



ارزیابی خسارت شبیه‌سازی شده تگرگ روی عملکرد غده قابل فروش سیب‌زمینی رقم آگریا در منطقه اردبیل

داود حسن‌پناه^۱ و حسن حسن‌آبادی^۲

چکیده

به منظور تعیین درصد کاهش عملکرد غده در اثر خسارت شبیه‌سازی شده تگرگ از طریق تخریب اندام‌های هوایی بوته‌ها در مراحل مختلف رشد سیب‌زمینی رقم آگریا، آزمایشی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل در سال ۱۳۸۹ بر اساس طرح آماری فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل در چهار تکرار اجرا گردید. عامل اول شامل شش سطح درصد تخریب اندام‌های هوایی بوته‌ها (۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد) و عامل دوم شامل پنج سطح مرحله رشد گیاه (۲، ۵، ۸، ۱۱ و ۱۵ هفته پس از سبز شدن) بودند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد بین سطوح درصد و زمان تخریب اندام‌های هوایی بوته‌ها و اثرمتقابل بین آنها از لحاظ عملکرد غده قابل فروش اختلاف معنی‌داری وجود داشت. در مراحل اولیه رشد رویشی (۲ هفته پس از سبز شدن) درصد کاهش عملکرد غده ناچیز بود. وقوع خسارت در مرحله غده‌زایی و حجیم شدن (۵، ۸ و ۱۱ هفته پس از سبز شدن) باعث کاهش شدید عملکرد غده شد. مجدداً در اواخر مرحله حجیم شدن غده‌ها (۱۴ هفته پس از سبز شدن) درصد کاهش عملکرد غده قابل فروش کمتر بود. درصد کاهش عملکرد غده قابل فروش در درصد و زمان وقوع خسارت از طریق رگرسیون محاسبه شد. این آزمایش نشان داد که نسبت عملکرد غده قابل فروش به عملکرد غده غیر قابل فروش در مراحل اولیه رشد رویشی، در اواخر مرحله حجیم شدن غده‌ها و زمان از بین رفتن اندام‌های هوایی زیاد و در مرحله غده‌زایی و حجیم شدن غده‌ها کم بود.

واژگان کلیدی: سیب‌زمینی، خسارت، عملکرد، رگرسیون.

مقدمه

تگرگ فاجعه‌ای طبیعی برای همه مرم به‌ویژه کشاورزان محسوب می‌گردد (Wieringa and Lomas, 2001). خسارت تگرگ به فراوانی و شدت بارش بستگی دارد (Changnon, 1999a). معمولاً در صنعت بیمه برای محاسبه‌ی ریسک خسارت تگرگ در هر ناحیه از فراوانی بارش (بر حسب روز) و میانگین خسارت وارده که از نظر آماری معنی‌دار است، استفاده می‌کنند. مطالعات مزرعه‌ای برای برآورد میزان خسارت ناشی از تگرگ شامل شبیه‌سازی تخریب تگرگ از طریق تخریب اندام‌های هوایی گیاه می‌باشد (Changnon and Fosse, 1981). در برخی از مواقع نیز از ابزارهای لوله‌ای شکل برای به حرکت در آوردن قطعات یخ در ابعاد مختلف برای ارزیابی تاثیر اندازه ذرات تگرگ استفاده می‌گردد (Changnon, 1999b). تکنیک شبیه‌سازی از طریق تخریب اندام‌های هوایی گیاهان برای اندازه‌گیری خسارت حشرات، به ویژه سوسک کلرادو نیز استفاده شده است. ارتباط مناسبی بین تخریب مصنوعی و خسارت واقعی وجود دارد. نالت و همکاران (Nault et al., 1995) تیمارهای ۱۰۰ درصد تخریب از طریق حشرات و تخریب دستی را مقایسه نمودند. عملکرد در این تیمارها ۱۸/۶ و ۱۸ تن در هکتار بود. تفاوت بین خسارت حشرات و خسارت دستی ناچیز مشاهده شد.

گزارش‌های متعددی در رابطه با کاهش عملکرد غده به واسطه تخریب اندام‌های هوایی در سیب‌زمینی وجود دارد که این کاهش به شدت تخریب و مرحله رشدی گیاه بستگی دارد (Feibert and Saunders, 1993). ویل و کلینکوپف (Wille and Kleinkopf, 1992) تاثیر زمان بارش تگرگ بر عملکرد و کیفیت غده سه رقم سیب‌زمینی را بررسی و نتیجه گرفتند که در هر سه رقم کاهش عملکرد در مرحله گل‌دهی

گیاه حداکثر می‌باشد. موربی (Moorby, 1968) گزارش کرد مرحله شروع غده‌دهی و حجیم شدن غده‌ها بیشترین حساسیت را به تخریب اندام‌های هوایی دارد. در این حالت ۱۰۰ درصد تخریب باعث کاهش ۵۰ درصد عملکرد غده قابل فروش می‌شود. دومین مرحله‌ی حساس، مرحله گل‌دهی می‌باشد که ۳۶ درصد کاهش عملکرد را به همراه داشت. سرعت فتوسنتز در سیب‌زمینی در هنگام غده‌دهی به ۲ تا ۳ برابر افزایش می‌یابد و مقدار مواد فتوسنتزی ساخته شده ۲ برابر می‌شود، عمده این مواد فتوسنتزی به غده‌ها اختصاص می‌یابد. ایریگوین و همکاران (Irigoyen et al., 2011) سه رقم سیب‌زمینی را در ۴ سطح تخریب (شاهد، جزئی، متوسط و شدید) بررسی و نتیجه گرفتند تخریب در زمان شکل‌گیری غده‌ها و گل‌دهی کامل، عملکرد غده را به شدت کاهش می‌دهد. اما تخریب در زمانی که غده‌ها کامل شده‌اند به ندرت باعث کاهش عملکرد می‌شود. کرانشاو و رادکلیف (Cranshaw and Radcliffe, 1980) گزارش کرد تخریب اندام‌های هوایی سیب‌زمینی به طور جزئی (۱۰ تا ۳۳ درصد) در طی فصل رشد جبران می‌شود و کاهش عملکرد در تخریب‌های شدیدتر (بیش از ۶۷ درصد) صورت می‌گیرد. در این پژوهش ارقام دیررس نسبت به ارقام زودرس توانایی ترمیم بیشتری در طی فصل رشد داشتند. نتس و رز (Nots and Ross, 1994) گزارش کردند تخریب اندام‌های هوایی در مرحله گل‌دهی و توسعه غده‌ها عملکرد اقتصادی را کاهش می‌دهد. اما پس از تکمیل گل‌دهی خسارت تخریب اندک می‌باشد. جارامیلو و همکاران (Jarramillo et al., 1989) گزارش کردند خسارت بالاتر از ۲۵ درصد به برگ‌ها در عملکرد غده تاثیر دارد.

