دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اراک
شاپا ۴۶۶۸-۲۰۰۸
http://jer.iau-arak.ac.ir

فصلنامه تخصصی تحقیقات حشره‌شناسی
(علمی- پژوهشی)
جلد ۸، شماره ۲، سال ۱۳۹۵، (۱۴۵-۱۵۴)

کاربرد پلاسمای سرد در کنترل دو گونه آفت انباری

شهرزاد محمدی[۱]، سهراب ایمانی[۱*]، داود درانیان[۲]، سیاوش تیرگری[۳]، محمود شجاعی[۳]

۱- به‌ترتیب دانش‌آموخته دکتری و استادیار، گروه حشره‌شناسی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
۲- دانشیار، گروه فیزیک، مرکز تحقیقات فیزیک پلاسما، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
۳- به‌ترتیب دانشیار و استاد، گروه حشره‌شناسی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

چکیده

پلاسمای سرد به‌عنوان تکنیکی نوین، دوست‌دار محیط زیست و اقتصادی در حوزه‌های مختلف دستاوردهای مهمی کسب نموده و قابلیت کاربرد در زمینه کنترل آفات را نیز دارد. هدف از این مطالعه، آزمودن اثر حشره‌کشی پلاسمای سرد روی آفات انباری *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) و *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae) بود. مراحل خسارت‌زای آفات مذکور در شرایط، بدون محصول و محصول گندم برای دوره‌های زمانی مختلف در ولتاژهای متفاوت ۵، ۷ و ۱۰ کیلوولت در معرض پلاسمای سرد قرار داده شدند. هر آزمایش روی ۲۰ حشره و در ۴ تکرار به‌همراه شاهد انجام شد. نتایج به‌دست آمده اثر حشره‌کشی پلاسمای سرد روی آفات مذکور را تایید کرد. مرحله لاروی نسبت به حشره بالغ حساس‌تر بود و درصد مرگ و میر بیشتری در لارو *T. confusum* نسبت به *E. kuehniella* مشاهده شد. تغییرات در پارامترهای فیزیکی مانند افزایش ولتاژ و مدت زمان تیمار سبب افزایش تلفات شد. مقادیر LT_{50} در ولتاژ بیشینه برای لارو و حشره بالغ *T. confusum* و لارو *E. kuehniella* به‌ترتیب ۷/۶۰، ۱۱/۹۴ و ۹/۵۷ ثانیه محاسبه شد. امید است با بهینه‌سازی عملکرد دستگاه، شاهد تولید تجارتی آن برای کاربرد در کنترل آفات انباری باشیم.

واژه‌های کلیدی: کنترل آفات انباری، اثرات حشره‌کشی، پلاسمای سرد، *E. kuehniella* ، *T. confusum*

* نویسنده رابط، پست الکترونیکی: *imanisohrab@gmail.com*
تاریخ دریافت مقاله (۹۴/۱۲/۱) - تاریخ پذیرش مقاله (۹۵/۳/۱۲)

مقدمه

آفات انباری با تغذیه از انواع محصولات کشاورزی زیان‌های قابل توجهی به اقتصاد کشورهای در حال رشد وارد می‌سازند. به‌همین جهت جلوگیری یا به حداقل رساندن خسارات ناشی از آن‌ها می‌تواند نقش موثری در بهبود زندگی اجتماعی و اقتصاد کشورها داشته‌باشد (Baghdadi, 2013). در انبارهای مواد غذایی، آفت‌کش‌های تدخینی به‌دلیل قابلیت انتشار و نفوذ به‌درون توده محصول، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (Rajendran & Sriranjiini, 2008). افزایش دانش نسبت به عوامل مخرب زیست‌محیطی از جمله حشره‌کش‌های شیمیایی و افزایش مقاومت به آن‌ها، سبب شده تا محققین به دنبال جایگزین‌های مناسب برای آن‌ها باشند (Damalas *et al*., 2011).

طی سالیان اخیر، روش‌های متعددی از جمله بهره‌برداری تجاری از متابولیت‌های ثانویه گیاهی (Cowan, 1999)، کاربردعوامل کنترل بیولوژیک (Dezyanian, 2010) و به‌کارگیری گاز ازن (Isman, 2000) به‌عنوان جایگزین آفت‌کش‌های مرسوم مطرح شده‌اند که کاربرد هر یک از آن‌ها با محدودیت‌هایی همراه است. از طرف دیگر تحقیقات در زمینه پلاسمای سرد به‌دلیل دستاوردهای مهم در حوزه‌های مختلف به‌شدت افزایش یافته است. در مطالعات متعدد خاصیت کشندگی پلاسمای سرد روی برخی باکتری‌ها، قارچ‌ها و حتی برخی حشرات به اثبات رسیده است (Bermudez *et al*., 2013; Fernandez *et al*., 2012; Kevin *et al*.,2006).

