یازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran
senaconf.ir

مروری بر برخی از مکانیسم‌های دفاعی در کنه‌های اریباتید

شبنم ده‌پهنی[1] (نویسنده مسئول)، مریم درب امامیه[2]

۱. دانشجوی دکتری حشره‌شناسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران
shabnam.d13951@gmail.com

۲. استادیار گروه گیاه‌پزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران m.darbemamieh@razi.ac.ir

چکیده

کنه های اریباتید(Sarcoptiformes: Oribatida) از جمله تجزیه کننده‌های اولیه جانوران و گیاهان در خاک هستند. کنه‌های اریباتید بالغ به دلیل استراتژی های دفاعی مورفولوژیکی و شیمیایی متعدد به‌طور کلی در "فضای عاری از دشمن" زندگی می‌کنند. اکثر کنه‌های اریباتید نابالغ فاقد کوتیکول‌های سخت هستند و بنابراین تصور می‌شود که توسط شکارگرها، شکار می‌شوند. از سوی دیگر، اکثر اریباتیدها دارای غدد چربی برون ریز در تمام مراحل رشد هستند که احتمالاً دفاع شیمیایی را به استراتژی بقای حیاتی در اریباتیدهای نابالغ تبدیل می‌کند. از جمله دفاع مورفولوژیکی آنها می‌توان به اسکلروتیزاسیون سخت و شکل بدن پتیکوئیدی اشاره کرد که امکان دستیابی به ظاهری محصور شده و دانه مانند را فراهم می‌کند. علاوه بر این خصوصیات مورفولوژیکی، غدد برون‌ریز در کنه‌های اریباتید شامل ترکیباتی از هیدروکربن‌ها، ترپن‌ها، آروماتیک‌ها، آلکالوئیدها و ترکیبات سیانوژنیک هستند. غدد برون ریز مواد سمی شیمیایی به عنوان عوامل قوی برای دفاع شیمیایی در برابر شکارگرها و هم‌چنین برای ارتباط‌های درون گونه‌ای تولید می‌کند. با توجه به فراوانی کنه های اریباتید و شکارگران بالقوه آنها، دانستن مکانیسم‌های دفاعی آنها برای دستیابی به درک درستی از فعل و انفعالات تغذیه ای در شبکه های غذایی خاک ضروری به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی

کنه‌های اریباتید، مکانیسم دفاعی، غدد برون ریز، دفاع شیمیایی، دفاع پتیکوئیدی

۱. مقدمه

اکوسیستم‌های خاکی از خاص‌ترین جوامع جانوری روی زمین تشکیل شده‌اند و تنوع معمایی بالا و تعاملات تغذیه‌ای پیچیده آنها برای چندین دهه شناخته شده است [2, 4]. در حالی که ساختار کلان کلی شبکه های غذایی زیرزمینی تا حدودی مورد مطالعه قرار گرفته است [3, 18]. ریزساختار چنین شبکه هایی و فعل و انفعالات تغذیه متمایز آن عمدتا ناشناخته مانده است [4]. در این سطح، درک مکانیکی‌تر و مبتنی بر صفت از تعاملات شکارگر-شکار در خاک ضروری به نظر می‌رسد، زیرا بسیاری از موجودات خاکی دارای انواع مختلفی از مکانیسم‌های تغذیه از یک سو و مکانیسم‌های دفاعی از سوی دیگر هستند [6, 19]. کنه‌های اریباتید از فراوان‌ترین و خاص‌ترین بندپایان در اکوسیستم‌های خاک جنگلی در سراسر جهان هستند [24]. بیشتر گونه ها ساپروفاژ و مایکوفاژهای تغذیه کننده ذرات هستند که در زیستگاه های میکروسکوپی مختلف زندگی می‌کنند [17]. تعداد بالای افراد (تا چند صد هزار در هر متر مربع) و توزیع در همه جا، کنه های اریباتید را به منبعی بالقوه برای شکارگران در شبکه های غذایی زمینی تبدیل می‌کند. با این حال، به نظر می رسد بیشتر شکارگران بندپایان بزرگ در خاک، کنه‌های اریباتید را به ندرت مصرف می‌کنند یا اصلا مصرف نمی‌کنند، و این ممکن است به دفاع شیمیایی مربوط باشد.

