

Efficacy of Microbial and Botanical Insecticides on Second-Instar Larvae of Alfalfa Weevil (*Hypera postica*) Under Laboratory Conditions

Esmaeil Alizadeh

Introduction

Alfalfa (*Medicago sativa* L.) is among the most extensively cultivated forage crops worldwide and is widely recognized for its high nutritional value. As a perennial species in the family Leguminosae (Fabaceae), alfalfa possesses a deep taproot system with numerous lateral branches that facilitate efficient uptake of water and nutrients from deeper soil layers. Owing to its high crude protein content, essential minerals and vitamins, alfalfa constitutes a fundamental component of livestock diets. In addition to its forage value, alfalfa plays a significant role in agroecosystem sustainability. Its deep root system improves soil structure and aeration while its inclusion in crop rotation systems enhances soil organic matter and increases nitrogen availability through symbiotic nitrogen fixation by *Rhizobium* spp. Furthermore, alfalfa cultivation contributes to improved soil drainage and long-term soil fertility. The alfalfa weevil, *Hypera postica* (Gyllenhal) (Coleoptera: Curculionidae), is one of the most destructive pests of alfalfa in many production regions, including West Azerbaijan Province, Iran. Both larvae and adults feed on foliage, often causing severe defoliation and substantial yield losses, particularly in the first harvest. In Iran, infestations of *H. postica* are estimated to result in annual losses of approximately 1.2 million tons of dry forage from the first cutting, representing nearly 33% of total alfalfa production. These losses impose considerable economic constraints on forage production systems. In response to concerns regarding the environmental and health impacts of conventional insecticides, international organizations such as the Food and Agriculture Organization (FAO) have advocated for reduced reliance on broad-spectrum synthetic pesticides and increased adoption of safer, more selective alternatives. Regulatory restrictions on older-generation chemical pesticides have further stimulated research into environmentally compatible pest management strategies, particularly those aligned with integrated pest management (IPM) principles.

Materials and Methods

A laboratory bioassay was conducted to evaluate the efficacy of six bio-based insecticides Palizin, Azadirachtin, Tondexir, Biobeet, Bassicoura and Naturalis against second-instar larvae of *H. postica*. An untreated control (distilled water) was included for comparison. The experiment was arranged in a randomized complete block design (RCBD) with six treatments and three replications. For each treatment, seven concentrations (500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, and 3500 ppm) were prepared. Each concentration was tested in three replicates, with ten second-instar larvae per replicate. Larvae (approximately 3 mm in body length and 0.2 mm in head capsule width) were collected using an aspirator and transferred to plastic containers (8 × 10 × 6 cm). Fresh alfalfa foliage was dipped in the corresponding insecticidal solutions, air-dried and provided as food. Bioassays were conducted under controlled laboratory conditions at 22 ± 3 °C, 60 ± 5% relative humidity and a 8:16 h (light:dark) photoperiod. Larval mortality was recorded at 24, 48, and 72 hours after treatment. Mortality was assessed by gently prodding larvae with a heated needle; individuals that failed to respond were considered dead. Mortality percentages were calculated for each treatment and concentration.

Results and Discussion

Probit analysis of mortality data obtained eight days after exposure to different concentrations of cypermethrin (conventional insecticide) and the six bio-based insecticides revealed significant differences in toxicity against second-instar larvae of *H. postica*. Naturalis ($LC_{50} = 2973.246$ ppm) and Bassicoura ($LC_{50} = 3187.697$ ppm) exhibited the highest median lethal concentration (LC_{50}) values, indicating comparatively lower toxicity. In contrast, cypermethrin ($LC_{50} = 1478.279$ ppm) and azadirachtin ($LC_{50} = 1859.971$ ppm) showed the lowest LC_{50} values, reflecting greater efficacy. Temporal patterns of mortality indicated that cypermethrin, azadirachtin, Palizin, and Tondexir produced their highest larvicidal effects within 72 hours of application with no substantial increase in mortality thereafter. Conversely, Naturalis and Bassicoura caused no detectable mortality during the first 48 hours with peak effects observed on day 7 (168 hours post-treatment). Biobit similarly showed no noticeable mortality within the first 24 hours but reached maximum efficacy by day 5 (120 hours post-treatment). These findings demonstrate clear differences in both toxicity levels and speed of action among the evaluated insecticides.

Conclusions

The results indicate that cypermethrin and azadirachtin were the most effective treatments against second-instar larvae of *H. postica* under laboratory conditions. In contrast, the biological insecticides Naturalis (based on *Beauveria bassiana*) and Bassicoura exhibited comparatively lower toxicity. A pronounced difference was observed in the speed of action: chemical insecticides induced rapid mortality, achieving peak effectiveness within 72 hours, whereas biological insecticides displayed delayed activity, with maximum mortality occurring between five and seven days after application. These differences in efficacy and temporal response are critical considerations for the development and optimization of integrated pest management (IPM) programs targeting alfalfa weevil populations.

Keywords: Azadirachtin, Bassicoura, Naturalis, Palizin, Probit analysis

تأثیر حشره کش های میکروبی و گیاهی روی لاروهای سن دوم سرخرطومی برگ یونجه (*Hypera postica* Gyllenhal) (Col.: Curculionidae) در شرایط آزمایشگاهی

اسماعیل علیزاده^{۱*} 

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۲۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۲/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۱۴

۱-مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی؛ ارومیه؛ ایران

ism478@gmail.com

<https://doi.org/10.22067/JPP.2026.94624.1247>

چکیده

یونجه که به ملکه نباتات شهرت دارد، چهارمین محصول مهم جهان از نظر گستره‌ی کشت به‌شمار می‌آید. در فون بندپایان یونجه، گونه‌های متعددی از حشرات و بندپایان وجود دارند که برخی از آن‌ها با فعالیت گیاه‌خواری، سبب کاهش شدید محصول می‌شوند. در میان این آفات، سرخرطومی برگ یونجه یکی از مهم‌ترین آفات یونجه‌کاری در اکثر نقاط استان آذربایجان غربی، ایران و جهان به‌حساب می‌آید. در این پژوهش، تأثیر شش تیمار شامل پالیزین، آزادیراکتین، تنداکسیر، بایوبیت، باسیوکارا و ناتورالیس، به همراه تیمار شاهد، بر لارو سن دوم سرخرطومی برگ یونجه در شرایط آزمایشگاهی بررسی شد. بر اساس نتایج تجزیه پروبیت حاصل از اثر غلظت‌های مختلف حشره‌کش سایپرمتترین و شش حشره‌کش زیستی بر لاروهای سن دوم سرخرطومی برگ یونجه پس از ۸ روز، بیشترین مقدار غلظت کشنده ۵۰ درصد (LC₅₀) به‌ترتیب با مقادیر ۱۴۷۸/۲۷۹ و ۱۸۵۹/۹۷۱ میلی‌گرم بر لیتر، مربوط به سموم سایپرمتترین و آزادیراکتین بود. در مقابل، کمترین مقدار LC₅₀ به‌ترتیب با مقادیر ۲۹۷۳/۲۴۶ و ۳۱۸۷/۶۹۷ میلی‌گرم بر لیتر، به حشره‌کش‌های ناتورالیس و باسیوکارا تعلق داشت. همچنین، نتایج نشان داد که حشره‌کش‌های سایپرمتترین، آزادیراکتین، پالیزین و تنداکسیر حداکثر اثرات خود را تا ۷۲ ساعت نخست بر جای گذاشته و پس از آن، اثر کشندگی آن‌ها متوقف شد. در مقابل، حشره‌کش‌های ناتورالیس و باسیوکارا در ۴۸ ساعت ابتدایی هیچ‌گونه تأثیری نداشتند، اما بیشترین میزان کشندگی آن‌ها در روز هفتم (۱۶۸ ساعت) مشاهده گردید. حشره‌کش بایوبیت نیز در ۲۴ ساعت نخست بی‌اثر بوده و بیشترین میزان کشندگی آن تا روز پنجم (۱۲۰ ساعت) به‌دست آمد. نتایج تحقیق نشان داد که حشره‌کش شیمیایی سایپرمتترین و حشره‌کش زیستی آزادیراکتین بیشترین سمیت را بر لاروهای سرخرطومی برگ یونجه دارند، در حالی که حشره‌کش‌های ناتورالیس و باسیوکارا اثر کمتری دارند. همچنین، حشره‌کش‌های شیمیایی اثر سریع و کوتاه‌مدت دارند و بیشترین کشندگی آن‌ها تا ۷۲ ساعت پس از مصرف مشاهده می‌شود، اما حشره‌کش‌های زیستی اثر کندتری دارند و بیشترین کشندگی آن‌ها در روزهای پنجم تا هفتم رخ می‌دهد. این یافته‌ها نشان‌دهنده تفاوت در مدت زمان تأثیرپذیری آفت نسبت به حشره‌کش‌ها و نیز پتانسیل حشره‌کشی آن‌ها می‌باشد که آگاهی از این تفاوت‌ها می‌تواند در برنامه ریزی مدیریت تلفیقی آفات مؤثر باشد.

