علوم و تحقیقات بذر ایران
سال ششم/ شماره چهارم/ ۱۳۹۸ (۵۶۹ - ۵۵۷)

DOI: 10.22124/jms.2020.3932

راهبردهای تلفیقی سلامت بذر برای پیشگیری از دژنراسیون بذر

مسعود نادرپور*

تاریخ دریافت: ۹۷/۶/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۷/۷/۳۰

چکیده

مواد تکثیری سالم و اصیل از مهم‌ترین نهاده‌ها برای تولید سالم و مقرون به‌صرفه محصولات کشاورزی هستند. با توجه به نوع میزبان، گونه / نژاد بیمارگر یا آفت، شرایط محیطی و ... بذر ناقل بسیاری از بیمارگرها و آفات کشاورزی به نسل بعد محسوب می‌شود. اهمیت این موضوع به‌ویژه در مورد مواد تکثیری غیرجنسی به‌دلیل انتقال کامل بیمارگرهای موجود در گیاهان مادری به نتاج و تجمع آن‌ها در طی کشت‌های متوالی در صورت استفاده از بذور غیر رسمی/گواهی‌نشده نمود بیش‌تری دارد. در گیاهانی که به‌صورت غیرجنسی تکثیر می‌یابند، استفاده مداوم از مواد تکثیری سال‌های گذشته برای کشت، تجمع آفات و بیمارگرها را در پی دارد که نتیجه آن کاهش مستمر کمیت، کیفیت و بازارپسندی محصول است. این پدیده که دژنراسیون بذر (ماده تکثیری) نام دارد، در گیاهانی که از طریق غده، پیاز و ریزوم تکثیر می‌یابند، نمود بارزتری دارد. دژنراسیون بذر عموما در مناطقی اتفاق می‌افتد که تولیدکنندگان به هر دلیل به مواد تکثیری سالم و گواهی‌شده دسترسی نداشته و مجبور به استفاده از محصول زراعی سال قبل یا بذور غیر رسمی به‌عنوان ماده تکثیری هستند. به‌دلیل تاثیر فاکتورهای مختلف زراعی، بیولوژیک و محیطی در بروز دژنراسیون مواد تکثیری، کنترل تلفیقی که تاثیر این قبیل فاکتورها را به حداقل برساند، برای پیشگیری یا کاهش اثر این پدیده نیاز است. در مقاله حاضر به جزئیات پدیده دژنراسیون در مواد تکثیری، فاکتورهای مختلف تاثیرگذار بر بروز این پدیده و نیز روش‌های تلفیقی در پیشگیری از آن پرداخته می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آفات و بیمارگرها، دژنراسیون، سیب‌زمینی، مبارزه تلفیقی

دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، سازمان تحقیقات ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، ایران
*نویسنده مسئول: m.naderpour@areeo.ac.ir

مقدمه

بیماری‌ها و آفات گیاهی از مهم‌ترین فاکتورهای موثر در کاهش کمیت و کیفیت محصول بشمار می‌آیند. در طبیعت خسارت ناشی از این عوامل به دو صورت مستقیم (کاهش کمیت، کیفیت و بازارپسندی محصولات کشاورزی، افزایش هزینه‌های کنترل، تولید، تحقیق و ترویج) و غیر مستقیم (عدم امنیت شغلی فعالان این بخش کشاورزی در صورت بروز اپیدمی‌های خطرناک و مشکلات مرتبط با تامین غذای سالم / ارگانیک) بروز پیدا می‌کند. هر چند که تعداد بیشماری از بیمارگرها و آفات کشاورزی با روش‌های مختلف زراعی، مکانیکی، بیولوژیک و شیمیایی کنترل می‌شوند، اما روش درمان موثر و یا کنترل برخی از این عوامل به‌ویژه بیماری‌های سیستمیک ناشی از ویروس‌ها، فایتوپلاسماها و تعداد معدودی از قارچ‌ها و باکتری‌ها تاکنون شناخته شده نیست. مهم‌ترین روش برای کنترل این عوامل، "پیشگیری" از ورود آن‌ها به مزارع و باغات میوه با به‌کارگیری مواد تکثیری سالم یا حداقل متناسب با استانداردهای ملی/ بین‌المللی در شروع کشت و کار است. بیماری‌های سیستمیک به‌ویژه در گیاهانی که به‌روش غیرجنسی تکثیر می‌یابند، مانند درختان باغی و برخی از گیاهان زراعی مانند انواع سیب زمینی، پیاز، زعفران، زنجبیل و ... که با مواد تکثیری غیرجنسی مانند غده، پیاز و ریزوم تکثیر می‌یابند، اهمیت ویژه‌ای دارند. اگر طی یک برنامه منسجم گواهی بذر، از تجمع این بیمارگرها در مواد تکثیری غیرجنسی، پیشگیری به‌عمل نیاید، ارزش زراعی خود را به‌عنوان نهاده اصلی تولید از دست خواهند داد. پدیده دژنراسیون در کشاورزی، افزایش مداوم و مستمر بیمارگرها و آفات در مواد تکثیری است و مهم‌ترین عامل در کاهش کمی، کیفی و بازارپسندی این گروه از محصولات محسوب می‌شود. بروز دژنراسیون در مواد تکثیری به‌طور عمده در کشورهای درحال توسعه که به مواد تکثیری گواهی‌شده – ترجیحا توسط ارگان‌های حاکمیتی- دسترسی نداشته و از محصول سال قبل خود یا دیگران به‌عنوان ماده تکثیری استفاده می‌کنند، بیش‌تر رخ می‌دهد.

علاوه بر بیمارگرها و آفات گیاهی، در بروز پدیده دژنراسیون فاکتورهای مختلفی از جمله حساسیت یا مقاومت رقم، وجود یا عدم وجود سایر گیاهان میزبان مانند علف‌های هرز، ناقل‌های بیولوژیک، کارایی ناقل‌ها در انتقال بیمارگرها، وجود یا عدم وجود اینوکلوم (زادمایه تلقیح) بیمارگرها و در نهایت شرایط محیطی مساعد در شیوع و گسترش بیماری تاثیرگذار هستند. به‌علاوه، این نکته را باید در نظر داشت که اتیولوژی دژنراسیون اغلب اختصاصی محصول یا منطقه جغرافیایی خاص است. به‌عنوان مثال، مهم‌ترین عامل دژنراسیون کاساوا در شرق آفریقا ویروس‌های *Cassava mosaic geminiviruses* و *Cassava brown streak viruses* هستند (Legg *et al*., 2015) درصورتی‌که در جنوب آمریکا ویروس‌های مرتبط با بیماری Cassava frogskin عامل این پدیده محسوب می‌شوند (Carvajal-Yepes *et al*., 2014). در گیاه سیب‌زمینی، آلودگی به ویروس‌های گیاهی مهم‌ترین عامل دژنراسیون است، ولی در کنار این عوامل، آلودگی پنهان (Latent) به باکتری عامل پژمردگی *Ralstonia solanacearum*) و آلودگی به قارچ *Rhizoctonia solani* به‌ترتیب مهم‌ترین عامل دژنراسیون سیب‌زمینی در نواحی گرمسیری و نیمه‌گرمسیری (Mwangi *et al.*, 2008) و ارتفاعات آند هستند (Fankhauser 2000).

استفاده از بذور عاری از بیمارگر یا بذور گواهی‌شده که میزان آلودگی آن‌ها متناسب با آستانه تحمل بر اساس استانداردهای ملی است، اغلب به‌عنوان مهم‌ترین استراتژی در پیشگیری از بروز پدیده دژنراسیون در نظر گرفته می‌شود (Gergerich *et al*., 2015; Thomas-Sharma *et al*., 2017). مواردی از به‌کارگیری این استراتژی در پیشگیری از بروز پدیده دژنراسیون، را می‌توان در ارگان‌های ملی یا منطقه‌ای تامین‌کننده بذر در آمریکا [مانند شبکه ملی گیاهان سالم ایالات متحده (www.nationalcleanplantnetwork.org) و موسسه اصلاح بذر سیب‌زمینی ایالت ویسکونزین (www.potatoseed.org)] و ایران [موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال (www.spcri.ir)] مثال زد. برخی ارگان‌ها از جمله سرویس بازرسی عمومی بذور کشاورزی و بذور سیب‌زمینی هلند (www.nak.nl)، از همین استراتژی در جهت تولید بذر سالم سیب‌زمینی برای صادرات در دنیا استفاده می‌کنند.

