نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۲، شماره ۴ ، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۶۹۲-۶۸۳

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 12, No. 4, Winter. 2015, p. 683-692

آنالیز رشد چغندرقند در شرایط سالم و آلوده به بیماری ویروسی ریزومانیا

جواد رضایی[۱*]- محمد بنایان‌اول[۲]- احمد نظامی[۳]- محسن مهرور[۴]- باقر محمودی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۸/۲۱

چکیده

بیماری ویروسی ریزومانیا یکی از مهمترین بیماری ها در سطح مزارع چغندرقند جهان است. این بیماری بطور معنی داری عملکرد و کیفیت چغندرقند را کاهش داده و خسارت اقتصادی زیادی به کشاورزان وارد می کند. برنامه‌های به‌نژادی با هدف معرفی ارقام متحمل نسبت به این بیماری تنها راه گریز از خسارت این بیماری است. این مطالعه سعی دارد فرآیند رشد اندام های هوایی و زیر زمینی ارقام حساس و متحمل نسبت به بیماری ریزومانیا را تجزیه و تحلیل نماید تا بتوان به کمک اطلاعات حاصل از آن به درک صحیحی در مورد تفاوت‌های رشدی ارقام مختلف در شرایط آلوده و سالم دست یافت. برای تجزیه و کمی نمودن رشد اندام های چغندرقند طی فصل رشد در شرایط سالم و آلوده از شاخص‌های رشد گیاهان زراعی استفاده شد. برای این منظور در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ با استفاده از چهار رقم چغندرقند سه آزمایش اجرا شدند. نتایج این مطالعه نشان داد که در شرایط آلوده به بیماری ریزومانیا، ماده خشک ریشه ذخیره ای و شاخص سطح برگ ارقام حساس در مقایسه با ارقام متحمل به ترتیب ۵۷ و ۲۴ درصد کمتر بود. بعلاوه سرعت رشد و سرعت فتوسنتز خالص ارقام حساس تحت تاثیر بیماری کمتر از ارقام متحمل بود. در خاک عاری از بیماری تفاوت بین ماده خشک و شاخص‌های رشد ارقام حساس و متحمل چغندرقند معنی‌دار نبود. بیماری ریزومانیا از طریق کاهش سطح سبز و توان فتوسنتزی ارقام حساس منجر به کاهش سرعت رشد و تولید ماده خشک گردید.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های رشد، زمان حرارتی، رقم متحمل، آزمون الایزا

مقدمه

بیماری ریزومانیا بطور معنی‌داری عملکرد و کیفیت چغندرقند [۶] را کاهش داده و خسارت اقتصادی شدیدی به کشاورزان وارد میکند. عامل این بیماری، ویروس زردی نکروتیک چغندرقند[۷] (۲۷) و ناقل آن در خاک، قارچ *Polymyxa betae Keskin* (۱۰) می باشد. بیماری ریزومانیا یکی از مهمترین بیماری‌ها در سطح مزارع چغندرقند جهان است (۱۴ و ۲۶) که در صورت عدم اجرای روش‌های موثر کنترل، میتواند به شدت عملکرد ریشه، کیفیت و خلوص ریشه چغندرقند را کاهش دهد (۲ و ۲۶). وجود درازمدت اسپورهای استراحتی قارچ ناقل بیماری در خاک، عمده روش‌های شیمیایی و زراعی کنترل این بیماری را با شکست مواجه کرده است. بنابراین برنامه‌های اصلاحی درازمدت با هدف معرفی ارقام مقاوم یا متحمل نسبت به این بیماری تنها شانس کنترل این بیماری و اجتناب از اتلاف عملکرد ریشه بیشتر می‌باشد (۱۲). در ایران برای اولین بار ریزومانیا در سال ۱۳۷۵ در مزارع چغندرقند استان فارس گزارش گردید (۱) و پس از آن تقریباً در تمام مناطق چغندرکاری کشور گسترش یافت (۱۶).

اثرات فیزیولوژیکی بیماری بر چغندرقند شامل کاهش تعرق و تبادل دی اکسید کربن، محتوای ازت کمتر و افزایش ناخالصی‌های ریشه (ازت آمینه، سدیم و پتاسیم) می باشد (۲۵). بر این اساس تلاش‌هایی به منظور شناسایی اثرات فیزیولوژیکی بیماری ریزومانیا بر چغندرقند انجام شده است (۱۲). در بسیاری از تحقیقات عمدتاً بر اثرات زیان بار بیماری بر ریشه تمرکز شده است (۱۲ و ۱۵). تعدادی از این مطالعات نشان داده‌اند که آلودگی ریشه به عامل بیماری سبب کاهش میزان کلروفیل (۲۲) و افزایش جذب دی اکسید کربن در واحد وزن تر برگ (۲۸) می‌شوند. ارقام حساس چغندرقند در شرایط آلوده به این بیماری جذب خالص دی اکسیدکربن و تعرق کمتری نسبت به ارقام متحمل دارند. از طرفی به دلیل هدایت روزنه‌ای کمتر و کشش داخل آوندی بیشتر ارقام حساس در شرایط آلوده، این ارقام در معرض

۱- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
(*- نویسنده مسئول: Email: javad.rezaei@stu-mail.um.ac.ir)
۲ و ۳- به ترتیب دانشیار و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۴- استادیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۵- دانشیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند

6 - *Beta vulgaris* L.
7- Beet Necrotic Yellow Vein Virus (BNYVV)

Archive of SID
www.SID.ir

تنش خشکی قرار گرفته و به دلیل کاهش هدایت روزنه‌ای و متعاقب آن کاهش میزان تعرق در برگ‌ها، دمای برگ آنها نسبت به ارقام متحمل بیشتر می شود (۱۲).

اسکات و جگارد (۲۴) و کنتر (۱۳) گزارش کردند که در بهار سرعت آهسته تشکیل برگ‌ها از جمله ویژگی‌های رشد در چغندرقند می‌باشد. بنابراین به منظور جذب مطلوب نور، کانوپی چغندرقند باید تا قبل از اواخر خرداد بسته شود. در غیر اینصورت با کاهش نور دریافتی، رشد چغندرقند دچار محدودیت می شود. بنابراین افزایش سرعت تشکیل برگ‌های چغندرقند در اوایل فصل رشد جهت دستیابی به جذب نور بیشتر و بهبود عملکرد ریشه ضروری است. اسکات و جگارد (۲۴) و میلفورد (۱۷) بیان کردند که درجه حرارت عامل مهمی برای رشد چغندرقند است و زمان حرارتی معینی لازم است تا گیاه بتواند مراحل رشدی خود را سپری کند. بر این اساس در شرایط محیطی مختلف میتوان به کمک زمان حرارتی تشکیل عملکرد در گیاه چغندرقند را تفسیر کرد (۱۳). با استفاده از نظریه زمان حرارتی، هافمن و کلاگ–سورین (۱۱) توانستند تشکیل ماده خشک در چغندرقند را توضیح داده و داده های لازم برای شبیه‌سازی عملکرد را تامین کنند.

به منظور کمی‌سازی اطلاعات موجود، باید الگو و زمان‌بندی رشد چغندرقند را در شرایط آلوده در مقایسه با شرایط سالم ردیابی کرد. دکوییجر و ون در ورف (۸) نتیجه گیری کردند گیاهان آلوده به ویروس زردی خفیف چغندرقند[1] در مقایسه با گیاهان سالم سطح برگ کمتری داشتند. باتال و همکاران (۴) توانستند توسط یک مدل ساده رگرسیونی ۸۰ درصد تغییرات عملکرد را بر اساس شدت بیماری روی برگ پرچمی گندم در مرحله شیری دانه یا منحنی پیشرفت بیماری نسبت به زمان حرارتی، تفسیر کنند. نتیجه داده‌های حاصل از تحقیق آنها توسعه روش‌های کنترلی کاهش اثرات مخرب بیماری بر عملکرد بود.