کلمات کلیدی: آفات یونجه، آفت کش زیستی، سخت‌بالپوشان، *Hypera postica*

مقدمه

یونجه با عنوان ملکه‌ی نباتات چهارمین محصولی است که در جهان از رشد گسترده‌ای برخوردار است. یونجه با نام علمی *Medicago sativa* L. گیاهی است دولپه‌ای و از خانواده بقولات (Leguminosae) چند ساله، با ریشه عمیق، مستقیم و ضخیم که دارای تعداد زیادی انشعابات جانبی است. یونجه به علت کیفیت خوب و خوش‌خوراکی آن، دارا بودن ذخایر غذایی از جمله مواد معدنی مختلف، مواد پروتئینی و حتی انواع ویتامین‌های گوناگون، اهمیت خاصی پیدا کرده است. به‌علاوه کاشت این گیاه تأثیر مهمی در اصلاح زمین زراعی از راه تهویه‌ی زمین، برقراری تناوب، پایین بردن آب زهکشی، افزایش مواد آلی و ازدیاد ازت خاک دارد (Steve, 2007). یونجه محصول علوفه‌ای عمده و درجه اول برای گاوهای شیرده و سایر دام‌هایی که به خوراک با کیفیت بالا نیاز دارند می‌باشد (Mayer et al., 2014). بومی بودن یونجه موجب شده است تا استان آذربایجان غربی از نظر فون حشرات مفید و مضر مرتبط با آن قابل توجه باشد. در فون بندپایان این محصول، حشرات و بندپایان متعدد وجود دارند که تعدادی از آن‌ها دارای فعالیت گیاه‌خواری بوده و تغذیه آن‌ها سبب کاهش شدید محصول می‌گردد که در بین آن‌ها سرخرطومی برگ یونجه (*Hypera postica* Gyllenhal) (Col.: Curculionidae) از جمله مهم‌ترین آفت مزارع یونجه در ایران شناخته می‌شود. خسارت عمده آن مربوط به مرحله لاروی بوده که از برگ‌های گیاه به ویژه در چین اول تغذیه می‌کند (Rahimi-Arnaei and Safavi, 2020). در تحقیقی اثرات سموم نیمارین استخراج شده

از گیاه چریش (*Azadirachta indica* A. Juss) و ماترین استخراج شده از *Sophora flavescens* (Ait.) روی لاروهای سن دوم و حشرات بالغ سرخرطومی یونجه در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه‌ای بررسی شد در حال حاضر سازمان جهانی به محدود کردن استفاده از سموم شیمیایی و جایگزین کردن آن‌ها با سموم کم خطر پرداخته است و استفاده از سمومی که قبل از سال ۱۹۸۰ تولید شده را ممنوع اعلام کرده‌اند. این مسائل باعث شده محققین درصدد کشف و تولید سموم کم خطر باشند. منابع علمی ۲۵ سال اخیر، معرفی کننده‌ی صدها ترکیب متابولیت ثانویه‌ی گیاهی است که دارای فعالیت‌های بازدارندگی تغذیه و یا اثرات سمی روی حشرات آفت در آزمایشگاه هستند ([Regnault-Roger et al., 2005](#); [Koul and Dhaliwal, 2005](#)). اگرچه حشره‌کش‌های شیمیایی می‌توانند سرخرطومی برگ یونجه را کنترل کنند، اما این مواد شیمیایی اثرات نامطلوبی بر موجودات غیرهدف از جمله گرده افشان‌ها و حشرات دشمن طبیعی دارند. در این زمینه، استفاده از حشره‌کش‌های زیستی بهترین گزینه‌های جایگزین خواهند بود، زیرا مشخص شده است که خطر کمتری برای موجودات غیرهدف دارند ([Reddy et al., 2016](#)).

مواد و روش‌ها

پالیزین: حشره‌کشی با فرمولاسیون مایع غلیظ قابل حل در آب (SL70%) بوده و ساخت شرکت کیمیا سبزآور ایران می‌باشد. این حشره‌کش از صابون غلیظ روغن نارگیل به همراه عصاره نعنای و اکالیپتوس تولید شده است. تنداکسیر: حشره‌کشی با فرمولاسیون روغن امولسیون شونده (EC85%) بوده و توسط شرکت کیمیا سبزآور ایران ساخته می‌شود. تنداکسیر علاوه بر خاصیت حشره‌کشی دارای خاصیت کنه‌کشی نیز می‌باشد که از عصاره روغنی سیر و فلفل قرمز تهیه می‌شود.

آزادیراکتین: اولین حشره‌کش طبیعی ثبت شده برای کنترل آفات گلخانه‌ای است. این حشره‌کش با فرمولاسیون روغن امولسیون شونده (EC15%) بوده و ساخت شرکت پری تری فولیو آلمان می‌باشد و حاوی عصاره‌ی مغز دانه‌ی میوه چریش بوده است.

سایپرترین: حشره‌کشی با فرمولاسیون روغن امولسیون شونده (EC40%) بوده و از گروه پایروترئوئیدها می‌باشد. این حشره‌کش خواص ضد تغذیه‌ای داشته و توسط شرکت تراگوسای اسپانیا ساخته شده است.

بایوبیت: حشره‌کشی بیولوژیکی با فرمولاسیون پودر و تابل (WP) بوده و اختصاصی کنترل لارو سخت بالپوشان می‌باشد. این حشره‌کش خاصیت ضدتغذیه‌ای داشته و توسط شرکت فن آوری زیستی طبیعت گرا ساخته شده است که حاوی ماده مؤثره اسپور و کریستال باکتری *Bacillus thuringiensis* var *Tenebrionis* می‌باشد.

باسیوکارا: حشره‌کشی بیولوژیکی با فرمولاسیون پودر و تابل (WP) بوده و به عنوان عامل بیماری‌زا برای آفات می‌باشد. این حشره‌کش توسط شرکت صنایع زیست فن آوری کارا ساخته شده و حاوی قارچ *Beauveria bassiana* می‌باشد.

ناتورالیس: حشره‌کشی بیولوژیکی با فرمولاسیون پودر و تابل (WP) بوده که برای کنترل گونه‌های متعددی از حشرات متعلق به راسته‌ی جوربالان، ناجوربالان و سخت بالپوشان بکار می‌رود. این حشره‌کش توسط شرکت Troy Bioscience کارولینای آمریکا ساخته شده و مبتنی بر جدایه ATCC 74040 قارچ *Beauveria bassiana* می‌باشد.

در این آزمایش تاثیر تیمارهای پالیزین، آزادیراکتین، تنداکسیر، بایوبیت، باسیوکارا و ناتورالیس مجموعاً شش تیمار به همراه تیمار شاهد روی سن دوم سرخرطومی برگ یونجه در شرایط آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شش تیمار و سه تکرار انجام شد. آزمایش‌های زیست‌سنجی تاثیر هفت دز (۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰، ۲۵۰۰، ۳۰۰۰ و ۳۵۰۰ میلی گرم بر لیتر) از تیمارهای ذکر شده روی مرحله لارو سن دو (بدن لارو به

طول ۳ میلی متر، سر با کپسول قهوه‌ای به قطر ۰/۲ میلی متر) سرخرطومی برگ یونجه انجام گرفت. دلیل انتخاب لارو سن دوم این بود که سنین اول بیشتر در داخل جوانه بوده و به هندلینگ حساس هستند و سنین بالا هم دارای خاصیت ایجینگ می‌باشند. بنابراین لارو سن دوم جهت انجام آزمایشات مناسب بود. بدین منظور ۷ غلظت اصلی به همراه تیمار شاهد (آب)، هر تیمار در سه تکرار و در هر تکرار روی ده عدد لارو سن دو بدون تعیین جنسیت با استفاده از اسپیراتور داخل ظروف پلاستیکی به ابعاد ۶×۱۰×۸ حاوی بوته‌های تازه یونجه آغشته به محلول سمی که به طریقه فرو بردن در محلول سم تیمار شده بودند قرار داده شدند. حجم بوته‌های یونجه استفاده شده در پتری‌دیش یکسان بود و پس از خشک شدن به مدت ۱۰ دقیقه، در پتری‌دیش قرار داده شدند. آزمایش‌ها در شرایط دمایی ۲۲±۳ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۰±۵ درصد و دوره نوری ۸ ساعت روشنایی و ۱۶ ساعت تاریکی انجام گرفت. بعد از ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعت با تماس سوزن گرم به بدن لاروها و در صورت عدم تحرک آن‌ها مرده محسوب شده و درصد مرگ و میر در هر پلات آزمایشی محاسبه گردید. برای تعیین محدوده مناسب غلظت‌ها، ابتدا آزمایش‌های مقدماتی انجام شد و در نهایت دزهای اصلی (۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰، ۲۵۰۰، ۳۰۰۰، ۳۵۰۰ میلی گرم بر لیتر) تعیین شده و در آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت. آنگاه با استفاده از نرم‌افزار SPSS، دزهایی در محدوده ۲۵ و ۷۵ درصد تلفات، انتخاب گردیدند. آنگاه لگاریتم غلظت‌ها محاسبه شد و با استفاده از فرمول زیر، فاصله لگاریتمی مناسب بین دزها (d) محاسبه گردید (Moradeshaghi and Poormirza, 1974).

$$d = \frac{X_5 - X_1}{n - 1} \quad \text{d (رابطه ۱)}$$

d = فاصله لگاریتمی بین غلظت‌ها

X₁ = لگاریتم غلظتی که ۲۵ درصد تلفات ایجاد کرده است.

X₅ = لگاریتم غلظتی که ۷۵ درصد تلفات ایجاد کرده است.

n = تعداد غلظت‌ها

داده‌های حاصل از مرگ و میر لاروهای سن دوم با فرمول Abbott (Abbott, 1925) اصلاح و به روش تجزیه‌ی Probit در نرم افزار (SPSS 22) آنالیز و مقادیر LC₂₅ و LC₅₀ محاسبه گردید.

نتایج

حد پایینی غلظت کشندگی ۲۵ درصد سایپرترین در اولین روز آزمایشات زیست‌سنجی ۴۰۶۷۹/۶۵۱ و حد بالایی غلظت کشندگی آن ۸۴۰/۳۱۴ میلی گرم بر لیتر می‌باشد در حالی که حد پایینی غلظت کشندگی ۵۰ درصد برابر ۲۶۸۴/۹۰۹ و حد بالایی آن ۲۷۵۱/۰۰۱ میلی گرم بر لیتر بوده است. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره کش سایپرترین در این مرحله برابر ۱۷۷۶/۱۱۰ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. ضریب تبیین (R²) برابر است با ۰/۹۸۹ که نشان می‌دهد ۹۸/۹ درصد متوسط تغییرات پروبیت درصد تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان گونه که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می‌دهد. همچنین در این معادله b = -۰/۵۴ نشانگر عرض از مبدا و a = ۳/۰۵×۱۰^{-۴} برابر شیب خط می‌باشد. حد پایینی غلظت کشندگی ۲۵ درصد سایپرترین در دومین روز آزمایشات زیست‌سنجی ۵۵۹۷۶۴/۵۸۶ و حد بالایی غلظت کشندگی آن ۷۰۹/۱۶۴ میلی گرم بر لیتر می‌باشد در حالی که حد پایینی غلظت کشندگی ۵۰ درصد برابر ۸۱۰۵۷/۷۵۵ و حد بالایی آن ۲۳۹۵/۵۷۶ میلی گرم بر لیتر بوده است. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره کش سایپرترین در این مرحله برابر ۱۵۸۶/۴۸۹ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. ضریب تبیین (R²) برابر است با ۰/۹۸۸ که نشان می‌دهد ۹۸/۸ درصد متوسط تغییرات پروبیت درصد تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان گونه که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت، تلفات

افزایش یکنواختی را نشان می‌دهد. همچنین در این معادله $b = 2/9 \times 10^{-4}$ نشانگر شیب خط و $a = -0/46$ برابر عرض از مبدا می‌باشد. بیشترین غلظت کشندگی سایپرمتترین در سومین روز آزمایشات زیست‌سنجی روی داده است به‌طوری‌که حد پایینی غلظت کشندگی ۲۵ درصد سایپرمتترین روز آزمایشات زیست‌سنجی ۴۲۲۰/۲۶۴ و حد بالایی غلظت کشندگی آن ۸۳۶/۲۹۷ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد در حالی‌که حد پایینی غلظت کشندگی ۵۰ درصد برابر ۲۲۲/۷۸۷ و حد بالایی آن ۱۹۴۵/۳۵۴ میلی‌گرم بر لیتر بوده است. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره‌کش سایپرمتترین در این مرحله برابر ۱۴۷۸/۲۷۹ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. ضریب تبیین (R^2) برابر است با ۰/۹۸۱ که نشان می‌دهد ۹۸/۱ درصد متوسط تغییرات پروبیت درصد تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می‌دهد. همچنین در این معادله $b = 4/44 \times 10^{-4}$ نشانگر شیب خط و $a = -0/66$ برابر عرض از مبدا می‌باشد (جدول و شکل ۱).