به‌دلیل استراتژیک بودن محصول سیب‌زمینی و اهمیت آن در تغذیه جوامع، مطالعات گسترده به‌ویژه در مورد آفات و بیماری‌های این گیاه زراعی و گواهی منظم بذور تکثیری آن به‌صورت غده/ ریز غده، بحث حاضر به

طور عمده در مورد پدیده دژنراسیون سیب‌زمینی خواهد بود. قابل ذکر است که اگر چه صنعت گواهی بذر در برخی از کشورهای درحال توسعه از جمله ایران بهینه شده است، اما هنوز تعداد بیشماری از تولیدکنندگان بذر از بذور گواهی‌شده استفاده نمی‌کنند. بدیهی است، تمام موارد بررسی‌شده در این مقاله قابل تعمیم به مواد تکثیری سایر محصولات کشاورزی است که به‌صورت مشابه تولید می-شوند. بر اساس اعلام سازمان غذا و کشاورزی، سیب‌زمینی (*Solanum tuberosom*) از نظر اهمیت زراعی و تولید در دنیا مقام سوم را به خود اختصاص داده است (FAO, 2013) و بیش از نیمی از تولید این محصول متعلق به کشورهای درحال توسعه می‌باشد. پتانسیل بالای تولید محصول، ارزش غذایی بالا و نیز تنوع وسیع غذاهای حاصل از سیب‌زمینی باعث شده تا مصرف سرانه آن در کشورهای درحال توسعه در فاصله سال‌های ۱۹۶۹ (۶ کیلوگرم در سال) تا ۲۰۰۹ (۱۸ کیلوگرم در سال) سه برابر شود. همچنین، چرخه زراعی کوتاه، امکان کشت در فاصله بین دو محصول یا دوبار کشت در سال به‌ویژه زمانی‌که زراعت قبلی غلات بوده باشد، سیب‌زمینی را به-عنوان محصولی برجسته در مقابله با فقر مطرح نموده است. تولید محصول سیب‌زمینی در کشورهای درحال توسعه نسبتا پایین بوده (FAO, 2013) (جدول ۱) و دژنراسیون بذر سیب‌زمینی مهم‌ترین دلیل کاهش محصول در این کشورها ذکر شده است (نقل شده از Thomas-Sharma *et al.*, 2015).

جدول ۱- کل تولید و مصرف سرانه سیب‌زمینی در تعدادی از کشورهای در حال توسعه و توسعه‌یافته

Table 1. Total production and per capita consumption of potatoes in some developing and developed countries

کشورها Countries	مصرفه سرانه، ۲۰۱۱(کیلوگرم در سال)[a] per capita consumption, 2011 (kg per year)	کل تولید، ۲۰۱۳(تن در هکتار)[b] Total production, 2013 (Tons per hectare)
درحال توسعه Developing		
آنگولا Angola	27.7	6.3
بنگلادش Bangladesh	45.2	19.4
بولیوی Bolivia	66	5.8
چین China	41.2	15.4
کلمبیا Columbia	27.4	18.6
اکوادور Ecuador	18.9	7.3
ایران Iran	45	29
فیجی Fiji	26.9	6.1
هند India	25	22.8
قزاقستان Kazakhstan	108.2	18.2
قرقیزستان Kyrgyzstan	100.8	16.6
لیبی Libya	34.7	19.7
مالاوی Malawi	106.8	17.5
نپال Nepal	75.1	13.6
پرو Peru	82.4	14.4
رواندا Rwanda	99.9	13.6
تونس Tunisia	30.3	14.6
توسعه‌یافته Developed		
بلژیک Belgium	105.9	46.2
دانمارک Denmark	59.7	40
فرانسه France	45.5	43.4
انگلستان England	100.8	40.1
آمریکا America	55.6	46.6

اطلاعات مرتبط با ایران: a روزنامه رسمی، b آمارنامه سال زراعی ۹۲-۹۱ (به‌روزشده بر اساس Thomas-Sharma *et al.,* 2015).

Information about Iran is according to the Iranian official newspapers[a] and Agricultural Statistics for growing season 2012-2013[b] (revised from Thomas-Sharma *et al.,* 2015)

بر اساس آمار برگرفته از مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات وزارت کشاورزی، میزان تولید سیب‌زمینی در ایران هم سطح برخی از کشورهای صنعتی مانند فرانسه است.

اگر چه امکان تولید سیب‌زمینی از بذور حقیقی (True potato seed, TPS) وجود دارد ولی عمده روش تکثیر آن غیرجنسی است. با توجه به این‌که عوامل بیمارگر به آسانی همراه با مواد تکثیری غیرجنسی منتقل می‌شوند، بنابراین غده‌های سیب‌زمینی نسبت به بذور حقیقی برای طیف وسیعی از بیمارگرهای گیاهی بذربرد محسوب می‌شوند. همچنین، به‌دلیل این‌که غده‌های بذری سیب‌زمینی در زیر زمین و در مجاورت خاک تشکیل می‌شوند، علاوه بر عوامل بیمارگر گیاهی، می‌توانند بستر مناسبی برای بیمارگرهای خاک‌زاد باشند و در نتیجه تولید غده‌های بذری سالم را از جهاتی دیگر تحت تاثیر قرار دهند.

دژنراسیون بذر سیب‌زمینی

تمرکز اساسی روی پدیده "دژنراسیون بذر"سیب‌زمینی سال‌ها پس از شروع صنعت گواهی بذر (اوایل دهه ۱۹۰۰) در اروپا و آمریکا اتفاق افتاد. از همان زمان، آلودگی به ویروس‌های گیاهی، اولین و مهم‌ترین دلیل این پدیده مطرح و مطالعات زیادی در مورد جنبه‌های اپیدمیولوژیک آن انجام شده است (نقل‌شده از Thomas-Sherma *et al*., 2015). وایت‌هد (Whitehead, 1930) دژنراسیون را "افزایش در شیوع گیاهان دارای علائم ویروسی در مزرعه و همراهی آن با کاهش محصول" تعریف کرد. امروزه کاهش کمی، کیفی و بازارپسندی محصول سیب‌زمینی در اثر شیوع بیمارگرهای بذرزاد غیر ویروسی نیز به اثبات رسیده است. استروک و وایرسما (Struik and Wiersema, 1999) دژنراسیون بذر را "کاهش کیفیت بذر یا غده" به‌دلیل کشت مستمر آن و در نتیجه کاهش سلامت آن‌ها عنوان نمودند. جدیدترین تعریف ارائه شده برای دژنراسیون "گسترش شیوع بیماری، شدت بیمارگر / آفت در بذرکه باعث کاهش محصول یا کیفیت غده‌های بذری در نتیجه کشت رویشی مداوم می شود" عنوان شده است (Thomas-Sharma *et al*., 2015) با این وجود مطالعات انجام‌شده روی کیفیت بذور غیرجنسی نسبت به بذور جنسی بسیار کم بوده است. مطالعات در ارتباط با کیفیت بذور جنسی تا جایی پیشروی داشته که ارگان بین‌المللی بنام موسسه بین‌المللی آزمون بذر (ISTA) شکل گرفته است. این ارگان در راستای یکنواخت‌کردن رویه‌های بین‌المللی در مواردی از جمله تعاریف علمی، آزمون‌های تشخیص کیفیت و ردیابی عوامل بیمارگر در بذور جنسی و ... فعالیت دارد. با این وجود بسیاری از تعاریف مطرح‌شده در مورد بذور جنسی مانند بذور رسمی و غیر رسمی، کیفیت بذر، سلامت بذر و ... قابل تعمیم به بذور غیرجنسی نیز می‌باشند. لازم به توضیح است که در برخی مستندات علمی عوارض ناشی از سن فیزیولوژیک غده‌ها نیز به‌عنوان بخشی از پدیده دژنراسیون بذر مطرح بوده است. با توجه به این‌که مسائل مرتبط با سن فیزیولوژیک، عوارض فیزیولوژیک و هر نوع ناهنجاری فیزیکی، نتیجه مدیریت ناکافی در مزرعه تولید بذر است و به‌عنوان بخشی از کیفیت بذر سیب‌زمینی مطرح می‌باشد، بنابراین در مباحث مرتبط با سلامت بذر نمی‌گنجند. به‌علاوه این عوارض از دژنراسیون ناشی از آفات و بیماری‌های گیاهی که می‌توانند در طول زمان به‌دلیل عدم وجود مدیریت افزایش یافته و به گیاهان مجاور نیز سرایت نمایند، متفاوت هستند.

