آلوده به بیماری، آبیاری ۹-۶ روز یکبار در سراسر دوره رویشی لوبیا بسته به ساختار و بافت خاک، و به کارگیری آبیاری نواری یا بارانی به جای آبیاری غرقابی به کاهش این بیماری زیان‌بار لوبیا می‌انجامد (Naseri et al., 2016). همچنین کاشت لوبیا قرمز در خاک‌های با درصد شن یا رس بالا به کاهش بیماری پوسیدگی ریشه لوبیا کمک بزرگی می‌کند (Naseri & Moradi, 2015).

مهار زیستی بیماری با به کارگیری باکتری‌ها و قارچ‌های سودمند خاکزی

در زمین آزمایشی ایستگاه سراب چنگایی استان لرستان، کارآیی تیمارهای کاربرد ریزوبیوم بومی با آغشته‌سازی دانه لوبیا قرمز همراه با کاربرد قارچ میکوریز با مایه‌زنی بستر کاشت در کاهش بیماری پوسیدگی ریشه لوبیا از کاربرد قارچ‌کش بنومیل ۲ کیلوگرم در هکتار بالاتر بود (Dehghani et al., 2018b). کاربرد دوتایی باکتری‌های بومی *Rhizobium etli* b.v. *phaseoli* و کاربرد تکی یا دوتایی قارچ‌های میکوریزی *Rhizophagus irregularis* و *R. mosseae* توانست بیماری را تا ۸۹ درصد کاهش داده و بر دانه‌دهی لوبیا تا ۵۲ درصد بیافزاید (Dehghani, 2018). ناگفته پیداست چنین دستاورد ارزشمندی در زمینه کارآیی ۸۹ درصد مهار بیماری و افزایش ۵۲ درصد بازدهی در لوبیاکاری آزمایشی بایستی جایگزین کاربرد ناکارآمد و زیان‌بار قارچ‌کش در خاک و کودهای شیمیایی به ویژه اوره گردد (Dehghani et al., 2018a). در ارزیابی آزمایشگاهی و گلخانه‌ای در استان زنجان، دو جدایه بومی ریزوباکتریایی با توانایی بالا در ساخت آنتی‌بیوتیک، مواد فرار، سیانید هیدروژن و آنزیم پروتئاز در آزمایشگاه پس از آغشته‌سازی دانه توانستند سه بیماری پوسیدگی فوزاریومی و ریزوکتونیایی ریشه و پژمردگی فوزاریومی لوبیا در گلدان را کاهش دهند (Faraji et al., 2015). همچنین آلوده‌سازی و مایه‌زنی گیاهچه لوبیا با زادمایه هر سه بیمارگر قارچی نشان‌گر بیماری بیش‌تر از مایه‌زنی تکی یا دوتایی این سه قارچ بود. در نمونه‌برداری از ریشه پوسیده و خاک فراریشه از لوبیاکاری‌های استان زنجان در تابستان ۱۳۹۰ و جداسازی دو باکتری *Bacillus* sp. و *Pseudomonas* sp. ساخت سیانید هیدروژن، پروتئاز و سلولاز، بازدارندگی بسیار بالایی در برابر پرگنه قارچ‌های بیمارگر *F. solani* و *R. solani* گزارش شد (Faraji et al., 2012).

با هدف ارزیابی کارآیی مهار زیستی ریزجانداران فراریشه لوبیا در استان زنجان، ۴ جدایه *Rhizobium leguminosarum* از میان ۲۰۰ جدایه باکتری به دست آمده در گلخانه با آغشته‌سازی

