



علمی پژوهشی

تأثیر اسید جیبرلیک روی پراسنجه‌های رشد جمعیت شته مومی کلم (*Brevicoryne brassicae* L.) در کلم (*Brassica oleracea* L.)

صبا عطایی اسفهان^۱، جبرائیل رزمجو*^۱، علی اصغر فتحی^۱، بهرام ناصری^۱، فرناز سیدی صاحباری^۲ و
عسگر عباداللهی^۳

۱- گروه گیاه پزشکی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، ۲- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، ایران، ۳- گروه علوم گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۶/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۸/۱۴)

چکیده

استفاده از روش‌های دوست‌دار محیط زیست مانند مقاومت القایی در مدیریت حشرات آفت به علت آلودگی زیست محیطی ناشی از کاربرد آفت‌کش‌های شیمیایی ضروری می‌باشد. در تحقیق حاضر، امکان القای مقاومت در کلم توسط اسیدجیبرلیک (با غلظت ۰/۱۲۵ گرم بر لیتر) در برابر شته مومی کلم *Brevicoryne brassicae* L. بررسی شد. پراسنجه‌های رشد جمعیت شته مومی کلم از قبیل نرخ ذاتی افزایش جمعیت (r)، نرخ خالص تولیدمثل (R_0)، نرخ متناهی افزایش جمعیت (λ)، نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR) و زمان دو برابر شدن جمعیت (DT) تحت تأثیر اسیدجیبرلیک در مقایسه با گروه شاهد کاهش معنی‌داری داشتند ($P < 0/05$). با این حال، میانگین مدت زمان یک نسل (T) و میانگین باروری به ازای هر فرد ماده بالغ اختلاف معنی‌داری را بین تیمار اسیدجیبرلیک و شاهد نشان ندادند. میزان مرگ و میر پورگی و ماده‌های بالغ، نرخ زنده‌مانی ویژه سنی (l_x) و باروری ویژه سنی (m_x) در تیمار اسیدجیبرلیک نسبت به گروه شاهد کاهش معنی‌داری داشت ($P < 0/05$). میزان مرگ و میر پوره‌های سن یک نسبت به شاهد و سایر سنین پورگی بیشتر بود. درصد پراکندگی پوره سن یک و ماده‌های بالغ تحت تأثیر اسیدجیبرلیک در مقایسه با گروه شاهد افزایش یافت ($P < 0/05$). نتایج تحقیق حاضر نشان داد اسیدجیبرلیک نقش موثری در کاهش پراسنجه‌های جمعیتی شته مومی کلم داشته و می‌تواند در مدیریت تلفیقی آفت مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: اسیدجیبرلیک، شته مومی کلم، کلم، مقاومت القایی، نرخ ذاتی افزایش جمعیت

مقدمه

کلم (*Brassica oleracea* L.) دارای ویتامین‌های A، B، C و E و مواد معدنی متعدد مانند کلسیم، سدیم، فسفر، منیزیم، گوگرد، مقدار کمی روی، مس و آهن است (Soengas et al., 2021). ارقام مختلف این گونه گیاهی دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانتی بالایی هستند و در دفع سموم بدن نقش موثری را ایفا می‌کنند (Picchi et al., 2020). چین با سطح زیرکشت بیش از ۱,۷۱۹,۴۵۰ هکتار دارای بیشترین سطح زیر کشت کلم در جهان است و کشورهای هندوستان و روسیه به ترتیب با ۲۸۰,۰۰۰ و ۱۶۸,۰۰۰ هکتار جایگاه‌های دوم و سوم را در اختیار دارند. در ایران سطح زیرکشت کلم ۸۰۲۵ هکتار برآورد شده است که در حدود ۰/۰۶۵ درصد از کل سطح زیرکشت محصولات زراعی کشور را شامل می‌شود (Koocheki et al., 2013).

شته مومی کلم، (*Brevicoryne brassicae* (L.)) روی گونه‌های مختلف زراعی و وحشی تیره کلمیان (Brassicaceae) فعالیت می‌کند و گیاهانی مثل کلم معمولی، کلزا، خردل، کلم بروکسل، کلم گل، تربچه و شلغم از میزبان‌های اصلی آن محسوب می‌شوند (Aslam et al., 2005). این آفت دارای پراکندگی جهانی بوده و بیشتر در مناطق با آب و هوای معتدل، گرمسیری و نیمه گرمسیری گسترش یافته است (Blackman and Eastop, 2000). شته مومی کلم در بیشتر نواحی ایران به ویژه در مناطق مرکزی و شمالی فعالیت کرده و با تغذیه از برگ، ساقه و گل‌های گیاه میزبان باعث نقصان محصول و حتی انهدام کامل بوته‌ها می‌شود (Khanjani, 2006). علاوه بر خسارت مستقیم ناشی از تغذیه شته، ترشح عسلک مکان مناسبی را برای رشد قارچ سیاه مولد فوماژین روی گیاه ایجاد کرده و باعث کاهش فتوسنتز می‌شود (Blackman and Eastop, 2000). همچنین، این شته عامل انتقال برخی از ویروس‌های گیاهی مثل ویروس موزائیک کلم (CaMV) و ویروس موزائیک شلغم (TuMV) است (Ryabov, 2007).