البته باید توجه داشت که برخی مواقع علیرغم آلوده‌بودن مزرعه تولید بذر، محدودیت‌هایی برای افزایش درجه دژنراسیون در نتاج بعدی بذر وجود دارد که به‌عنوان نمونه می‌توان به مقاومت به بیماری‌ها اشاره نمود که بذر را از دژنراسیون بیش‌تر تحت شرایط طبیعی باز می‌دارد. یا فاکتورهایی مانند شرایط محیطی نامساعد برای بیمارگرها / آفات که باززایی بذور سالم را از گیاهان آلوده فراهم می‌نماید.

عوامل دژنراسیون بذر سیب‌زمینی

دژنراسیون سیب‌زمینی اتیولوژی پیچیده‌ای دارد. علاوه بر اکثر بیمارگرهای خاک‌برد که در نزدیکی غده‌های بذری درحال رشد حضور دارند، تعداد زیادی آفت / بیمارگر هوابرد و دارای ناقل بیولوژیک وجود دارند که در غده‌ها بذربرد می‌شوند (Struik and Wiersema, 1999). سیب زمینی تحت تاثیر بیش از ۴۰ بیمارگر خاک‌برد است که البته همه آن‌ها بیمارگرهای مهم نبوده و در غده‌های بذری سیب‌زمینی دوام نمی‌آورند و بنابراین به‌عنوان بیمارگرهای بذربرد مطرح نیستند (جدول ۲). به‌علاوه، اگرچه تمام بیمارگرهای عامل دژنراسیون بذربرد هستند ولی همه بیمارگرهای بذربرد به‌دلیل این‌که شدت آن‌ها در بذور در طی نسل‌های بعد افزایش نمی‌یابد، در دژنراسیون بذر تاثیر معنی‌داری ندارند مانند قارچ عامل نقطه سیاه سیب‌زمینی (*Colletotrichum coccodes*). بر همین

اساس علیرغم این‌که بسیاری از بیمارگرهای سیب‌زمینی بذربرد هستند، ولی ویروس‌های سیب‌زمینی که به‌صورت سیستمیک از گیاه به غده‌ها منتشر می‌شوند، از زمان‌های قدیم به‌عنوان عوامل عمده دژنراسیون سیب‌زمینی مطرح بوده اند (Salazar, 1969; Solomon-Blackburn and Barker, 2001). در بین حدود ۳۰ ویروس آلوده‌کننده سیب‌زمینی، ویروس‌های *Potato virus Y* (PVY)، *Potato leafroll virus* (PLRV) و *Potato virus X* (PVX) به‌عنوان مهم‌ترین ویروس‌های تاثیرگذار در تولید سیب‌زمینی در دنیا مطرح هستند. PVX در صورت آلودگی توام با PVY از شدت بسیار بیش‌تری برخوردار خواهد بود (Salazar, 1969).

جدول ۲- تقسیم‌بندی بیمارگرهای بذربرد سیب‌زمینی بر اساس نیاز به وجود یا عدم وجود غده برای بقاء طی فصول زراعی

Table 2. Classification of seed born potato pathogens on the basis of the tuber necessity for pathogen survival between growing seasons

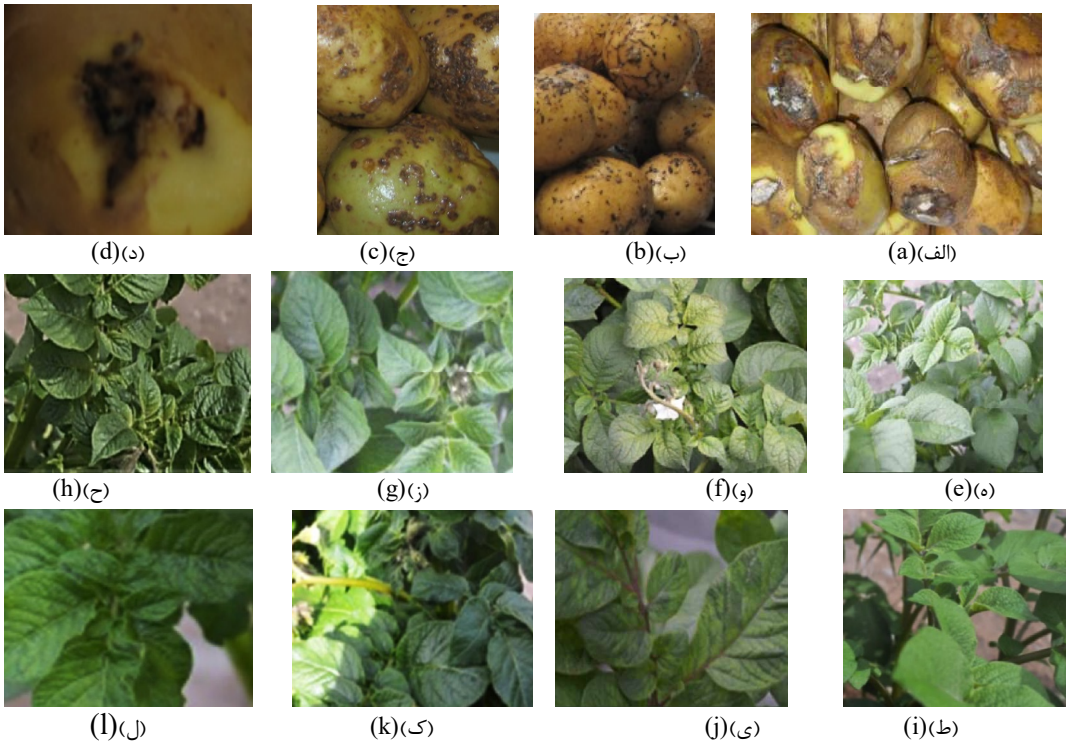
عوامل[1] فرصت‌طلب	پارازیت‌های اختیاری	پارازیت‌های اجباری
Opportunistic parasites	*Facultative parasites*	*Obligate parasites*
Verticillium dahliae	*Ralstonia solanacearum*	*Potato virus Y*
Pythium spp.	*Clavibacter michiganensis*	*Potato virus X*
Sclerotinia sclerotiorum	*Streptomyces* spp.	*Potato leafroll virus*
Colletotrichum coccodes	*Rhizoctonia solani*	*Potato mop-top virus*
Phytophthora erythroseptica	*Fusarium* spp.	*Alfalfa mosaic virus*
Pectobacterium carotovorum	*Globodera* spp.	Aster yellows phytoplasma

[1] پارازیت‌های اجباری آلودگی‌های سیستمیک ایجاد نموده و وجود غده برای بقاء بیمارگر ضروری است. بیمارگرهای اختیاری بذربرد غده‌ها را آلوده می‌کنند اما وجود غده آلوده برای بقاء بیمارگر ضروری نبوده و بیمارگر در شرایط غیر زنده هم دوام می‌آورد. بیمارگرهای بذربرد فرصت‌طلب به‌دلیل ماهیت خاک‌برد بودن‌شان گاهی روی غده‌ها حضور دارند (اصلاح‌شده بر اساس Thomas-Sharma *et al.*, 2015).

Obligate parasite cause systemic contamination and the presence of the tubers are essential for survival of these pathogens. Seed born facultative parasites infect potato tubers but the presence of the infected tuber is not necessary for pathogens survival and pathogen will survive in abiotic environments. Opportunistic parasite are sometimes found on potato tubers due to their soil born natures (Modified from Thomas-Sharma *et al.*, 2015).