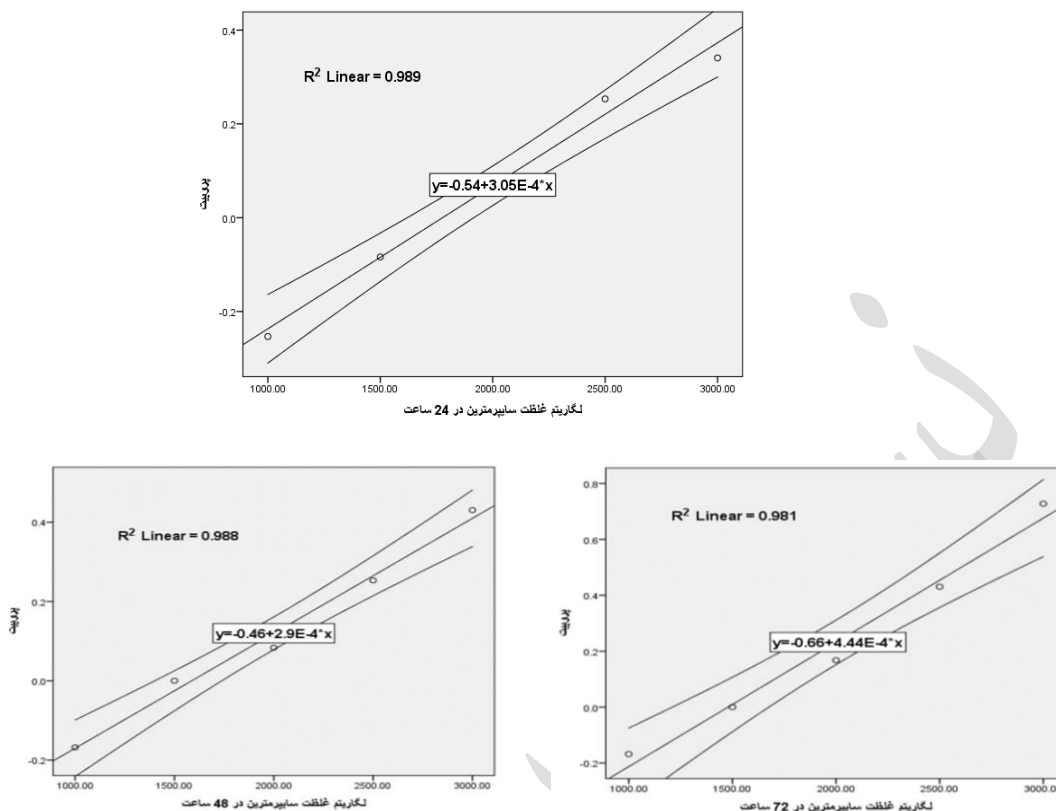
جدول ۱- تجزیه پروبیت حاصل از غلظت‌های مختلف حشره‌کش سایپرمتترین روی لاروهای سن دوم سرخرطومی برگ یونجه بعد از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت

Table 1 – Probit analysis of the toxicity of different concentrations of cypermethrin on second-instar larvae of alfalfa weevil (*Hypera postica*) after 24, 48, and 72 hours.

LC ₅₀ (mg/l)	LC ₂₅ (mg/l)	Chi-square	Slope	Standard error	Time	Number of larvae	Treatment
1776.110	433.061	0.049(3)	4.540	0.310±0.001	24	210	cypermethrin
1586.489	742.245	0.047(3)	4.540	0.310±0.001	48	210	cypermethrin
1478.279	50.788	0.168(3)	4.348	0.314±0.001	72	210	cypermethrin

LC₂₅= Lethal concentration for 25% mortality

LC₅₀= Lethal concentration for 50% mortality



شکل ۱- لگاریتم حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف حشره‌کش سایپرمترین روی لاروهای سن دوم سرخرطومی برگ یونجه بعد از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت
Figure 1 – Logarithmic response of second-instar alfalfa weevil (*Hypera postica*) larvae to various concentrations of cypermethrin after 24, 48, and 72 hours.

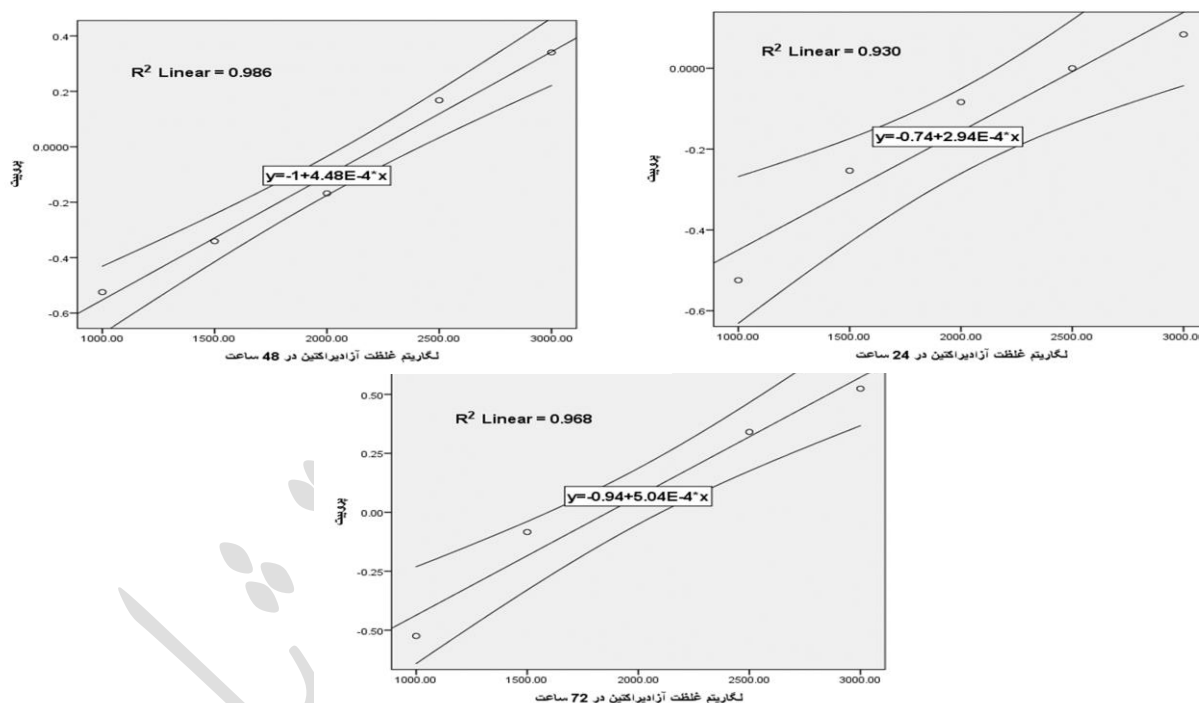
حد پایینی غلظت کشندگی ۲۵ درصد آزادیراکتین در اولین روز آزمایشات زیست‌سنجی ۲۱۲۴۴۶/۷۱۲ و حد بالایی غلظت کشندگی آن ۱۲۴۸/۰۹ میلی گرم بر لیتر می‌باشد در حالی که حد پایینی غلظت کشندگی ۵۰ درصد برابر ۱۸۰۱/۰۰۶ و حد بالایی آن ۶۳۳۶۲/۴۷۲ میلی گرم بر لیتر بوده است. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره‌کش آزادیراکتین در این مرحله برابر ۲۵۲۹/۸۶۴ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. ضریب تبیین (R^2) برابر است با ۰/۹۳۰ که نشان می‌دهد ۹۳ درصد متوسط تغییرات پروبیت درصد تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان گونه که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می‌دهد. همچنین در این معادله $b = ۲/۹۴ \times ۱۰^{-۴}$ نشانگر شیب خط و $a = -۰/۷۴$ برابر عرض از مبدا می‌باشد. حد پایینی غلظت کشندگی ۲۵ درصد آزادیراکتین در دومین روز آزمایشات زیست‌سنجی ۱۸۰۲/۵۰۱ و حد بالایی غلظت کشندگی آن ۱۳۵۸/۲۴۳ میلی گرم بر لیتر می‌باشد در حالی که حد پایینی غلظت کشندگی ۵۰ درصد برابر ۱۷۴۵/۸۰۸ و حد بالایی آن ۳۰۴۸/۴۶۱ میلی گرم بر لیتر بوده است. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره‌کش آزادیراکتین در این مرحله برابر ۲۲۳۴/۷۱۱ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. ضریب تبیین (R^2) برابر است با ۰/۹۸۶ که نشان می‌دهد ۹۸/۶ درصد متوسط تغییرات پروبیت درصد تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان گونه که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می‌دهد. همچنین در این معادله $b = ۴/۴۸ \times ۱۰^{-۴}$ نشانگر شیب خط و $a = -۱$ برابر عرض از مبدا می‌باشد. بیشترین غلظت کشندگی آزادیراکتین در سومین روز آزمایشات زیست‌سنجی روی داده است به طوری که حد پایینی غلظت کشندگی ۲۵ درصد سایپرمترین روز آزمایشات زیست‌سنجی ۱۶۶۴/۰۱۸ و حد بالایی غلظت کشندگی آن ۱۱۵۶/۶۷۳ میلی گرم

بر لیتر می‌باشد در حالی که حد پایی غلظت کشندگی ۵۰ درصد برابر ۱۲۷۴/۱۰۲ و حد بالایی آن ۲۳۰۸/۹۵۸ میلی گرم بر لیتر بوده است. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره کش آزادیراکتین در این مرحله برابر ۱۸۵۹/۹۷ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. ضریب تبیین (R^2) برابر است با ۰/۹۶۸ که نشان می‌دهد ۹۶/۸ درصد متوسط تغییرات پروبیت تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان گونه که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می‌دهد. همچنین در این معادله $b = ۵/۰۴ \times ۱۰^{-۴}$ نشانگر شیب خط و $a = -۰/۹۴$ برابر عرض از مبدا می‌باشد (جدول و شکل ۲).