بیریسفورد (Beresford, 1967) تیمارهای مرحله رشدی ۵۰ و ۱۰۰ درصد گیاه در مرحله

شکل معنی‌داری کاهش نشان داد. تنگ و بیسونت (Teng and Bissonnette, 1985) اثر آلترناریا را بر عملکرد سیب‌زمینی مطالعه کرده و میزان افت عملکرد در شدت‌های مختلف بیماری اندازه‌گیری و برای ارقام زودرس و دیررس به تفکیک مدل‌های رگرسیونی جداگانه‌ای محاسبه نمودند. ویل و کلینکوف (Wille and Kleinkopf, 1992) اثر خسارت تگرگ را بر عملکرد سیب‌زمینی رقم راست بوربانک در مراحل مختلف و شدت‌های متفاوت مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند تاثیر شدت‌های پایین خسارت تگرگ بر عملکرد در مراحل اولیه رشد ناچیز (کمتر از ۵ درصد) بود و در شدت‌های بالا میزان افت عملکرد و افت کیفیت غده‌های تولید شده شدید بود. وقوع خسارت در اواخر مرحله رشد خسارت کمی و کیفی قابل توجهی ایجاد نکرد. اور و همکاران (Orr *et al.*, 2011) با بررسی خسارت تگرگ شبیه‌سازی شده از طریق شدت و زمان تخریب اندام‌های هوایی بعد از سبز شدن در سیب زمینی رقم نورچپ گزارش کردند که عملکرد غده تا ۶۴ درصد کاهش می‌یابد.

وایتفیلد (Whitfield, 1982) با حذف ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ برگ از گیاه توتون، گزارش کرد که عملکرد در تیمار شاهد ۲۴۰۰ کیلوگرم در هکتار و در تیمار حذف ۱۵ برگ ۹۴۰ کیلوگرم در هکتار بود. در این آزمایش با حذف ۱۵ برگ، عملکرد حدود ۴۰ درصد کاهش نشان داد. تینوتا (Tenuta, 2008) برای ایجاد خسارت تگرگ در گیاه ذرت، از یک نوعی روش حذف برگ^۱ قبل از ظهور اندام نر استفاده نمود و نتیجه گرفت که تگرگ شبیه‌سازی شده باعث کاهش عملکرد به مقدار تقریباً ۳۰ بوشل بر ایگر در مقایسه با شاهد گردید. میرتیل و همکاران (Myrtle *et al.*,

گل‌دهی کامل و درصد تخریب شامل شاهد، تخریب ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد ساقه و برگ را مورد ارزیابی قرار داد و نتیجه گرفت خسارت از ۲۵ تا ۱۰۰ درصد باعث کاهش عملکرد غده و عملکرد اقتصادی می‌شود. همچنین، وی گزارش کرد تیمار ۲۵ درصد عملکرد غده را ۱۰ درصد و تیمار ۱۰۰ درصد عملکرد غده را ۵۶ درصد کاهش می‌دهد. بیشترین خسارت در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی مشاهده شد. کمترین کاهش عملکرد در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی و ۲۵ درصد تخریب بود. ولیک و همکاران (Wellik *et al.*, 1981) تخریب اندام‌های هوایی را به صورت هفتگی انجام دادند و گزارش کردند تخریب در ۳ تا ۵ هفته پس از استقرار بیشترین کاهش عملکرد غده سیب‌زمینی را به همراه دارد. افزایش عملکرد برخی از ژنوتیپ‌های محصولات پس از تخریب کامل در اوایل فصل رشد دور از انتظار نیست (Counce *et al.*, 1994) در این حالت فرصت کافی برای جبران خسارت‌های وارده وجود دارد. این نوع ترمیم در گیاه آفتابگردان از طریق افزایش سطح برگ و تاخیر در پیری برگ‌ها (Moriondo *et al.*, 2003) و در سویا با افزایش تعداد غلاف در گیاه (Teigen and Vorst, 1975) به اثبات رسیده است. اما خسارت به گیاه در مراحل بعدی و به ویژه در مراحل زایشی با کاهش عملکرد همراه است. کرانشاو و رادکلیف (Cranshaw and Radcliffe, 1980) نشان دادند تخریب ۶۷ درصد اندام‌های هوایی سیب‌زمینی در اوایل رشد، تاثیر اندکی بر عملکرد غده دارد، در این حالت بافت‌های باقی‌مانده کسری تولید ناشی از حذف برگ‌ها را جبران می‌کنند.

ولیک و همکاران (Wellik *et al.*, 1981) گزارش کردند تخریب ۲۹ درصد برگ‌ها هیچ‌گونه تأثیری بر عملکرد نداشت اما زمانی که میزان تخریب به ۵۸ درصد افزایش یافت، میزان عملکرد غده به

۱- string trimmer

به برگ‌ها و از قارچ Pyraclostrobin استفاده نمودند. قارچ کش Pyraclostrobin در کاهش بیماری‌های برگ‌ی موثر بوده و می‌تواند تحمل گیاه ذرت را به خسارت ناشی از تگرگ افزایش دهد. نتایج نشان داد که خسارت تگرگ شبیه‌سازی شده در تیمار شاهد باعث افزایش لکه‌های خاکستری برگ و کاهش عملکرد شد. در تیماری که از قارچ‌کش استفاده شده بود، تاثیر کمی در کنترل خسارت تگرگ شبیه‌سازی شده داشت. وانگ و همکاران (Wang *et al.*, 2010) با اعمال خسارت ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد برای شاخه‌های باردار در سه مرحله رشد پنبه (مرحله ۸، ۱۲ و ۱۶ شاخه باردار)، نتیجه گرفتند کاهش عملکرد به درصد حذف شاخه‌ها بستگی دارد نه مرحله رشدی که حذف شاخه در آن اتفاق افتاده است. همچنین، بیان داشتند که با حذف شاخه‌های باردار در مرحله ۸ تا ۱۶، عملکرد پنبه ۸۰ تا ۱۰۰ درصد بهبود می‌یابد. هدف از این بررسی، برآورد میزان خسارت ناشی از تگرگ شبیه‌سازی شده از طریق تخریب اندام‌های هوایی بوته‌ها در مراحل مختلف رشد سیب‌زمینی رقم آگریا و کاهش درصد عملکرد غده در جهت تأمین منافع بیمه‌گذار (تولید کننده) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور ارزیابی خسارت تگرگ شبیه‌سازی شده از طریق تخریب اندام‌های هوایی بوته‌ها در مراحل مختلف رشد سیب زمینی رقم آگریا برای تعیین درصد کاهش عملکرد غده، در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اردبیل در سال ۱۳۸۹ انجام شد. این آزمایش بر اساس طرح آماری فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با دو عامل میزان تخریب اندام‌های هوایی و مرحله رشدی گیاه در چهار تکرار اجرا گردید. عامل اول شامل شش سطح تخریب اندام‌های هوایی (۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد) و عامل دوم شامل پنج مرحله رشد گیاه