در مطالعه حاضر سعی میشود رشد اندام‌های هوایی و زیر زمینی ارقام حساس و متحمل چغندرقند در شرایط سالم و آلوده به بیماری ریزومانیا آنالیز شوند. هدف از این کار دستیابی به اطلاعات کمی روند تغییرات رشد ارقام چغندرقند در شرایط آلوده و سالم طی فصل رشد می باشد.

مواد و روش ها

این تحقیق در سال های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی (شرایط خاک آلوده به ریزومانیا) و در سال ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد (شرایط خاک سالم) انجام شد. آلودگی خاک مزرعه آلوده، بر اساس نتایج آزمایشات درازمدت انجام شده در آن طی سال‌های متوالی گذشته و همچنین انجام آزمون الایزا[2] (۹)، و سلامت خاک مزرعه سالم بر اساس سابقه آیش چندین ساله مزرعه و همچنین نمونه گیری از ریشه‌های کشت چغندرقند سال قبل و انجام آزمون الایزا به اثبات رسید. بر اساس آزمون خاک، بافت خاک هر دو مزرعه لومی با pH معادل ۸، EC برابر با ۱/۴۴ و ۱/۳۴ دسی زیمنس بر متر و میزان ماده آلی ۰/۵ و ۰/۷۳ درصد به ترتیب برای مزرعه آلوده و سالم بود. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی و مزرعه دانشکده کشاورزی هر دو به فاصله کمی در شهر مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۹۹۹ متر واقع شده اند. میانگین دراز مدت دمای روزانه مشهد ۱۴/۱، حداقل دمای مطلق آن ۷/۱ و حداکثر مطلق آن ۲۱/۱ درجه سانتیگراد با میانگین بارش ۲۵۰ میلیمتر در سال می باشد. داده‌های آب و هوایی درازمدت از سایت سازمان هواشناسی کشور (۳) و دماهای متوسط، حداقل و حداکثر روزانه از ایستگاه هواشناسی خودکار[3] نصب شده در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی بدست آمدند. مجموع زمان حرارتی (°Cd) برای هر مرحله از جمع کردن میانگین درجه حرارت های روزانه بیش از ۳ درجه سانتیگراد (۱۱) بدست آمد. مقادیر زمان حرارتی کمتر از ۳ درجه سانتیگراد نیز صفر در نظر گرفته شدند (۱۷ و۲۰).

به منظور آنالیز رشد گیاه چغندرقند در شرایط سالم و آلوده به بیماری ریزومانیا این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار و ۴ تیمار رقم چغندرقند اجرا گردید. انتخاب ارقام چغندرقند مورد استفاده در تحقیق به گونه ای بود که طیفی از ارقام کاملاً حساس تا کاملاً متحمل را شامل شوند. برای این منظور ارقام تجاری بریجیتا (متحمل نسبت به ریزومانیا)، زرقان (نسبتاً متحمل)، جلگه (حساس) و رسول (حساس) برای این آزمایش برگزیده شدند. کاشت آزمایش در کرتهایی با ۹ خط کاشت به طول ۱۰ متر و فاصله ۵۰ سانتیمتر از یکدیگر و فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتیمتر به وسیله بذر کار تحقیقاتی مدل وینترشتایگر[4] انجام شد. تاریخ کاشت در مزرعه آلوده در سال های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در اول اردیبهشت، و در مزرعه سالم در سال ۱۳۹۰ در پنجم اردیبهشت بود.

عملیات زراعی در هر دو مزرعه و در هر دو سال مشابه بود. در مرحله ۶-۴ برگی به منظور ایجاد تراکم ۱۰۰ هزار بوته در هکتار گیاهچه‌های سبز شده تنک شدند. آبیاری (بر اساس عرف مزرعه)، کوددهی (بر اساس آزمون خاک)، کنترل شیمیایی آفات و بیماریهای غیر از بیماری ریزومانیا (بر اساس بازدید های منظم) و وجین دستی

1- Beet mild yellowing virus

2- ELISA
3- iMETOS (Pessl Instruments)
4- Wintersteiger

Archive of SID

www.SID.ir

علف های هرز به گونه ای انجام شد تا مزرعه عاری از هرگونه تنش آبی، کمبود عناصر غذایی و خسارت عوامل زنده محیطی باشد.

طی فصل رشد و به فاصله هر دو هفته یکبار (در سال ۱۳۸۹، ۹ مرحله و در سال ۱۳۹۰، ۷ مرحله) از سطحی معادل دو مترمربع نمونه گیری تخریبی انجام شد. نمونه برداری ها در مزرعه آلوده در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در ۴۲ و ۵۵ روز پس از کاشت و در مزرعه سالم در سال ۱۳۹۰، در ۵۲ روز پس از کاشت آغاز شد. پس از انتقال نمونه ها به آزمایشگاه، ابتدا تعداد بوته در هر نمونه شمارش و سپس هر بوته به سه بخش پهنک برگ، دمبرگ و ریشه ذخیره‌ای تفکیک گردید. پهنک برگ‌ها تا زمان اندازه گیری سطح آنها در یخچال نگه-داری شدند. ریشه های ذخیره‌ای پس تمیز کردن کامل آنها از خاک و گِل احتمالی، با دقت ۰/۱ گرم توزین گردیدند. از هر نمونه ریشه مقدار حدود ۱۰۰ گرم جهت تعیین درصد ماده خشک ریشه توزین و به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس آون خشک شدند و پس از آن وزن خشک نمونه ریشه بدست آمد. بر اساس وزن تر اولیه و وزن خشک، درصد ماده خشک ریشه و در نهایت وزن خشک کل ریشه ذخیره‌ای هر نمونه محاسبه گردید. نمونه‌های دمبرگ و پهنک (پس از اندازه گیری سطح آنها) به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۸۵ درجه سلسیوس آون خشک و پس از آن با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند.

جهت اندازه‌گیری سطح پهنک برگها از دستگاه سنجش سطح برگ (LICOR, model LI-3100C, Lincoln, USA) استفاده گردید و از تقسیم سطح برگ بر سطح نمونه گیری (هر دو با واحد سطح یکسان) شاخص سطح برگ هر نمونه بدست آمد.

به منظور انجام آنالیزهای رشد و تعیین شاخص‌های رشد ارقام، ابتدا از برازش معادله‌های سیگموئیدی[1] (معادله ۱) و نمایی[2] (معادله ۲) به ترتیب روند تغییرات وزن خشک برگ (LDM) و ریشه ذخیره‌ای (RDM) بر اساس زمان حرارتی (x) مشخص گردید.

$$LDM= (a+b)/(1+exp(c-(x/d)))$$
$$RDM=a+ (b*exp(-x/c))$$

حروف a، b، c و d پارامترهای ثابت معادله می باشند. با استفاده از معادله های ۱ و ۲ و همچنین معادله های ۳، ۴ و ۵ (۲۱) شاخص‌های رشد شامل سرعت رشد (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR) و سرعت فتوسنتز خالص (NAR) محاسبه گردیدند.

$$CGR=dw/dx$$
$$RGR= (1/w)*(dw/dx)$$
$$NAR=CGR/LAI$$

dw تغییرات ماده خشک (LDM و RDM) و dx تغییرات زمان حرارتی

در انتهای فصل رشد برداشت هر یک از کرت‌های آزمایشی در سطحی معادل ۱۰/۵ مترمربع انجام و ریشه‌های چغندرقند پس از حذف اندام‌های هوایی و شستشو، توزین و عملکرد بر مبنای واحد سطح محاسبه گردید.