اگرچه استفاده از سموم شیمیایی روش اصلی کنترل حشرات آفت محسوب می‌شود، کاربرد بی‌رویه این سموم اثرات جانبی متعددی مانند آلودگی محیط زیست، تهدید سلامتی انسان، کاهش جمعیت دشمنان طبیعی و طغیان آفات ثانویه را در پی داشته است (Damalas and Eleftherohorinos, 2011; Zikankuba et al., 2019; Tudi et al., 2021). مقاومت شته مومی کلم به گروه‌های متعددی از سموم مانند سم با منشأ زیستی امامکتین بنزوات، سموم ارگانوفسفره از قبیل کلروپیریفوس و پروفنوفوس، سموم پیرتروئیدی همچون سایپرمتین و دلتامترین و سموم نئونیکوتینوئیدی از قبیل ایمیداکلوپرید و تیمتوکسام در سال‌های گذشته گزارش شده است (Ahmad and Aslam, 2005; Ahmad and Akhtar, 2013). از این رو، استفاده از روش‌ها و عوامل کارآمد و در عین حال کم‌خطر در کنترل چنین آفاتی ضروری است. مقاومت القایی در گیاه میزبان یکی از روش‌های جایگزین کاربرد سموم شیمیایی در مدیریت آفات است (Herron et al., 2000). مقاومت القایی در نتیجه واکنش گیاه میزبان به محرک‌های فیزیکی و شیمیایی بعد از حمله آفت ایجاد شده و در کاهش نرخ رشد جمعیت آفات موثر است (Nouri-Ganbalani et al., 2018; Feng et al., 2021; Javed et al., 2022). امکان القای مقاومت در گیاه میزبان برای مدیریت شته مومی کلم در برخی از پژوهش‌های اخیر بررسی شده است. برای مثال، ستاری‌نسب و همکاران (Sattari Nasab et al., 2018) تاثیر اسیدهیومیک و باکتری‌های مولد رشد (-Plant Growth Promoting *Rhizobacteria*) را روی مقاومت القایی کلزا نسبت به شته مومی کلم بررسی کردند. نتایج تحقیق مذکور نشان داد که تیمار اسیدهیومیک و باکتری به دلیل افزایش ترکیبات ثانویه (فنل و فلاوونوئید کل)، باعث القای مقاومت در کلزا در برابر شته مومی کلم و مطلوب نبودن گیاهان تیمار شده برای آفت می‌شود. در تحقیقی دیگر، تیمار کلزا با اسیدسالیسیلیک به طور معنی‌داری دوره رشد و نمو، تولید نتاج و درصد زنده‌مانی و مرگ و میر شته مومی کلم را تحت تاثیر قرار داد و باعث القای مقاومت در گیاهان تیمار

از رقم کوپن هاگن کلم برگ به عنوان گیاه میزبان شته مومی کلم استفاده شد. بذور گیاه پس از تهیه از موسسه تحقیقات اصلاح بذر استان آذربایجان شرقی، در گلدان‌هایی به ارتفاع ۱۶ سانتی‌متر و قطر دهانه ۱۹ سانتی‌متر دارای خاک زراعی، ماسه و کود دامی به نسبت ۱:۱:۲ کاشته شده و در گلخانه با دمای ۲۰ الی ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵ ± ۵۵ درصد و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی قرار داده شد. آبیاری با توجه به نیاز آبی متوسط چلیپانیان هر ۲ تا ۳ روز یک‌بار صورت گرفت. گیاهان مورد استفاده برای تغذیه شته هر ۲۰ روز یکبار کشت شد تا همیشه جمعیت مناسبی از شته در دسترس باشد.

پرورش حشره

به منظور تشکیل کلنی شته مومی، نمونه‌های اولیه شته از گیاهان آلوده در مزارع کلزای (رقم دینیوزن) اطراف موسسه تحقیقات اصلاح بذر استان آذربایجان شرقی جمع‌آوری شده و سپس روی گیاه کلم انتقال داده شدند. شناسایی شته مومی کلم با استفاده از اطلاعات ارائه شده توسط ژیل و همکاران (Gill et al., 2019) صورت گرفت. پرورش آفت روی گیاهان کلم کاشته شده در گلخانه با دمای ۲ ± ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰ ± ۵۰ درصد و دوره نوری ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی قرار گرفت تا جمعیت شته برای استفاده در آزمایش‌ها فراهم شود. به منظور حفظ کلنی هر ۲۰ روز یکبار گیاه سالم در اختیار شته‌ها قرار داده شد تا توسط شته‌های حاصل از جمعیت قبلی، آلوده شوند.

تهیه اسید جیبرلیک

برای انجام آزمایش‌ها از اسیدجیبرلیک با نام تجاری مگافیل® که به صورت قرص‌های یک گرمی حاوی ۱۰ درصد ماده موثره است، استفاده شد. اسید جیبرلیک از کلینیک گیاهپزشکی وابسته به جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی تهیه شد.

مطالعه رشد جمعیت شته مومی کلم

این آزمایش بر پایه طرح کاملاً تصادفی در دو تیمار (تیمار اصلی و شاهد) و هر تیمار با پنجاه تکرار انجام شد. روی کلم‌های تیمار اصلی، اسیدجیبرلیک به صورت محلول با غلظت ۰/۱۲۵ گرم بر لیتر بر اساس دستورالعمل مندرج

شد (Javed et al., 2021). بر اساس تحقیق خوش‌فرمان برجی و همکاران (Khoshfarman-Borji et al., 2020) کاربرد هم‌زمان اسیدسالیسیلیک و باکتری مولد رشد *Pseudomonas putida* (استرین ATCC12633) باعث جلب کمتر ماده‌های بالدار شته مومی کلم شد. همچنین، پراسنجه‌های جدول زندگی شته از قبیل دوره پیش از بلوغ، طول عمر، دوره تولیدمثلی و باروری تحت تاثیر آنها کاهش یافتند.