(2011) برای ایجاد خسارت تگرگ، از یخ‌های مکعبی شکل با یک لوله پلاستیکی قابل انعطاف استفاده نمودند و حدود ۷۵ درصد از برگ‌ها را حذف کردند. با بررسی ارقام کدو تنبل، گردوی سفید و بلوط در تیمارهای بدون خسارت (شاهد)، خسارت تگرگ شبیه‌سازی شده قبل و بعد از میوه‌دهی، نتیجه گرفتند خسارت تگرگ بعد از میوه‌دهی در کدو تنبل بیشتر از سایر تیمارها بود. تراپینرس و همکاران (Trappeniers *et al.*, 2008) با بررسی سه سطح شدت و پنج سطح مرحله رشد ذرت علوفه‌ای، نتیجه گرفتند تخریب برگ تاثیر کمی بر عملکرد کل ماده خشک داشت. بیشترین کاهش عملکرد در مرحله زایشی مشاهده شد. باتلر و همکاران (Butler *et al.*, 2002) با بررسی تاثیر خسارت شبیه‌سازی شده تگرگ بر عملکرد روغن نعنای در مراحل ۱۴، ۲۷ و ۴۳ روز قبل از برداشت با شدت خسارت برگ ۳۳، ۶۷ و ۱۰۰ درصد گزارش کردند در مرحله ۴۳ روز قبل از برداشت با توجه به این که گیاه توانایی بهبود خسارت را داشت، کاهش عملکرد مشاهده نشد. اما در مرحله ۲۷ روز قبل از برداشت میزان خسارت ۲۷ درصد بود. تارتاچنیک و بلنک (Tartachnyk and Blanke, 2002) با بررسی خسارت تگرگ به عنوان یک منبع تنش غیرزنده با استفاده از اندازه‌گیری تبادل گاز و نسخه‌برداری روزانه برگ‌های خسارت دیده، نتیجه گرفتند روزانه برگ‌های خسارت دیده بعد از سه دقیقه بسته می‌شوند و به محض بسته شدن روزنه‌ها، میزان تبخیر ۱۶ درصد افزایش می‌یابد و مجدداً پس از ۳ ساعت روزنه برگ‌های خسارت دیده باز می‌شوند. همچنین، گزارش کردند در برگ‌های خسارت دیده میزان فتوسنتز کاهش و CO₂ افزایش می‌یابد.

برادلی و امیس (Bradley and Ames, 2010) برای تعیین خسارت تگرگ شبیه‌سازی شده از یک ماشین چمن‌زنی بنزینی ۱۲ ولت برای ایجاد خسارت

نوبت قبل از غده‌زایی و جین دستی صورت پذیرفت. پس از برداشت، محصول کرت به دو جزء قابل فروش (غده‌های بزرگ‌تر از ۳۵ میلی‌متر) و غیرقابل فروش (غده‌های کوچک‌تر از ۳۵ میلی‌متر) تقسیم شد. تجزیه واریانس و مقایسات میانگین صفت عملکرد غده قابل فروش براساس آزمون دانکن با استفاده از نرم افزار MSTATC محاسبه گردید. معادلات رگرسیونی مناسب در دامنه داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS محاسبه و بر اساس آن جدولی در خصوص برآورد میزان کاهش عملکرد غده در شدت و زمان‌های مختلف آسیب دیدگی تهیه شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد بین سطوح درصد تخریب و زمان تخریب اندام‌های هوایی بوته‌ها و اثرمتقابل بین آنها از لحاظ عملکرد غده قابل فروش اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۱).

مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح درصد و زمان تخریب اندام‌های هوایی بوته‌ها بر عملکرد غده قابل فروش در شکل ۱ نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که کاهش عملکرد غده قابل فروش در ۲ و ۱۴ هفته پس از سبز شدن با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت و در یک گروه مشترک قرار دارند. در تیمار ۵، ۸ و ۱۱ هفته پس از سبز شدن در خسارت ۱۰۰ درصد کمترین و در خسارت صفر درصد بیشترین عملکرد غده قابل فروش مشاهده شد. با افزایش درصد خسارت، عملکرد غده قابل فروش کاهش می‌یابد، اما اختلاف کاهش عملکرد در زمان تخریب اندام‌های هوایی ۵ و ۸ هفته پس از سبز شدن بیشتر از ۱۱ هفته پس از سبز شدن بود (شکل ۱). پس می‌توان نتیجه گرفت که در مراحل اولیه رشد رویشی و در اواخر مرحله حجیم شدن غده‌ها و زمان تخریب اندام‌های هوایی تاثیر خسارت بر عملکرد غده ناچیز می‌باشد. اما وقوع خسارت در مرحله غده‌زایی

(۲، ۵، ۸، ۱۱ و ۱۵ هفته پس از سبز شدن) بود. سبز شدن بوته‌ها زمانی است که ۸۰ درصد جوانه‌های بوته‌ها از زیر خاک بیرون آمده باشند. هر تیمار در یک کرت دو خطی به طول ۶ متر، به فاصله دو ردیف ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بین دو بوته ۲۵ سانتی‌متر کشت گردید. نحوه تخریب اندام‌های هوایی به شرح ذیل بود. شاهد: بدون تخریب اندام هوایی، ۲۰ درصد: از هر ۵ ساقه یک ساقه با قیچی باغبانی بریده شد و از هر ۵ برگ یکی قطع گردید. ۴۰ درصد: از هر ۵ ساقه دو ساقه با قیچی باغبانی بریده شد و از هر ۵ برگ دو تا قطع گردید. ۶۰ درصد: از هر ۵ ساقه سه ساقه با قیچی باغبانی بریده شد و از هر ۵ برگ سه تا قطع گردید. ۸۰ درصد: از هر ۵ ساقه چهار ساقه با قیچی باغبانی بریده شد و از هر ۵ برگ ۴ تا قطع گردید. ۱۰۰ درصد: همه ساقه‌ها با قیچی باغبانی بریده شد و کلیه برگ‌ها قطع گردید.