جهت پردازش اولیه داده ها از نرم افزارهای Excel 2007 و Minitab 13 و برای تجزیه آماری از نرم افزار SAS 8 استفاده گردید. برازش معادله‌ها با استفاده از نرم افزار SLIDE WRITE 2.0 انجام شد و منحنی‌های مربوطه نیز بوسیله نرم افزار Sigma plot 10 رسم شدند. از آزمون LSD در سطح احتمال آماری ۵ درصد (۱۱) به همراه خطای استاندارد[3] در نمودارها جهت مقایسه بین ارقام استفاده شد.

نتایج

بررسی شرایط آب و هوایی

روند تغییرات حداقل، متوسط و حداکثر دمای روزانه (درجه سلسیوس) در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در شکل ۱ نشان داده شده است. متوسط درجه حرارت سالانه در سال‌های اجرای آزمایش (۱۳۸۹=۱۶/۲ و ۱۳۹۰=۱۵/۳) بیشتر از متوسط درجه حرارت دراز مدت شهر مشهد (۱۴/۱) بود. با این حال چنانچه بررسی درجه حرارت‌ها را محدود به دوره فصل رشدی چغندرقند (اردیبهشت تا آبان) نماییم، میانگین درجه حرارت طی این دوره در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ به ترتیب معادل ۲۲/۷ و ۲۲/۹ درجه سانتیگراد بود. به عبارت دیگر اختلاف دمایی دو سال اجرای آزمایش در این دوره فقط ۰/۲ درجه می باشد.

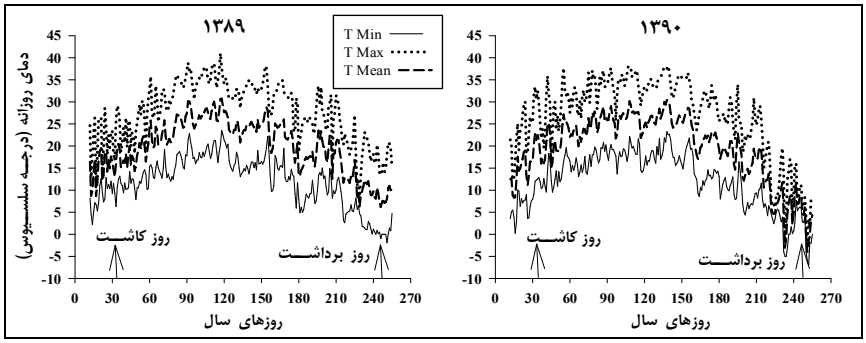
تولید ماده خشک ریشه ذخیره ای

در سال ۸۹ و در شرایط آلوده، ماده خشک ریشه ذخیره‌ای تمام ارقام مورد بررسی طی فصل رشد روند افزایشی داشت با این حال شیب خط تغییرات افزایشی وزن خشک، بین ارقام حساس و متحمل متفاوت بود (شکل۲a). نتایج نشان داد که شیب و مقدار افزایش ماده خشک ریشه ذخیره ای ارقام، به میزان تحمل هر رقم نسبت به بیماری ریزومانیا بستگی داشت، بطوریکه با افزایش میزان تحمل-پذیری رقم بر سرعت افزایش ماده خشک ریشه آن افزوده شده بود. در زمان برداشت، بیشینه ماده خشک ریشه با ۲۶۹۱/۱ گرم در مترمربع متعلق به رقم متحمل بریجیتا بود در حالیکه ارقام حساس جلگه و رسول به ترتیب فقط ۶۳۹/۸ و ۶۲۱ گرم در مترمربع ماده خشک ریشه تولید کردند (شکل۲a). در تمام مراحل نمونه‌گیری اختلاف وزن خشک ریشه ارقام از نظر آماری معنی دار ($p<0/01$) بود.

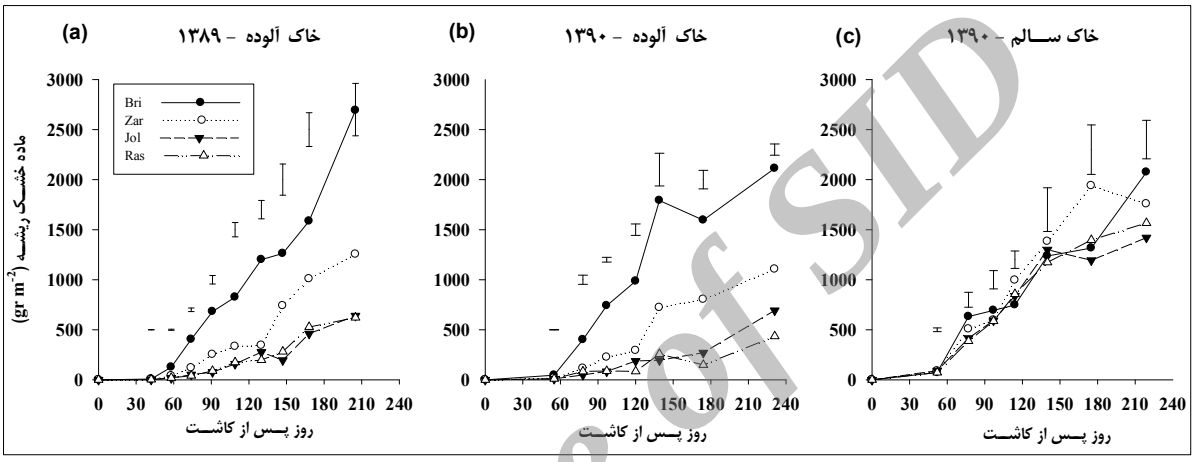
1- Sigmoidal equation
2- Exponential equation
3- Error bar

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- تغییرات درجه حرارت حداقل، متوسط و حداکثر روزانه در سال‌های اجرای آزمایش در مشهد



شکل ۲- روند تجمعی تولید ماده خشک ریشه ذخیره ای ارقام چغندرقند طی فصل رشد در خاک آلوده سالهای ۱۳۸۹ (a) و ۱۳۹۰ (b) و خاک سالم در سال ۱۳۹۰(c). خطوط عمودی نشانه حداقل اختلاف معنی دار در سطح آماری ۵ درصد در هر تاریخ نمونه‌گیری می باشند.

در سال ۱۳۹۰ و در شرایط آلوده، روند افزایش ماده‌خشک ریشه ذخیره‌ای طی فصل رشد و همچنین اختلاف بین ارقام چغندرقند مشابه نتایج سال ۱۳۸۹ بود. با این حال باید توجه داشت وزن نهایی ماده خشک ریشه ارقام در سال ۱۳۹۰ کمتر از سال ۱۳۸۹ بود. رقم بریجیتا به عنوان متحمل‌ترین رقم مورد استفاده در این آزمایش، ۲۱۱۲/۷ و ارقام حساس جلگه و رسول به ترتیب ۶۹۳/۳ و ۴۳۴/۷ گرم در مترمربع ماده خشک ریشه در برداشت نهایی تولید کردند (شکل ۲b). در سال ۱۳۹۰ نیز مشابه سال ۱۳۸۹، در تمام مراحل نمونه گیری اختلاف وزن خشک ریشه ارقام از نظر آماری معنی دار ($p<۰/۰۱$) بود.