معمولا سه حالت برای ماده در نظر گرفته می‌شود (جامد، مایع و گاز)، ولی حالت چهارمی وجود دارد که پلاسما نامیده می‌شود. در حالت پلاسما اتم‌ها و ذرات مانند الکترون، پروتون و نوترون آزادانه در محیط حرکت می‌کنند و تغییر موقعیت می‌دهند (Misra *et al*., 2011). در واقع واژه پلاسما، به گاز به‌شدت یونیزه شده‌ای که تعداد الکترون‌های آزاد آن تقریبا با تعداد یون‌های مثبت آن برابر باشد، اطلاق می‌شود (Eliezer & Eliezer., 2001). پلاسمای سرد نیز نوعی از پلاسما است که دارای درجه پایین یونیزاسیون می‌باشد. این نوع پلاسما تعادل ترمودینامیکی محلی ندارد و دمای آن در محدوده دمای اتاق است، لذا امکان استفاده از آن روی مواد حساس به گرما و بافت‌های زنده وجود دارد (Liberman & Lichtenberg, 2005). هنگامی که پلاسما در تماس با سطح ماده قرار می‌گیرد، انرژی از آن انتقال پیدا می‌کند و اجازه می‌دهد تا واکنش‌های ثانویه در سطح مواد رخ دهد. برخی از محققین مکانیسم اثر پلاسما را مربوط به تولید گونه‌های فعال مثل رادیکال‌های آزاد و ذرات باردار می‌دانند که بسیار واکنش پذیرند و حضور بیش از اندازه آن‌ها می‌تواند بر برخی مولکول‌های ضروری مانند DNA، پروتیین و چربی به‌خصوص آن‌هایی که در غشای سلول می‌باشند تاثیر گذاشته و منجر به اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی شوند (Hadavand, 2013).

پلاسمای سرد اتمسفری بر پایه تخلیه سد دی الکتریک تولید می‌شود، به‌طوری‌که یک منبع تولید انرژی، ولتاژ مورد نیاز برای تخلیه را ایجاد می‌کند (Walsh & Kong, 2008). مولد پلاسمای سرد مورد استفاده، دارای دو الکترود هم محور است که توسط یک لایه دی الکتریک پوشیده شده‌اند. جریان گاز بین دو الکترود، سبب تولید میدان الکتریکی شده و پلاسما در اثر تخلیه الکتریکی ایجاد می‌شود.

در تحقیقی اثر پلاسمای سرد بر باکتری *Escherichia coli* (Migula, 1895)، به‌روش شمارش کلنی در محیط کشت جامد بررسی گردید و بعد از جریان ۲۰ دقیقه‌ای پلاسما، تقریبا ۱۰۰٪ باکتری‌ها کشته شدند (Wilger *et al*., 2004). تابش ۲۰ دقیقه‌ای پلاسمای سرد بر روی نمونه‌های مختلف خشکبار، کاهش ۵۰٪ قارچ *Aspergillus parasiticus* را سبب گردید (Basaran *et al*., 2008). برای اولین‌بار ترکیبی از اشعه و پلاسما، در رشته حشره‌شناسی علیه *Sitophilus granaries* به‌کار گرفته شد که منجر به مرگ تمامی حشرات تیمار شده گردید (Mishenko *et al*., 2000). حشرات

مختلف *Frankliniella occidentalis* (Pergande, 1895)*, Frankliniella. fusca* (Linnaeus, 1758*) Aedes albopictus* (Skuse, 1894) , *Tetranychus urticae*(Koch, 1836) , *Blattella germanica(*Linnaeus, 1767) برای دوره‌های زمانی متفاوت در معرض پلاسمای سرد قرار گرفتند. نتایج بیانگر یک رابطه مستقیم بین مرگ و میر حشرات مورد آزمایش با مدت زمان تیمار بود (Donohue *et al.*, 2006). همچنین مرگ و میر در لارو و شفیره *Plodia interputella* تیمار شده با پلاسمای سرد گزارش شده است (Abd El-Aziz *et al.,* 2014).

هدف از این مطالعه بررسی اثر حشره‌کشی پلاسمای سرد روی دو گونه آفت انباری مهم شب‌پره آرد (*E. kuehniella*) و شپشه آرد (*T. confusum*) بود.