اهمیت نسبی بیمارگرها و آفات در دژنراسیون بذر بین مناطق جغرافیایی مختلف، متفاوت است و به‌نظر می‌رسد بیمارگرها و آفات خاک‌برد که به‌سرعت بذربرد می‌شوند، اهمیت بیش‌تری در دژنراسیون دارند (جدول ۲، شکل ۱). به‌عنوان نمونه، در مطالعه انجام‌شده در مناطق تولید سیب‌زمینی در ارتفاعات بلند آند در اکوادور، شیوع *Rhizoctonia solani* بیش از ۷۸ درصد بوده درصورتی‌که شیوع ویروس‌های عمومی و مهم سیب‌زمینی مانند PVY و PLRV کم‌تر از ۳ درصد بود (Fankhauser, 2000). در ارتفاعات پایین‌تر در اکثر کشورهای گرمسیری و نیمه‌گرمسیری مانند کنیا، *Ralstonia solanacearum*، عامل پژمردگی باکتریایی، با شیوع بیش از ۳۶ درصد مهم‌ترین دلیل دژنراسیون سیب‌زمینی بود (Mwangi *et al*., 2008). عوامل *Dickeye* spp. ساق سیاه و پوسیدگی نرم سیب‌زمینی باسانی در آلودگی سیستمیک و خفیف در بذر گسترش پیدا کرده و در اکثر قسمت‌های اروپا و اسرائیل به‌عنوان مهم‌ترین بیمارگرها ظهور پیدا می‌کنند. باکتری *Pectobacterium* spp. عامل ساق سیاه و پوسیدگی نرم، *Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus* عامل پوسیدگی های نرم و حلقوی و *Spongospora subterranean* عامل جرب پودری سیب‌زمینی نیز ممکن است در بروز دژنراسیون سیب‌زمینی مشارکت داشته باشند (Struik and Wiersema, 1999). همچنین تخم‌ها، سیست‌ها و لاروهای نماتدهایی مانند *Globodera spp.* و *Meloidogyne spp.* به‌عنوان آفات مهم سیب‌زمینی عامل دژنراسیون بذر هستند.

حشرات بذربرد مانند کرم غده سیب‌زمینی که چندین نسل در انبار و مزرعه ایجاد می‌کند، در مناطق گرمسیری از عوامل مهم دژنراسیون بذر است. شیوع اپیدمی ویروس هایی مانند *Potato yellow vein virus* در اکثر کشورهای آمریکای جنوبی، فایتوپلاسمای عامل بنفش شدن قسمت‌های انتهایی بوته‌های سیب‌زمینی در شمال غرب آمریکا، عامل بیماری Zebra chip (*Candidatus Liberibacter solanacearum*) در اکثر کشورها و نیز ویروس‌هایی که تازه کشف شده‌اند، به‌عنوان عوامل تهدیدکننده بالقوه در دژنراسیون بذر سیب‌زمینی مطرح هستند (نقل شده از Thomas-Sharma *et al*., 2015).



شکل ۱- نمایی از علائم ظاهری برخی بیمارگرها و آفات تاثیرگذار بر دژنراسیون سیب‌زمینی. علائم آلودگی به گونه‌های فوزاریوم، اسکلروت‌های رایزوکتونیا، جرب معمولی و بید سیب‌زمینی به‌ترتیب در اشکال (الف) تا (د) نشان داده شده است (عکس‌های اصلی). علائم آلودگی به PVY^{O} روی ارقام رکورد (علائم خفیف تا موتال شدید و کلروز) و بریتیش کوئین (علائم خفیف تا موتال شدید و کلروز و کاهش اندازه برگ) در اشکال (و) و (ح)، PVX روی ارقام رووستر (موزائیک شدید، فرورفتگی رگبرگ‌ها، پیچیدگی برگ‌ها) و بریتیش کوئین (کاهش اندازه سطح برگ و پیچیدگی حاشیه برگ)، و PVY^{NTN} روی ارقام بریتیش کوئین (موزائیک و کاهش سطح برگ) به‌ترتیب در اشکال (ی)، (ک) و (ل) مشان داده شده است. اشکال (ه)، (ز) و (ط) به‌ترتیب نشان‌دهنده گیاهان سالم ارقام رکورد، بریتیش کوئین و رووستر هستند (Hutton, 2014).

Figure 1. Symptoms of some pathogens and pests cause potato degeneration. The symptoms of *Fusarium* spp., Sclerotia of *Rhizoctonia* sp., , common scab and potato tuber moth are shown in Figures (a) to (d), respectively (original pictures). Symptoms of PVY^{O} potato cultivar Record (mild to severe mottle symptoms and chlorosis) and British Queen (mild to severe mottle symptoms,chlorosis and decreased leaf size) are shown in (f) and (h), respectively. PVX symptoms on potato cultivar Rooster (severe mosaic, deep veins and leaf crinckle), on British Queen (reduced leaf area size and crinckling around leaf margins), and PVY^{NTN} on cultivar British Queen (mosaic and decreased leaf size) are shown in figures (j), (k) and (l) respectively. Healthy plants of cultivars Record, British Queen and Rooster are presented in figures (e), (g) and (i) respectively (Courtesy of Hutton, 2014)

.

فاکتورهای موثر بر نرخ دژنراسیون بذر

نرخ بروز دژنراسیون بذر به‌طور مستقیم و غیرمستقیم تحت تاثیر پارامترهای محیطی و جغرافیایی بیشماری است که نه تنها روی میزبان، بیمارگر و تعامل بین آن‌ها اثرگذار هستند، بلکه دینامیک جمعیت ناقلین بیولوژیک را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهند. در آزمایشات انجام‌شده در دو ایستگاه آزمایشی در شمال ولز با فاصله ۵۰ کیلومتر از هم، دو الگوی متفاوت از دژنراسیون بذر مشاهده شد (Whitehead, 1930). در مطالعات انجام‌شده در منطقه آند، در ارتفاعات بیش‌تر از ۲۸۰۰ متر بالاتر از سطح دریا پیشروی دژنراسیون بذر سیب‌زمینی بسیار کند بوده و حتی در ارتفاعات بالای ۳۵۰۰ متر از سطح دریا، دژنراسیون روند کندتری داشته است (Thiele, 1999). برخی مواقع در ارتفاعات آند ویروس‌های سیب‌زمینی روی بوته‌های وحشی سیب‌زمینی و حتی ارقام تجاری سیب زمینی شیوع کم‌تری دارند (Fankhauser, 2000). نتایج نسبتا مشابهی نیز در مطالعات انجام‌شده روی فراوانی ویروس‌های ردیابی‌شده در مناطق مختلف جغرافیایی ایرلند به‌دست آمده است. این مطالعات نشان دادند که از مجموع ۶ ویروس مطالعه شده [(PVX, PVA, PVY, PVY^{NTN}, *Potato mop-top virus* (PMTV)]، ویروس‌های PVY، PVY^{NTN} و PMTV در مناطق شمالی یا از شیوع پایین‌تری برخوردار بودند یا این‌که ردیابی نشدند (Hutton, 2014). سطوح پایین دژنراسیون

بذر در ارتفاعات بالا ممکن است به‌دلیل کاهش زاد و ولد ناقلین بیولوژیک و یا کاهش شیوع بیمارگر باشد که به‌نوبه خود باعث محدودشدن گسترش بیماری می‌شود. ممکن است ارتفاع و دمای هوا روی فیزیولوژی میزبان تاثیر گذاشته و بنابراین باعث کاهش انتقال بیمارگر از گیاه مادری به غده‌های دختری شود (Bertschinger *et al*., 1995).

مقاومت گیاه میزبان به ویروس یا ناقل بیولوژیک ممکن است در پدیده دژنراسیون تاثیر داشته باشد. به‌عنوان نمونه نتایج یکی از مطالعات از کاهش شیوع ویروس در نتاج حکایت داشته است، بدین معنا که علیرغم حضور در گیاهان مادری، ویروس به همه غده‌های دختری منتقل نشده و این پدیده در ارتفاعات بالاتر بیش‌تر رخ داده است (Bertschinger, 1992). برای توصیف این پدیده اصطلاح "کاهش کارایی خود آلودگی"مطرح شده است.