اسیدجیبرلیک هورمونی است که به عنوان یک تنظیم‌کننده رشد با برانگیختن تولید پلی‌آمین‌ها باعث به تاخیر افتادن پیری پوست میوه می‌شود (Ritenour et al., 2005). خواص حشره‌کشی اسید جیبرلیک در بررسی‌های گذشته ثبت شده است. برای مثال، استفاده از اسیدجیبرلیک اثرات بازدارندگی معنی‌داری روی پتانسیل تولیدمثلی نرها و ماده‌ها و تغذیه پوره‌های سن پنجم ملخ مهاجر آسیایی (*Locusta migratoria migratoria* (Orthoptera: Acrididae) داشت (Abdellaoui et al., 2009a,b). همچنین، کوتزل و وود (Cottrell and Wood, 2021) نشان دادند که استفاده از اسیدجیبرلیک در اواخر زمستان تا اوایل پاییز منجر به کاهش معنی‌دار لکه‌های کلروتیک در شاخه‌سارهای درختان گردوی آلوده به شته سیاه گردو (*Melanocallis caryaefoliae* (Davis) (Hem.: Aphididae) شد. علاوه بر آن، تعداد پوره‌های شته در اندام‌های آلوده در مقایسه با گروه‌های شاهد که با اسیدجیبرلیک تیمار نشده بودند، کاهش معنی‌داری داشت.

با توجه به اهمیت استفاده از روش‌های سازگار با محیط زیست در مدیریت آفات، بررسی امکان القای مقاومت در گیاه کلم (*B. oleracea*) در برابر شته مومی کلم هدف اصلی تحقیق حاضر بود. در این راستا، پراسنجه‌های رشد جمعیت شته مومی کلم روی کلم تحت تاثیر تیمار اسیدجیبرلیک بررسی شد.

مواد و روش‌ها

کشت گیاه میزبان

$$\sum e^{-rx} l_x m_x = 1$$

نرخ متناهی افزایش جمعیت (Finite rate of increase) λ (افزایش جمعیت در هر روز نسبت به روز قبل)

$$\lambda = e^{rm}$$

مدت زمان دو برابر شدن (Doubling time) DT

$$DT = \frac{\ln 2}{rm}$$

متوسط مدت زمان یک نسل (Mean generation time) T

$$T = \frac{\ln R_0}{r}$$

میانگین و خطای معیار پراسنجه‌های جدول زندگی توسط روش Bootstrap با صد هزار تکرار محاسبه شدند (Huang and Chi, 2013). داده‌های بوت‌استرپ برای دو تیمار به روش Pick 1 by 1 با استفاده از آزمون بوت‌استرپ جفت‌شده توسط نرم‌افزار TWOSEX-MSChart با یکدیگر مقایسه شدند (Chi, 2017).

نتایج

تاثیر اسیدجیبرلیک بر پراسنجه‌های زیستی شته

مومی

طول عمر (Longevity) شته مومی کلم در کلم‌های تیمار شده با اسید جیبرلیک نسبت به گروه شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$). میانگین طول عمر این شته در تیمار اسیدجیبرلیک در پوره‌های سنین ۱، ۲، ۳ و ۴ و شته بالغ به ترتیب ۲/۱۹، ۱/۹، ۱/۳۵، ۲/۰۳ و ۱۳/۲۷ روز و در تیمار شاهد به ترتیب ۱/۸۱، ۱/۶۷، ۱/۸۸، ۱/۸۲ و ۱۳/۴۳ روز برآورد شد (جدول ۱).

میانگین مرگ و میر پوره سن ۱ در تیمار اسیدجیبرلیک نسبت به گروه شاهد اختلاف معنی‌داری داشت ($P < 0.05$)، ولی میزان مرگ و میر در پوره‌های سنین ۲، ۳ و ۴ بین تیمارهای مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری نداشت. میزان مرگ و میر ماده‌های بالغ در تیمار اسیدجیبرلیک نسبت به گروه شاهد به صورت معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0.05$) (جدول ۲).

روی بسته‌بندی آن و به وسیله آبپاش دستی پاشیده شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت قفس‌های توری روی برگ‌ها قرار داده شد و از کلنی پرورش شته به طور تصادفی شته‌های ماده بالغ انتخاب و یک عدد شته روی برگ گیاهان مورد آزمایش داخل قفس توری قرار داده شد. به شته‌ها ۲۴ ساعت فرصت داده شد تا پوره‌زایی نمایند و پس از گذشت مدت زمان موردنظر، شته موسس به همراه پوره‌های سن یک حذف شده و فقط یک عدد پوره سن یک داخل قفس‌ها نگهداری شد. بازدید روزانه از قفس‌های توری انجام شد و طول دوره پورگی و میزان زنده‌مانی مراحل نابالغ برای شته‌های روی هر برگ گیاه ثبت شد. پس از رسیدن شته‌ها به مرحله بلوغ، طول عمر شته‌های بالغ و تعداد پوره‌های تولید شده توسط هر فرد ماده ثبت شد. طی دوره پوره‌زایی، تمام پوره‌ها پس از شمارش به صورت روزانه حذف شدند. یادداشت‌برداری تا مرگ آخرین حشره بالغ ادامه یافت. از داده‌های به دست آمده برای تشکیل جدول زندگی استفاده شد و فقط پوره-هایی که به بلوغ رسیدند برای تعیین دوره زندگی مورد بررسی قرار گرفتند.

تجزیه آماری داده‌ها

پراسنجه‌های رشد جمعیت با روش جدول زندگی دوجنسی و با استفاده از نرم‌افزار Chi (TWOSEX-) MSChart و از طریق فرمول‌های زیر محاسبه شدند (Chi, 2017)؛

نرخ ناخالص تولیدمثل (GRR Gross reproductive rate) (نشان‌دهنده تعداد کل ماده‌های تولید شده توسط یک ماده در طول عمر)

$$GRR = \sum m_x$$

نرخ خالص تولیدمثل (R_0 Net reproductive rate) (میانگین تعداد کل نتاج ماده تولید شده توسط هر ماده در طول یک نسل)

$$NRR = \sum l_x m_x$$

نرخ ذاتی افزایش جمعیت (Intrinsic rate of increase) r (تعداد نتاج ماده اضافه شده به جمعیت توسط هر فرد ماده در هر روز)

جدول ۱- میانگین طول عمر پوره‌ها و ماده‌های بالغ شته مومی کلم (روز) پرورش یافته روی کلم تیمار شده با اسید جیبرلیک و شاهد

Table 1. The mean longevity of nymphs and adult females of cabbage aphid (day) on cabbage treated with gibberellic acid and control

| Life Stage | Gibberellic acid | Control group |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1 st nymph | 2.19 ± 0.105 ^a | 1.81 ± 0.084 ^a |
| 2 nd nymph | 1.90 ± 0.054 ^a | 1.67 ± 0.098 ^a |
| 3 rd nymph | 1.35 ± 0.087 ^a | 1.88 ± 0.091 ^a |
| 4 th nymph | 2.03 ± 0.076 ^a | 1.82 ± 0.101 ^a |
| Adult female | 13.27 ± 1.461 ^a | 13.43 ± 1.274 ^a |

Same letters in each row indicated that there are not any significant differences between treatments ($p > 0.05$).