مواد و روش‌ها

مشخصات دستگاه تخلیه سد دی الکتریک[1] تولید کننده پلاسمای (DBD)

دستگاه مولد پلاسمای اتمسفری به‌کار گرفته شده ساخت کشور ایران و متعلق به شرکت فنی مهندسی یارنیکان صالح (مدل ATM Plasma 10 K) است. حداکثر ولتاژ خروجی سامانه ۱۰ کیلو ولت و فرکانس آن در گستره ۵ تا ۱۳ کیلوهرتز قابل تنظیم است. دستگاه از دو الکترود مدور با قطر ۱۲ سانتی‌متر تشکیل شده است که نمونه‌ها جهت تیمار شدن در فاصله بین این دو الکترود قرار می‌گیرند.

پرورش حشرات

برای تهیه کلنی اولیه مقداری آرد آلوده به شب‌پره آرد (*E. kuehniella*) و گندم آلوده به شپشه آرد (*T. confusum*)، از آزمایشگاه حشره‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران تهیه شد. جهت همگن‌سازی سنی جمعیت، پس از ۳ نسل، تخم‌گیری از حشرات بالغ انجام شد. تخم‌ها در ظروف حاوی آرد، سبوس و مخمر استریل در درون انکوباتور با دمای ۲±۲۶ و رطوبت نسبی ۵±۶۵ و شرایط تاریکی نگهداری شدند. حشرات مورد آزمایش، از میان بالغین تازه ظاهر شده و لاروهای سنین آخر انتخاب شدند.

آزمایشات زیست‌سنجی

بدون توده محصول

در هر آزمایش لارو ها و حشرات بالغ هر دو آفت در گروه‌های مجزای ۲۰ تایی در ۴ تکرار برای دوره‌های زمانی متفاوت (۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵، ۹۰ ثانیه) در ۳ ولتاژ ۵، ۷ و ۱۰ کیلوولت در معرض پلاسمای سرد قرار داده شدند و درصد مرگ و میر محاسبه شد. برای اطمینان از این که حشرات مرده باشند و در اثر شوک وارده بیهوش نشده و به اشتباه مرده در نظر گرفته نشوند، حشرات تیمار شده در شرایط بهینه نگهداری شدند و بعد از گذشت ۲۴ ساعت ،مجددا مرگ و میر در آن‌ها شمارش شد.

[1] Dielectric barrier discharge

درون توده محصول

در هر آزمایش، تعداد ۲۰ حشره به همراه گندم برای دوره‌های زمانی فوق‌الذکر در ولتاژهای ۵، ۷ و ۱۰ کیلوولت در ۴ تکرار در معرض پلاسمای سرد قرار داده شد و درصد مرگ و میر آنی و پس از ۲۴ ساعت آن‌ها محاسبه شد.

آنالیز آماری

این مطالعه بر اساس آزمایش فاکتوریل و بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد. داده‌های به‌دست آمده از مرگ و میر حشرات مختلف تیمار شده، در شرایط متفاوت از نظر ولتاژ، مدت زمان تیمار و وجود یا عدم وجود محصول توسط نرم‌افزار آماری SPSS و آزمون ANOVA سه طرفه در سطح ۰/۰۵ مورد آنالیز قرار گرفتند. فاکتورهای مورد مطالعه، به کمک آزمون دانکن به زیر گروه‌های مجزا تقسیم شدند.

نتایج

آنالیز آماری داده‌های به‌دست آمده، اختلاف معنی‌دار بین درصد مرگ و میر در دو گونه حشره مورد آزمایش را نشان داد (F=292.42, *P*=.00). همچنین دو مرحله زیستی متفاوت مورد آزمون تفاوت معنی‌داری از نظر درصد مرگ و میر با یکدیگر داشتند (F=769.98, P=.00). وجود و یا عدم وجود محصول تاثیر معنی‌داری در میزان مرگ و میر نداشت (F=0.367, P=0.54) در حالی‌که ولتاژ های مختلف اعمال شده، تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشته و هر ولتاژ در زیر گروه مجزایی قرار گرفت (F=3586.60, *P*=.00). نتایج حاصل از آزمون‌های زیست‌سنجی برای هر ولتاژ در ادامه آورده شده است.

ولتاژ ۵ کیلوولت

کمترین میانگین درصد مرگ و میر برای دوره زمانی ۲ ثانیه ثبت شد که روی حشرات بالغ *T. confusum* هیچ‌گونه تاثیری نداشت و برای لارو *T. confusum* و *E. kuehniella* به‌ترتیب ۰/ ۷۷ ± ۱۰/۴۷ و ۰/۵۰ ±۸/۳۴ محاسبه شد. تیمار ۷۵ ثانیه‌ای حشرات با پلاسمای سرد، باعث مرگ و میر ۲/۱۳ ± ۸۳/۳۱ ۰ ± ۱۰۰ و ۲/۰۸ ± ۹۴ به‌ترتیب برای حشرات بالغ و لارو *T. confusum* و لارو *E. kuehniella* شد. در تمامی مراحل مورد آزمایش در دوره زمانی ۹۰ ثانیه مرگ و میر کامل ثبت شد (جدول ۱).