دانه لوبیا توانستند بیماری پوسیدگی فوزاریومی ریشه لوبیا را کاهش دهند (Kalantari et al., 2011). روی هم رفته ۶۸۰ جدایه باکتری از فراریشه و گره‌های ریزوبیومی همزیست ریشه لوبیا دربرگیرنده گونه‌های *Bacillus* sp.، *Pseudomonas* sp. و *Rhizobium* sp. به دست آمد (Kalantari et al., 2018). پس از شناسایی برترین باکتری‌ها در آزمایشگاه با بازدارندگی در برابر پرگنه قارچ بیمارگر *F. solani* f.sp. *phaseoli*، تیمارهای تکی، دوتایی و چهارتایی ۴ جدایه برتر این سه باکتری امیدبخش مهار زیستی بیماری پوسیدگی فوزاریومی ریشه لوبیا توانستند بلندی بوته (تا ۵۹ درصد)، غلاف‌دهی (تا ۷۶ درصد) و توده خشک و تر ریشه و بوته را افزایش داده و بیماری را ۶۲-۵۰ درصد کاهش دهند. در ارزیابی میدانی ۱۳۵ لوبیاکاری استان زنجان با هدف شناسایی نشانگرهای کلیدی گردهمی ریشه لوبیا و روش‌های بهبود این همزیستی، از میان ۲۰ راه‌کار کشاورزی و خاکشناسی کاشت لوبیا سفید، خودداری از کاربرد قارچ‌کش در خاک و در ضدعفونی دانه پیش از کاشت، کاهش بیماری پوسیدگی ریشه، دیرکاشت لوبیا در پایان بهار، کاشت دانه تا ۵ سانتی‌متر زیر خاک، تشنگی دادن با آبیاری نکردن برای ۶-۲ هفته پس از کاشت، افزایش مواد آلی خاک، مبارزه با گیاهان خودرو، بهینه‌سازی pH خاک نزدیک به ۷، کاربرد کود حیوانی پوسیده، دور آبیاری ۷-۹ روزه در سراسر دوره رویشی لوبیا، کاشت لوبیا پشت سر یونجه، خودداری از کوددهی اوره و کاشت لوبیا در خاک نیمه‌سنگین با درصد برابر شن-رس-لائی بر گردهمی ریشه لوبیا افزودند (Tabande & Naseri, 2020). در استان لرستان نیز گونه باکتری *Rhizobium radiobacter* از ریشه لوبیا جداسازی و شناسایی شد که دانه‌دهی لوبیا و بلندی بوته را افزایش داد (Dehghani et al., 2025).

واکاوای آماری بسیار گسترده ۲۲۸ یافته پژوهشی به دست آمده از سرتاسر دنیا در زمینه مهار زیستی بیماری پوسیدگی ریشه لوبیا با بیمارگرهای گوناگون فراگیر کشورهای لوبیاخیز دنیا نشان داد بالاترین کارایی مهار زیستی بیماری از آن قارچ‌های *Trichoderma gamsii* (۱۷۷٪)، *Gliocladium virens*

(۱۵۴ درصد)، *Trichoderma viride* (۱۴۹٪) و *Pseudomonas fluorescense* (۱۳۵٪) بود (Naseri & Younesi, 2021). در این گزارش‌ها کارایی سه روش به کارگیری قارچ‌کش زیستی پیش رویشی در خاک بستر کاشت، آب آبیاری و آغشته‌سازی دانه لوبیا در مهار پایدار بیماری پوسیدگی ریشه لوبیا ارزیابی شدند. بیش‌ترین افزایش بازدهی بوته لوبیا در کاربرد باکتری *Pseudomonas aeruginosa* در خاک و آغشته‌سازی دانه لوبیا به دست آمد. برترین کارایی روش‌های مهار زیستی در برابر بیمارگرهای *Pythium* sp. (۲۲۴ درصد)، *Sclerotium rolfsii* (۲۰۲ درصد)، *F. oxysporum* (۱۴۳ درصد)، *M. phaseolina* (۱۱۶ درصد)، *F. solani* (۱۰۸ درصد) و *R. solani* (۱۰۲ درصد) شناخته شدند. همچنین افزایش بازدهی لوبیا پس از به‌کارگیری روش مهار زیستی در بازه ۱۴۳-۵۲ درصد جای گرفت.