یکی از روش‌های زراعی متداول در تولید بذر سیب‌زمینی، حذف بوته‌ها و علف‌های هرز آلوده و دارای علائم بیماری است که بنام راگینگ مشهور است. درصورتی‌که بوته‌های آلوده به‌خوبی شناسایی شده و منابع آلوده از مزرعه حذف شوند، میزان آلودگی بوته‌های سالم به‌ویژه آلودگی به بیماری‌های دارای ناقل بیولوژیک کم‌تر شده و به‌نوبه خود نرخ دژنراسیون را تحت تاثیر قرار می‌دهد. موفقیت در انجام راگینگ بیش از هر فاکتور دیگری به توان و تجربه زارعین در شناسایی علائم بیماری‌ها بستگی دارد، هر چند که در آلودگی‌های دارای علائم پنهان‌شده (Masked symptoms) و مخفی (مانند برخی از استرین‌های (PVX)، موفقیت در شناسایی بوته‌های آلوده بسیار کم است. علاوه بر این در برخی استرین‌های دارای علائم مشخص، بروز علائم بیماری متاثر از شرایط آب و هوایی منطقه و نوع رقم نیز می‌باشد. بوته‌های مشکوک به این علائم با به‌کارگیری روش‌های تشخیصی مبتنی بر پروتئین یا اسید نوکلئیک بیمارگرها براحتی قابل تشخیص هستند ولی انجام آن در اکثر کشورهای درحال توسعه شاید عملی نباشد. تعدادی از روش‌های ردیابی بیمارگرها از جمله آزمون‌های ایمنی سنجی لکه‌گذاری (Dot blot immunoassay, DIBA) ، Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) یا Reverse transcription-LAMP (RT-LAMP) می‌توانند به‌عنوان مهم‌ترین روش‌های قابل حمل در مزرعه برای شناسایی علائم مشکوک کارایی داشته باشند.

تاثیر دژنراسیون بر تولید سیب‌زمینی

همانند بسیار از موانع تولید محصول، داده‌های کمی و دقیق در مورد تاثیرات اقتصادی-اجتماعی دژنراسیون بذر در بسیاری از کشورهای درحال توسعه در دسترس نمی‌باشد. مطالعات زیادی در مورد تاثیر دژنراسیون بر تولید بذر سیب‌زمینی با مقایسه گیاهان حاصل از بذور سالم با گیاهانی که طی تعداد معینی نسل در معرض آلودگی‌های طبیعی قرار گرفته‌اند، انجام شده است، اگرچه تعمیم آن به دامنه جغرافیایی بزرگ به آسانی امکان پذیر نمی‌باشد. هر چند که آزمون‌های انجام‌شده نشان‌دهنده اهمیت دژنراسیون در کاهش محصول است ولی ضرورتا معیار مناسبی برای تعیین میزان کاهش محصول تحت شرایط مزرعه‌ای نیست.

به‌عنوان نمونه در سطح آزمایشی و در مطالعات انجام‌شده، داده‌های علمی زیادی در مورد جبران محصول توسط غده‌های سالم وجود ندارد. چرا که گیاهان حاصل از بذور سالم، درصورتی‌که مجاور گیاهان آلوده قرار گیرند، به‌دلیل عدم رشد کافی گیاهان آلوده، فضای بیش‌تری در اختیار گیاهان سالم قرار گرفته و بنابراین میزان تولید آن‌ها بیش‌تر از حالت معمول خواهد بود (Struik and Wiersema, 1999). به‌علاوه، به‌دلیل این‌که پدیده دژنراسیون در جوامع توسعه‌یافته که دارای سیستم گواهی‌بذر هستند، مشکل بزرگی محسوب نمی‌شود، بنابراین سرمایه‌گذاری چندانی در زمینه تحقیقات مرتبط با این پدیده در این جوامع انجام نشده است

در مطالعه تاثیر غده‌های آلوده بر عملکرد سیب‌زمینی در بلوک‌های آزمایشی، میزان خسارت در اثر آلودگی به PVY و PLRV به‌ترتیب ۸۵-۲۹ و ۷۸-۲۹ درصد بود. کاهش محصول در اثر پژمردگی باکتریایی بسته به رقم، شرایط آب و هوایی، نوع خاک و نژاد شایع بیمارگر متفاوت بوده و در بولیوی خسارت آن ۹۰-۳۰ درصد و در قسمت‌هایی از شرق آفریقا ۷۵-۳۰ درصد و گاهی به ۱۰۰ درصد محصول رسیده است. این مطالعات در طول سالیان متمادی در مناطق مختلفی از نقاط سیب‌زمینی‌کاری دنیا انجام شده و آلودگی‌ها یا به‌صورت طبیعی یا آزمایشی با کاشت غده‌های سالم و آلوده و بررسی تاثیر شدت بیماری در میزان محصول بوده است. در مطالعه اخیر گزارش شده

است که ۱ درصد افزایش در شدت PVY بذربرد، کاهش ۰/۱۸-۰/۱۷ تن غده در هکتار به‌همراه داشته و بنابراین این مدل نشان‌دهنده ۸۲-۶۷ درصد تنوع در میزان محصول می‌باشد. این میزان کاهش محصول، به‌طور متوسط ۴۰-۳۰ درصد کاهش محصول در صورت شیوع ۱۰۰ درصد PVY بذربرد را نشان می‌دهد (نقل شده از Thomas-Sharma *et al*., 2015).

محققین در آفریقا نشان دادند که در صورت تشخیص دقیق علائم بیماری و راگینگ، میزان محصول ۳۰ درصد افزایش داشته است (Schulte-Geldermann *et al*., 2012). با توجه به این‌که حتی در صورت تشخیص دقیق علائم بیماری، گیاهان دارای علائم کمون، خفیف، یا حتی علائم بسیار ضعیف تشخیص داده نمی‌شوند، به‌طور قطع خسارت به محصول اگرچه نامعین است ولی چشمگیر خواهد بود. مطالعات انجام‌شده در این زمینه، تخمینی محتاطانه از میزان خسارت را تحت شرایط طبیعی ارائه می‌دهد. به هر حال زارعین سیب‌زمینی در کشورهای درحال توسعه در صورت استفاده از بذور دژنره‌شده سیب-زمینی، به‌طور میانگین حدود ۳۰ درصد خسارت به محصول را انتظار دارند.

استراتژی تلفیقی سلامت بذر برای پیشگیری از دژنراسیون

قبل از به‌کارگیری سیستم‌های گواهی بذر در کشورهای صنعتی، زارعین و محققین در زمینه کشت ارقام مقاوم و به‌کارگیری روش‌های مدیریتی در سطح مزرعه برای حفظ و بهبود سلامت بذر مانند ایجاد بلوک-های بذری، یکدست‌کردن غده‌ها، راگینگ و انتخاب گیاهان تاکید داشته‌اند (Whipple, 1919) . تا به امروز، همچنان این تکنیک‌ها در سیستم‌های تولید بذر گواهی-شده کارایی داشته و به‌کار گرفته می‌شوند. در نواحی آند، کشاورزان به‌طور سنتی بذور را از مزارع واقع در ارتفاعات تهیه می‌کردند چون باور داشتند که دارای کیفیت بالایی است (Thiele, 1999). به‌علاوه، امروزه دلایلی وجود دارد که نشان می‌دهد بسیاری از ارقام بومی و وحشی آند مانند *Solanum andigena* و *S. chacoense* مقاوم و یا متحمل به عمده ویروس‌های خسارت‌زای سیب‌زمینی یعنی PVY، PLRV، و PVX هستند (Solomon-Blackburn and Barker, 2001). در مدیریت بیماری پژمردگی باکتریایی، روشی ترکیبی شامل کشت ارقام مقاوم، استفاده از بذور سالم و روش‌های زراعی در کاهش شیوع بیماری و افزایش میزان محصول در مقایسه با استفاده از هر یک از روش‌های فوق به‌تنهایی موثرتر بوده است (Lemaga *et al*., 2005).