جدول۱- میانگین درصد مرگ و میر(±SE) حشرات تیمار شده با DBD در ولتاژ ۵ کیلو ولت و فرکانس ۱۳ kHz در زمان‌های مختلف

Table 1-Mean percent mortality (±SE) of treated insects by DBD in voltage 5 KV and frequency of 13 kHz for various exposure times

	Mean percentage mortality(±SE)		
Exposure time (sec)	***T. confusum* (Adult)**	***T. confusum* (Larva)**	***E. kuehniella* (Larva)**
0	0±0 Ch	0± 0 Ah	0±0 Bh
2	0±0 Cgh	10.47± 0.77 Agh	8.34± 0.50 Bgh
5	7.12±1.66 Cfg	13.24± 0.52 Afg	11.12±0.99 Bfg
10	12.54±1.52 Cef	22.17± 0.04 Aef	18.70±0.70 Bef
15	23.73±1.42 Ce	30.11± 2.08 Ae	26.97±1.50 Be
20	41.19±1.21 Cd	50.09± 2.09 Ad	46.12±0.85 Bd
30	50.85±1.28 Cd	60.53± 2.18 Ad	53.19±1.53 Bd
45	60.58±1.50 Cc	63.62± 0.21 Ac	79.62±1.67 Bc
60	76.92±1.19 Cb	88.07± 1.52 Ab	81.61±2.05 Bb
75	83.31±2.13 Ca	100± 0 Aa	94±2.08 Ba
90	100±0 Ca	100± 0 Aa	100±0 Ba

جدول بالا سیر صعودی درصد مرگ و میر حشرات در طی زمان را نشان می‌دهد. با افزایش مدت زمان تیمار، درصد مرگ و میر افزایش یافت و در هر دوره زمانی لارو *T. confusum* درصد مرگ و میر و بیشترین درصد مرگ و میر را به خود اختصاص داد.

ولتاژ ۷ کیلو ولت

برای حشره بالغ *T. confusum* کمترین مرگ و میر (۱/۵۲ ± ۹/۰۱) به دوره زمانی ۲ ثانیه تعلق داشت. مرگ و میر با افزایش مدت زمان تیمار افزایش یافت، به‌طوری‌که مرگ و میر برای دوره‌های زمانی ۷۵ و ۹۰ ثانیه ۱/۴۳ ±۹۲/۶۴ و ۱/۲۰±۹۸/۰۹ درصد ثبت شد. در مورد لارو های *T. confusum* در دوره زمانی ۲ ثانیه مرگ و میر ۱/۵۲±۱۴/۷۴ ثبت شد، مرگ و میر ۱/۴۹±۹۶/۰۸ و۰±۱۰۰ درصدی برای دوره‌های زمانی ۷۵ و ۹۰ ثانیه شمارش شد. در مورد لارو *E. kuehniella* در دوره زمانی ۲ ثانیه درصد مرگ و میر۰/۴۳±**۱۰/۳۱** محاسبه شد. بیشترین درصد مرگ و میر ثبت شده برای این حشره به دوره‌های زمانی ۷۵ و ۹۰ ثانیه تعلق داشت که به‌ترتیب۱/۴۷±۹۳/۳۷ و ۰±۱۰۰ بود (جدول۲).

جدول ۲- میانگین درصد مرگ و میر (±SE)حشرات تیمار شده با DBD در ولتاژ۷ کیلوولت و فرکانس ۱۳ kHz در طی زمان‌های مختلف

Table 2- Mean percent mortality (±SE) of treated insects by DBD in voltage 7 KV and frequency of 13 kHz for various exposure times

Mean percantage mortality (±SE)			
Exposure time (sec)	***T. confusum* (Adult)**	***T. confusum* (Larva)**	***E. kuehniella* (Larva)**
0	0± 0 Ck	0± 0 Ak	0±0 Bk
2	9.01± 1.52 Cj	14.74± 1.43 Aj	10.31±0.43 Bj
5	15.23± 0.68 Ci	20.96± 2.56 Ai	16.05±0.58 Bi
10	20.01± 1.65 Ch	27.46± 1.15 Ah	25.11±1.16 Bh
15	30.31± 2.10 Cg	39.54± 0.89 Ag	33.17±1.25 Bg
20	43.99± 1.16 Cf	50.35± 1.68 Af	48.12±1.66 Bf
30	62.56± 0.55 Ce	68.18± 0.93 Ae	66.65±1.50 Be
45	71.19± 1.14 Cd	78.65± 2.64 Ad	76.92±1.71 Bd
60	83.70± 3.03 Cc	90.11± 2.10 Ac	89.43±2.60 Bc
75	92.64± 1.43 Cb	96.08± 1.49 Ab	93.27±1.43Bb
90	98.09± 1.20 Ca	100± 0 Aa	100±0 Ba