جدول ۲- میانگین مرگ و میر پوره‌ها و بالغین شته مومی کلم پرورش یافته روی کلم تیمار شده با اسید جیبرلیک و شاهد

Table 2. The mean mortality of nymphs and adults of cabbage aphid on cabbage treated with gibberellic acid and control

| Life Stage | Gibberellic acid | Control group |
|-----------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 st nymph | 0.36 ± 0.06 ^a | 0.06 ± 0.03 ^b |
| 2 nd nymph | 0.02 ± 0.01 ^a | 0.08 ± 0.03 ^a |
| 3 rd nymph | 0.00 ± 0.00 ^a | 0.01 ± 0.01 ^a |
| 4 th nymph | 0.02 ± 0.01 ^a | 0.03 ± 0.02 ^a |
| Adult female | 0.60 ± 0.06 ^b | 0.80 ± 0.05 ^a |

Different letters in each row indicate significant differences between treatments ($p < 0.05$).

۰/۱۶۸ ± ۸/۴۸ و ۰/۲۲۴ ± ۸/۱۲ روز ثبت شد. تعداد روزهای متناظر برای دوره پیش از پوره‌زایی ماده بالغ به ترتیب ۰/۰۹۵ ± ۰/۸۶ و ۰/۱۰۹ ± ۰/۹۳ روز بود.

تأثیر اسید جیبرلیک روی پراسنجه‌های رشد جمعیت شته مومی کلم

نرخ ذاتی افزایش جمعیت شته مومی کلم روی تیمار اسید جیبرلیک کاهش معنی‌داری را نسبت به گروه شاهد نشان داد ($P < 0.05$). نتایج به دست آمده نشان داد که نرخ خالص تولیدمثل در تیمار اسید جیبرلیک و شاهد اختلاف معنی‌داری با هم داشته و تعداد نتاج تولیدشده توسط هر شته ماده در تیمار اسید جیبرلیک نسبت به گروه شاهد کاهش یافت ($P < 0.05$). نرخ متناهی رشد جمعیت (λ) در تیمار اسید جیبرلیک اختلاف معنی‌داری با گروه شاهد داشت ($P < 0.05$) و رشد جمعیت در هر روز توسط اسید جیبرلیک نسبت به گروه شاهد کمتر شده بود. مقادیر نرخ ناخالص تولیدمثل به صورت معنی‌داری در تیمار اسید جیبرلیک نسبت به گروه شاهد کاهش یافت ($P < 0.05$). استفاده از

میانگین باروری به ازای هر فرد ماده شته مومی کلم پرورش یافته روی کلم‌های تیمار شده با اسید جیبرلیک (۰/۰۹) ± ۰/۸۶۲ نتاج/ماده) با گروه شاهد (۰/۱۱) ± ۰/۹۲۵ نتاج/ماده) اختلاف معنی‌داری نداشت ($P > 0.05$). میانگین تعداد روزهای پوره‌زایی افراد ماده در تیمار اسید جیبرلیک برابر با ۸/۷۲ روز و میانگین تعداد پوره‌های تولیدشده به ازای تعداد روزهای پوره‌زایی ۲/۷۱ پوره محاسبه شد. این مقادیر در تیمار شاهد به ترتیب برابر با ۸/۳۸ روز و ۳/۳۱ پوره به دست آمد. میانگین روزهایی که یک حشره تخم‌گذاری کرده است (Oviposition days)، در تیمار اسید جیبرلیک ۰/۸۳ ± ۸/۷۲۲ روز و در تیمار شاهد ۰/۷۳۰ ± ۸/۳۷۶ روز بود که داده‌ها اختلاف معنی‌داری را در دو تیمار نشان ندادند ($P > 0.05$).

مقایسه میانگین دوره پیش از پوره‌زایی در شته مومی کلم در تیمار اسید جیبرلیک و گروه شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان ندادند ($P > 0.05$). میانگین دوره پیش از پوره‌زایی کل به ترتیب در تیمار اسید جیبرلیک و گروه شاهد برابر با

درصد پراکندگی پوره‌های سنین یک تا چهار و ماده‌های بالغ شته مومی کلم روی کلم تیمار شده با اسیدجیبرلیک و گروه شاهد در شکل ۱ نشان داده شده است.

درصد پراکندگی پوره سن یک و ماده‌های بالغ آفت تحت تاثیر اسیدجیبرلیک در مقایسه با گروه شاهد افزایش یافته است. در مقابل، درصد پراکندگی پوره‌های سنین دوم و سوم در تیمار اسیدجیبرلیک کمتر از گروه شاهد بود.