پیشنهاد برنامه‌ریزی بهینه مهار پایدار بیماری بر پایه یافته‌های همه‌گیرشناسی در کشور

در این بخش پایانی بر پایه یافته‌های بومی به دست آمده در زمینه همه‌گیرشناسی بیماری فراگیر پوسیدگی ریشه لوبیا که در بخش‌های پیشین این نوشتار آمده است، برنامه‌ریزی بهینه مهار یکپارچه و پایدار بیماری پیشنهاد می‌گردد. بایستی افزود که این برنامه مبارزه پایدار با بیماری پیرو ارزیابی بسیار گسترده بر روی دست‌کم ۵۰ نشانگر راه‌کارهای کشاورزی، ویژگی‌های خاکشناسی و گیاه لوبیا، قارچ‌های بیمارگر فراگیر، هواشناسی و بیماری‌زایی در سرتاسر دوره رویشی لوبیا آماده شده است. در نبود رقم مقاوم به بیماری پوسیدگی ریشه لوبیا و ناکارآمدی مبارزه با کاربرد قارچ‌کش در خاک (Naseri, 2016)، به کارگیری روش‌های کارآمد و کاربردی زیر برای مهار پایدار بیماری در پهنه‌های لوبیاکاری کشور پیشنهاد می‌گردد (Naseri & Hemmati, 2017):

- ۱- خودداری از کوددهی اوره با هدف افزایش بهره‌وری از هم‌زیستی و مهار زیستی در گره‌های ریزوبیومی ریشه

۹- تشنگی دادن با آبیاری نکردن برای ۶-۲ هفته پس از کاشت با هدف مبارزه پایدار با گیاهان خودرو همچنین با به کارگیری روش‌های دیگر مهار پایدار بیماری از راه کاربرد جلبک، اسید سالیسیلیک، سیلیکات پتاسیم، اسید آمینه، جیبرلین‌ها و سولفات روی می‌توان کمک بزرگی به ریشه لوبیا برای کاهش تنش زنده (بیمارگر قارچی و آفت مگس) و غیر زنده (کم‌آبی، سرما، گرما، خیسگی و فشرده‌گی خاک) نمود (Nasari et al., 2025a,b).

سپاسگزاری

بدین وسیله از مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان سپاسگزاری می‌نماید.

۲- افزایش مواد آلی و زهکشی خاک با شخم زمین و برگرداندن کلش به زیر خاک و کاربرد کود دامی پوسیده
۳- آغشته‌سازی دانه پیش از کاشت با قارچکش‌هایی مانند مانکوزب با هدف کاهش مرگ گیاهچه
۴- دیرکاشت لوبیا در خاک گرم به ویژه نیمه خردادماه با هدف کاهش آلودگی ریشه به بیماری و آفت مگس
۵- کاشت دانه تا ۵ سانتی‌متر زیر خاک برای هموارسازی سربرآوردن گیاهچه از خاک و کاهش آسیب بیمارگر خاک‌زاد
۶- پرهیز از کاشت پشت سر هم لوبیا و به کارگیری کشت چرخشی دستکم ۴ ساله و دربرگیرنده گندمیان
۷- خودداری از کاربرد قارچکش در خاک برای مبارزه با بیماری با هدف نگهداری ساختار سودمند زیستی خاک
۸- به کارگیری دور آبیاری هفتگی در سراسر دوره رویشی لوبیا با هدف کاهش تنش خیسگی خاک و بیماری