محل اجرای آزمایش از اقلیم نیمه خشک سرد بوده و دما در زمستان اکثراً زیر صفر می‌باشد. ارتفاع از سطح دریا ۱۳۵۰ متر، طول و عرض جغرافیایی به ترتیب $20^{\circ} 48'$ و $15^{\circ} 38'$ بوده و متوسط حداقل و حداکثر دمای سالانه و حداکثر مطلق دما به ترتیب $1/98$ ، $15/8$ و $21/58$ درجه سلسیوس و متوسط بارندگی سالیانه برابر $310/9$ میلی‌متر گزارش شده است. مصرف کودهای فسفاته در دو نوبت (۵۰ درصد موقع کاشت و ۵۰ درصد در دوره تشکیل غده)، نیتروژن در سه نوبت (۲۵ درصد موقع کاشت، ۵۰ درصد در زمان سبز شدن و ۲۵ درصد بلافاصله پس از تشکیل غده) و پتاسه در یک نوبت (موقع کاشت) بر اساس آزمون خاک بود. برای کنترل سوسک کلرادو از سم کنفیدور به مقدار ۲۵۰ میلی‌لیتر در هکتار در دو نوبت و برای کنترل بیماری قارچی فیتوفترا و آلترناریا از سم مانکوزب به مقدار یک کیلوگرم در هکتار استفاده گردید. برای مبارزه با علف‌های هرز در دو

و حجیم شدن غده‌ها باعث کاهش شدید عملکرد غده می‌شود.

در شکل ۲ مشاهده می‌شود که زمان تخریب اندام‌های هوایی بوته‌ها در ۲ و ۱۴ هفته پس از سبز شدن در کلیه تیمارها، درصد کاهش عملکرد غده قابل فروش نسبت به سایر تیمارها کمتر بوده است. در تیمار ۵، ۸ و ۱۱ هفته پس از سبز شدن در خسارت ۱۰۰ درصد با ۵۳/۶۰، ۴۳/۰۸ و ۳۱/۵۱ درصد و در خسارت ۲۰ درصد با ۵/۶۰، ۲۲/۲۰ و ۱۲/۸۵ درصد کاهش عملکرد غده قابل فروش به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را داشتند. بیشترین کاهش عملکرد در زمان تخریب اندام‌های هوایی ۵ و ۸ هفته پس از سبز شدن نسبت به ۱۱ هفته پس از سبز شدن بود (شکل ۲ و جدول ۲).

در این آزمایش، در مراحل اولیه رشد رویشی تاثیر خسارت بر عملکرد غده قابل فروش ناچیز بود و باعث کاهش جزئی عملکرد غده قابل فروش شد. علت آن رشد سریع بوته‌ها پس از وقوع خسارت در مراحل اولیه رشد و قبل از استولون‌زایی و غده‌زایی می‌باشد. ویل و کلینکوپف (Wille and Kleinkopf, 1992) گزارش کردند اثر شدت‌های پایین خسارت تگرگ بر عملکرد در مراحل اولیه رشد ناچیز (کمتر از ۵ درصد) بود. کاونس و همکاران (Counce et al., 1994) بیان نمودند افزایش عملکرد در برخی از ژنوتیپ‌های محصولات پس از تخریب کامل در اوایل فصل رشد دور از انتظار نیست. در این حالت فرصت کافی برای جبران خسارت‌های وارده وجود دارد. این نوع ترمیم در گیاه آفتابگردان از طریق افزایش سطح برگ و تاخیر در پیری برگ‌ها (Moriondo et al., 2003) و در سویا با افزایش تعداد غلاف در گیاه (Teigen and Vorst, 1975) به اثبات رسیده است. کرانشاو و رادکلیف (Cranshaw and Radcliffe, 1980) نشان دادند تخریب ۶۷ درصد اندام‌های هوایی سیب‌زمینی

در اوایل رشد تاثیر اندکی بر عملکرد غده دارد، در این حالت بافت‌های باقی‌مانده میزان کاهش تولید ناشی از حذف برگ‌ها را جبران می‌کنند. ولیک و همکاران (Wellik et al., 1981) گزارش کردند تخریب ۲۹ درصد برگ‌ها در هفته اول رشد، هیچ‌گونه تأثیری بر عملکرد غده ندارد.

در این آزمایش، وقوع خسارت در مرحله غده‌زایی و حجیم شدن باعث کاهش شدید عملکرد غده قابل فروش شد. پس حساس‌ترین مرحله نسبت به خسارت تگرگ غده‌زایی می‌باشد که بر روی عملکرد غده قابل فروش به شدت تاثیر دارد. علت آن این است که خسارت حاصله باعث قطع جریان کربوهیدرات و مواد غذایی از ساقه به غده می‌شود. ولیک و همکاران (Wellik et al., 1981) گزارش کردند تخریب در ۳ تا ۵ هفته پس از استقرار بیشترین کاهش عملکرد غده سیب‌زمینی را به همراه دارد و زمانی که میزان تخریب به ۵۸ درصد افزایش یابد، مقدار عملکرد غده به شکل معنی‌داری کاهش نشان می‌دهد. ویل و کلینکوپف (Wille and Kleinkopf, 1992) بیان نمودند خسارت در شدت‌های بالا، باعث افت شدید عملکرد غده می‌شود. اور و همکاران (Ort et al., 2011) میزان کاهش عملکرد غده را در سیب‌زمینی رقم نورچیپ تا ۶۴ درصد، وایتفیلد (Whitfield, 1982) در گیاه توتون حدود ۴۰ درصد، تینوتا (Tenuta, 2008) در گیاه ذرت تقریباً ۳۰ بوشل در ایکر، تراپینرس و همکاران (Trappeniers et al., 2008) در گیاه ذرت علوفه‌ای ۲۷ درصد گزارش کردند.