مقاومت میزبان به بیمارگر و عملیات زراعی در سطح مزرعه از کارایی بالایی در مدیریت سلامت بذر برخوردار هستند. استفاده راهبردی از این دو فاکتور در کنار استفاده از بذور سالم و گواهی‌شده به‌عنوان استراتژی تلفیقی برای مدیریت سلامت بذر مطرح است. این تلفیق حتی ممکن است به هم‌افزایی یا سینرژیستی بین فاکتورها منجر شود. به‌عنوان نمونه، استفاده دوره‌ای از بذور گواهی‌شده در سیستم تولید، ممکن است نسبت به استفاده از ارقام مقاوم به یک یا چند عامل دژنراسیون، تاثیر بیش‌تری داشته باشد. همچنین، عملیات زراعی در سطح مزرعه مانند انتخاب گیاهان و مدیریت ناقلین بیولوژیک در کاهش دژنراسیون در بذور طبقات بالاتر بسیار تاثیرگذار است. در زیر به تعدادی از مستندات علمی برای اثبات کارایی روش‌های مدیریت تلفیقی سلامت بذر در پیش‌گیری از دژنراسیون اشاره می‌شود:

در مطالعات مرتبط با دژنراسیون بذر، دو یا چند رقم با سطوح مقاومتی متفاوت را مقایسه نموده و تفاوت در میزان خسارت را نشان داده‌اند. مطالعات انجام‌شده در دو منطقه در هند نشان داد که پس از چهار سال کشت مداوم، رقم محلی Kufri Jyoti نسبت به رقم Kufri Giriraj در نتیجه دژنراسیون ناشی از ویروس‌ها خسارت کم‌تری را متحمل شد. در کنیا پس از چهار فصل زراعی، کاهش نهایی محصول در ژنوتیپ‌های مقاوم به ویروس‌های چندگانه سیب‌زمینی، ۳۳-۵ درصد بود درصورتی‌که کاهش محصول در ارقام محلی اوگاندا و کنیا ۵۸-۵۶ درصد گزارش شد. همچنین بیماری پژمردگی باکتریایی که در اوگاندا و کنیا اندمیک بوده و روش‌های شیمیایی و زراعی برای کنترل یا کاهش بیماری کم‌تر به‌کارگرفته می‌شوند، مقاومت به این بیماری در کاهش خسارت به محصول تعیین‌کننده است. به‌عنوان نمونه، اگرچه رقم Rutuku میزان محصول بالایی داشته، رنگ قرمز پوست آن دارای بازارپسندی خوبی بوده و به بیماری Late blight مقاومت متوسط دارد، اما به‌دلیل حساسیت بالا به بیماری پژمردگی باکتریایی استفاده از آن در اوگاندا توسط زارعین ممنوع شده است. این مطالعات بیانگر اهمیت

مقاومت میزبان در کاهش نرخ دژنراسیون است (نقل شده از Thomas-Sherma *et al*., 2015).

انتخاب گیاهان (Plant selection) در حقیقت استفاده از گیاهان فاقد علائم بیماری-که به‌وسیله بازرسی گیاهان قبل از فرارسیدن دوره پیری انجام می‌شود- برای تامین منابع بذری برای زراعت آتی بسیار مهم است. در مطالعات مختلف استفاده از این رویه در طول فصل زراعی در مورد بیماری‌های ویروسی، منجر به افزایش۲۳-۳۵ درصد، ۵۳-۲۸ درصد، ۳۹ درصد و ۴۴-۷ درصد در فصل زراعی بعدی شده است (نقل شده از Thomas-Sharma *et al*., 2015). از نظر اپیدمیولوژیک، انتخاب گیاهان عاری از علائم بیماری شبیه استفاده از بذور گواهی‌شده است که در آن سطح اینوکلوم اولیه در مزرعه کاهش می‌یابد. با توجه به نیاز به وجود مهارت علایم شناسی بیماری‌ها در این روش، آموزش کشاورزان در میزان موفقیت این روش حیاتی است.

راگینگ باعث کاهش منابع اینوکلوم در مزرعه شده و بنابراین باعث کاهش گسترش بیمارگر می‌شود. این روش نیز به تشخیص علائم بیماری‌ها توسط کشاورز بستگی دارد و بهترین نتیجه زمانی به‌دست می‌آید که زارعین در سطح وسیعی اقدام به راگینگ کنند. راگینگ در مورد ویروس‌های سیب‌زمینی تاثیرات متفاوتی داشته است. در یکی از مطالعات انجام‌شده، مشخص شده است که راگینگ منجر به کاهش ۴۵-۳۰ درصد آلودگی غده‌ها به PLRV شده اگرچه این مساله در ارتباط تنگاتنگ با میزان حضور ناقلین بیولوژیک در مزرعه است (Ioannou, 1989). مطالعه دیگر نشان داده است که راگینگ در کنترل PVY نسبت به PLRV موثرتر بوده و راگینگ زودهنگام نسبت به راگینگ دیرهنگام تاثیر بیش‌تری داشت. با توجه به این‌که فرود شته‌های در حال پرواز به فاصله بین بوته‌ها بستگی دارد، بنابراین درصورتی‌که راگینگ مساحتی بیش از ۰/۶ متر مربع ایجاد کند باعث بیش‌تر شدن آلودگی به‌PVY می‌شود (Davis *et al*., 2009). البته باید در نظر داشت که درصورتی‌که گیاهان آلوده محصول قابل قبولی داشته باشند، طبیعتا، راگینگ باعث کاهش محصول نهایی خواهد بود. بدیهی است درصورتی‌که گیاهان آلوده راگینگ شوند، گیاهان سالم مجاور میزان محصول از دست‌رفته را جبران می‌کنند (Salazar, 1996). ولی تجربه نشان داده که کشاورزان معمولا به‌دلیل کم‌شدن محصول تمایلی به راگینگ نشان نمی‌دهند.

بهداشت زراعی اول فصل، یعنی کلیه عملیاتی که باعث حذف میزبان‌های علفی و گیاهان آلوده حاصل از زراعت قبلی (Volunteer plants) می‌شود، می‌تواند باعث تاخیر شروع بیماری شود. گیاهان اخیر گیاهانی هستند که یا از TPS حاصل شده‌اند یا این‌که به‌صورت غده از زراعت قبلی در خاک باقی مانده‌اند. این گیاهان به‌ویژه در فصل زمستان مناطق خنک، که گیاهان خانواده سولاناسه به‌طور کامل از بین می‌روند و به‌عنوان منبعی برای زمستان گذرانی ناقلین محسوب می‌شوند، بسیار حایز اهمیت است.

ناقلین بیولوژیک در ایجاد آلودگی‌های ثانویه ویروس‌ها در داخل مزرعه نقش زیادی داشته و مدیریت آن‌ها در تولید بذور گواهی‌شده از اهمیت بسزایی برخوردار است. به‌علاوه، استفاده از حشره‌کش‌های معمول، در ایجاد جمعیت‌های مقاوم شته‌ها بسیار نقش داشته است. کشت گیاهانی مانند سویا، گندم یا ارقام مقاوم سیب‌زمینی در اطراف مزارع تولید بذر سیب‌زمینی می‌تواند دسترسی ویروس‌هایی که به‌صورت ناپایا منتقل می‌شوند را به مزارع محدود نماید. ناقلین حشره‌ای به انعکاس رنگی در حاشیه مزارع جذب می‌شوند (خاک قهوه‌ای در مقابل زراعت سبز). در نظرگرفتن این مساله همراه با سایر فعالیت‌ها از جمله استفاده از مالچ‌ها برای تاثیرگذاری روی فعالیت پروازی شته‌ها، شبکه‌های پلیمری که به‌عنوان پوشش محافظتی روی گیاهان استفاده می‌شود، تله‌های فرمونی و حشره‌کش‌هایی که تغذیه شته‌ها را تغییر می‌دهند، از تاثیر فوق العاده‌ای در کاهش انتقال ویروس‌ها به‌وسیله ناقلین برخوردار هستند. مبارزه شیمیایی با ناقلین بیولوژیک یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای جلوگیری از انتقال ویروس و ایجاد آلودگی‌های ثانویه است. برخی از ویروس‌ها مانند PVY، PVA، PVS، PVM و PLRV با شته‌ها منتقل می‌شوند و بنابراین مبارزه شیمیایی با شته‌ها می‌تواند در جلوگیری از انتقال ویروس‌ها بسیار موثر باشد. اما باید توجه داشت که مبارزه شیمیایی تنها در مورد ویروس‌هایی که به‌روش نیمه‌پایا یا پایا توسط ناقلین منتقل می‌شوند کارایی دارد (Woodford *et al*., 1983).