References

- KHODAGHOLI M., HEMMATI R., NASERI B., and MAREFAT A., 2013. Genotypic, phenotypic and pathogenicity variation of *Fusarium solani* isolates, the causal agent of bean root rots in Zanjan province. Iranian Journal of Pulses Research 4:111-125.
- NASERI B., 2007. First report of *Macrophomina phaseolina* causing charcoal root rot on common bean in Zanjan, Iran. Iranian Journal of Plant Pathology 43: 84.
- NASERI B., 2008a. Root rot of common bean in Zanjan, Iran: major pathogens and yield loss estimates. Australasian Plant Pathology 37: 546-51. DOI: <https://doi.org/10.1071/AP08053>
- NASERI B., 2008b. Study of root rot pathogens on common bean in Zanjan, Iran. In: Proceedings of 18th Iranian Plant Protection Congress. Hamedan, Iran: 24-27 August.
- NASERI B., 2008c. Major fungi causing root rot of common bean in Zanjan, Iran. Iranian Journal of Plant Pathology 43: 159.
- NASERI B., 2010. Effects of weed density and soil moisture on the development of bean Fusarium root rot. In: Proceedings of the 3th Iranian Pulse Crops Symposium. Kermanshah, Iran: 19-20 May.
- NASERI B., 2011a. Epidemiology of Fusarium root rot in common bean fields. In: Proceedings of the 5th Regional Congress on Advances in Agricultural Research (West of Iran). Sanandaj, Iran: 18-19 May.
- NASERI B., 2011b. Infections of Fusarium root rot pathogen in roots, field soil and seeds in relation to the disease and yield factors in common bean fields at Zanjan. In: Proceedings of the 5th Regional Congress on Advances in Agricultural Research (West of Iran). Sanandaj, Iran: 18-19 May.
- NASERI B., 2011c. Biological, chemical and physical properties of soil in relation to epidemics of bean Fusarium root rot. In: Proceedings of the First Congress of Modern Agricultural Sciences and Technologies. Zanjan, Iran: 10-12 September.

- NASERI B., 2011d. Effects of bean cultivar, planting date and depth on the development of bean Fusarium root rot in an experimental field. In: Proceedings of the First Congress of Modern Agricultural Sciences and Technologies. Zanjan, Iran: 10-12 September.
- NASERI B., 2011e. Regional study of effects of Fusarium root rot and agronomic practices on bean yield. In: Proceedings of the First Congress of Modern Agricultural Sciences and Technologies. Zanjan, Iran: 10-12 September.
- NASERI B., 2011f. Relationships between nine agricultural factors and epidemics of bean Fusarium root rot. In: Proceedings of the First Congress of Modern Agricultural Sciences and Technologies. Zanjan, Iran: 10-12 September.
- NASERI B., 2012a. The effect of Rhizoctonia root rot on bean yield. In: *Proceedings of the 20th Iranian Plant Protection Congress*. Shiraz, Iran: 26-29 August.
- NASERI B., 2012b. Associations of Rhizoctonia root rot with agronomic practices in commercial bean fields in Zanjan, Iran. *Proceedings of the 20th Iranian Plant Protection Congress*. Shiraz, Iran: 26-29 August.
- NASERI B., 2013a. Epidemics of Rhizoctonia root rot in association with biological and physicochemical properties of field soil in bean crops. *Journal of Phytopathology* 161:397-404. DOI: <https://doi.org/10.1111/jph.12077>
- NASERI B., 2013b. Interpretation of variety $\times$ sowing date $\times$ sowing depth interaction for bean-Fusarium-Rhizoctonia pathosystem. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 46:2244-2252. DOI: [10.1080/03235408.2013.792535](https://doi.org/10.1080/03235408.2013.792535)
- NASERI B., 2013c. Linkages of farmers' operations with Rhizoctonia root rot spread in bean crops on a regional basis. *Journal of Phytopathology* 161:814-822. DOI: <https://doi.org/10.1111/jph.12140>
- NASERI B., 2013d. Modelling of Rhizoctonia root rot prevalence according to bean farmers' practices in Zanjan province. In: *Proceedings of the 6th Congress on Advances in Agricultural Research*. Sanandaj, Iran: 15-16 May.
- NASERI B., 2013e. The impacts of seeding method on Fusarium root rot suppression and bean productivity. In: *Proceedings of the 2nd National Congress on Organic and Conventional Agriculture*. Ardebil, Iran: 21-22 August.
- NASERI B., 2013f. Study of factors affecting populations of charcoal rot agent in bean field soils. In: *Proceedings of the 2nd National Congress on Organic and Conventional Agriculture*. Ardebil, Iran: 21-22 August.
- NASERI B., 2013g. Using field soil properties to characterize disease prevalence in bean-Rhizoctonia pathosystem. In: *Proceedings of the 2nd National Congress on Organic and Conventional Agriculture*. Ardebil, Iran: 21-22 August.
- NASERI B., 2014a. Charcoal rot of bean in diverse cropping systems and soil environments. *Journal of Plant Diseases and Protection* 121 (1):20-25. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF03356486>
- NASERI B., 2014b. Bean production and Fusarium root rot in diverse soil environments in Iran. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 14 (1):177-188. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162014005000014>
- NASERI B., 2014c. Sowing, field size, and soil characteristics affect bean-Fusarium-wilt pathosystems. *Journal of Plant Diseases and Protection* 121:171-176. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF03356506>
- NASERI B., Kakhaki S.H.N., 2014d. Justification of Fusarium wilt diversity in bean growers farms using agricultural operations. In: *Proceedings of the 3th National Congress on biological diversity and impacts on Agriculture and environment*. Oroumieh, Iran: 7 August.
- NASERI B., 2016. Epidemiology and integrated management of bean Rhizoctonia root rot. *Science of Plant Pathology* 5:42-52.
- NASERI B., 2019. Legume Root Rot Control Through Soil Management for Sustainable Agriculture. In: *Sustainable Management of Soil and Environment*. Ram Swaroop Meena, Sandeep Kumar, Jitendra