ولتاژ ۱۰ کیلو ولت

مرگ و میر کامل برای حشرات بالغ *T. confusum* در دوره‌های زمانی ۶۰، ۷۵ و ۹۰ ثانیه مشاهده شد. کمترین درصد مرگ و میر ثبت شده (۱/۵۲ ±۱۶/۹۷) به دوره زمانی ۲ ثانیه تعلق داشت. در مورد لارو *T. confusum* کمترین (۱/۷۹ ±۲۱/۵۳) و بیشترین (۰ ±۱۰۰) درصد تلفات در دوره‌های زمانی ۲ و ۴۵ ثانیه و بیش از آن (۶۰،۷۵ و ۹۰ ثانیه) ثبت شد. لارو *E. kuehniella* پس از ۲ ثانیه تابش مرگ و میر ۱/۴۴± ۱۹/۵۳درصدی داشت (جدول۳).

جدول۳- میانگین درصد مرگ و میر حشرات تیمار شده به کمک DBD در ولتاژ KV10 و فرکانس13 KHz در طی دوره‌های زمانی مختلف

Table 3- Mean percent mortality (±SE) of treated insects by DBD in voltage 10 KV and frequency of 13 kHz for various exposure times

Mean percantage mortality (±SE)			
Exposure time (sec)	***T. confusum*(Adult)**	***T. confusum* (Larva)**	***E. kuehniella* (Larva)**
0	0± 0 Cg	0± 0 Ag	0±0 Bg
2	16.97±1.52 Cf	21.53±1.79 Af	19.53±1.44 Bf
5	25.54±0.75 Ce	38.62±0.87 Ae	28.55±0.83 Be
10	36.51±0.89 Cd	54.55±1.06 Ad	46.28±1.75 Bd
15	48.19±0.60 Cc	63.34±1.45 Ac	59.69±0.65 Bc
20	60.21±1.17 Cc	70.14±1.43 Ac	62.16±1.16 Bc
30	70.69±1.34 Cb	87.16±0.60 Ab	75.66±1.20 Bb
45	87.40±0.78 Ca	100±0 Aa	95.33±0.88 Ba
60	100±0 Ca	100±0 Aa	100±0 Ba
75	100±0 Ca	100±0 Aa	100±0 Ba
90	100±0 Ca	100±0 Aa	100±0 Ba

برای درک بهتر نتایج حاصل از تغییر ولتاژ، از معیار درصد کشندگی در سطح ۵۰ و ۹۰ درصد استفاده شد (جدول ۴). در تمامی موارد، کمترین زمان کشندگی در سطح ۵۰ و ۹۰ درصد در بالاترین ولتاژ به‌کار گرفته شده (۱۰ کیلوولت)

به‌دست آمده است و با کاهش ولتاژ زمان کشندگی افزایش یافت. کمترین LT_{50}، ۷/۶۰ ثانیه محاسبه شد که به لارو *T. confusum* در ولتاژ ۱۰ کیلو ولت تعلق داشت. بیشترین LT_{50} ثبت شده متعلق به حشرات بالغ *T. confusum* در ولتاژ ۵ کیلو ولت اختصاص داشت.

جدول۴- زمان کشندگی ۵۰ و ۹۰ درصد حشرات تیمار شده با DBD در ولتاژهای مختلف

Table4- Lethal exposure times for the treated insects by DBD in various voltages

Insect	Voltage (KV)	Slope	Chi-square	df	LT_{50}(sec) (Lower-Upper)	LT_{90}(sec) (Lower-Upper)
T. confusum **(Adult)**	5	1.96	33.62	8	25.89(18.37-36.50)	115.91(71.81-281.83)
	7	1.95	35.38	8	20.17(14.93-26.65)	90.95(61.35-172.24)
	10	1.72	31.59	8	11.94(7.63-17.44)	66.27(38.79-195.85)
T. confusum **(Larva)**	5	1.91	35.56	8	19.83(13.24-29.44)	92.99(54.47-278.31)
	7	1.89	35.95	8	15.32(10.71-20.83)	72.95(48.35-143.85)
	10	1.75	18.62	8	7.60(4.71-10.76)	40.99(25.51-103.49)
E. kuehniella **(Larva)**	5	2.03	36.63	8	22.03(15.41-30.80)	93.86(56.69-213.92)
	7	2.02	38.24	8	17.40(12.83-22.82)	75(51.86-134.35)
	10	1.76	28.82	8	9.57(6.07-13.62)	50.88(31.60-124.90)