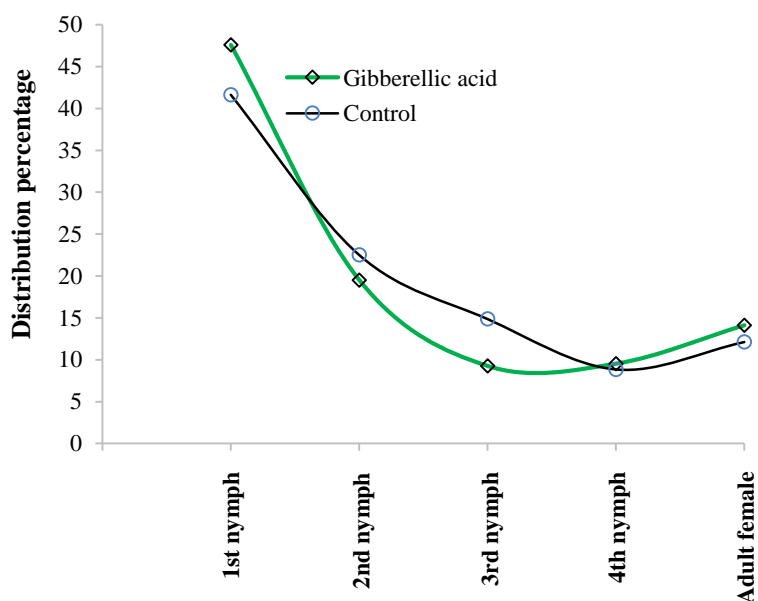
اسیدجیبرلیک باعث افزایش معنی‌دار زمان دو برابر شدن جمعیت (DT) شته مومی کلم نسبت به گروه شاهد شد ($P < 0.05$). از نظر میانگین مدت زمان یک نسل (T) اختلاف معنی‌داری بین تیمار اسیدجیبرلیک و گروه شاهد مشاهده نشد (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین (\pm خطای معیار) پراسنجه‌های جدول زندگی جمعیت شته مومی کلم تحت تاثیر اسیدجیبرلیک و شاهد

Table 3. The comparison of means (\pm SE) of life table parameters of the cabbage aphid affected by gibberellic acid and control

| Parameter | Gibberellic acid | Control group |
|---------------------------------|----------------------|----------------------|
| r (day^{-1}) | 0.215 ± 0.012^b | 0.264 ± 0.010^a |
| R_0 (offspring) | 13.701 ± 1.981^b | 22.193 ± 2.602^a |
| λ (day^{-1}) | 1.240 ± 0.015^b | 1.302 ± 0.014^a |
| GRR (offspring) | 29.660 ± 1.712^b | 36.950 ± 2.582^a |
| DT (day) | 3.222 ± 0.195^a | 2.628 ± 0.110^b |
| T (day) | 12.081 ± 0.243^a | 11.711 ± 0.228^a |

Different letters in each row indicate significant differences between treatments ($p < 0.05$).



شکل ۱- درصد پراکندگی جمعیت شته مومی کلم روی کلم در تیمارهای اسیدجیبرلیک و گروه شاهد

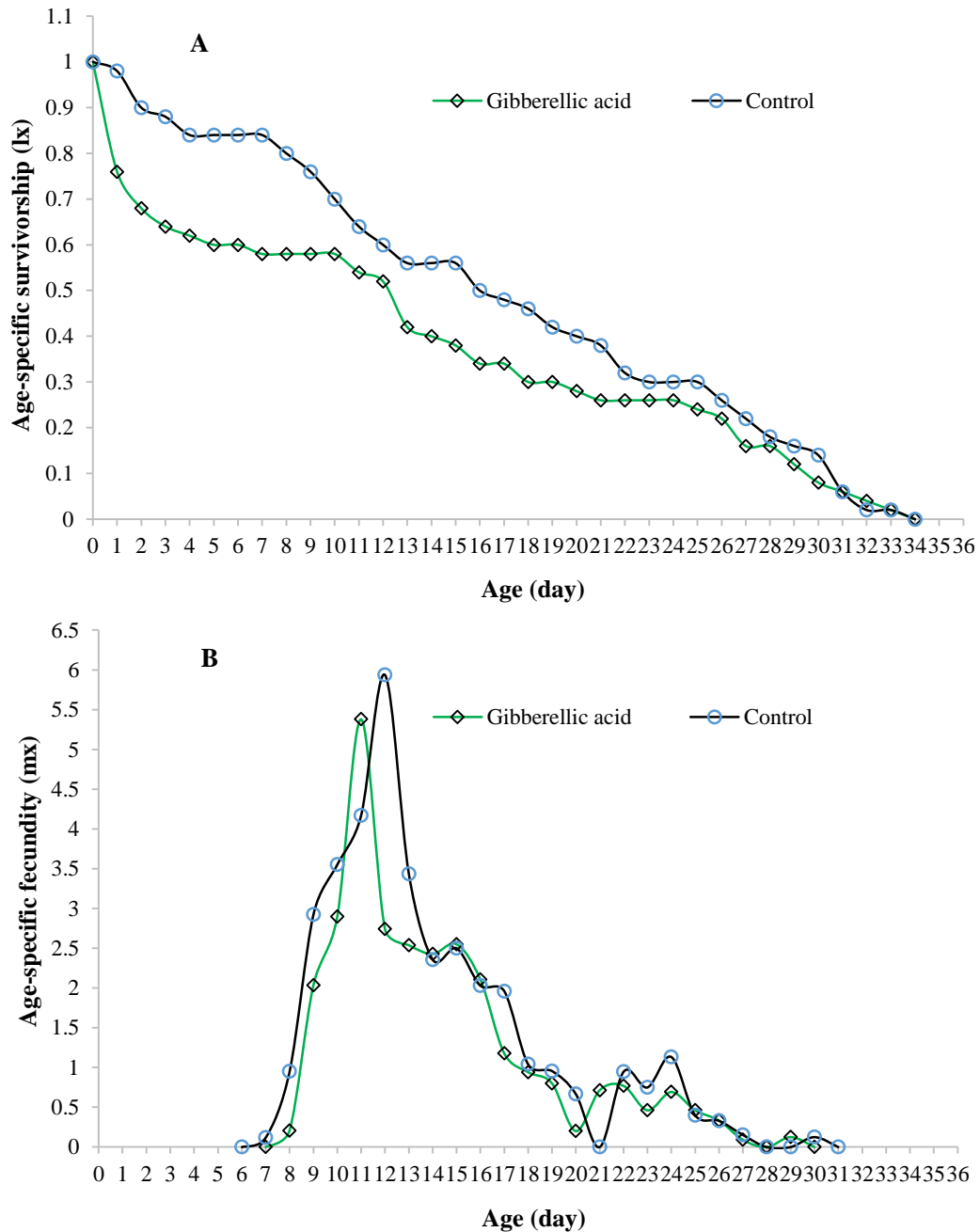
Figure 1. Dispersal percentage of cabbage aphid population on cabbage in gibberellic acid treatment and control group