- Singh, Mangi Lal (Eds.), Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-13-8832-3_7
- NASERI B., 2023. The potential of agroecological properties in fulfilling the promise of organic farming: a case study of bean root rots and yields in Iran. In: Organic farming, Global perspectives and methods. Advances in resting-state functional MRI, Second edition, Sarath chandran, Unni MR, Sabu Thomas, Meena DK (Eds.), Elsevier. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99145-2.00011-2>
- NASERI B., ABBASI A., MALEKI A., and SAFARI H., 2025a. Bean production influenced by root rots, Gibberellins and zinc sulfate under water stress. Rhizosphere (in press).
- NASERI B., and ANSARI HAMADANI S., 2014. How the period of rotation with other crops effects on bean root rots and bean yield? In: Proceedings of the 3rd National Congress on Organic and Conventional Agriculture. Ardebil, Iran: 20-21 August.
- NASERI B., and ANSARI HAMADANI S., 2017. Characteristic agro-ecological features of soil populations of bean root rot pathogens. Rhizosphere 3:203-208. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2017.05.005>
- NASERI B., BEIGHZADE S., MALEKI A., and SSFARI H., 2025b. Bean root rot and water stress impacting yield after applications of salicylic acid and seaweed. Research Journal of Botany 20:142-150.
- NASERI B., and EMAMI H., 2013a. Impact of bean growing region on root rot pathogens infecting root tissues, seed and field soil. In: Proceedings of the 6th Congress on Advances in Agricultural Research. Sanandaj, Iran: 15-16 May.
- NASERI B., and EMAMI H., 2013b. Which root rot pathogen has greater capability to infest field soil, root tissue, and bean seed? In: Proceedings of the 6th Congress on Advances in Agricultural Research. Sanandaj, Iran: 15-16 May.
- NASERI B., and FAREGHI S., 2024. Disease resistance may be improved in agricultural crops planted at appropriate date: a meta-analysis. Discover Agriculture 2:124. DOI: <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00151-x>
- NASERI B., GHEITURI M., and VEISI M., 2021. Infections of bean plant and field soil are linked to region, root rot pathogen and agro-ecosystem. Hellenic Plant Protection Journal 14:14-23.
- NASERI B., and HEMMATI R., 2017. Bean root rot management: recommendations based on an integrated approach for plant disease control. Rhizosphere 4:48-53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2017.07.001>
- NASERI B., and KAKHKI S.H., 2022. Predicting common bean (*Phaseolus vulgaris*) productivity according to Rhizoctonia root and stem rot and weed development at field plot scale. Frontiers in Plant Science 13:1038538. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1038538>
- NASERI B., and MAREFAT A., 2009. Agricultural factors affecting Fusarium root rot in bean fields in Zanjan, Iran. In: Proceedings of 5th International Conference on Plant Pathology in India, 'Plant Pathology in the Globalized Era'. New Delhi, India: 10-13 November.
- NASERI B., and MAREFAT A., 2011. Large-scale assessment of agricultural practices affecting Fusarium root rot and common bean yield. European Journal of Plant Pathology 131:179-95. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9798-y>
- NASERI B., and MORADI P., 2007. Prevalence of root rot pathogens and yield losses to the disease on common bean in Zanjan, Iran. Iranian Journal of Plant Pathology 43: 126.
- NASERI B., and MORADI P., 2014. Epidemiology of charcoal root rot in bean growers' fields. In: Proceedings of the 3rd National Congress on Organic and Conventional Agriculture. Ardebil, Iran: 20-21 August.
- NASERI B., and MOUSAVI S.S., 2014. Epidemiological factors of bean Fusarium wilt under producers' field conditions. In: Proceedings of the 3rd National Congress on Organic and Conventional Agriculture. Ardebil, Iran: 20-21 August.
- NASERI B., and MORADI P., 2015. Farm management strategies and the prevalence of Rhizoctonia root rot in