انتخاب مکان مزرعه تولید بذر و تاریخ کشت به‌منظور فرار از بیماری یا بروز تغییر در میزان حساسیت گیاه به

بیمارگرها روی شیوع بیماری تاثیرگذار است. مطالعه انجام شده روی شیوع ویروس‌های PVY، PVY^{NTN}، PVX، PVA و PMTV در ایرلند در ارقام مختلف سیب‌زمینی نشان داد که هیچکدام از ویروس‌ها روی ارقام کشت‌شده در ماه ژوئن ردیابی نشده ولی با توجه به نوع ویروس در هر کدام از ماه‌های آوریل، می و جولای درصدی از شیوع هر یک از ویروس‌ها رویت شد. بالاترین شیوع آلودگی روی ارقام کشت‌شده در ماه‌های آوریل و می بود (Hutton, 2014). مطالعات مونیتورینگ شته‌ها نشان داده است که شیوع ناقلین و فشار ویروس در ارتفاعات کم‌تر است. جوانه‌دار کردن غده‌ها قبل از کشت می‌تواند به ظهور زودتر بوته‌ها کمک نموده و بنابراین می‌تواند به فرار بوته‌ها از ویروس‌ها و ناقلین آن‌ها که معمولا در آخر فصل زراعی شیوع دارند، کمک نماید. همچنین برداشت زودهنگام سیب‌زمینی با جلوگیری از پرواز ناقلین از مزارع همسایه و تجمع آن‌ها روی بوته‌های مزارع تولید بذر، در سلامت بذور تولیدی تاثیر مثبت دارد. همه این موارد مستلزم مونیتورینگ طولانی مدت رفتار پروازی شته‌ها برای تصمیم‌گیری بهینه است.

روش‌های مدیریتی دیگر مانند تکه تکه‌کردن غده‌ها به چهار قسمت قبل از کشت (Tuber uniting)، اختلاط ارقام و تناوب زراعی نیز در کاهش آلودگی‌ها تاثیرگذار هستند. تکه تکه‌کردن غده به چهار قسمت و کاشت آن‌ها باعث می‌شود تا در صورت آلوده‌بودن غده مادری، گیاهان آلوده کنار هم رشد نمایند و طبیعتا این مهم به ردیابی آلودگی چهار بوته کنار هم در راگینگ بسیار کمک می‌کند چرا که ردیابی چهار بوته کنار هم از ردیابی تنها یک بوته راحت‌تر است. همچنین استریل‌کردن چاقو از انتشار بیمارگرهای باکتریایی و ویروسی از غده‌های آلوده به سالم بسیار تاثیرگذار است. اختلاط ارقام (ارقام حساس و مقاوم) در کاهش شیوع بیماری موثر است به شرطی که پیش‌بینی‌های لازم برای جلوگیری از اختلاط ژنتیکی ارقام انجام شده باشد. تناوب زراعی برای بیماری‌های دژتراتیو خاک‌برد نقش مهمی در کاهش اینوکلوم زراعی دارد. استفاده از گلرنگ به‌عنوان کود سبز و تناوب با یولاف منجر به کاهش ۸۰-۷۰ درصدی شیوع *R. solani* در زراعت بعدی شده است (Larkin and Griffin, 2007). در صورت استفاده از گیاه لگومینه *Crotalaria falcata* در تناوب زراعی، بازداری از بیماری پژمردگی باکتریایی ناشی از *R. solanacearum* مشاهده شده است (Kakuhenzire *et al*., 2013). برخی از ویروس های مهم سیب‌زمینی مانند PVX و PVS از طریق تماس منتقل می‌شوند. ممانعت از تماس ابزار و وسایل باغبانی با بوته‌های آلوده و ضدعفونی آن‌ها قبل از استفاده در مزارع سیب‌زمینی در جلوگیری از انتشار آن‌ها اهمیت زیادی دارد (Simons and Zitter, 1980).

بحث و نتیجه‌گیری نهایی

پدیده دژنراسیون بزرگ‌ترین معضل در تولید گیاهانی مانند انواع سیب‌زمینی، پیاز، زنجبیل، مارچوبه و سایر گیاهان مشابه است که از طریق تکثیر غده، پیاز، ریزوم و ... تکثیری می‌یابند. این پدیده صرفا مختص مناطقی است که کشاورزان به هر دلیل به بذور گواهی‌شده یا سالم دسترسی نداشته و مجبور به استفاده از محصول سال قبل به‌عنوان بذر هستند. به‌منظور پیشگیری از این پدیده روش‌های مختلف زراعی، مانند راگینگ، تولید بذر در مناطق مرتفع، کاشت و برداشت زودهنگام بذر برای فرار از بیماری‌های دژنراتیو، روش‌های شیمیایی (مبارزه با ناقلین بیولوژیک)، استفاده از ارقام مقاوم و بالاخره بکارگیری ترکیبی از این روش‌ها اشاره شد. واقعیت این است که هر یک از این روش‌ها علیرغم مزایای زیاد برای کاهش خسارت ناشی از دژنراسیون، در عمل با چالش‌هایی روبرو هستند. به‌عنوان مثال، راگینگ به تجربه بسیار بالا در علائم‌شناسی بیماری‌ها به‌ویژه بیماری‌های ویروسی بستگی تام دارد. علائم شناسی بیماری‌های ویروسی در گیاهانی مانند سیب‌زمینی یک هنر است تا علم محض. تعدادی از ویروس‌ها یا نژادهایی مشخص از برخی گونه‌های ویروسی فاقد علائم بیماری یا دارای علائم بسیار خفیف هستند که براحتی قابل تشخیص نمی‌باشند. به‌علاوه، در فنوتیپ برخی ارقام علائمی شبیه به علائم ویروسی بروز می‌کند که اختصاصی رقم بوده و ارتباطی به آلودگی‌های ویروسی ندارد. این معضل در علائم‌شناسی بیماری‌ها با بکارگیری روش‌های تشخیصی قابل حمل در مزرعه مانند روش‌های مبتنی بر DIBA، LAMP، RT-LAMP یا آزمون‌های مشابه از کارایی بسیار بالایی در تشخیص گیاهان آلوده برخوردار است. مبارزه شیمیایی با ناقلین بیولوژیک ویروس‌ها معمولا کارایی چندانی در ممانعت از انتقال ویروس به‌ویژه در مورد ویروس‌هایی مانند PVY، PVA،

PVM و PVS که به‌صورت ناپایا با گونه‌هایی از شته‌ها منتقل می‌شوند، ندارد. به‌دلیل حضور این گروه از ویروس-ها بر روی استایلت و سایر قسمت‌های دهانی حشره ناقل و نحوه میزبان‌یابی شته‌ها با پروب‌های مداوم بر سطح گیاه و در نتیجه انتقال آنی ویروس‌های ناپایا با استایلت حشره (نیش‌زاد)، باعث شده تا مبارزه شیمیایی با ناقلین بیولوژیک علیرغم کارایی بالا در پیشگیری از انتقال ویروس‌های نیمه‌پایا و پایا، در مورد ویروس‌های ناپایا از کارایی مناسبی برخوردار نباشد. استفاده از تله و نیز کشت گیاهان بلند در اطراف مزارع تولید سیب‌زمینی به‌ویژه برای پیشگیری از ورود این نوع ویروس‌ها نقش زیادی خواهد داشت. استفاده از ارقام مقاوم یا اختلاط ارقام مقاوم و حساس در روش تلفیقی توصیف‌شده شاید بیش‌ترین تاثیر را در پیشگیری از دژنراسیون داشته باشد. اما واقعیت این است که شناسایی ارقام مقاوم با ابزارهای ژنتیکی توصیف‌شده فعلی (مارکرهای مولکولی لینک‌شده با ژن-های مقاومت) از دقت کافی برخوردار نمی‌باشد (اطلاعات منتشرنشده نگارنده). از طرف دیگر، کشت مداوم ارقام مختلف به‌صورت مستمر و آلودگی همزمان آن‌ها با چندین عامل مثلا عوامل ویروسی در طولانی مدت باعث بروز نژادهای جدیدی از بیمارگرها می‌شود که به‌راحتی قادر به شکستن مقاومت ارقام می‌شوند. به‌علاوه اختلاط ارقام حساس و مقاوم به همین منظور، باعث بروز اختلاط ژنتیکی در ارقام شده و اصالت آن‌ها را زیر سئوال خواهد برد مگر در شرایطی که پیش‌بینی‌های لازم برای جلوگیری از این امر به‌عمل آمده باشد.