در شرایط عدم آلودگی خاک به ویروس ریزومانیا (سالم)، وزن خشک ریشه کلیه ارقام اعم از حساس و متحمل بطور تقریباً مشابه افزایش یافت. افزایش ماده خشک ریشه ارقام تا ۱۴۰ روز پس از کاشت روندی کاملاً مشابه داشت اما در زمان برداشت، وزن خشک ریشه نهایی ارقام با یکدیگر اختلاف‌هایی داشتند که البته این اختلاف‌ها در مقایسه با شرایط آلوده بسیار کمتر بود. در شرایط آلوده، میانگین دو ساله ماده خشک ریشه ارقام حساس جلگه و رسول، ۵۷ درصد کمتر از ارقام متحمل بریجیتا و زرقان بود، در حالیکه این کمبود در شرایط سالم تنها ۲۲ درصد بود. میزان ماده خشک نهایی ریشه ارقام بریجیتا، زرقان، رسول و جلگه در شرایط سالم به ترتیب ۲۰۷۴/۲، ۱۷۵۷/۵، ۱۵۶۵/۷ و ۱۴۱۹/۹ گرم در مترمربع بود.

ماده خشک برگ

در دو سال اجرای آزمایش و در شرایط خاک آلوده به ریزومانیا از ۵۰ تا ۹۰ (در سال ۱۳۸۹) و ۱۰۰ (در سال ۱۳۹۰) روز پس از کاشت (نیمه مرداد ماه) ماده خشک برگ‌های چغندرقند افزایش یافت. پس از این مرحله تا پایان فصل رشد وزن خشک اکثر ارقام مورد آزمایش تقریباً ثابت بود. در چهارم آذر ماه سال ۱۳۹۰ بارش برف و به دنبال آن یخ زدگی برگ ها سبب کاهش وزن خشک برگ‌ها در برداشت نهایی شد. در سال ۱۳۸۹ و در شرایط آلوده، اختلاف وزن خشک برگ ارقام مورد بررسی در مقایسه با وزن خشک ریشه آنها، کمتر بود. در این سال وزن خشک رقم متحمل بریجیتا در برداشت نهایی ۴۹۲ و میانگین وزن خشک سایر ارقام (زرقان، جلگه و رسول)، ۳۱۱ گرم در

Archive of SID

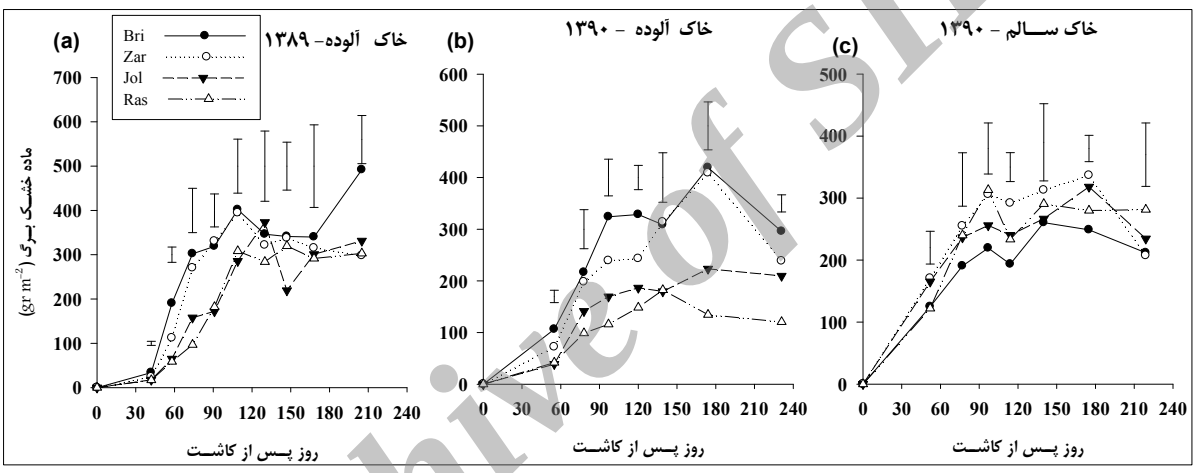
www.SID.ir

مترمربع بود. به عبارت دیگر در این شرایط و آن هم فقط در برداشت نهایی وزن خشک برگ رقم متحمل ۵۸ درصد بیشتر از سایر ارقام بود. با این حال در سال دوم، ماده خشک برگ رقم مقاوم بریجیتا در برداشت نهایی به ۲۹۶ گرم در مترمربع رسید و این در حالی بود که وزن خشک برگ در سایر ارقام (زرقان، جلگه و رسول) ۱۸۹ گرم در مترمربع بود.

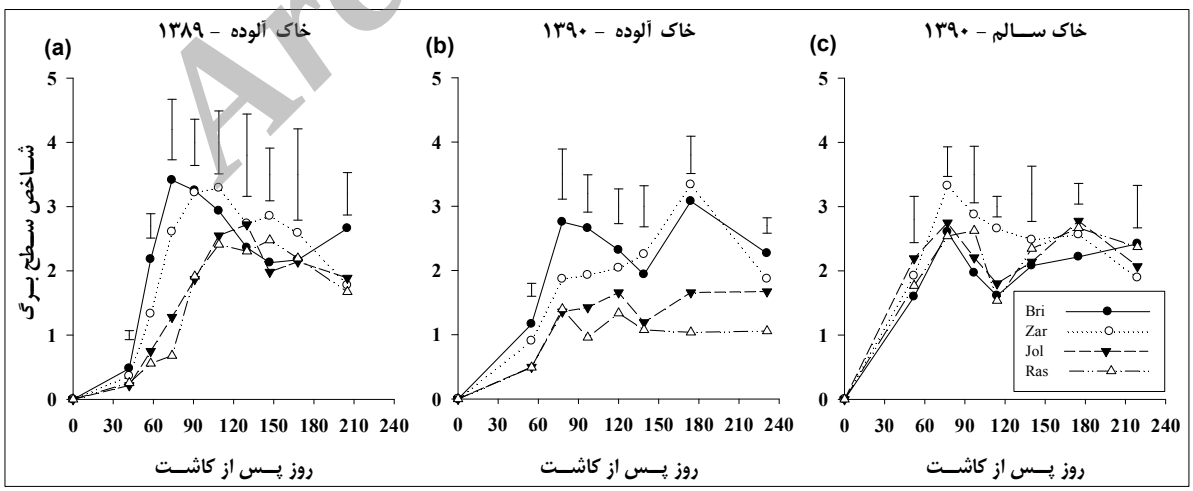
در شرایط سالم، الگوی کلی رشد برگ طی فصل رشد مشابه شرایط آلوده بود. با این حال رشد برگ در شرایط سالم دو تفاوت کلی با شرایط آلوده داشت. در وهله اول صرفنظر از میزان تحمل‌پذیری رقم، رشد برگ در ابتدای فصل رشد سریع‌تر از اواسط و اواخر فصل رشد بود. علاوه بر این بر خلاف شرایط آلوده رقم متحمل بریجیتا نسبت به سایر ارقام حداقل وزن خشک برگ را تولید کرد و در این شرایط میزان وزن خشک برگ ارقام حساس نسبت به رقم متحمل بیشتر بود (شکل ۳c).