کلم را نسبت به گروه شاهد کاهش داده است. نرخ زنده‌مانی ویژه سنی (l_x) شته مومی کلم روی کلم تیمار شده با اسید

مطابق با نتایج ارایه شده در شکل ۲، اسیدجیبرلیک نرخ زنده‌مانی ویژه سنی (l_x) و باروری ویژه سنی (m_x) شته مومی

است (۵/۳۸ نتاج/ماده/روز). مقادیر مذکور در گروه شاهد متفاوت بود؛ نرخ باروری ویژه سنی از روز هفتم شروع شده و در روز دوازدهم به بیشترین مقدار رسید (۵/۹۴) نتاج/ماده/روز (شکل ۲).

جیبرلیک نسبت به گروه شاهد کاهش قابل توجهی یافت. نرخ باروری ویژه سنی (m_x) در تیمار اسیدجیبرلیک از روز هشتم شروع شده و در روز یازدهم به بیشترین مقدار رسیده



شکل ۲- زنده‌مانی ویژه سنی (l_x) (A) و باروری ویژه سنی (m_x) (B) شته مومی کلم پرورش یافته روی کلم تیمار شده با اسیدجیبرلیک و بدون آن (شاهد)

Figure 2. Age-specific survivalship (l_x) (A) and age-specific fecundity (m_x) (B) of cabbage aphid reared on cabbage treated with and without (control) gibberellic acid

بحث

با توجه به افزایش مصرف سموم شیمیایی و تاثیرات مخرب آن‌ها روی محیط زیست و انسان‌ها، تلاش پژوهشگران بر این است تا با کشف و استفاده از روش‌های جایگزین و دوستدار محیط زیست مصرف این سموم را به کمترین میزان برسانند. استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشدی گیاهان (PGR) که به‌طور معمول در پنج گروه اکسین‌ها، جیبرلین‌ها، سیتوکینین‌ها، اتیلن و اسیدآبسیزیک جای گرفته‌اند، می‌تواند در راستای جایگزینی با سموم شیمیایی خطرناک مورد توجه قرار گیرد (Erb et al., 2012; Karem, 2018). پژوهش‌های اخیر نشان داده‌اند که هورمون‌های گیاهی می‌تواند روی پراسنجه‌های زیستی شته مومی کلم تاثیر گذاشته و باعث القای مقاومت در گیاهان میزبان شوند. برای مثال، تیمار مزرعه‌ای کلزا با هورمون گیاهی اسیدسالسیلیک باعث کاهش معنی‌دار تراکم جمعیت شته مومی شد. علاوه بر آن، درصد پارازیتسم شته توسط زنبور پارازیتوید *Diaeretiella rapae* McIntoch و میزان عملکرد محصول در مقایسه با گروه شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Abdollahi et al., 2021). خوش-فرمان برجی و همکاران (Khoshfarman-Borji et al., 2020) نشان دادند که کاربرد هم‌زمان اسیدسالسیلیک و باکتری مولد رشد *P. putida* (استرین ATCC12633) باعث جذب کمتر ماده‌های بالدار شته مومی کلم و کاهش پراسنجه‌های جدول زندگی شته از قبیل دوره پیش از بلوغ، طول عمر، دوره تولیدمثلی و باروری شد. در تحقیقی دیگر، استفاده از اسیدسالسیلیک باعث کاهش معنی‌دار دوره رشد و تولیدمثل، تولید نتاج و درصد زنده‌مانی و افزایش مرگ و میر شته مومی کلم روی کلزا شد (Javed et al., 2021). نتایج پژوهش‌های مذکور مبنی بر امکان القای مقاومت در گیاهان میزبان توسط هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد گیاهان در برابر شته مومی کلم در راستای یافته‌های تحقیق حاضر است.

در تحقیق حاضر برای اولین بار امکان القای مقاومت در گیاه کلم به شته مومی کلم با استفاده از اسیدجیبرلیک بررسی

شد. نتایج نشان داد که میزان مرگ و میر پوره‌های سن یک نسبت به سایر تیمارها به‌صورت معنی‌داری بیشتر می‌باشد. همچنین، استفاده از اسیدجیبرلیک باعث مرگ و میر بیشتر ماده‌های بالغ در مقایسه با گروه شاهد شد. بنابراین، افزایش جمعیت شته مومی کلم در گیاه کلم تیمار شده با اسیدجیبرلیک کندتر از شته‌هایی خواهد بود که روی گیاهان تیمار نشده تغذیه کرده‌اند. همچنین، نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که کاربرد اسیدجیبرلیک روی پراسنجه‌های رشد جمعیت شته مومی کلم تاثیر معنی‌داری داشته است. نتایج بررسی‌های اخیر نشان می‌دهد که استفاده از اسیدجیبرلیک باعث القای مقاومت در گیاهان میزبان در برابر برخی از آفات شده است که در راستای یافته‌های پژوهش حاضر می‌باشند. برای مثال، استفاده از اسیدجیبرلیک باعث کاهش معنی‌دار پوره‌زایی شته سیاه گردو *Melanocallis caryaefoliae* (Davis) و افزایش مقاومت درختان گردوی آمریکایی (*Carya illinoensis*) K. Koch ([Wangenh.] Cottrell and Wood, 2021). در تحقیقی دیگر، کوترل (Cottrell, 2022) نشان داد که استفاده از اسیدجیبرلیک هم‌زمان با سموم حشره‌کش با طیف گسترده بی‌فترین، ایمیداکلوپرید، کارباریل، سولفوکسافلور و فلونیکامید در باغستان‌های گردو آمریکایی باعث کاهش تعداد پوره‌ها و حشرات کامل شته‌های آفت (شته سیاه گردو، شته زرد گردو *Monelliopsis pecanis* Bissel و شته با حاشیه سیاه *Monellia caryella* (Fitch)) شد. علاوه بر آن، نتایج بررسی مذکور اثبات کرد که کاربرد هم‌زمان اسیدجیبرلیک و سموم حشره‌کش مذکور باعث حفظ جمعیت دشمنان طبیعی فعال در باغ گردو (زنبور پارازیتوید *Aphelinus perpallidus* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) و بالتوری‌ها و کفشدوزک‌های غالب منطقه) در مقایسه با استفاده از سموم بعد از دو سال شد. نتایج نشان داد که اسیدجیبرلیک با کاهش سطح کلروز، پیری و فرآیندهای منجر به ریزش برگ‌ها باعث ایجاد مقاومت در گیاهان میزبان شته‌ها می‌شود (Cottrell, 2022). بنابراین،