در این آزمایش، در اواخر مرحله حجیم شدن غده‌ها و زمان از بین رفتن اندام‌های هوایی، میزان افت عملکرد غده قابل فروش کمتر بود. با توجه به این که در این مرحله پوست‌بندی غده‌ها صورت گرفته و افزایش حجم غده‌ها ناچیز می‌باشد. به همین دلیل،

برآورد میزان خسارت تگرگ در مراحل مختلف رشد و هار (Hare, 1980)، اوینگ و همکاران (Ewing *et al.*, 1987) و ولیک و همکاران (Wellik *et al.*, 1981) برای برآورد میزان خسارت حشرات در مراحل مختلف رشد از تجزیه و تحلیل رگرسیون با مقایسه داده‌های عملکرد در مقابل میزان خسارت استفاده نموده‌اند.

نتایج حاصل از این آزمایش با نتایجی که توسط صندوق بیمه طبق جدول ۳ مورد استفاده قرار می‌گیرد، شباهت زیادی دارد با این تفاوت که نتایج به‌دست آمده در این پژوهش دقیق‌تر و کامل‌تر می‌باشد. جدول ۳ به عنوان راهنما بوده و قضاوت نهایی می‌بایست براساس اطلاعات منطقه و با توجه به رقم کشت شده، زمان وقوع خسارت و فاصله زمانی وقوع خسارت تا برداشت محصول صورت گیرد که در جدول ۵ بر اساس زمان وقوع خسارت و فاصله زمانی وقوع خسارت تا برداشت محصول برای رقم آگریا و منطقه اردبیل بیان شده است.

در جدول مذکور اگر ۱۰۰ درصد اندام‌های هوایی در مرحله غده‌زایی از بین برود میزان افت عملکرد ۵۰ درصد خواهد بود (جدول ۳). در جدول به‌دست آمده در این پژوهش مقدار ۴۹ درصد می‌باشد (جدول ۶). نتایج به دست آمده توسط برخی از محققان نیز با نتایج به دست آمده در این تحقیق مطابقت دارد. بر اساس نتایج آزمایش برس‌فورد (Beresford, 1967) اگر میزان خسارت تگرگ ۲۵ درصد باشد میزان عملکرد ۱۰ درصد کاهش می‌یابد ولی اگر میزان تخریب شاخ و برگ ۱۰۰ درصد باشد میزان تولید به طور متوسط ۵۶ درصد کاهش خواهد یافت. ویل و کلینکوپف (Wille and Kleinkopf, 1992) گزارش کردند در مرحله شروع حجیم شدن غده‌ها میزان افت عملکرد در شدت‌های پایین خسارت کمتر از ۵ درصد بود.

سرزنی اندام‌های هوایی سیب‌زمینی در اواخر مرحله رشد توصیه شده است. ویل و کلینکوپف (Wille and Kleinkopf, 1992) گزارش کردند وقوع خسارت (سرزنی) در اواخر مرحله رشد خسارت کمی و کیفی قابل توجهی ایجاد نمی‌کند.

نسبت عملکرد غده قابل فروش به عملکرد غده غیر قابل فروش در ۲ و ۱۴ هفته پس از سبز شدن در کلیه تیمارهای خسارت اختلاف کمتری وجود داشت. در تیمار ۸ و ۱۱ هفته پس از سبز شدن در خسارت ۱۰۰ درصد کمترین و در خسارت صفر درصد بیشترین مقدار مشاهده شد. با افزایش درصد خسارت، نسبت عملکرد غده قابل فروش به عملکرد غده غیرقابل فروش کاهش می‌یابد، اما اختلاف کاهش در زمان تخریب اندام‌های هوایی ۸ و ۱۱ هفته پس از سبز شدن بیشتر از سایر تیمارها بود (شکل ۳). پس، می‌توان نتیجه گرفت که در مراحل اولیه رشد رویشی و در اواخر مرحله حجیم شدن غده‌ها و زمان از بین رفتن اندام‌های هوایی نسبت عملکرد غده قابل فروش به عملکرد غده غیرقابل فروش زیاد و اما وقوع خسارت در مرحله غده‌زایی و حجیم شدن غده‌ها باعث کاهش نسبت عملکرد غده قابل فروش به عملکرد غده غیرقابل فروش می‌شود.

برای پیش بینی عملکرد غده قابل فروش از طریق میزان و زمان وقوع خسارت از رگرسیون بین عملکرد غده قابل فروش به عنوان متغیر وابسته (y) و صفات میزان و زمان وقوع خسارت به عنوان متغیرهای مستقل (x) استفاده شد. معادلات رگرسیونی در جداول ۴، ۵ و ۶ نشان داده شده‌اند. برس‌فورد (Beresford, 1967)، اسپارکس و همکاران (Sparks *et al.*, 1957)، موربی (Moorby, 1968)، ویل و کلینکوپف (Wille and Kleinkopf, 1992)، تنگ و بیسونت (Teng and Bissonnette, 1985) و ایرگویین و همکاران (Irigoyen *et al.*, 2011) نیز برای

جدول ۱- تجزیه واریانس عملکرد غده قابل فروش در سطوح مختلف درصد و زمان تخریب اندام‌های هوایی سیب‌زمینی رقم آگریا
Table 1- Analysis of variance for marketable tuber yield at different times and percent of aerial destruction Agria cultivar of potato

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات mean of squares
تکرار replication	3	301.37
درصد تخریب اندام‌های هوایی aerial destruction percent (A)	5	238.54**
زمان تخریب اندام‌های هوایی aerial destruction time (B)	4	324.62**
درصد تخریب × زمان تخریب A × B	20	217.79*
خطا error	87	26.47
ضریب تغییرات (C.V.%)		20.36

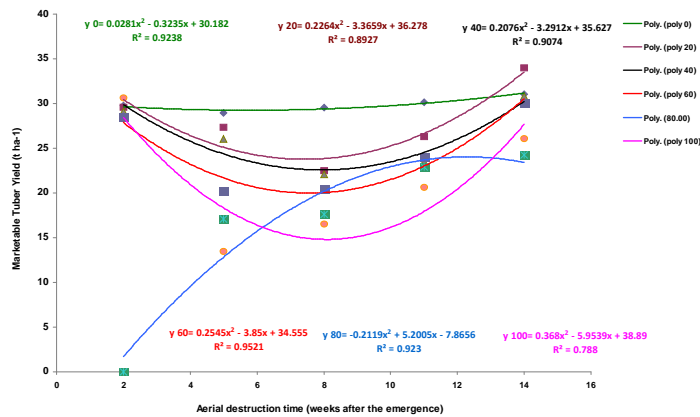
* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

* and ** Significant at 5% and 1% probability level, respectively.