جدول ۲- تجزیه پروبیت حاصل از غلظت‌های مختلف حشره کش آزادیراکتین روی لاروهای سن دوم سرخ‌طومی برگ یونجه بعد از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت

Table 2 – Probit analysis of the toxicity of different concentrations of Azadirechitin on second-instar alfalfa weevil (*Hypera postica*) larvae after 24, 48, and 72 hours.

LC ₅₀ (mg/l)	LC ₂₅ (mg/l)	Chi-square	Slope	Standard error	Time	Number of larvae	Treatment
2529.864	215.818	0.298(3)	4.273	0.315±0.001	24	210	Azadirechitin
2234.711	731.872	0.137(3)	4.003	0.319±0.001	48	210	Azadirechitin
1859.971	519.536	0.378(3)	4.064	0.318±0.001	72	210	Azadirechitin



شکل ۲- لگاریتم حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف حشره کش آزادیراکتین روی لاروهای سن دوم سرخ‌طومی برگ یونجه بعد از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت

Figure 2 – Logarithmic response of second-instar alfalfa weevil (*Hypera postica*) larvae to various concentrations of Azadirechitin after 24, 48, and 72 hours.

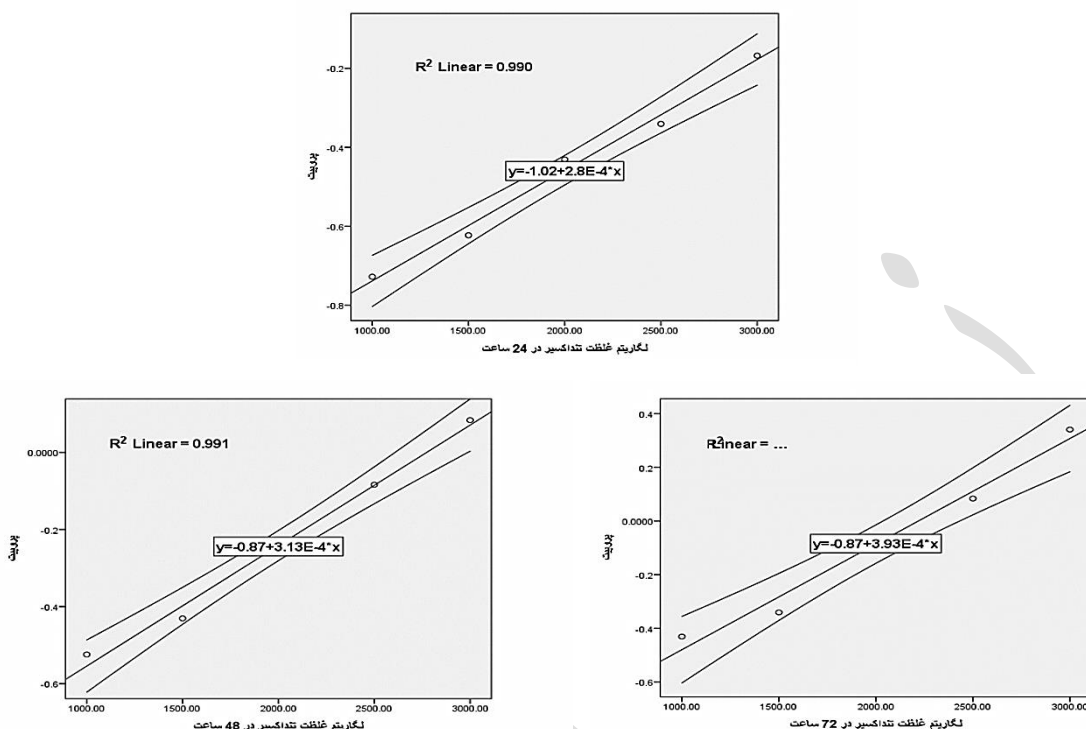
حد پایی غلظت کشندگی ۲۵ درصد تنداکسیر در اولین روز آزمایشات زیست‌سنجی ۶۳۳/۴۷۰ و حد بالایی غلظت کشندگی آن ۱۷۶۳/۴۳۷ میلی گرم بر لیتر می‌باشد در حالی که حد پایی غلظت کشندگی ۵۰ درصد برابر ۳۱۸۳/۷۷۹ و حد بالایی آن ۴۰۷۹/۰۱۲ میلی گرم بر لیتر بوده است. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره کش تنداکسیر در این مرحله برابر ۳۶۳۱/۳۹۵ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. ضریب تبیین (R^2) برابر است با ۰/۹۹۰ که نشان می‌دهد ۹۹ درصد متوسط تغییرات پروبیت تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان گونه که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می‌دهد. همچنین در این معادله $b = ۲/۸ \times ۱۰^{-۴}$ نشانگر شیب خط و $a = -۱/۰۲$ برابر عرض از مبدا می‌باشد. حد پایی غلظت کشندگی ۲۵ درصد تنداکسیر در دومین روز آزمایشات زیست‌سنجی ۱۷۳۷/۴۰۱ و حد بالایی غلظت

کشندگی آن ۱۴۵۸/۶۴۲ میلی گرم بر لیتر می باشد در حالی که حد پایینی غلظت کشندگی ۵۰ درصد برابر ۲۱۱۴/۲۶۵ و حد بالایی آن ۱۲۷۰۱/۶۲۶ میلی گرم بر لیتر بوده است. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره کش تنداکسیر در این مرحله برابر ۲۷۷۱/۶۱۳ میلی گرم بر لیتر می باشد. ضریب تبیین (R^2) برابر است با ۰/۹۹۱ که نشان می دهد ۹۸/۹ درصد متوسط تغییرات پروبیت درصد تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان گونه که مشاهده می شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می دهد. همچنین در این معادله $b = 3/13 \times 10^{-4}$ نشانگر شیب خط و $a = -0/87$ برابر عرض از مبدا می باشد. بیشترین غلظت کشندگی تنداکسیر در سومین روز آزمایشات زیست سنجی روی داده است به طوری که حد پایینی غلظت کشندگی ۲۵ درصد تنداکسیر روز آزمایشات زیست سنجی ۳۸۴۹/۲۳۵ و حد بالایی غلظت کشندگی آن ۱۲۶۳/۷۷۶ میلی گرم بر لیتر می باشد در حالی که حد پایینی غلظت کشندگی ۵۰ درصد برابر ۱۶۳۲/۱۹۶ و حد بالایی آن ۳۳۰۸/۵۱۳ میلی گرم بر لیتر بوده است. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره کش تنداکسیر در این مرحله برابر ۱۷۷۶/۱۱۰ میلی گرم بر لیتر می باشد. ضریب تبیین (R^2) برابر است با ۰/۹۸۱ که نشان می دهد ۹۸/۱ درصد متوسط تغییرات پروبیت درصد تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان گونه که مشاهده می شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می دهد. همچنین در این معادله $b = 3/93 \times 10^{-4}$ نشانگر شیب خط و $a = -0/87$ برابر عرض از مبدا می باشد (جدول و شکل ۳).

جدول ۳- تجزیه پروبیت حاصل از غلظت های مختلف حشره کش تنداکسیر روی لاروهای سن دوم سرخرطومی برگ یونجه بعد از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت

Table 3 – Probit analysis of the toxicity of different concentrations of Tendaxir on second-instar alfalfa weevil (*Hypera postica*) larvae after 24, 48, and 72 hour.

LC ₅₀ (mg/l)	LC ₂₅ (mg/l)	Chi-square	Slope	Standard error	Time	Number of larvae	Treatment
3631.395	1228.806	0.036(3)	4.019	0.330±0.001	24	210	Tendaxir
2771.613	619.783	0.040(3)	4.131	0.318±0.001	48	210	Tendaxir
2220.017	507.722	0.138(3)	4.126	0.316±0.001	72	210	Tendaxir



شکل ۳- لگاریتم حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف حشره کش تنداکسیر روی لاروهای سن دوم سرخرطومی برگ یونجه بعد از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت
Figure 3 – Logarithmic response of second-instar alfalfa weevil (*Hypera postica*) larvae to various concentrations of Tendaxir after 24, 48, and 72 hours.