منابع

Bertschinger, L. 1992. Modelling of Potato Virus Pathosystems by Means of Quantitative Epidemiology: An Examplary Case Based on Virus Degeneration Studies in Peru. PhD Thesis. Zurich, Switzerland: Swiss Federal Institute of Technology. **(Handbook)**

Bertschinger, L., Keller, E.R. and Gessler, C. 1995. Development of Epivit, a simulation model for contact and aphid transmitted potato viruses. Phytopathology, 85: 801-814. **(Journal)**

Davis, J.A., Radcliffe, E.B. and Ragsdale, D.W. 2009. Planter skips and impaired stand favors *Potato virus Y* spread in potato. American Journal of Potato Research, 86: 203-208. **(Journal)**

Fankhauser, C. 2000. Seed-Transmitted Diseases as Constraints for Potato Production in the Tropical Highlands of Ecuador. PhD Thesis. Zurich, Switzerland: Swiss Federal Institute of Technology. **(Thesis)**

FAO, 2013. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAOSTAT database. **(Website)**

Gergerich, R.C., Welliver, R.A., Gettys, S., Osterbauer, N.K., Kamenidou, S., Martin, R.R., Golino, D.A., Eastwell, K., Fuchs, M., Vidalakis, G. and Tzanetakis, I.E. 2015. Safeguarding fruit crops in the age of agricultural globalization. Plant Disease, 99: 176-187. **(Journal)**

Hutton, F. 2014. Characterization and Survey of Economically Important Viruses which Affect Commercial Potato Crops in Ireland. MSc Thesis. University College Dublin Publication, Scotland. **(Thesis)**

Ioannou, N. 1989. Production of seed potatoes in Cyprus: the effects of rouging and planting date on the spread of *Potato leafroll virus*, tuber yield and infestation by potato tuber mouth. Potato Research, 32: 331-339. **(Journal)**

Kakuhenzire, R., Lemaga, B., Kashaija, I., Oritz, O. and Mateeka, B. 2013. Effect of *Crotalaria falcate* in crop rotation and following on potato bacterial wilt incidence, disease severity and latent infection in tubers and field soil. Biopesticides International, 9: 182-194. **(Journal)**

Larkin, R.P. and Griffin, T.S. 2007. Control of soil borne potato diseases using Brassica green manures. Crop Protection, 26: 1067-1077. **(Journal)**

Lemaga, B., Kakuhenizer, R., Kassa, B., Ewell, P.T. and Priou, S. 2005. Integrated Control of Potato Bacterial Wilt in Eastern Africa: The Experience of African Highlands Initiatives. In: Allen, C., Prior, P., and Heyward, A. C. (eds). Bacterial Wilt Diseases and the *Ralstonia Solanacearum* Species Complex. St Paul, MN, USA. APS, 145-157. **(Book)**

Mwangi, J.K., Nyende, A.B., Demo, P. and Matiru, V.N. 2008. Detection of latent infection by *Ralstonia solanacearum* in potato (*Solanum tuberosom*) using stems instead of tubers. African Journal of Biotechnology, 7: 1644-1649. **(Journal)**

Salazar, L.F. 1969. Potato Viruses and Their Control. Lima, Peru: International Potato Center. **(Handbook)**

Schulte-Geldermann, E., Gildermacher, P.R. and Struik, P.C. 2012. Improving seed health and seed performance by positive selection in three Kenyan potato varieties. American Journal of Potato Research, 89: 429-437. **(Journal)**

Simons, J.N. and Zitter, T.A. 1980. Use of oils to control aphid borne viruses. Plant Disease, 64: 542-546. **(Journal)**

Solomon-Blackburn, R.N. and Barker, H. 2001. Breeding virus resistant potatoes (*Solanum tuberosom*): a review of traditional and molecular approaches. Heredity, 86: 17-35. **(Journal)**

Struik, P.C. and Wiersema, S.G. 1999. Seed Potato Technology. Wageningen, The Netherlands. Wageningen University Press. **(Book)**

Thiele, G. 1999. Informal potato seed systems in the Andeans: why are they important and what should we do with them? World development, 27: 83-99. **(Journal)**

Thomas-Sharma, S., Abdurrahman, A., Ali, S., Andrade-Piedra, J., Bao, S., Charkowski, A.O., Crook, D., Kadian, M., Kromann, P., Struik, P.C., Torrance, L., Garrett, K.A. and Forbes, G.A. 2015. Seed degeneration in potato: the need for an integrated seed health strategy to mitigate the problem in developing countries. Plant Pathology, 1-14. **(Journal)**

Thomas-Sharma, S., Andrade-Piedra, J., Carvajal Yepes, M., Hernandez Nopsa, J.F., Jeger, M.J., Jones, R.A.C., Kromann, P., Legg, J.P., Yuen, J., Forbes, G.A. and Garrett, K.A. 2017. A risk assessment framework for seed degeneration: informing an integrated seed health strategy for vegetatively propagated crops. Phytopathology, 107: 1123-1135. **(Journal)**

Whipple, O.B. 1919. Degeneration in Potatoes. Montana, USA: University of Montana Agricultural Station: Montana Agricultural Experiment Station Bulletin no. 130. **(Handbook)**

Whitehead, T. 1924. *Potato leafroll virus* and degeneration in yield. Annals of Applied Biology, 11: 31-41. **(Journal)**

Whitehead, T. 1930. A study of the degeneration of certain potato stocks. Annals of Applied Biology, 17: 452-486. **(Journal)**

Woodford, J.A.T., Harrison, B.D., Aveyard, C.S. and Gordon, S.C. 1983. Insecticidal control of aphids and the spread of *Potato leafroll virus* in potato crops in Eastern Scotland. Annals of Applied Biology, 103: 117-130. **(Journal)**

Integrated seed health strategy to prevent seed degeneration

Masoud Naderpour*

Received: September 9, 2018 Accepted: October 22, 2018

Abstract

True-to-type and pathogen-free plant propagating materials are among the most necessary inputs to achieve sustainable agriculture. Some of plant pathogens and pests are transmitted via true seeds to the next generations in certain circumstances but all are transmitted through vegetative plant propagating materials. Using informal propagating materials and successive cycles of vegetative propagation has caused accumulation of pathogens and pests specifically in plants propagated by means of tubers, corms and rhizomes. This, in turn, has resulted in crop yield reduction in quantitative, qualitative and salability points of view. This phenomenon called seed degeneration and is very common in regions where farmers, for any reason (s), use informal seeds produced on-farm or acquired from markets. Several factors including climate, life cycles of pathogens and pests and their relation with other entities and environment influence seed degeneration. The present article focuses on details of seed degeneration, related factors and finally on integrated strategy based on these factors to prevent/mitigate this phenomenon.

Keywords: Integrated Control; Plant Diseases and Pests; Seed Degeneration; *Solanum Tuberosom*

How to cite this article

Naderpour, M. 2020. Integrated seed health strategy to prevent seed degeneration. Iranian Journal of Seed Science and Research, 6(4): 557-569. (In Persian)(**Journal)**

DOI: 10.22124/jms.2020.3932

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research

The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

Research Associate Professor, Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

*Corresponding author: m.naderpour@areeo.ac.ir