جدول ۲- درصد کاهش عملکرد غده قابل فروش در اثر زمان و میزان تخریب اندام‌های هوایی بوته‌های سیب‌زمینی رقم آگریا در منطقه اردبیل

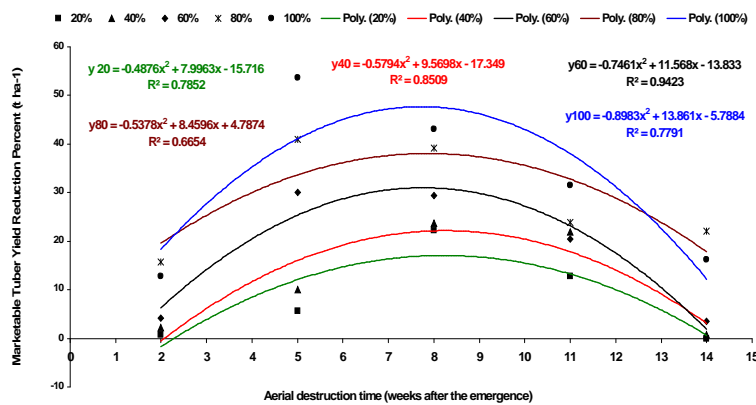
Table 2- Percent marketable tuber yield reduction due to times and levels of aerial destruction Agria cultivar of potato in Ardabil region

مراحل مختلف رشد different growth stages	زمان تخریب اندام هوایی (هفته پس از سبز شدن) aerial destruction time (weeks after emergence)	درصد تخریب اندام‌های هوایی aerial destruction percentage				
		20%	40%	60%	80%	100%
شروع استولون زایی begining stolon initiation	2	0.7	2.25	4.20	15.71	12.82
اوایل گل‌دهی (شروع غده‌زایی) early flowering (tuber initiation)	5	5.60	9.96	30.12	40.94	53.60
گل‌دهی کامل (شروع حجیم شدن) full flowering (early bulking)	8	22.20	23.65	29.39	39.21	43.08
اواخر گل‌دهی (حجیم شدن) Late flowering (Bulking)	11	12.85	21.85	20.45	23.90	31.51
۲ هفته تا برداشت محصول two weeks to harvest	14	0.0	0.80	3.47	22.04	16.22



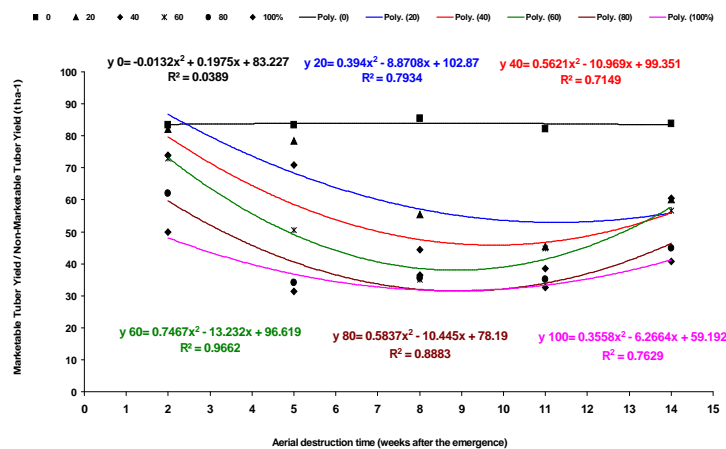
شکل ۱- روند عملکرد غده قابل فروش در سطوح مختلف درصد و زمان تخریب اندام‌های هوایی بوته‌ها

Figure 1- Trend of marketable tuber yield in different times and levels of plants aerial destruction (percent)



شکل ۲- روند عملکرد غده قابل فروش در اثر متقابل زمان و درصد مختلف تخریب اندام‌های هوایی بوته‌های سیب‌زمینی

Figure 2- Trend of marketable tuber yield due to different levels and times of aerial destruction of potato (percent)



شکل ۳- نسبت عملکرد غده قابل فروش به عملکرد غده غیر قابل فروش در سطوح مختلف درصد و زمان تخریب اندام‌های هوایی بوته‌ها

Figure 3- Ratio of marketable tuber yield to non-marketable tuber yield due to different levels and times of aerial destruction of potato (percent)

جدول ۳ - درصد کاهش عملکرد غده قابل فروش ناشی از سطوح و زمان‌های درصد تخریب اندام‌های هوایی سیب‌زمینی
Table 3- Percent reduction of marketable tuber yield at different stages of aerial destruction and growing

مراحل مختلف رشد growing stages	درصد تخریب اندام‌های هوایی percent aerial destruction			
	25%	50%	75%	100%
اوایل گل‌دهی (شروع غده‌زایی) early flowering (tuber initiation)	3	10	15	50
گل‌دهی کامل (شروع حجیم شدن) full flowering (start to Bulking)	10	18	25	60
اواخر گل‌دهی (حجیم شدن) late flowering (bulking)	18	22	43	65

جدول ۴ - معادلات رگرسیون برازش شده اولیه در مراحل مختلف رشد
Table 4- Initial fitted regression equations at different growth stages of potato

مراحل رشد grow stages	معادله equation
۲ هفته پس از سبز شدن 2 weeks after emergence	$Y = 2.082 + 0.032 X$
۵ هفته پس از سبز شدن 5 weeks after emergence	$Y = -6.42 + 0.479 X + 0.001 X^2$
۸ هفته پس از سبز شدن 8 weeks after emergence	$Y = 18.77 + 0.095 X + 0.002 X^2$
۱۱ هفته پس از سبز شدن 11 weeks after emergence	$Y = 10.301 + 0.197 X$
۱۴ هفته پس از سبز شدن 14 weeks after emergence	$Y = -7.598 + 0.268 X$

X: aerial destruction (percent)
 Y: reduction of marketable tuber yield (percent)

X: درصد خسارت اندام‌های هوایی
 Y: درصد کاهش عملکرد غده قابل

جدول ۵- معادلات رگرسیون برازش شده نهایی در سطوح مختلف درصد خسارت اندام‌های هوایی سیب‌زمینی

Table 5- Final fitted regression equations for different levels of aerial destruction (percent) of potato