شاخص سطح برگ

در سال ۱۳۸۹ و در شرایط آلوده بیشینه شاخص سطح برگ ارقام متحمل به ریزومانیا (بریجیتا=۳/۴ و زرقان=۳/۳) به ترتیب در ۷۴ و ۱۰۹ روز پس از کاشت بدست آمد و پس از آن کاهش یافت. در حالیکه برای ارقام حساس به ریزومانیا مقدار بیشینه شاخص سطح برگ کمتر (جلگه=۲/۷ و رسول=۲/۵) بود و از نظر زمانی دیرتر و در ۱۳۰ و ۱۴۷ روز پس از کاشت حاصل شد. به عبارت دیگر بیشینه شاخص سطح برگ ارقام حساس ۲۴ درصد کمتر از ارقام مقاوم بود (شکل 4a).



شکل ۳- روند تجمعی تولید ماده خشک برگ (گرم در مترمربع) ارقام چغندرقند طی فصل رشد در خاک آلوده سال های ۱۳۸۹ (a) و ۱۳۹۰ (b) و خاک سالم در سال ۱۳۹۰(c). خطوط عمودی نشانه حداقل اختلاف معنی دار در سطح آماری ۵ درصد در هر تاریخ نمونه گیری می باشند.



شکل ٤- روند تغییرات شاخص سطح برگ ارقام چغندرقند طی فصل رشد در خاک آلوده سال‌های ۱۳۸۹ (a) و ۱۳۹۰ (b) و خاک سالم در سال ۱۳۹۰(c). خطوط عمودی نشانه حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح آماری ۵ درصد در هر تاریخ نمونه‌گیری می باشند.

Archive of SID

www.SID.ir

در شرایط آلوده سال ۱۳۹۰ روند تغییرات شاخص سطح برگ مشابه سال ۱۳۸۹ بود. بیشینه شاخص سطح برگ ارقام متحمل (بریجیتا=۳/۱ و زرقان=۳/۳) در ۱۷۴ روز پس از کاشت بدست آمد. در این شرایط بیشینه شاخص سطح برگ ارقام حساس نسبت به سال اول کمتر (جلگه=۱/۷ و رسول=۱/۳) بود و از نظر زمانی زودتر و در ۱۲۰روز پس از کاشت حاصل شد (شکل ۴b).

در شرایط سالم (سال ۱۳۹۰)، بر خلاف شرایط آلوده روند تغییرات شاخص سطح برگ کلیه ارقام مشابه بود. در این شرایط تمام ارقام به استثناء رقم حساس رسول (در ۱۰۰ روز پس از کاشت) در ۸۰ روز پس از کاشت به بیشینه شاخص سطح برگ خود رسیدند. بیشینه شاخص سطح برگ ارقام بریجیتا، جلگه و رسول حدود ۲/۶ در حالیکه برای رقم زرقان ۳/۳ بود (شکل ۴c).

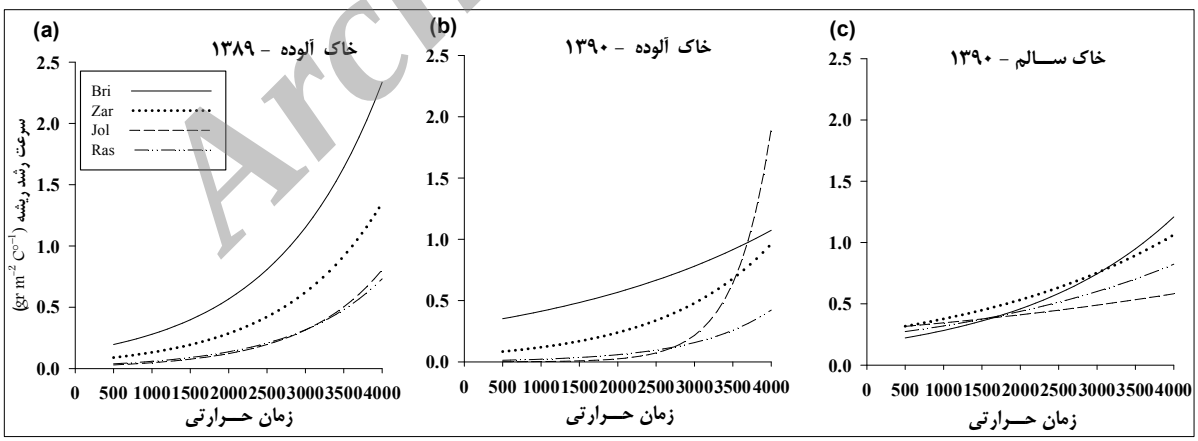
شاخص های رشد

سرعت رشد ریشه ذخیره ای و برگ

در رابطه با همه ارقام سرعت رشد ریشه ذخیره ای بر مبنای زمان حرارتی بطور پیوسته افزایش یافت (شکل ۶)، اما شیب این افزایش در ارقام مختلف متفاوت بود. در شرایط آلوده و در هر دو سال اجرای آزمایش، سرعت رشد ریشه رقم متحمل بریجیتا بیشتر از رقم حساس رسول بود (برای بیشینه سرعت رشد، ۳/۱ برابر در سال ۱۳۸۹ و ۲/۸ برابر در سال ۱۳۹۰). از طرفی سرعت رشد ریشه تمام ارقام در سال ۱۳۹۰ کمتر از سال ۱۳۸۹ بود (شکل ۵a,b).

در شرایط سالم، سرعت رشد ریشه ذخیره‌ای ارقام در بخش عمده‌ای از فصل رشد (از ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ واحد زمان حرارتی) تقریباً مشابه بود اما در انتهای فصل رشد تفاوت‌هایی بین ارقام ظاهر گردید (شکل ۵c). همانطور که قبلاً نیز در شکل ۲c اشاره شد تا ۱۸۰ روز پس از کاشت اختلاف عملکرد ریشه ارقام معنی‌دار نبود.

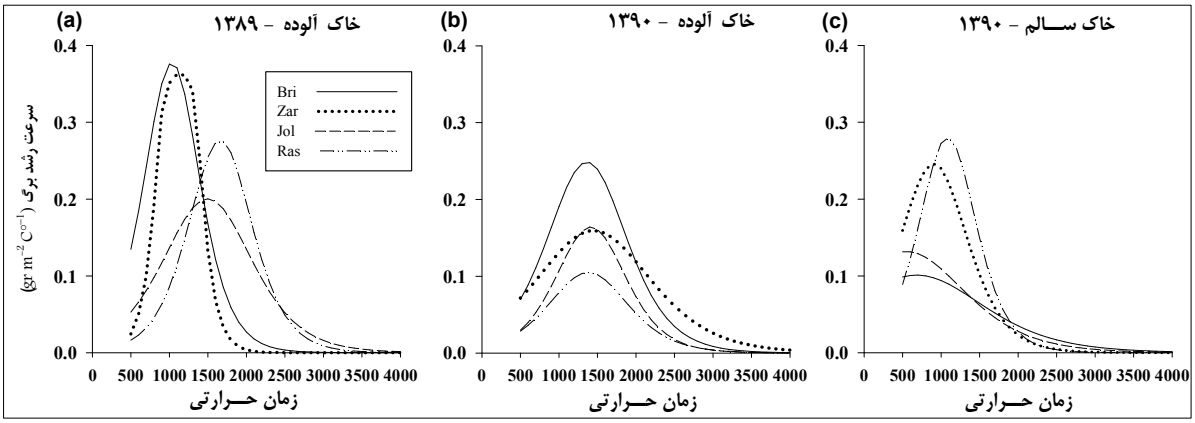
در خاک آلوده سرعت رشد برگ ارقام چغندرقند نسبت به زمان حرارتی ابتدا به سرعت افزایش و پس از آن کاهش یافت (شکل a,b ۶). با این حال شیب افزایش و زمان رسیدن به بیشینه سرعت رشد برگ در ارقام به خصوص در سال ۱۳۸۹ متفاوت بود. در این سال بیشینه سرعت رشد برگ (۰/۳۸ گرم در مترمربع در واحد حرارتی) متعلق به رقم بریجیتا بود که در ۱۰۰۰ °Cd واحد زمان حرارتی بدست آمد، در حالیکه در رقم حساس رسول بیشینه سرعت رشد برگ (۰/۲۸ گرم در مترمربع در واحد حرارتی) در زمان حرارتی ۱۷۰۰ °Cd حاصل شد. در سال ۱۳۹۰ بیشینه سرعت رشد برگ رقم بریجیتا ۰/۲۵ و رقم رسول ۰/۱ گرم در مترمربع در واحد حرارتی بود که در زمان حرارتی ۱۷۰۰ °Cd واقع شده بود. در شرایط سالم بیشینه سرعت رشد برگ رقم متحمل بریجیتا (۰/۱ گرم در مترمربع در واحد حرارتی) در زمان حرارتی ۸۰۰ °Cd بود در حالیکه این صفت در رقم حساس رسول (۰/۲۸ گرم در مترمربع در واحد حرارتی) در زمان حرارتی ۱۱۰۰ °Cd بدست آمد (شکل ۶c). به نظر می رسد در شرایط آزمایش حاضر و در خاک عاری از بیماری در ارقام حساس چغندرقند اختصاص ماده خشک به اندام‌های هوایی بیشتر از ارقام متحمل است.