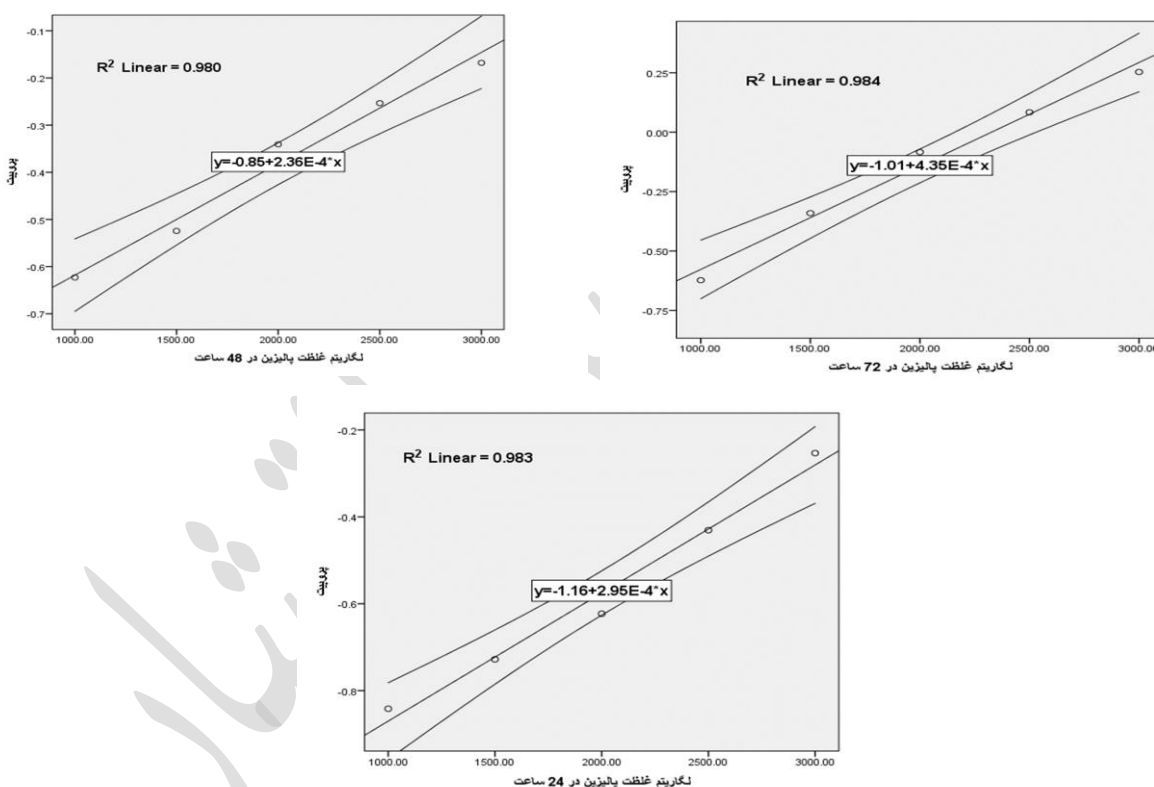
حد پایینی غلظت کشندگی ۲۵ درصد پالیزین در اولین روز آزمایشات زیست‌سنجی ۳۷۴/۲۴۸ و حد بالایی غلظت کشندگی آن ۴۷۸۷/۳۲۰ میلی گرم بر لیتر می‌باشد در حالیکه حد پایینی غلظت کشندگی ۵۰ درصد برابر ۴۵۰/۰۳۸ و حد بالایی آن ۵۶۹۸/۸۲۰ میلی گرم بر لیتر بوده است. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره کش پالیزین در این مرحله برابر ۳۹۳۵/۳۶۳ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. ضریب تبیین (R^2) برابر است با ۰/۹۸۳ که نشان می‌دهد ۹۸/۳ درصد متوسط تغییرات پروبیت درصد تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان گونه که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می‌دهد. همچنین در این معادله $b = ۲/۹۵ \times 10^{-4}$ نشانگر شیب خط و $a = -۱/۱۶$ برابر عرض از مبدا می‌باشد. حد پایینی غلظت کشندگی ۲۵ درصد پالیزین در دومین روز آزمایشات زیست‌سنجی ۲۰۷۳/۱۴۱ و حد بالایی غلظت کشندگی آن ۲۵۴۴/۶۶۸ میلی گرم بر لیتر می‌باشد در حالیکه حد پایینی غلظت کشندگی ۵۰ درصد برابر ۱۸۲۱/۷۲۷ و حد بالایی آن ۸۴۷/۵۲۵۶ میلی گرم بر لیتر بوده است. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره کش پالیزین در این مرحله برابر ۳۶۲۰/۵۳۷ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. ضریب تبیین (R^2) برابر است با ۰/۹۸۰ که نشان می‌دهد ۹۸ درصد متوسط تغییرات پروبیت درصد تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان گونه که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می‌دهد. همچنین در این معادله $b = ۲/۳۶ \times 10^{-4}$ نشانگر شیب خط و $a = -۰/۸۵$ برابر عرض از مبدا می‌باشد. بیشترین غلظت کشندگی پالیزین در سومین روز آزمایشات زیست‌سنجی روی داده است به طوری که حد پایینی غلظت کشندگی ۲۵ درصد سایپرترین روز آزمایشات زیست‌سنجی ۱۹۸۳/۹۹۰ و حد بالایی غلظت کشندگی آن ۱۴۰۱/۴۵۳ میلی گرم بر لیتر می‌باشد در حالیکه حد پایینی غلظت کشندگی ۵۰ درصد برابر ۳۳۲۲/۸۴۱ و حد بالایی آن ۱۸۳۵/۸۴۱ میلی گرم بر لیتر بوده است. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره کش پالیزین در این مرحله برابر ۲۳۲۴/۸۶۵ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. ضریب تبیین (R^2)

برابر است با ۰/۹۸۴ که نشان می‌دهد ۹۸/۴ درصد متوسط تغییرات پروبیت درصد تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می‌دهد. همچنین در این معادله $a = -1/0.1$ و نشانگر شیب خط و $b = 4/35 \times 10$ برابر عرض از مبدا می‌باشد (جدول و شکل ۴).

جدول ۴- تجزیه پروبیت حاصل از غلظت‌های مختلف حشره‌کش پالیزین روی لاروهای سن دوم سرخرطومی برگ یونجه بعد از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت

Table 4 – Probit analysis of the toxicity of different concentrations of Palizin on second-instar alfalfa weevil (*Hypera postica*) larvae after 24, 48, and 72 hours.

LC ₅₀ (mg/l)	LC ₂₅ (mg/l)	Chi-square	Slope	Standard error	Time	Number of larvae	Treatment
3935.363	1667.184	0.036(3)	4.170	0.339±0.001	24	210	Palizin
3620.537	756.235	0.053(3)	4.147	0.323±0.001	48	210	Palizin
2324.865	768.792	0.137(3)	3.992	0.320±0.001	72	210	Palizin



شکل ۴- لگاریتم حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف حشره‌کش پالیزین روی لاروهای سن دوم سرخرطومی برگ یونجه بعد از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت

Figure 4 – Logarithmic response of second-instar alfalfa weevil (*Hypera postica*) larvae to various concentrations of Palizin after 24, 48, and 72 hour.

باسیوکارا در دو روز اول انجام آزمایشات زیست‌سنجی هیچ‌گونه تاثیری روی لاروهای سرخرطومی برگ یونجه نداشتند. در روز سوم غلظت کشندگی ۲۵ درصد آن ۳۶۳۱/۹۰۲ و غلظت کشندگی ۵۰ درصد آن ۵۳۰۲/۴۷۱ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره‌کش باسیوکارا در این مرحله برابر ۵۳۰۲/۴۷۱ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. ضریب تبیین (R^2) برابر است با ۰/۹۷۰ که نشان می‌دهد ۹۷ درصد متوسط تغییرات پروبیت درصد تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت

است. همان گونه که مشاهده می شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می دهد. همچنین در این معادله $^{-4}$

$b = 4/25 \times 10^{-4}$ نشانگر شیب خط و $a = -2/19$ برابر عرض از مبدا می باشد. حد پایینی غلظت کشندگی ۲۵ درصد باسیوکارا در چهارمین روز آزمایشات زیست سنجی $1840/57$ و حد بالایی غلظت کشندگی آن $3804/95$ میلی گرم بر لیتر می باشد در حالیکه حد پایینی غلظت کشندگی ۵۰ درصد برابر $3067/96$ و حد بالایی آن $10119/98$ میلی گرم بر لیتر بوده است. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره کش باسیوکارا در این مرحله برابر $1776/110$ میلی گرم بر لیتر می باشد. ضریب تبیین (R^2) برابر است با $0/996$ که نشان می دهد $99/6$ درصد متوسط تغییرات پروبیت درصد تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان گونه که مشاهده می شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می دهد. همچنین در این معادله $^{-4}$

$b = 4/38 \times 10^{-4}$ نشانگر شیب خط و $a = -1/73$ برابر عرض از مبدا می باشد. حد پایینی غلظت کشندگی ۲۵ درصد باسیوکارا در پنجمین روز آزمایشات زیست سنجی $1269/72$ و حد بالایی غلظت کشندگی آن $3196/78$ میلی گرم بر لیتر می باشد در حالیکه حد پایینی غلظت کشندگی ۵۰ درصد برابر $2957/26$ و حد بالایی آن $11355/16$ میلی گرم بر لیتر بوده است. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره کش باسیوکارا در این مرحله برابر $3846/35$ میلی گرم بر لیتر می باشد. ضریب تبیین (R^2) برابر است با $0/995$ که نشان می دهد $99/5$ درصد متوسط تغییرات پروبیت درصد تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان گونه که مشاهده می شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می دهد. همچنین در این معادله $^{-4}$