درصد خسارت اندام‌های هوایی aerial destruction (percent)	معادله equation
5	$Y = -11.891 + 0.858 X - 0.007 X^2$
10	$Y = -12.348 + 0.894 X - 0.008 X^2$
15	$Y = -12.757 + 0.946 X - 0.008 X^2$
20	$Y = -13.212 + 1.03 X - 0.009 X^2$
25	$Y = -13.564 + 1.11 X - 0.01 X^2$
30	$Y = -13.947 + 1.191 X - 0.011 X^2$
35	$Y = -13.839 + 1.243 X - 0.011 X^2$
40	$Y = -13.877 + 1.306 X - 0.012 X^2$
45	$Y = -14.557 + 1.410 X - 0.013 X^2$
50	$Y = -14.083 + 1.440 X - 0.013 X^2$
55	$Y = -14.299 + 1.515 X - 0.013 X^2$
60	$Y = -14.490 + 1.592 X - 0.014 X^2$
65	$Y = -14.839 + 1.68 X - 0.015 X^2$
70	$Y = -15.078 + 1.761 X - 0.015 X^2$
75	$Y = -15.394 + 1.850 X - 0.016 X^2$
80	$Y = -15.952 + 1.952 X - 0.017 X^2$
85	$Y = -16.280 + 2.045 X - 0.018 X^2$
90	$Y = -16.735 + 2.148 X - 0.019 X^2$
95	$Y = -17.349 + 2.257 X - 0.02 X^2$
100	$Y = -17.952 + 2.372 X - 0.021 X^2$

X: Days after growth

Y: Percent reduction of marketable tuber yield

X: روز پس از سبز شدن

Y: درصد کاهش عملکرد غده قابل فروش

جدول ۶- درصد کاهش عملکرد غده قابل فروش در سطوح مختلف درصد تخریب اندام‌های هوایی بوته‌ها و مراحل مختلف رشد

Table 6- Percent reduction of marketable tuber yield due to different levels and times of aerial destruction of potato

روز پس از سبز شدن day after emergence	درصد خسارت damage percent																			
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	1.0	1.5	1.9	2.4	2.8	3.2	3.7
15	0.0	0.0	0.0	0.2	0.8	1.4	2.3	3.0	3.7	4.6	5.5	6.2	7.0	8.0	8.8	9.5	10.3	11.2	12.0	12.9
20	2.5	2.3	3.0	3.8	4.6	5.5	6.6	7.4	8.4	9.5	10.8	11.8	12.8	14.1	15.2	16.3	17.4	18.6	19.8	21.1
25	5.2	5.0	5.9	6.9	7.9	9.0	10.4	11.3	12.6	13.8	15.5	16.6	17.8	19.6	20.9	22.2	23.6	25.1	26.6	28.2
30	7.5	7.3	8.4	9.6	10.7	11.9	13.6	14.5	16.0	17.4	19.5	20.7	22.1	24.3	25.7	27.3	28.9	30.6	32.4	34.3
35	9.6	9.1	10.6	11.8	13.0	14.3	16.2	17.1	18.9	20.4	22.8	24.1	25.6	28.2	29.8	31.5	33.2	35.2	37.1	39.3
40	11.2	10.6	12.3	13.6	14.8	16.1	18.3	19.2	21.0	22.7	25.5	26.8	28.4	31.4	33.0	34.9	36.7	38.8	40.9	43.3
45	12.5	11.7	13.6	14.9	16.1	17.4	19.8	20.6	22.6	24.4	27.6	28.8	30.4	33.8	35.5	37.5	39.3	41.5	43.7	46.3
50	13.5	12.4	14.5	15.8	16.9	18.1	20.8	21.4	23.4	25.4	29.0	30.1	31.7	35.5	37.1	39.1	41.0	43.2	45.5	48.1
55	14.1	12.6	15.1	16.2	17.2	18.3	21.3	21.6	23.7	25.8	29.7	30.7	32.2	36.4	38.0	40.0	41.7	43.9	46.3	49.0
60	14.4	12.5	15.2	16.2	17.0	17.9	21.1	21.3	23.2	25.5	29.8	30.6	32.0	36.6	38.0	40.0	41.6	43.7	46.1	48.8
65	14.3	12.0	14.9	15.7	16.3	17.0	20.5	20.3	22.2	24.6	29.3	29.8	31.0	36.0	37.3	39.1	40.6	42.6	44.9	47.5
70	13.9	11.0	14.3	14.8	15.1	15.5	19.3	18.7	20.4	23.0	28.1	28.4	29.3	34.7	35.7	37.4	38.7	40.5	42.6	45.2
75	13.1	9.7	13.2	13.4	13.4	13.5	17.5	16.6	18.1	20.8	26.2	26.2	26.8	32.6	33.4	34.8	35.8	37.5	39.4	41.8
80	11.9	8.0	11.7	11.6	11.2	10.9	15.2	13.8	15.0	17.9	23.7	23.3	23.6	29.8	30.2	31.4	32.1	33.5	35.2	37.4
85	10.5	5.8	9.9	9.3	8.5	7.8	12.3	10.4	11.4	14.4	20.6	19.7	19.6	26.2	26.3	27.1	27.5	28.6	30.0	31.9
90	8.6	3.3	7.6	6.6	5.3	4.1	8.9	6.5	7.0	10.2	16.8	15.4	14.9	21.9	21.5	22.0	22.0	22.7	23.8	25.4
95	6.4	0.4	4.9	3.4	1.6	0.0	5.0	1.9	2.1	5.4	12.3	10.4	9.4	16.8	16.0	16.1	15.5	15.9	16.6	17.9
100	3.9	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	7.2	4.7	3.2	11.0	9.6	9.2	8.2	8.1	8.4	9.2

(براساس معادلات رگرسیون برازش شده نهایی جدول ۵ محاسبه شده است)