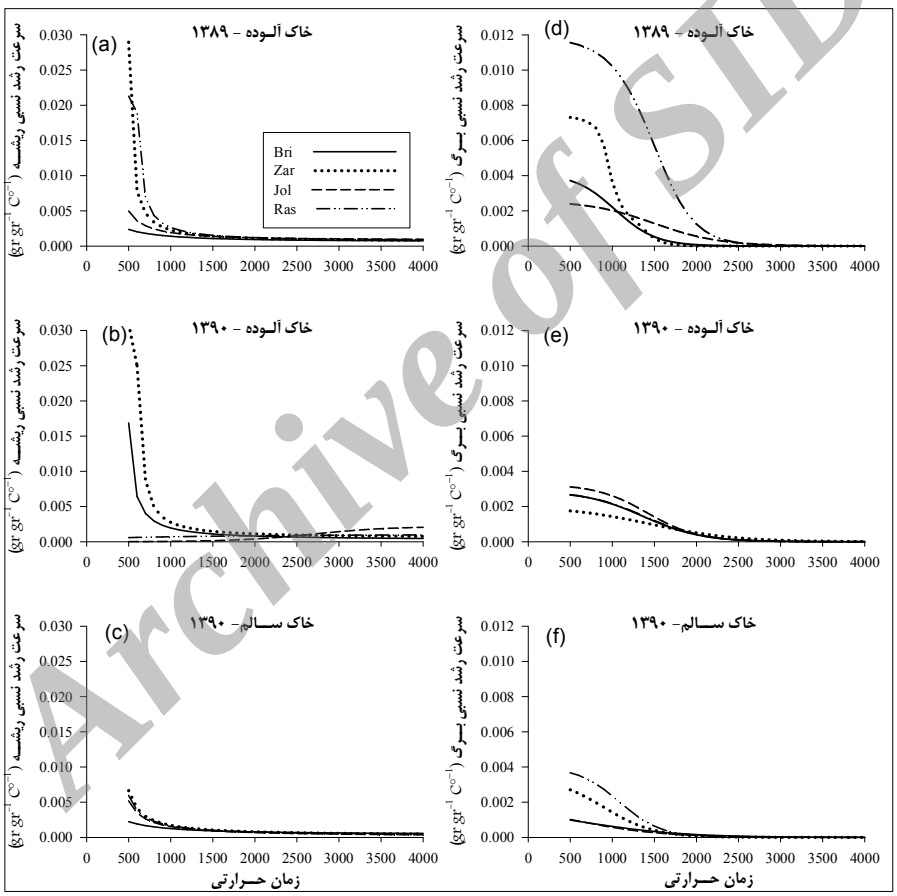
شکل ۵- برازش معادله سرعت رشد ریشه ذخیره ای (گرم در مترمربع در واحد حرارتی) ارقام چغندرقند بر اساس زمان حرارتی در خاک آلوده سال‌های ۱۳۸۹ (a) و ۱۳۹۰ (b) و خاک سالم در سال ۱۳۹۰(c)

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ٦- برازش معادله سرعت رشد برگ (گرم در مترمربع در واحد حرارتی) ارقام چغندرقند بر اساس زمان حرارتی در خاک آلوده سال های ۱۳۸۹ (a) و ۱۳۹۰ (b) و خاک سالم در سال ۱۳۹۰(c)



شکل ۷- برازش معادله سرعت رشد نسبی ریشه ذخیره ای (a, b, c) و برگ (d, e, f) (گرم در گرم در واحد حرارتی) ارقام چغندرقند بر اساس زمان حرارتی در خاک آلوده سال های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ و خاک سالم در سال ۱۳۹۰

سرعت رشد نسبی

سرعت رشد نسبی برگ و ریشه ذخیره‌ای (RGR)، در هر دو خاک سالم و آلوده در طی فصل رشد کاهش یافت. سرعت کاهش RGR برگ‌های چغندرقند در شرایط آزمایش حاضر کندتر از ریشه ذخیره‌ای بود. RGR ریشه ذخیره‌ای در نقطه ۱۵۰۰ °Cd به صفر نزدیک شد اما همین مقدار برای برگ‌ها (۰/۰۰۰۸ گرم در گرم در واحد حرارتی)، در سال ۱۳۸۹ در زمان حرارتی ۲۳۰۰ °Cd و در سال

Archive of SID

www.SID.ir

۱۳۹۰ در °Cd ۲۵۰۰ حادث شد (شکل ۷a,b,d,e).

در شرایط سالم، RGR در طی فصل رشد کاهش یافت اما بیشینه آن برای ریشه ارقام چغندرقند کمتر از مقادیر آن در خاک آلوده بود (شکل ۷c,f). روند کلی RGR برگ در خاک سالم نیز مشابه روند آن در خاک آلوده مشاهده گردید.