بحث

نتایج حاصله از زیست‌سنجی در این آزمایش‌ها اثر حشره‌کشی پلاسمای سرد روی آفات *T. confusum* و *E. kuehniella* را تایید نمود. حساسیت دو حشره مورد آزمایش و مراحل زیستی خسارت‌زای آن‌ها نسبت به تابش پلاسما یکسان نبود، به‌نحوی که مرحله لاروی نسبت به حشره بالغ حساس‌تر بود و درصد مرگ و میر در لارو *T. confusum* بیش از *E. kuehniella* گزارش شد. به‌نظر می‌رسد جثه کوچکتر لارو *T. confusum* در تلفات بیشتر آن در مواجهه با پلاسمای سرد بی‌تاثیر نبوده است. حساسیت متفاوت مراحل زیستی در مطالعات مشابه گزارش شده است و یافته‌های حاصله نتایج ما را تایید می‌نماید. از دو مرحله لاروی و شفیرگی *Plodia interpunctella* تیمار شده با پلاسمای سرد، لارو ها حساسیت بیشتری داشته و درصد مرگ و میر بالاتری در آن‌ها شمارش شد. حساسیت کمتر مرحله زیستی شفیرگی به وجود کوتیکول اسکلروتینی نسبت داده شد (Abd El-Aziz *et al.*, 2014). از میان تخم‌های ۱-۴ روزه، لاروهای سنین ۳-۴، شفیره‌های ۳-۵ روزه و حشرات بالغ کمتر از یک هفته سوسک توتون تیمار شده با پلاسمای سرد، مرحله لاروی بیشترین میزان مرگ و میر را به خود اختصاص داد (Keveer *et al.*, 2008).

در تولید پلاسمای سرد، با تغییراتی در پارامترهای فیزیکی مانند افزایش ولتاژ و مدت زمان تیمار می‌توان به شرایط بهینه دست یافت. در تشابه با یافته‌های به‌دست آمده، تحقیقات دیگر نیز نشان داده است که با افزایش مدت زمان تیمار درصد مرگ و میر افزایش می‌یابد (Bures *et al.*, 2006). همچنین رابطه مستقیمی بین مرگ و میر حشرات مورد آزمایش با مدت زمان تیمار گزارش شده است، که یافته‌های ما را تایید می‌نماید (Donohue *et al.*, 2006).

وجود گندم در آزمایشات زیست‌سنجی، اثر منفی روی نتایج نداشت. به‌نظر می‌رسد تخلخل گندم به‌قدری است که پلاسما می‌تواند از درون آن بدون کاهش اثر کشندگی عبور نماید. در تایید یافته‌های به‌دست آمده، گلستان و همکاران اعلام داشتند وجود گندم سبب کاهش معنی‌داری در تلفات *T.confusum* تیمار شده با پلاسما جت نشده است. نامبردگان اظهار داشتند که پلاسمای سرد اثرات منفی روی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده گندم تیمار شده نداشته و تفاوت معناداری بین نمونه‌های شاهد و تیمار مشاهده نشده‌است (Golestan *et al.*, 2015). تابش پلاسمای سرد به‌منظور حذف باکتری‌های

هوازی، مخمرها و همچنین کپک از روی توت‌فرنگی، تغییر قابل توجهی در رنگ و سفتی بافت میوه در پی نداشته است (Mirsa *et al*., 2014). همچنین کاربرد ده دقیقه‌ای پلاسمای سرد روی کاهو، هویج و گوجه‌فرنگی بدون تغییر در ظاهر محصول گزارش شده است (Bermudez *et al.*, 2013).