است. نتایج بررسی‌های گذشته نشان داده‌اند که امکان تلفیق کاربرد اسیدجیبرلیک با سموم شیمیایی در راستای کاهش مصرف این سموم وجود دارد و باعث تقویت جمعیت دشمنان طبیعی می‌شود. بنابراین، استفاده از اسیدجیبرلیک را می‌توان به‌عنوان یک راهکار مناسب و سازگار با محیط زیست در راستای کنترل جمعیت شته مومی کلم پیشنهاد داد. با این حال، به‌منظور حصول نتایج بهتر بررسی امکان تلفیق استفاده از اسیدجیبرلیک با دشمنان طبیعی و ارقام مختلف گیاهی در تحقیقات آتی پیشنهاد می‌شود.

می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از اسیدجیبرلیک با تاثیر در پراسنجه‌های جمعیتی شته‌ها می‌تواند باعث القای مقاومت در گیاهان میزبان شده و در عین حال باعث حفظ جمعیت دشمنان طبیعی در کاربرد همزمان با سموم شیمیایی شود. کاهش نرخ خالص تولیدمثل، نرخ ذاتی افزایش جمعیت، نرخ متناهی رشد جمعیت، مدت زمان دو برابر شدن جمعیت، میزان مرگ و میر ماده‌های بالغ و پوره سن یک شته مومی کلم تحت تاثیر اسیدجیبرلیک، نشان‌دهنده موثر واقع شدن این هورمون گیاهی در کاهش رشد جمعیت آفت روی کلم

References

- Abdellaoui, K., Ben Halima-Kamel, M. and Ben Hamouda, M. H.** 2009a. The antifeeding and repellent properties of gibberellic acid against Asiatic migratory locust *Locusta migratoria migratoria*. **Tunisian Journal of Plant Protection** 4: 57-66.
- Abdellaoui, K., Ben Halima-Kamel, M. and Ben Hamouda, M. H.** 2009b. Physiological effects of gibberellic acid on the reproductive potential of *Locusta migratoria migratoria*. **Tunisian Journal of Plant Protection** 4: 67-75.
- Abdollahi, R., Yarahmadi, F. and Zandi-Sohani, N.** 2021. Impact of silicon-based fertilizer and salicylic acid on the population density of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) and its parasitism by *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera: Braconidae). **Journal of Crop Protection** 10 (3): 473-482.
- Ahmad, M. and Akhtar, S.** 2013. Development of insecticide resistance in field populations of *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) in Pakistan. **Journal of Economic Entomology** 106(2): 954-958.
- Ahmad, M. and Aslam, M.** 2005. Resistance of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) to endosulfan, organophosphates and synthetic pyrethroids. **Pakistan Journal of Zoology** 37: 293-295.
- Aslam, M., Razaq, M. and Shahzad, A.** 2005. Comparison of different canola (*Brassica napus* L.) varieties for resistance against cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* (L.). **International Journal of Agriculture and Biology** 7: 781-782.
- Blackman, R. L. and Eastop, V.F.** 2000. Aphids on the world's crops, an identification and information guide (2nd ed.). Willey.
- Chi, H.** 2017. Twosex-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. <http://140.120.197.173/Ecology/Download/Two-sex-MSChart.zip>
- Cottrell, T. E. and Wood, B. W.** 2021. Gibberellic acid decreases *Melanocallis caryaefoliae* (Hemiptera: Aphididae) population density and chlorotic feeding injury to foliage in pecan orchards. **Pest Management Science** 77: 1512-1519.
- Cottrell, T. E.** 2022. Black Pecan Aphid (Hemiptera: Aphididae) Management on pecan when gibberellic acid is applied concurrently with broad-spectrum insecticides. **Journal of Economic Entomology** 115(2): 611-617.
- Damalas, C. A. and Eleftherohorinos, I. G.** 2011. Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. **International Journal of Environmental Research and Public Health** 8: 1402-1419.
- Erb, M., Meldau, S. and Howe, G. A.** 2012. Role of phytohormones in insect-specific plant reactions. **Trends in Plant Science** 17(5): 250-259.
- Feng, J. L., Zhang, J., Yang, J., Zou, L. P., Fang, T. T., Xu, H. L. and Cai, Q. N.** 2021. Exogenous salicylic acid improves resistance of aphid-susceptible wheat to the grain aphid, *Sitobion avenae* (F.) (Hemiptera: Aphididae). **Bulletin of Entomological Research** 111: 544-552.