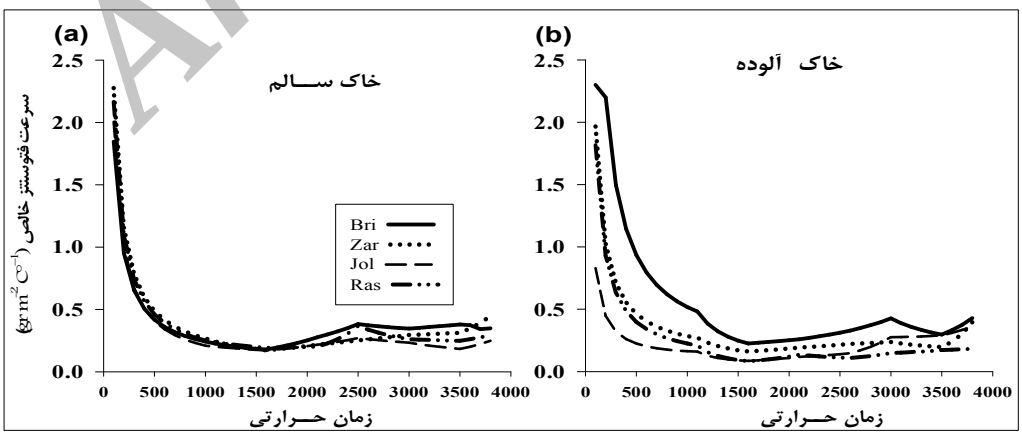
سرعت فتوسنتز خالص

سرعت فتوسنتز خالص (NAR) در هر دو خاک سالم و آلوده از آغاز فصل رشد تا زمان حرارتی °Cd ۱۵۰۰ کاهش یافت و پس از آن ثابت باقی ماند. اما اختلاف بین ارقام مورد مطالعه در خاک سالم کمتر از خاک آلوده بود. میانگین NAR ارقام چغندرقند در کل فصل رشد، در خاک سالم معادل ۰/۳۸، ۰/۳۷، ۰/۳۲ و ۰/۳۶ و در خاک آلوده ۰/۴۹، ۰/۳۳، ۰/۲۱ و ۰/۲۵ گرم در مترمربع برگ در واحد حرارتی به ترتیب برای ارقام بریجیتا، زرقان، جلگه و رسول بود. بیشینه NAR ارقام حساس جلگه و رسول در خاک سالم به ترتیب ۲ و ۲/۲ اما در خاک آلوده ۰/۸۳ و ۱/۸ گرم در مترمربع برگ در واحد حرارتی بود که حکایت از کاهش فتوسنتز خالص ارقام حساس در شرایط آلوده می باشد (شکل ۸).

بحث

در مطالعه حاضر سعی شد در شرایط سالم و آلوده به بیماری ویروسی ریزومانیا، رشد ارقام حساس و متحمل نسبت به این بیماری مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. هر چند که سال ۱۳۸۹ نسبت به سال ۱۳۹۰ گرمتر بود، اما چنانچه میانگین دمای ماه‌های اردیبهشت و خرداد را که مصادف با زمان کاشت و ابتدای دوره رویشی چغندرقند می‌باشد، در دو سال آزمایش مقایسه نماییم، می بینیم که از این نظر سال ۱۳۹۰ معادل ۱/۵ درجه سانتیگراد گرمتر از سال ۱۳۸۹ بوده است. درجه حرارت یکی از عوامل مهم تاثیرگذار بر گسترش بیماری ویروسی ریزومانیا در مزرعه چغندرقند می‌باشد (۵ و ۲۹). از طرف دیگر، کشت مداوم چغندرقند در یک زمین معین عامل مهمی در افزایش جمعیت قارچ ناقل بیماری ریزومانیا (*Polymyxa betae*) است. بر این اساس به نظر می رسد گسترش و شدت آلودگی این بیماری در سال دوم (۱۳۹۰) بیشتر از سال ۱۳۸۹ بوده است، بنابراین در سال دوم ارقام حساس در معرض خسارت بیشتری در مقایسه با سال اول بوده‌اند، که این شرایط سبب خسارت بیشتر به گیاهان و کاهش بیشتر ماده خشک برگ و ریشه ذخیره‌ای شده است.

زمانی که گیاه چغندرقند در معرض آلودگی بیماری ریزومانیا قرار می گیرد، برخی از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی آن تحت تاثیر این بیماری دچار تغییرات می شوند (۱۲). در بخش اندام های هوایی گیاه، شاخص سطح برگ و ماده خشک برگ کاهش می یابد و برگ‌ها زرد و نکروزه می شوند (۱۹). میزان جذب نور توسط کانوپی گیاه، به شاخص سطح برگ و در نتیجه میزان تولید ماده خشک برگ در بوته بستگی دارد. از طرفی زرد شدن برگ‌ها تحت تاثیر این بیماری نشانه کاهش میزان کلروفیل برگ است که عامل مهمی در کاهش قدرت فتوسنتزی گیاه می باشد (۱۲). بنابراین به نظر می رسد دو عامل کاهش سطح فتوسنتز کننده و کاهش قدرت سیستم فتوسنتزی گیاه میتواند نقش مهمی در کاهش تولید ماده خشک، چه در بخش زیرزمینی و چه در بخش هوایی گیاه داشته باشد. علاوه بر این، کاهش عملکرد گیاهان آلوده ممکن است به دلیل سرعت کمتر تثبیت دی اکسید کربن باشد. کلاور و همکاران (۷) نشان دادند که رشد بوته‌های چغندرقند آلوده به بیماری ویروس زردی چغندرقند به دلیل کاهش میزان فتوسنتز خالص گیاه و افزایش میزان نور برخورد شده به برگ‌های زرد، کاهش پیدا کرد.



شکل ۸- برازش معادله سرعت فتوسنتز خالص (گرم در مترمربع سطح برگ در واحد حرارتی) ارقام چغندرقند بر اساس زمان حرارتی در خاک سالم (a) و آلوده (b) در سال ۱۳۹۰

Archive of SID

www.SID.ir

در بخش زیر زمینی گیاه، رشد ریشه‌های بوته‌های آلوده کاهش یافته و ریشه کوچک و کم حجم می شود. علاوه بر این آوندها به زرد و سپس قهوه‌ای تغییر رنگ داده و در نهایت نکروزه شده و می میرند (۶ و ۹). این تغییرات سبب کاهش توانایی جذب آب و املاح معدنی توسط ریشه گیاه می‌شود. بنابراین ارقام حساس چغندرقند در شرایط آلوده به ریزومانیا در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرند. این محدودیت دسترسی به آب، بطور غیر مستقیم تبادلات گازی گیاه را تحت تاثیر قرار می دهد (۱۲).

نتایج ما در دو سال اجرای آزمایش در شرایط خاک آلوده نشان داد که ریشه ذخیره‌ای ارقام حساس چغندرقند نکروزه شده و دارای ریشه های فرعی زیاد، حجم و وزن کم بودند. این علائم در ارقام مقاوم مشاهده نشدند. در شرایط خاک سالم، ریشه ذخیره‌ای تمام ارقام مورد مطالعه طبیعی بود. در شرایط آلوده هدایت روزنه‌ای برگ‌های ارقام حساس کاهش یافته و در نتیجه میزان تعرق و جذب دی-اکسیدکربن کم می شود (۱۲). ایجاد تعادل بین اتلاف آب از گیاه و جذب دی‌اکسیدکربن برای فرآیند فتوسنتز نقش مهمی در رشد و تولید ماده خشک در گیاه دارد. زمانی که روزنه‌ها برای ورود دی-اکسیدکربن به گیاه باز هستند اتلاف آب از گیاه بیش از ورود آب به گیاه خواهد بود و در نتیجه گیاه در معرض کمبود قرار می گیرد.

اینچنین اثرات فیزیولوژیکی سبب می شوند که در شرایط آلوده، ارقام حساس چغندرقند دارای وزن خشک و سرعت رشد کمتر و در نهایت رشد و عملکرد کمتری در مقایسه با ارقام متحمل باشند. در شرایط آلوده، با توجه به تخریب سیستم آوندی، ریشه چغندرقند نمیتواند نقش خود را در تامین آب و مواد غذایی مورد نیاز رشد گیاه ایفا کند. در این شرایط تمام اندام های گیاه تحت تاثیر بیماری قرار گرفته و سرعت رشد برگ و ریشه ذخیره‌ای و در نهایت تولید ماده خشک کاهش می یابد. علاوه بر این، صرفنظر از میزان عملکرد ریشه ذخیره‌ای ارقام حساس در شرایط آلوده، درصد قند و درصد استحصال قند از ریشه این ارقام به شدت کاهش می یابد (۲، ۱۲ و ۲۶) بطوریکه ممکن است در صنعت قند صرفه اقتصادی برای استفاده از ریشه آنها وجود نداشته باشد (۱۸).