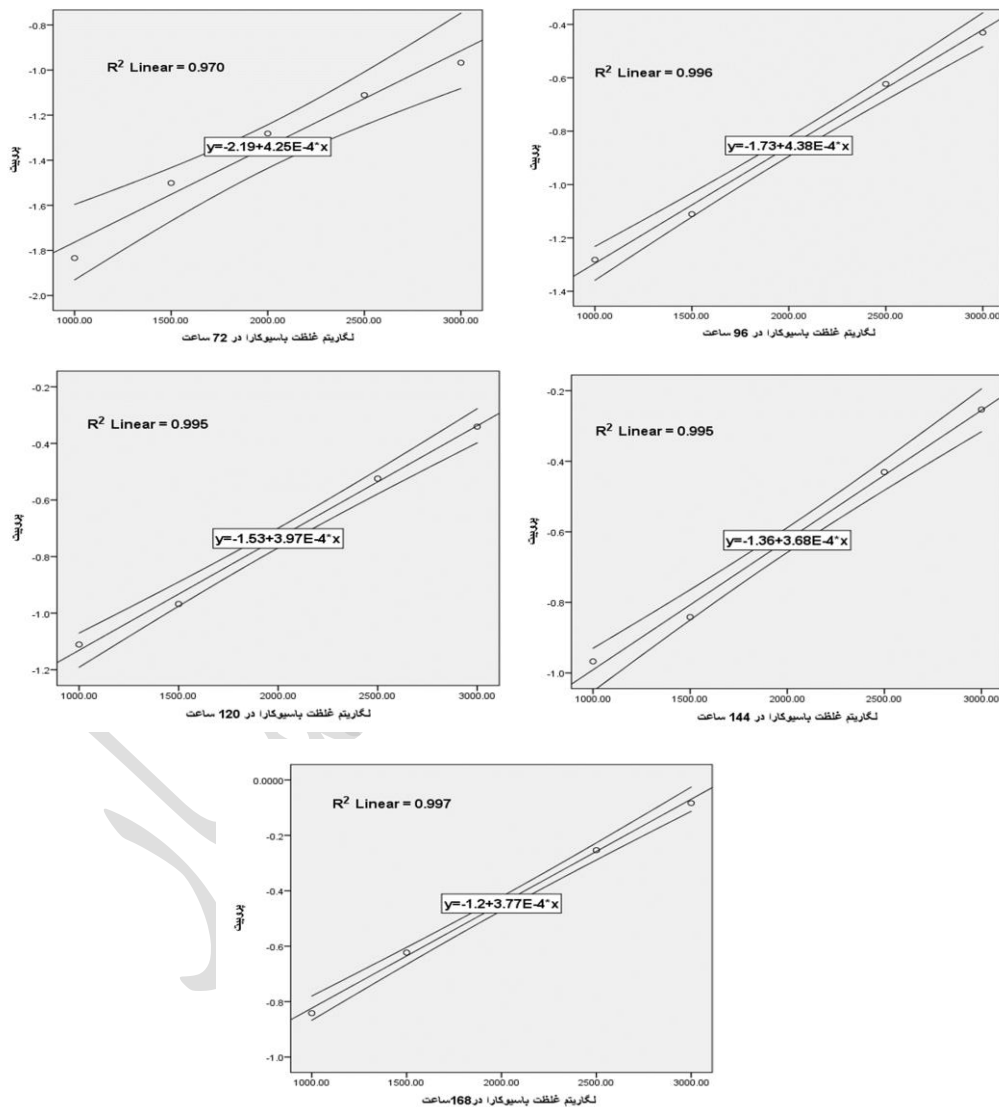
$b = 3/97 \times 10^{-4}$ نشانگر شیب خط و $a = -1/53$ برابر عرض از مبدا می باشد. حد پایینی غلظت کشندگی ۲۵ درصد باسیوکارا در ششمین روز آزمایشات زیست سنجی $655/24$ و حد بالایی غلظت کشندگی آن $2588/03$ میلی گرم بر لیتر می باشد در حالیکه حد پایینی غلظت کشندگی ۵۰ درصد برابر $2827/58$ و حد بالایی آن $12489/41$ میلی گرم بر لیتر بوده است. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره کش باسیوکارا در این مرحله برابر $3688/41$ میلی گرم بر لیتر می باشد. ضریب تبیین (R^2) برابر است با $0/995$ که نشان می دهد $99/5$ درصد متوسط تغییرات پروبیت درصد تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان گونه که مشاهده می شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می دهد. همچنین در این معادله $^{-4}$

$b = 3/68 \times 10^{-4}$ نشانگر شیب خط و $a = -1/36$ برابر عرض از مبدا می باشد. حداکثر غلظت کشندگی باسیوکارا در هفتمین روز آزمایشات زیست سنجی روی داده است به طوری که حد پایینی غلظت کشندگی ۲۵ درصد باسیوکارا در هفتمین روز آزمایشات زیست سنجی $1578/50$ و حد بالایی غلظت کشندگی آن $1957/93$ میلی گرم بر لیتر می باشد در حالی که حد پایینی غلظت کشندگی ۵۰ درصد برابر $2518/3$ و حد بالایی آن $7918/60$ میلی گرم بر لیتر بوده است. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره کش باسیوکارا در این مرحله برابر $3187/697$ میلی گرم بر لیتر می باشد. ضریب تبیین (R^2) برابر است با $0/997$ که نشان می دهد $99/7$ درصد متوسط تغییرات پروبیت درصد تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان گونه که مشاهده می شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می دهد. همچنین در این معادله $^{-4}$

$b = 3/77 \times 10^{-4}$ نشانگر شیب خط و $a = -1/2$ برابر عرض از مبدا می باشد. (جدول و شکل ۵).

جدول ۵- تجزیه پروبیت حاصل از غلظت‌های مختلف حشره‌کش باسیوکارا روی لاروهای سن دوم سرخرطومی برگ یونجه بعد از ۷۲، ۹۶، ۱۲۰، ۱۴۴ و ۱۶۸ ساعت
 Table 5 – Probit analysis of the toxicity of different concentrations of Basiocara on second-instar alfalfa weevil (*Hypera postica*) larvae after 72, 96, 120, 144, and 168 hour.

LC ₅₀ (mg/l)	LC ₂₅ (mg/l)	Chi-square	Slope	Standard error	Time	Number of larvae	Treatment
5302.471	3631.902	0.109(3)	2.859	0.478±0.001	72	210	Basiocara
3959.28	2417.5	0.260(3)	3.267	0.386±0.001	96	210	Basiocara
3846.35	2150.28	0.240(3)	3.470	0.364±0.001	120	210	Basiocara
3688.41	1861.35	0.260(3)	3.638	0.349±0.001	144	210	Basiocara
3187.697	1391.779	0.019(3)	3.638	0.334±0.001	168	210	Basiocara



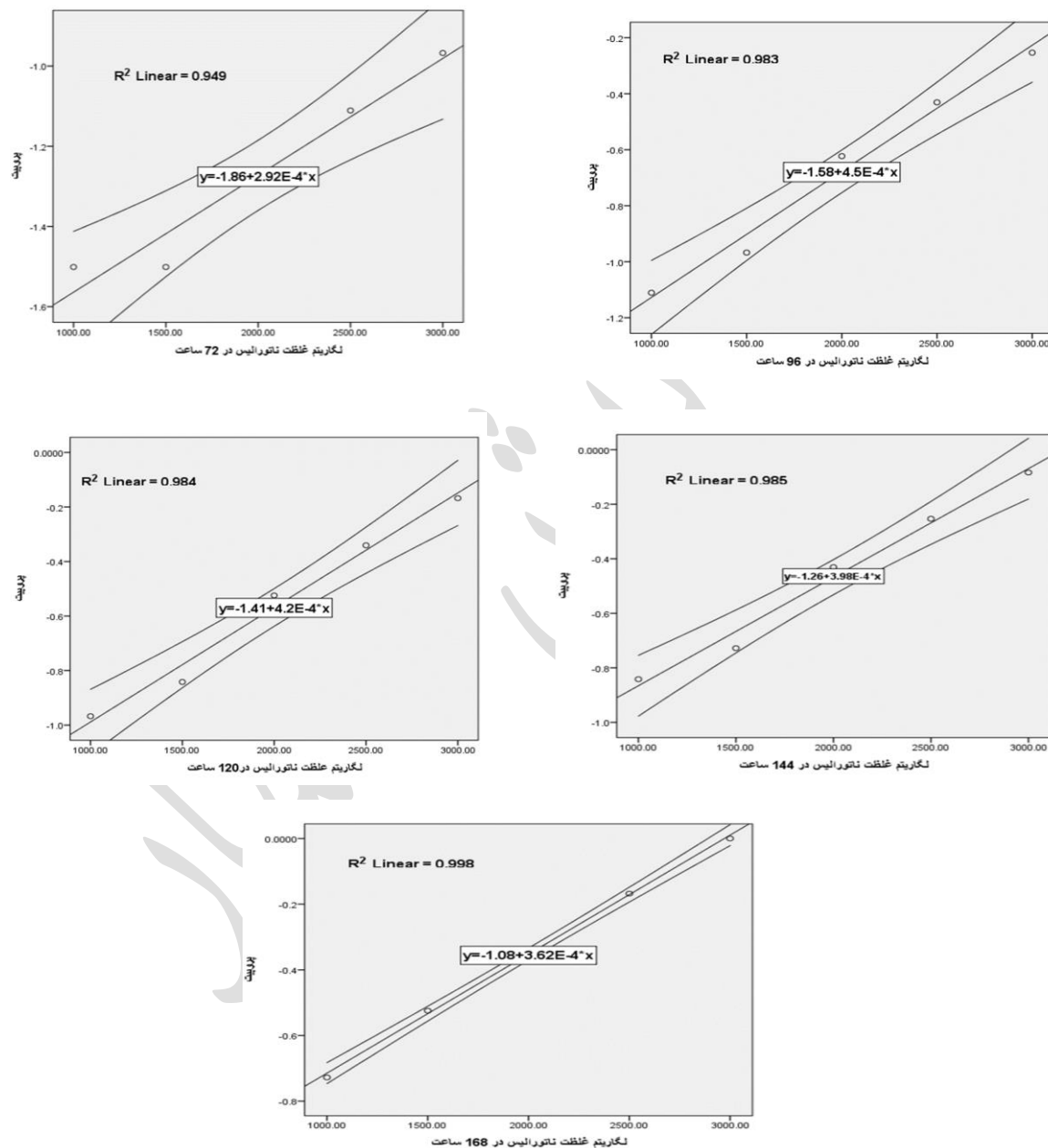
شکل ۵- لگاریتم حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف حشره‌کش باسیوکارا روی لاروهای سن دوم سرخرطومی برگ یونجه بعد از ۷۲، ۹۶، ۱۲۰، ۱۴۴ و ۱۶۸ ساعت
 Figure 5 – Logarithmic response of second-instar alfalfa weevil (*Hypera postica*) larvae to various concentrations of Basiocara after 72, 96, 120, 144, and 168 hour.