- Karem, G.** 2018. Role of plant growth regulators in the insect pest control: A quick outlook. **COJ Review and Research** 1(4): COJRR.000520.2018.
- Gill, H.K., Garg, H. and Gillett-Kaufman, J.L.** 2019. Cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* Linnaeus (Insecta: Hemiptera: Aphididae). UF/IFAS Extension Service, University of Florida, 1-5. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/IN1014>
- Herron, G., Powis, K. and Rophail, J.** 2000. Baseline studies and preliminary resistance survey of Australian populations of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). **Australian Journal of Entomology** 39: 33-38.
- Huang, Y. B. and Chi, H.** 2013. Life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae): with an invalidation of the jackknife technique. **Journal of Applied Entomology** 137(5): 327-339.
- Javed, M. W., Hasan, M. U., Sagheer, M. and Sahi, S. T.** 2021. Studies on inducer mediated resistance responses against biological fitness of *Brevicoryne brassicae* (Homoptera: Aphididae) on *Brassica napus*. **International Journal of Agriculture and Biology** 25:81-88.
- Javed, M. W., Hasan, M. U., Sagheer, M., Sahi, S. T. and Mankin, R. W.** 2022. Foliar and soil treatments of *Brassica napus* that elicit antibiosis in *Brevicoryne brassicae*. **Agronomy** 12: 882. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040882>
- Khanjani, M.** 2006. Vegetable Pests in Iran (1st ed.). Bu-Ali Sina University Publication.
- Khoshfarman-Borji, H., Pahlavan Yali, M. and Bozorg-Amirkalae, M.** 2020. Induction of resistance against *Brevicoryne brassicae* by *Pseudomonas putida* and salicylic acid in canola. **Bulletin of Entomological Research** 110(5): 597-610.
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Hassanzadeh Aval, F., Mansoori, H., Amiri, S. R., Zarghani, H. and Karimian, M.** 2013. Agrobiodiversity of vegetable crops in agroecosystems in Iran. **Iranian Journal of Applied Ecology** 2(4):1-12.
- Nouri-Ganbalani, G., Mardani-Talae, M., Panahi Khaneghah, M., Razmjou, J. and Fathi, A.** 2018. Study of induced resistance in wheat, *Triticum aestivum* L., to English grain aphid, *Sitobion avenae* (Fabricius) (Hem.: Aphididae) under laboratory conditions. **Iranian Journal of Plant Protection Science** 49(1): 131-141.
- Picchi, V., Lo Scalzo, R., Tava, A., Doria, F., Argento, S., Toscano, S., Treccarichi, S. and Branca, F.** 2020. Phytochemical Characterization and in vitro antioxidant properties of four *Brassica* wild species from Italy. **Molecules** 25(15): 3495. <https://doi.org/10.3390/molecules25153495>
- Ritenour, M., Burton, M. and Mccollum, T.** 2005. Effect of pre or postharvest gibberellic acid application on storage quality of Florida 'Ruby' red grapefruit and 'Fallglo' tangerines. **Agricultural Research Service** 22: 408-503.
- Ryabov, E. V.** 2007. A novel virus isolated from the aphid *Brevicoryne brassicae* with similarity to Hymenoptera picorna-like viruses. **Journal of General Virology** 88: 2590-2595.
- Sattari Nasab, R., Pahlavan Yali, M. and Bozorg-Amirkalae, M.** 2018. Effects of humic acid and plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on induced resistance of canola to *Brevicoryne brassicae* L. **Bulletin of Entomological Research** 23: 1-11.
- Soengas, P., Velasco, P., Fernández, J. C. and Cartea, M. E.** 2021. New vegetable *Brassica* foods: A Promising source of bioactive compounds. **Foods** 10: 2911. <https://doi.org/10.3390/foods10122911>
- Tudi, M., Daniel Ruan, H., Wang, L., Lyu, J., Sadler, R., Connell, D., Chu, C. and Phung, D. T.** 2021. Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. **International Journal of Environmental Research and Public Health** 18: 1112.
- Zikankuba, V. L., Mwanyika, G., Ntwenya, J. E. and James, A.** 2019. Pesticide regulations and their malpractice implications on food and environment safety. **Cogent Food and Agriculture** 5: 1601544.



Research paper

Effect of gibberellic acid on population growth parameters of cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* L.) on the cabbage (*Brassica oleracea* L.)

S. Ataie Esfahlan¹, J. Razmjou^{1*}, S. A. A. Fathi¹, B. Naseri¹, F. Seyyedi Sahebari² and A. Ebadollahi³

1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh, Ardabili, Iran, 2. East Azarbaijan Agricultural Research and Education and Natural Sources Center, Iran, 3. Department of Plant Sciences, Moghan College of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

(Received: September 10, 2022- Accepted: November 5, 2022)

Abstract

Due to environmental pollution caused by chemical pesticide application, the use of eco-friendly methods such as induced resistance to manage insect pests is necessary. In this study, the induced resistance potential of gibberellic acid, with a concentration of 0.125 g/L, in cabbage was investigated against cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* L. Population growth parameters of cabbage aphid, including intrinsic population growth rate (r), net reproduction rate (R_0), finite population growth rate (λ), gross reproduction rate (GRR), and population doubling time (DT) affected by gibberellic acid were significantly reduced compared to the control group ($P < 0.05$). However, there was not any significant difference between gibberellic acid treatment and the control for mean generation time (T) and the mean fecundity per adult female. The mortality rate of nymphs and adult females, age-specific survival rate (l_x), and age-specific fertility (m_x) in gibberellic acid treatment were significantly decreased compared to the control ($P < 0.05$). The mortality rate of first-stage nymphs was higher than the control and other stages. The dispersal percentage of first-stage nymphs and adult females treated with gibberellic acid was increased compared to the control ($P < 0.05$). Based on the results of this study, gibberellic acid was effective for decreasing the population growth parameters of cabbage aphid, and it can be considered in the integrated management of the pest.

Key words: Cabbage, cabbage aphid, gibberellic acid, inductive resistance, intrinsic rate of population increase

* Corresponding author: razmjou@uma.ac.ir