محققین تا به امروز چندین مکانیسم برای اثر پلاسما بر بافت‌های زنده و سلول‌ها پیشنهاد داده‌اند از جمله می‌توان به شکسته شدن پیوند C_C در هیدروکربن‌های تشکیل دهنده کوتیکول حشرات اشاره کرد (Basaran *et al.*, 1999). در مطالعه دیگری، علت مرگ حشرات تیمار شده با پلاسمای سرد، تخریب لایه مومی حشرات معرفی شد (Gibbs, 2002). همچنین تشابهاتی بین حشرات تیمار شده با پلاسمای سرد و حشرات مسموم شده با سموم عصبی گزارش شده است و محققین تغییرات رفتاری از جمله کاهش پاسخ‌دهی به نور و رطوبت، ارتعاش و تهیج و تحرک بیش از حد در سوسری‌های آلمانی تیمار شده با پلاسمای سرد را گزارش دادند (Donohue *et al*., 2006). گونه‌های غیر رادیکالی تولید شده توسط پلاسما، می‌توانند نقش مهمی در تخریب غشای سلول‌های بیرونی ایفا کنند، به‌طوری‌که بار الکتریکی در سطح خارجی غشا ذخیره و انباشت شده و نیروی الکتروستاتیکی القا کننده سبب غلبه بر توان کششی غشا و در نهایت منجر به تخریب آن می‌شود (Hadavand, 2013).

معرفی و توسعه روش‌های جدید برای افزایش ایمنی در کنار حفظ ارزش غذایی محصولات و فرآورده‌های غذایی دارای اهمیت ویژه است. کاربرد پلاسمای سرد یک تکنولوژی امیدوار کننده است، زیرا راه اندازی آن ساده و عملکرد آن اقتصادی می‌باشد و بر خلاف سایر تیمارهای سطح مانند نور UV، یون‌های پلاسمای سرد قابلیت نفوذ به درون شکاف و ترک را دارند. بنابراین این تکنولوژی قابلیت کاربرد روی سطوح شکافدار و موجدار مانند سطوح بسیاری از غذاها و دانه-ها را دارد (Abd El-Aziz *et al*., 2014). مطالعات بیشتر روی مکانیسم اثر پلاسما و عمق توده غذایی برای سنجیدن میزان نفوذ پلاسما و طراحی نوعی از DBD که قابلیت کاربردی شدن روی تسمه نقاله‌های حاوی محصولات غذایی در انبار ها را دارا باشد، می‌تواند در مطالعات آتی در نظر گرفته شود.

Reference

Abd El-Aziz, M. F., Mahmoud, E. A. and Elaragi, G. M. 2014.Non thermal plasma for control of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Lepidoptera : Pyralidae). Journal of Stored Products Research, 2: 1-7.

Baghdadi, A. 2013. Stored Product Pests. Payam Nour University Press. Tehran, Iran, 227pp.

Bagheri-Zenous, E. 2010. Pests of Stored Products and Management to Maintain. Tehran University Press. Tehran, Iran, 449pp.

Basaran, p., Basaran, N. and Oksuz, l. 2008. Elimination of Aspergillus parasiticus from nut surface with low pressure cold plasma (LPCP) treatment. Food Microbiology, 25: 626–632.

Bermudez, D., Wemlinger, E., Pedrow, P., Barbosa, G. and Garcia, M. 2013. Effect of atmospheric pressure cold plasma (APCP) on the inactivation of Escherichia coli in fresh produce. Journal of food control, 34: 149-157.

Bures, B. L., Donohue, K. V., Roe, R. M. and Bourham, M. A. 2006. Nonchemical dielectric barrier discharge treatment as a method of insect control. Journal of IEEE Transactions on Plasma Science, 34: 55-62.

Cowan, M. M. 1999. Plant products as antimicrobial agents. Clinical microbiology reviews, 12(4), 564-582.

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.

Dezyanian, S. H., Koh, L., Ma, Y., Huang, Y. and Sim, K.Y., 2010. The oil of garlic, *Allium sativum* L. (Amaryllidaceae), as a potential grain protectant against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. Postharvest Biology and Technology, 9: 41-48.

Donohue, K. V., Bures, L., Bourham, A. and Roe, R. 2006. Mode of action of a novel nonchemical method of insect control: atmospheric pressure plasma discharge. Journal of economic entomology, 99: 38-47.

Eliezer, S. and Eliezer, Y. 2001. The fourth state of matter, An introduction to plasma science (Second Edition) - Institute of Physics Publishing Ltd, 321pp.

Fernandez, A., Shearer, N., Wilson, D. R. and Thompson, A. 2012. Effect of microbial loading on the efficiency of cold atmospheric gas plasma inactivation of *Salmonella enterica*. International journal of food Microbiology, 152: 175-180.

Fields, P. G., Allen, S., Korunic, Z., McLaughlin, A. and Stathers, T. 2002. Standardized testing for Diatomaceous Earth. Proceedings of the 8th International Working Conference on Stored-Product Protection, York, UK, 779-784.

Gibbs, A. G. 2002. Lipid melting and culticular permeability: new insights into an old problem. Journal of Insect Physiology. 48: 391- 400.