ناتوراليس در دو روز اول انجام آزمایشات زیست‌سنجی هیچ‌گونه تأثیری روی لاروهای سرخرطومی برگ یونجه نداشتند. در روز سوم غلظت کشندگی ۲۵ درصد آن $4015/433$ و غلظت کشندگی ۵۰ درصد آن $6291/886$ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره‌کش ناتوراليس در این مرحله برابر $6291/886$ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. ضریب تبیین (R^2) برابر است با $0/949$ که نشان می‌دهد $94/9$ درصد متوسط تغییرات پروبیت درصد تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می‌دهد. همچنین در این معادله $b = 2/92 \times 10^{-4}$ نشانگر شیب خط و $a = -1/86$ برابر عرض از مبدا می‌باشد. حد پایینی غلظت کشندگی ۲۵ درصد ناتوراليس در چهارمین روز (۹۶ ساعت) آزمایشات زیست‌سنجی $1172/98$ و حد بالایی غلظت کشندگی آن $2611/76$ میلی گرم بر لیتر می‌باشد در حالی که حد پایینی غلظت کشندگی ۵۰ درصد برابر $2807/48$ و حد بالایی آن $7088/23$ میلی گرم بر لیتر بوده است. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره‌کش ناتوراليس در این مرحله برابر $3507/091$ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. ضریب تبیین (R^2) برابر است با $0/983$ که نشان می‌دهد $98/3$ درصد متوسط تغییرات پروبیت درصد تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می‌دهد. همچنین در این معادله $b = 4/5 \times 10^{-4}$ نشانگر شیب خط و $a = -1/58$ برابر عرض از مبدا می‌باشد. حد پایینی غلظت کشندگی ۲۵ درصد ناتوراليس در پنجمین روز آزمایشات زیست‌سنجی $392/43$ و حد بالایی غلظت کشندگی آن $2278/503$ میلی گرم بر لیتر می‌باشد در حالی که حد پایینی غلظت کشندگی ۵۰ درصد برابر $2678/72$ و حد بالایی آن $70747/34$ میلی گرم بر لیتر بوده است. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره‌کش ناتوراليس در این مرحله برابر $1776/110$ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. ضریب تبیین (R^2) برابر است با $0/984$ که نشان می‌دهد $98/4$ درصد متوسط تغییرات پروبیت درصد تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می‌دهد. همچنین در این معادله $b = 4/2 \times 10^{-4}$ نشانگر شیب خط و $a = -1/41$ برابر عرض از مبدا می‌باشد. حد پایینی غلظت کشندگی ۲۵ درصد ناتوراليس در ششمین روز آزمایشات زیست‌سنجی $668/206$ و حد بالایی غلظت کشندگی آن $2011/49$ میلی گرم بر لیتر می‌باشد در حالی که حد پایینی غلظت کشندگی ۵۰ درصد برابر $2534/33$ و حد بالایی آن $6845/60$ میلی گرم بر لیتر بوده است. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره‌کش ناتوراليس در این مرحله برابر $1776/110$ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. ضریب تبیین (R^2) برابر است با $0/989$ که نشان می‌دهد $98/9$ درصد متوسط تغییرات پروبیت درصد تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می‌دهد. همچنین در این معادله $b = 3/98 \times 10^{-4}$ نشانگر شیب خط و $a = -1/26$ برابر عرض از مبدا می‌باشد. بیشترین غلظت کشندگی ناتوراليس در هفتمین روز آزمایشات زیست‌سنجی روی داده است به‌طوری که حد پایینی غلظت کشندگی ۲۵ درصد ناتوراليس در هفتمین روز آزمایشات زیست‌سنجی $3359/94$ و حد بالایی غلظت کشندگی آن $1735/60$ میلی گرم بر لیتر می‌باشد در حالی که حد پایینی غلظت کشندگی ۵۰ درصد برابر $2348/50$ و حد بالایی آن $7391/77$ میلی گرم بر لیتر بوده است. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره‌کش ناتوراليس در این مرحله برابر $2973/246$ میلی گرم بر لیتر می‌باشد. ضریب تبیین (R^2) برابر است با $0/998$ که نشان می‌دهد $99/8$ درصد متوسط تغییرات پروبیت درصد تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می‌دهد. همچنین در این معادله $b = 3/62 \times 10^{-4}$ نشانگر شیب خط و $a = -1/08$ برابر عرض از مبدا می‌باشد (جدول و شکل ۶).

جدول ۶- تجزیه پروبیت حاصل از غلظت‌های مختلف حشره‌کش ناتورالیس روی لاروهای سن دوم سرخرطومی برگ یونجه بعد از ۷۲، ۹۶، ۱۲۰، ۱۴۴ و ۱۶۸ ساعت

Table 6 – Probit analysis of the toxicity of different concentrations of Naturalis on second-instar alfalfa weevil (*Hypera postica*) larvae after 72, 96, 120, 144, and 168 hour.

LC ₅₀ (mg/l)	LC ₂₅ (mg/l)	Chi-square	Slope	Standard error	Time	Number of larvae	Treatment
6291.886	4015.413	0.093(3)	4.136	0.450±0.001	72	210	Naturalis
3507.091	2003.167	0.130(3)	3.427	0.362±0.001	96	210	Naturalis
3353.535	1745.508	0.110(3)	3.593	0.348±0.001	120	210	Naturalis
3172.951	1479.012	0.099(3)	3.647	0.327±0.001	144	210	Naturalis
2973.246	1108.033	0.009(3)	3.925	0.337±0.001	168	210	Naturalis



شکل ۶- لگاریتم حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف حشره‌کش ناتورالیس روی لاروهای سن دوم سرخرطومی برگ یونجه بعد از ۷۲، ۹۶، ۱۲۰، ۱۴۴ و ۱۶۸ ساعت

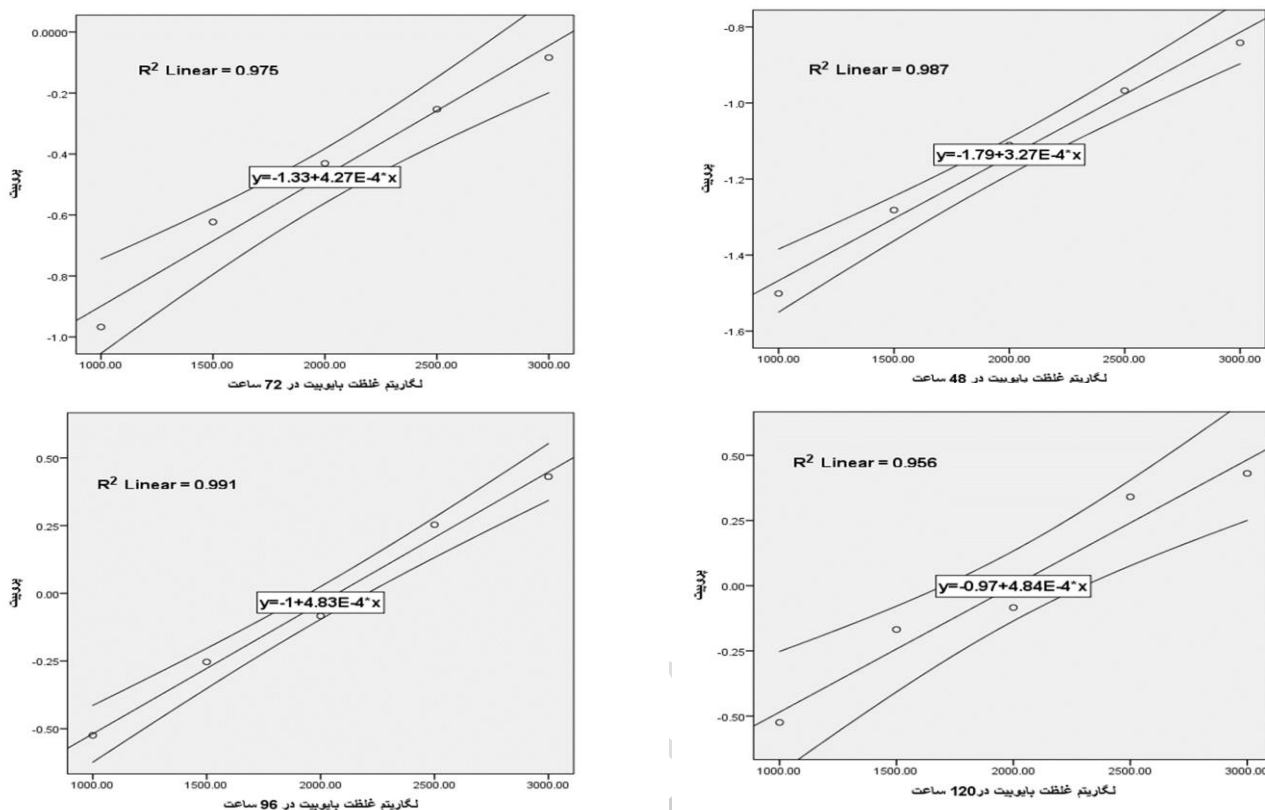
Figure 6 – Logarithmic response of second-instar alfalfa weevil (*Hypera postica*) larvae to various concentrations of Naturalis after 72, 96, 120, 144, and 168 hour.

بایوبیت در ۲۴ ساعت اول انجام آزمایشات زیست‌سنجی هیچ‌گونه تاثیری روی لاروهای سرخرطومی برگ یونجه نداشته است. در ۴۸ ساعت بعدی غلظت کشندگی ۲۵ درصد آن ۳۴۵۱/۸۲ و غلظت کشندگی ۵۰ درصد آن ۵۵۵۹/۷ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره‌کش بایوبیت در این مرحله برابر ۵۵۵۹/۱۷ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. ضریب تبیین (R^2) برابر است با ۰/۹۸۷ که نشان می‌دهد ۹۸/۷ درصد متوسط تغییرات پروبیت درصد تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می‌دهد. همچنین در این معادله $b = ۳/۲۷ \times ۱۰^{-۴}$ نشانگر شیب خط و $a = -۱/۷۹$ برابر عرض از مبدا می‌باشد. حد پایینی غلظت کشندگی ۲۵ درصد بایوبیت در سومین روز آزمایشات زیست‌سنجی ۲۳۷/۱۷ و حد بالایی غلظت کشندگی آن ۲۰۱۷/۳۴ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد در حالی که حد پایینی غلظت کشندگی ۵۰ درصد برابر ۲۵۱۸/۴۱ و حد بالایی آن ۶۰۳۰/۴۸ میلی‌گرم بر لیتر بوده است. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره‌کش بایوبیت در این مرحله برابر ۳۱۱۶/۸۲ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. ضریب تبیین (R^2) برابر است با ۰/۹۷۵ که نشان می‌دهد ۹۷/۵ درصد متوسط تغییرات پروبیت درصد تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می‌دهد. همچنین در این معادله $b = ۴/۲۷ \times ۱۰^{-۴}$ نشانگر شیب خط و $a = -۱/۳۳$ برابر عرض از مبدا می‌باشد. حد پایینی غلظت کشندگی ۲۵ درصد بایوبیت در چهارمین روز آزمایشات زیست‌سنجی ۱۴۸۹/۱۲ و حد بالایی غلظت کشندگی آن ۱۲۸۷/۲۸ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد در حالی که حد پایینی غلظت کشندگی ۵۰ درصد برابر ۱۵۷۴/۹۷ و حد بالایی آن ۲۶۵۰/۲۵ میلی‌گرم بر لیتر بوده است. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره‌کش بایوبیت در این مرحله برابر ۲۰۷۳/۲۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. ضریب تبیین (R^2) برابر است با ۰/۹۹۱ که نشان می‌دهد ۹۹/۱ درصد متوسط تغییرات پروبیت درصد تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می‌دهد. همچنین در این معادله $b = ۴/۸۳ \times ۱۰^{-۴}$ نشانگر شیب خط و $a = -۱$ برابر عرض از مبدا می‌باشد. حداکثر غلظت کشندگی بایوبیت در پنجمین روز آزمایشات زیست‌سنجی روی داده است به‌طوری‌که حد پایینی غلظت کشندگی ۲۵ درصد بایوبیت در این روز ۱۶۶۶/۲۰ و حد بالایی غلظت کشندگی آن ۱۲۳۴/۹۴ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد در حالی که حد پایینی غلظت کشندگی ۵۰ درصد برابر ۱۴۶۶/۱۷ و حد بالایی آن ۲۵۳۴/۲۷ میلی‌گرم بر لیتر بوده است. متوسط غلظت کشندگی ۵۰٪ حشره‌کش بایوبیت در این مرحله برابر ۲۰۰۰/۵۷ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد (جدول). همچنین ضریب تبیین (R^2) برابر است با ۰/۹۵۶ که نشان می‌دهد ۹۵/۶ درصد متوسط تغییرات پروبیت درصد تلفات، مربوط به تغییرات لگاریتم غلظت است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت، تلفات افزایش یکنواختی را نشان می‌دهد. همچنین در این معادله $b = ۴/۸۴ \times ۱۰^{-۴}$ نشانگر شیب خط و $a = -۰/۹۷$ برابر عرض از مبدا می‌باشد (جدول و شکل ۷).