نتیجه گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد بیماری ریزومانیا از طریق کاهش سطح سبز کانوپی و کارایی فتوسنتزی برگ‌ها سبب کاهش ماده خشک ریشه ذخیره‌ای و برگ ارقام حساس و در نهایت کاهش رشد آنها گردید. همچنین در مقایسه با ارقام مقاوم، سرعت رشد برگ و ریشه ذخیره‌ای این ارقام در شرایط آلوده کاهش یافت و در زمان حرارتی بیشتری به بیشینه سرعت رشد خود رسیدند. در خاک سالم، تفاوت کمی بین ماده خشک ارقام حساس و مقاوم وجود داشت. با این حال ماده خشک برگ ارقام متحمل کمتر از ارقام حساس و ماده خشک ریشه ذخیره‌ای ارقام متحمل بیش از ارقام حساس بود.

قدردانی

اجرای این تحقیق میسر نبود مگر با همکاری‌های بی شائبه ریاست و کارکنان مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، بخش تحقیقات چغندرقند مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی و موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر چغندرقند که بدین وسیله از زحمات کلیه این عزیزان تشکر میگردد.

منابع

۱- ایزد پناه، ک.، پ. هاشمی، ر. کامران، م. پاک نیت، آ. سهند پور و م. معصومی. ۱۳۷۵. وجود گسترده بیماری ریشه ریشی در فارس. مجله بیماریهای گیاهی، ۳۲: ۲۰۶-۲۰۰.

۲- رضایی، ج. ۱۳۸۶. ارزیابی مقاومت ارقام تجارتی چغندرقند به بیماری ریزومانیا در شرایط مزرعه. گزارش نهایی شماره ۸۷/۱۴۵۹ . انتشارات مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی.

۳- سازمان هواشناسی کشور، www.irimo.ir، جستجوی اینترنتی.

4- Bhathal, J. S., R. Loughman, and J. Speijers. 2003. Yield reduction in wheat in relation to leaf disease from yellow (tan) spot and septoria nodorum blotch. European Journal of Plant Pathology, 109:435–443.

5- Blunt, S. J., M. J. C. Asher, and C. A. Gilligan. 1992. The effect of sowing date on infection of sugar beet by *Polymyxa betae*. Plant Pathology, 41:148-153.

6- Brunt, A. A. and K. E. Richards. 1989. Biology and molecular-biology of Furoviruses. Adv. Virus Res. 36:1–32.

7- Clover, G. R. G., S. N. Azam-Ali, K. W. Jaggard, and H. G. Smith. 1999. The effects of beet yellows virus on the growth and physiology of sugar beet (*Beta vulgaris*). Plant Pathology, 48:129–138.

8- De Koeijer, K. J. and W. Van der Werf. 1999. Effects of beet yellows virus and beet mild yellowing virus on leaf area dynamics of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) Field Crops Research, 61:163-177.

Archive of SID

www.SID.ir

9- European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO). 2004. Beet necrotic yellow vein benyvirus. Bulletin, 34:229 –237.
10- Fujisawa, I., and T. Sugimoto. 1976. Transmission of Beet necrotic yellow vein virus by *Polymyxa betae*. Annals of the Phytopathological Society of Japan, 43:583–586.
11- Hoffmann, C., and S. Kluge-Severin. 2011. Growth analysis of autumn and spring sown sugar beet. European Journal of Agronomy, 34:1–9.
12- Keller, P., U. Luttge, X. C. Wang, and G. Buttner. 1989. Influence of rhizomania disease on gas exchange and water relations of a susceptible and a tolerant sugar beet variety. Physiol. Mol. Plant Pathol. 34:379-392.
13- Kenter, C., C. M. Hoffmann, and B. Märländer. 2006. Effects of weather variables on sugar beet yield development (*Beta vulgaris* L.). European Journal of Agronomy, 24:62–69.
14- Lennefors, B. L., E. I. Savenkov, S. B. Mukasa, and J. P. T. Valkonen. 2005. Sequence divergence of four soil-borne sugar beet-infecting viruses. Virus Genes 31:57–64.
15- Macri, F., A. Vianello, and C. Passera. 1977. Solute uptake in sugar beet root seedlings affected by rhizomania disease. Physiological Plant Pathology, 11:179-187.
16- Mehrvar, M., J. Valizadeh, R. Koenig, and C. G. Bragard. 2009. Iranian beet necrotic yellow vein virus (BNYVV): pronounced diversity of the p25 coding region in A-type BNYVV and identification of P-type BNYVV lacking a fifth RNA species. Archives of Virology, 154:501–506.
17- Milford, G. F. J., T. O. Pocock, and J. Riley. 1985. An analysis of leaf growth in sugar beet. I: Leaf appearance and expansion in relation to temperature under controlled conditions. Annals of Applied Biology, 106:163–172.
18- Mumford, D. L., and R. E. Wyse. 1976. Effect of fungus infection on respiration and reducing sugar accumulation of sugar beet roots and use of fungicides to reduce infection. Journal of American Society of Sugar Beet Technologists, 19:157-162.
19- Pavli, O. I., P. Stevanatob, E. Biancardic, and G. N. Skaracis. 2011. Review: Achievements and prospects in breeding for rhizomania resistance in sugar beet. Field Crops Research, 122:165–172.
20- Qi, A., C. Kenter, C. Hoffmann, and K. W. Jaggard. 2005. The Broom's Barn sugar beet growth model and its adaptation to soils with varied available water content. European Journal of Agronomy, 23:108–122.
21- Radford, P. J. 1967. Growth analysis formulae-their use and abuse. Crop Science, 7:171-175.
22- Salle, G., S. Le Coz, and C. Tuquet. 1986. Biochemical, physiological and ultrastructural changes induced in sugar beet leaves by rhizomania. Physiologie Vegetate, 24:73-83.
23- Scott, R. K., and K. W. Jaggard. 1978. Theoretical criteria for maximum yield. p. 179–98. In proceedings of the 41th IIRB Congress, Brussels: International Institute for Beet Research.
24- Scott, R. K., and K. W. Jaggard. 1993. Crop physiology and agronomy. p. 179–237. In D.A. Cooke and R.K. Scott (ed.) The Sugar Beet Crop: Science into Practice. Chapman & Hall, London.
25- Steddom, K., G. Heidel, D. Jones, and C. M. Rush. 2003. Remote detection of rhizomania in sugar beets. Phytopathology, 93:720–726.
26- Tamada, T. 1999. Benyviruses. p.154–160. In R.G. Webster and A. Granoff (ed.). Encyclopedia of Virology, second ed. Academic Press, London, UK.
27- Tamada, T., and T. Baba. 1973. Beet necrotic yellow vein virus from rhizomania-affected sugar beet in Japan. Annals of the Phytopathological Society of Japan, 39:325–332.
28- Vianello, A., F. Macri, and C. Passera. 1980. CO_2 fixation and fate of photosynthetic products in leaves of sugar beet affected by rhizomania. Phytopathologische Zeitschriiji, 99:63-69.
29- Webb, C. R., C. A. Gilligan, and M. J. C. Asher. 2000. Modeling the effect of temperature on the development of *Polymyxa betae*. Plant Pathology, 49:600-607.

Archive of SID

www.SID.ir