Golestan, M. N., Ghosta, Y., Pourmirza, A. A. and Valizadegan, O. 2015. Study on laser perforated films as gas permeable packaging for confused flour beetle (Tribolium confusum Jacquelin du Val.) control inside food packaging. Journal of Stored Products Research, 60: 54-59.

Hadavand, A. 2013. Study of-thermal plasma energy changes on the proliferation of fibroblast cells. M. Sc. Thesis, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, 93pp.

Isman, M. B. 2000. Plant essential oils for pest and disease management.Journal of Crop Protection, 19: 603-608.

Keever, D., Dowdy, A. and Bures, B. 2008. Mortality and sterility of the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne* ,due to exposure to atmospheric plasma. Plasma Science, Journal of IEEE Transactions, 33: 290-298.

Kevin, V., Brian, L., Bures, M., Bourham, A. and Michael, R. 2006. Mode of Action of a Novel Nonchemical Method of Insect Control: Atmospheric Pressure Plasma Discharge. Journal of Economic Entomology, 99:38-47.

Mishenko, A. A., Malinin, O. A., Rashkovan, V. M., Basteev, A. V., Bazyma, L. A., Mazalov, Y. P. and Kutovoy, V. A. 2000 . Complex high-frequency technology for protection of grain against pests. Microw. Power Electromagn. Energy, 35: 17 9-18 4 .

Misra, N. N., Tiwari, B. K., Raghavarao, K. S. M. S. and Cullen, P. J. 2011. Nonthermal plasma inactivation of food-borne pathogens. Food Engineering Reviews, 3: 159-17 0.

Misra, N. N., Patil, S., Oiseev, T., Bourke, P., Mosnier, J. p., Keener, K. M. and Cullen, P. J. 2014. In-package atmospheric pressure cold plasma treatment of strawberries. Journal of food Engineering, 125: 131-138.

Rajendran, S. and Sriranjini, V. 2008. Plant products as fumigants for stored-product insect control. Journal of Stored Products Research, 44: 126-135.

Rehn, P. and Viol, W. 2003. Dielectric barrier discharge treatments at atmospheric pressure for wood surface modification. Journal of Holz als Roh-und Werkstoff, 61: 145-150.

Setayesh Far, M. 2012. Fumigant toxicity of Indian clove, *Cynzygium aromaticum* essential oil on adult of *Tribolium confusum* (Col.: Tenebrionidae) in the pilot condition .M. Sc. Thesis, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, 89pp.

Walsh, J. L. and Kong, M. G. 2008. Contrasting characteristics of linear-field and cross-field atmospheric plasma jets. Applied Physics Letters, 93(11), 111501.

Wilger, R. E. and Stoffels, E. 2004. Deactivation of *Escherichia coli* by the plasma needle. Journal of Physics, 38(11), 1716-1720.

Journal of Entomological Research

Volume 8, Issue 2, pages: 145-154

Islamic Azad University, Arak Branch
ISSN 2008-4668
http://jer.iau-arak.ac.ir

Application of cold plasma For controlling the two stored product pests

Sh. Mohammadi[1], S. Imani[1*], D. Dorranian[2], S. Tirgari[3], M. Shojaee[3]

1- Respectively Graduated student and Assistant professor, Department of Entomology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Associate professor, Plasma Physics Research Center, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3- Respectively Associate professor and professor, Department of Entomology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract

The Cold plasma as a new, eco-friendly and economic technique has obtained important achievements in various spheres and can be considered in the field of pest control.The aim of this study was to examine the insecticidal effect of The cold plasma on stored product pests, *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera.,Pyralidae) and *Tribolium confusum (Coleoptera, Tenebrionidae).* Pathogenic stages of the pests were exposed to cold plasma in two conditions, without product and with 10 g of wheat, for different exposure times in various voltages of 5, 7and 10 KV. Each test was done on 20 insects in 4 replicates with control. Obtained results confirmed The insecticidal effect of The cold plasma on the pests. Larval stage was more sensitive than the adult and higher percentage of mortality was observed in larvae of *T. confusum* compared to *E. kuehniella*. Changes in physical parameters of cold plasma such as increasing the voltage and exposure time of treatment caused more mortality. LT_{50} values at maximum voltage were 7.60, 11.94 and 9.57 s for larvae and adults of *T. confusum* and larvae of *E. kuehniella* respectively. It is hoped that by optimizing the equipment for commercial production of cold plasma we use it for controlling the stored product pests.

Key words: Cold plasma, Insecticidal effect, Control of stored product pests, *Tribolium confusum, Ephestia kuehniella*

* Corresponding Author, E-mail: *imanisohrab@gmail.com*
Received: 20 Feb. 2016 – Accepted: 5 Jul. 2016