جدول ۷- تجزیه پروبیت حاصل از غلظت‌های مختلف حشره‌کش بایوبیت روی لاروهای سن دوم سرخرطومی برگ یونجه بعد از ۴۸، ۷۲، ۹۶ و ۱۲۰ ساعت

Table 7 – Probit analysis of the toxicity of different concentrations of Biobit on second-instar alfalfa weevil (*Hypera postica*) larvae after 48, 72, 96, and 120 hours.

LC ₅₀ (mg/l)	LC ₂₅ (mg/l)	Chi-square	Slope	Standard error	Time	Number of larvae	Treatment
5559.17	3451.82	0.036(3)	4.221	0.425±0.001	48	210	Biobit
3116.82	1512.03	0.184(3)	3.690	0.340±0.001	72	210	Biobit
2073.25	678.45	0.102(3)	3.997	0.319±0.001	96	210	Biobit
2000.57	604.89	0.490(3)	4.033	0.318±0.001	120	210	Biobit



شکل ۷- لگاریتم حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف حشره‌کش بایوبیت روی لاروهای سن دوم سرخرطومی برگ یونجه بعد از ۴۸، ۷۲، ۹۶ و ۱۲۰ ساعت

Figure 7 – Logarithmic response of second-instar alfalfa weevil (*Hypera postica*) larvae to various concentrations of Biobit after 48, 72, 96, and 120 hour.

با توجه به نتایج تجزیه پرویت حاصل از تاثیر غلظت‌های مختلف حشره‌کش سایپرمترین و شش حشره‌کش زیستی روی لاروهای سن دوم سرخرطومی برگ یونجه بعد از ۸ روز، بیشترین میزان غلظت کشنده ۵۰ درصد به ترتیب با مقادیر ۱۴۷۸/۲۷۹ و ۱۸۵۹/۹۷۱ میلی گرم بر لیتر مربوط به سم سایپرمترین و آزادیراکتین می‌باشد. کمترین میزان غلظت کشنده ۵۰ درصد به ترتیب با مقادیر ۲۹۷۳/۲۴۶ و ۳۱۸۷/۶۹۷ میلی گرم بر لیتر مربوط به حشره‌کش‌های ناتورالیس و باسیوکارا می‌باشد. همچنین نتایج حاصله نشان داد حشره‌کش‌های سایپرمترین، آزادیراکتین، پالیزین و تنداکسیر حداکثر تاثیراتشان را تا ۷۲ ساعت گذاشتند و بعد از آن اثرات کشندگی آن‌ها متوقف شده است، ولی حشره‌کش‌های ناتورالیس و باسیوکارا در ۴۸ ساعت اول آزمایش هیچ گونه تاثیری نداشته و بیشترین میزان کشندگی این حشره‌کش‌ها تا روز هفتم (۱۶۸ ساعت) بوده و حشره‌کش بایوبیت در ۲۴ ساعت اول هیچ گونه تاثیری نداشته و بیشترین میزان کشندگی تا روز پنجم (۱۲۰ ساعت) بوده است. نتایج تحقیق نشان داد که حشره‌کش شیمیایی سایپرمترین و حشره‌کش زیستی آزادیراکتین بیشترین سمیت را بر لاروهای سرخرطومی برگ یونجه دارند، در حالی که حشره‌کش‌های ناتورالیس و باسیوکارا اثر کمتری دارند. همچنین، حشره‌کش‌های شیمیایی اثر سریع و کوتاه مدت دارند و بیشترین کشندگی آن‌ها تا ۷۲ ساعت پس از مصرف مشاهده می‌شود، اما حشره‌کش‌های زیستی اثر دیررس دارند و بیشترین کشندگی آن‌ها در روزهای پنجم تا هفتم رخ می‌دهد. این یافته‌ها نشان‌دهنده تفاوت زمان‌بندی و شدت اثر بین حشره‌کش‌های شیمیایی و زیستی است که می‌تواند در برنامه‌ریزی مدیریت تلفیقی آفات مؤثر باشد. در آزمایشی

اثر دو آفت کش گیاهی پالیزین و شیمیایی فن والریت روی حشرات کامل سرخرطومی برگ یونجه در شرایط آزمایشگاهی بررسی شد. میزان LC_{50} برای آفت کش های ذکر شده بر روی حشره کامل بعد از گذشت ۲۴ ساعت به ترتیب برابر با ۷۲/۶۰۱ و ۸۷/۳۲۱ میلی گرم بر لیتر برآورد شد (Kabiri Raeis Abad & zarei, 2018). در آزمایشی دیگر حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2024) اثر دو آفت کش ماترین و نیمارین روی لارو سن دوم و حشرات کامل سرخرطومی برگ یونجه در شرایط آزمایشگاهی و مزرعه ای بررسی کردند. نتایج تجزیه پروبیت نشان داد بعد از ۴۸ ساعت میزان LC_{50} محاسبه شده دو آفت کش گیاهی نیمارین و ماترین روی حشرات کامل و لاروهای سن دوم سرخرطومی برگ یونجه به ترتیب ۵۴۴/۶۶، ۵۰/۲۳ و ۴۵/۸۶ و ۳/۷۶ میلی گرم بر لیتر بدست آمد. همچنین تأثیر LC_{25} هر دو آفت کش نشان داد که بیشترین بازدارندگی در تبدیل لارو به شفیره مربوط به تیمار نیمارین ۳۰ درصد و در تبدیل شفیره به حشره کامل مربوط به ماترین ۵۱/۵۰ درصد بود. در آزمایش های مزرعه ای بیشترین میزان تلفات روی حشرات کامل در غلظت ۶۰۰ میلی گرم بر لیتر ماترین با ۵۳/۳۳ درصد و در لاروهای سن دوم مربوط به غلظت ۲۰۰۰ میلی گرم بر لیتر نیمارین با ۲۷/۳۳ درصد مشاهده شد. آفت کش ماترین در هر دو شرایط قدرت کشندگی بالاتری در مقایسه با آفت کش نیمارین روی حشرات کامل و لاروهای سن دوم سرخرطومی برگ یونجه دارد و تأثیر دوز زیر کشنده نیمارین در دگردیسی آفت مؤثرتر بود. با تکیه بر نتایج تحقیق حاضر در جهت حمایت از توسعه استفاده از آفت کش های میکروبی و گیاهی بر علیه آفات مختلف زراعی و باغی، آفت کش های مورد استفاده می تواند قابل توصیه باشد.

References

- Abbott, A. (1919). Abbott's Digest of All the New York Reports: Second Supplement, 1913-1917. A Continuation of Abbott's Digest 1794 to 1900, and Supplement Thereto, 1900 to 1912, in a Uniform Classification (Vol. 3). Baker, Voorhis.
- Hosseini, E., Aramideh, S. and Hosseinzadeh, A. (2024). Effects of two botanical pesticides on second instar larvae and adult of *Hypera postica* Gyllenhal (Col.: Curculionidae) in laboratory and field conditions. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 40(3), 506-520. doi: 10.22092/ijmapr.2024.131924. (in Persian with English abstract).
- Kabiri Raeis Abad, m. and zarei, e. (2018). The survey effect of palizin and fenvalerate on the alfalfa weevil *hyperapostica* (col.: curculionidae) and its natural enemies *chrysoperlacarnea* (Neu.: Chrysopidae). *Iranian Plant Protection Research*, 32(3), 363-371. <https://doi.org/10.22067/jpp.v32i3.65830>. (in Persian with English abstract).
- Koul, O., and Dhaliwal, G. S. (2005). *Phytochemical biopesticides* (No. 10098). Taylor & Francis.
- Mayer, F., Gerin, P. A., Noo, A., Lemaigre, S., Stilmant, D., Schmit, T., Leclech, N., Ruelle, L., Gennen, J., von Francken-Welz, H. and Foucart, G. (2014). Assessment of energy crops alternative to maize for biogas production in the Greater Region. *Bioresource Technology*, 166, 358-367. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.05.054>.
- Moradeshaghi, M. J., and Poormirza, A. A. (1974). Survey of the resistance of different stages of Mediterranean flour moth (*Plodia interpunctella*) to *Bacillus thuringiensis*. *Journal of Entomological Society of Iran*, vol.2(1).
- Rahimi-Arnaei, V., and Safavi, S. A. (2020). Efficacy of some insecticides on larvae and adults of alfalfa weevil, *Hypera postica* in field conditions. *Plant Pest Research*, 10(3), 77-88. 10.22124/IPRJ.2020.4430. (in Persian with English abstract).
- Regnault-Roger, C., Philogène, B. J., and Vincent, C. (2005). *Biopesticides of Plant Origin* (pp. xxi+313).

Steve, O. (2007). Choosing appropriate sites for alfalfa production. *Irrigated alfalfa management for mediterranean and desert zones. University of California. Agriculture and Natural Resources. CA. USA*, 19-29.

Reddy, G.V., Antwi, F.B., Shrestha, G. and Kuriwada, T. 2016. Evaluation of toxicity of biorational insecticides against larvae of the alfalfa weevil. *Toxicology Reports*, 3: 473-480. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2016.05.003>

نسخه
پیش
انتشار