- bean. Journal of Plant Diseases and Protection 5:238-243. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF03356558>
- NASERI B., and MOUSAVI S.S., 2015. Root rot pathogens in field soil, root and seed in relation to common bean (*Phaseolus vulgaris*) disease and seed production. International Journal of Pest Management 61:60-67. DOI: <https://doi.org/10.1080/09670874.2014.993001>
- NASERI B., and MOUSAVI S.S., 2013. The development of Fusarium root rot and productivity according to planting date and depth, and bean variety. Australasian Plant Pathology 42:133-139. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13313-012-0190-y>
- NASERI B., SHOBEIRI S.S., and TABANDE L., 2016. The intensity of a bean Fusarium root rot epidemic is dependent on planting strategies. Journal of Phytopathology 164:147-154. DOI: <https://doi.org/10.1111/jph.12438>
- NASERI B., and TABANDEH L., 2014. How the length of no irrigation period after sowing bean field affect root rot disease? In: Proceedings of the 3th National Congress on biological diversity and impacts on Agriculture and environment. Oroumieh, Iran: 7 August.
- NASERI B., and TABANDE L., 2017. Patterns of Fusarium wilt epidemics and bean production determined according to a large-scale dataset from agro-ecosystems. Rhizosphere 3:100-104. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2017.02.002>
- NASERI B., and TAGHADOSI M.V., 2014. Variations in bean charcoal root rot in response to planting density, irrigation frequency and urea application. In: Proceedings of the 3th National Congress on biological diversity and impacts on Agriculture and environment. Oroumieh, Iran: 7 August.
- NASERI B., VEISI M., and KHALEDI N., 2018. Towards a better understanding of agronomic and soil basis for possible charcoal root rot control and production improvement in bean. Archives of Phytopathology & Plant Protection 51:349-358. DOI: <https://doi.org/10.1080/03235408.2018.1481721>
- NASERI B., and VEISI M., 2019. How variable characteristics of bean cropping systems affect Fusarium and Rhizoctonia root rot epidemics? Archives of Phytopathology & Plant Protection 52:30-44. DOI: <https://doi.org/10.1080/03235408.2018.1564226>
- NASERI B., and YOUNESI H., 2021. Beneficial microbes in biocontrol of root rots in bean crops: A meta-analysis (1990-2020). Physiological and Molecular Plant Pathology 116:101712. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2021.101712>
- SAFARLOO, Z. and HEMMATI, R. 2014. Identification and pathogenesis study of *Fusarium* species related to commonbean root rot in Zanjan Province. Applied Research in Plant Protection 3:77-92.
- SIAPOUSH S., and DEHGHANI A., 2024. The effect of environmental stresses on the epidemic of charcoal rot disease in legumes. Plant Pathology Science 13:113-124.
- TABANDE L., and NASERI B., 2020. How strongly rhizobial nodulation is associated with bean cropping system? Journal of Plant Protection Research 60:176-184. DOI: <https://doi.org/10.24425/jppr.2020.133307>