References

منابع مورد استفاده

- Beresford, B.C. 1967. Effect of simulated hail damage on yield and quality of potatoes. *Amer. J. Potato Res.* 44(10): 347-354.
- Bradley, C.A., and K.A. Ames. 2010. Effect of foliar fungicides on corn with simulated hail damage. *Plant Disease.* 94(1): 83-86.
- Butler, M., C. Campbell, M. Zarnstorff, and J. Puckett. 2002. Evaluation of simulated hail damage to peppermint in central Oregon. Oregon Agric. Res. Center Ann. Report.
- Changnon, S.A. 1999a. Factors affecting temporal fluctuations in damaging storm activity in the U.S. based on insurance data. *J. Appl. Meteor.* 6: 1-10.
- Changnon, S.A. 1999b. Data and approaches for determining hail risk in the contiguous United States. *J. Appl. Meteor.* 38: 1730-1739.
- Changnon, S.A., and E.R. Fosse. 1981. Impacts and use of climatological information in the hail insurance industry. Proc. Climate and Risk Conference, Mitre Crop. 28 pp.
- Counce, P.A., B.R. Wells, and A.J. Norman. 1994. Simulated hail damage to rice: I. Susceptible growth stages. *Agron. J.* 86: 1107-1113.
- Cranshaw, W.S., and E.B. Radcliffe. 1980. Effect of defoliation on yield of potatoes. *J. Economic Entomology.* 73: 131-134.
- Ewing, E.E., S.E. Mc Murry, G.A. Nicholson, and W.D. Heym. 1987. Effects of repeated defoliations on the growth and development of the potato plant. Proceedings. Eur. Asso. Potato Res. 111-112.
- Feibert, E.S., and M. Saunders. 1993. Simulated hail timing: Influence on yield and quality of three potato cultivars. Malheur Country Crop Res. Ann. Rep. 100-108.
- Hare, J.D. 1980. Impact of defoliation by the Colorado potato beetle on potato yields. *J. Econ. Entomol.* 73: 369-373.
- Irigoyen, I., I. Domeno, and J. Muro. 2011. Effect of defoliation by simulated hail damage on yield of potato cultivars with different maturity performed in Spain. *Amer. J. Potato Res.* 88(1): 82-90.
- Jaramillo, J., A.M. Alvarez, and V. Saldarriaga. 1989. Estudio del nivel economico de dano de la polilla de la papa, *Phtoriaea operculella* (Zeller). *Revista Colombiana de Entomologia.* 15: 28-35.
- Moorby, J. 1968. The influence of carbohydrates and mineral nutrient supply on the growth of potato plants. *Ann. Bot.* 32: 57-68.
- Moriondo, M., S. Orlandini, and F.J. Villalobos. 2003. Modeling compensatory effects of defoliation on leaf area growth and biomass of sunflower. *Eur. J. Agron.* 19: 161-171.
- Myrtle, P.S., C.S. Clinton, and A.S. Cedric. 2011. The effect of simulated hail on yield and quality of pumpkins and two squash varieties. Malheur Experiment Station Oregon State Station Ontario. <http://www.cropinfo.net/AnnualReports/1995/hailexp.htm>

- Nault, B.A., P.A. Follet, F. Gouldand and G.G. Kennedy. 1995. Assessing compensation for insect damage in mixed plantings of resistant and susceptible potatoes. *Amer. J. Potato Res.* 72(3): 157-176.
- Notz, A., and F. Ross. 1994. Simulacion de danos de insectos masticadores a diferentes etapas de crecimiento y su efecto sobre el rendimiento de la papa, *Solanum tuberosum* L. *Boletin de Entomologia Venezolana.* 9: 49-54.
- Orr, P.H., J.R. Sowokinos, D.C. Nelson, M.C. Thoreson, J.M. Sacks, J.D. Hofer, and K.G. Janardan. 2011. Chipping quality and yield of Norchip potatoes damaged by simulated hail. *Amer. Soc. Agric. Biol. Engineers.* 34(5): 2085-2090.
- Sparks, W.C., G.W. Woodbury, and F.H. Takatori. 1957. Estimating hail injury in potatoes. Idaho Agric. Exp. Sta. Bull. 274. University of Idaho, College of Agriculture, Moscow, ID 83843.
- Tartachnyk, I., and M.M. Blanke. 2002. Effect of mechanically-simulated hail on photosynthesis, dark respiration and transpiration of apple leaves. *Environ. Exp. Botany.* 48(2): 169-175.
- Teigen, J.B., and J.J. Vorst. 1975. Soybean response to stand reduction and defoliation. *Agron. J.* 67: 813-816.
- Teng, P.S., and H.L. Bissonnette. 1985. Potato losses due to early blight in Minnesota fields, 1981 and 1982. *Amer. J. Potato Res.* 62(11): 619-627.
- Tenuta, A. 2008. Hail damage in corn. Field Crop Plant Pathologist/OMAFRA Ridgetown.
- Trappeniers, G., J.F. Ledent, O. Fayt, and A. Nijs. 2008. Effects of simulated hail damage on the yield of forage maize. *J. Agron. Crop Sci.* 168(1): 13-19.
- Wang, G., R. Asimwe, P. Andrade, and M. Sheedy. 2010. Simulated hail damage in cotton. Beltwide Cotton Conferences, New Orleans, Louisiana, January 4-7, 2010. 157-161.
- Wellik, M.J., J.E. Slosser, and R.D. Kirby. 1981. Effect of simulated insect defoliation on potatoes. *Amer. J. Potato Res.* 58(12): 626-632.
- Whitfield, D.M. 1982. Effects of simulated hail damage on yield and quality of flue-cured tobacco. *Aust. J. Exp. Agric. Animal Husbandry.* 22(116): 244-248.
- Wieringa, J., and J. Lomas. 2001. Lecture notes for training agricultural meteorological personnel. WMO-No.551. ISBN 92-63-12551-1. 196 pp.
- Wille, M.J., and G.E. Kleinkopf. 1992. Effect of simulated hail damage on yield and quality of Russet Burbank potatoes. *Amer. J. Potato Res.* 69(11): 705-714.

Evaluation of Hail Simulated Damage on Marketable Tuber Yield of Potato Agria Cultivar in Ardabil Region

Hassanpanah, D.^{1*}, and H. Hassanabadi²

Abstract

This study was conducted at Ardabil Agriculture and Natural Resources Research Station during the year of 2010. A factorial experiment based on randomized complete block design with four replications and two factors were used to evaluate the effect of simulated hail damage to foliage at different growth stages of potato Agria cultivar on marketable tuber yield. The first factor consisted of six levels of foliar damage (0, 20, 40, 60, 80 and 100 percent) and the second factor of five levels of plant growth stages (2, 5, 8, 11 and 15 weeks after the growing). Analysis of variance showed that there were significant differences among plants for levels and times of hail damage and their interactions in terms of marketable tuber yield. Percentage of marketable yield reduction at early stages of vegetative growth (2 weeks after growing) was minimal. Occurrence of hail damage at the tuberization and bulking stages (5, 8 and 11 weeks after growing) severely reduced marketable tuber yield. While, its damage at late growing stages of (14 weeks after growing) on tuber yield was not appreciable. Times of hail damage on marketable tuber yield reduction was calculated through the regression. Relative reduction of marketable tuber yield at the early stages of vegetative growth, due to hail damage, against non-marketable tuber yield was higher than of bulking stage.

Key words: Damage, Potato, Regression, Yield.

1- Assistant Prof., Ardabil Agricultural and Natural Resources Research Center, Ardabil, Iran.

2- Scientific Member of Seed and Plant Institute Improvement, Karaj, Iran.

*Corresponding Author: d.hassanpanah@spii.ir