کنه های Gamasida از جمله شکارگراان متحرک و چابک سایر ریز بندپایان خاک هستند و به همین دلیل جایگاه کلیدی در شبکه های غذایی خاک دارند [14, 15]. فراوانی آنها در جنگل های معتدل می تواند به ۲۵۰۰۰ ind/m^2 برسد که میانگین آن بین ۴۰۰۰ ind/m^2 تا ۱۰۰۰۰ است [20, 14] . از این رو کنه‌های Gamasida به دیگر شکارگران خاک نزدیک شده و به طور قابل‌توجهی به جریان انرژی زیرزمینی کمک می‌کنند [14, 20]. کنه‌های Gamasida چشم ندارند، اما به نور حساس هستند و طعمه خود را توسط محرک های شیمیایی یا مکانیکی پیدا می‌کنند [14]. اکثر موجودات دارای استراتژی های دفاعی برای محافظت در برابر شکارگران، انگل ها و رقبا هستند. ترشحات دفاعی شیمیایی به ویژه در میان بندپایان زمینی از اهمیت بالایی برخوردار است [9, 26]. در میان کلیسرداران، کنه-های Sarcoptiformes از جمله Astigmata با طیف بسیار متنوعی از ترکیبات طبیعی مشخص می‌شوند که توسط غدد چربی آنها تولید و ذخیره می‌شود. کنه‌های اریباتید مواد مختلف شیمیایی، مانند: هیدروکربن‌ها، ترپن‌ها، آروماتیک‌ها، استرها، آلکالوئیدها و ترکیبات سیانوژنیک ترشح می‌کنند تا از خود در برابر عوامل محیطی غیرزیستی مانند: ذرات آب و خاک محافظت کنند [5].

کنه‌های اریباتید عمدتاً کوچک هستند (کمتر از ۱ میلی‌متر)، تقریباً در همه اکوسیستم‌های خاکی جهان یافت می‌شوند [10, 27]. مکانیسم های دفاعی مختلفی در این خانواده وجود دارد به طور کلی، صفات دفاعی در کنه‌های اریباتید بالغ به دو دسته اصلی تقسیم می شوند: ۱) صفات مورفولوژیکی عبارتند از: اسکلروتیزاسیون قوی یا بیومرینالیزاسیون کوتیکول ۲) صفات شیمیایی که مربوط به یک جفت غدد برون ریز به نام غدد Opisthonotal (غدد چربی) است که تنوع قابل توجهی از مواد دور کننده یا سمی مانند هیدروکربن ها، آروماتیک ها، ترپن ها، آلکالوئیدها و ترکیبات سیانوژنیک دارند. مراحل نابالغ اکثر کنه‌های اریباتید فاقد اسکلروتیزاسیون قوی هستند و به دفاع شیمیایی متکی هستند [1, 16].

۲. دفاع Ptychoidy

دفاع Ptychoidy یک شکل تخصصی در بدن کنه است که کنه با جمع کردن پاها و قسمت گناتوزومای خود به داخل یک حفره ثانویه که سپس توسط پرده پوشانده می‌شود، محصور می‌شود. دفاع Ptychoidy در خانواده‌های Protoplopophoridae و Mesoplophoridae و بالا خانواده‌های Euphthiracaroidea و Phthiracaroidea دیده می‌شود. برخی از ماهیچه‌هایی که روی تروکانترهای پاها قرار می‌گیرند به طور ثانویه در فرآیند دفاع Ptychoidy درگیر می‌شوند. این ماهیچه‌ها را می‌توان به چهار قسمت گروه بندی کرد:

۱) تقسیم عضله پشتی شکمی پروزوما (DVP) ۲)تقسیم اندوسترنال پروزوما (EDP) ۳) تقسیم ماهیچه طولی پروزوما(LDP) ۴) سیستم کمپرسور اپیستوزومی (OCS)

دفاع پتیکوئیدی پیچیده‌ترین دفاع مکانیکی کنه‌های اریباتید است. گسترش زائده‌ها از طریق فشار همولنف تسهیل می‌شود که در کنه‌ها بیشتر با فشرده سازی بخش شکمی- پشتی اپیستوزوما ایجاد می‌شود. نوتوگاستر سخت شده کنه‌های اریباتید به سیستم متفاوتی برای تولید فشار نیاز دارد که هم‌چنین قادر است حرکت عظیم همولنف همراه با شکل پتیکوئیدی را در خود جای دهد [25]. در پژوهش [25] مورفولوژی عملکردی پتیکوئیدی را در یک گونه مدل از هر یک از دو بالا خانواده Ptyctime، Euphthiracaroidea و Phthiracaroidea با استفاده از روش میکروتوموگرافی اشعه ایکس سنکروترون و فیلم‌برداری با سرعت بالا مقایسه شد. براساس پژوهش آنها مشخص شد که دو گروه حالت‌های عملکردی بسیار متفاوتی را برای کنترل فشار هیدرواستاتیک ایجاد کردند. در حالی که بالا خانواده Euphthiracaroidea از فشرده‌سازی جانبی نوتوگاستر با استفاده از تمام عضلات سیستم اپیستوزومال کمپرسور استفاده می‌کنند. بالا خانواده Phthiracaroidea از یک فشرده‌سازی پشتی-شکمی استفاده می‌کنند که تنها توسط کمپرسور جانبی نوتوگاستر و علاوه بر آن عضله postanal ایجاد می‌شود. آنها صفحات موقتاً یک‌پارچه شده‌ی شکم را به داخل idiosoma جمع می‌کنند. حالت اولیه عملکرد برای ایجاد فشار همولنف در Ptyctima احتمالاً فشرده سازی جانبی بود. در این فرضیه، فشرده‌سازی پشتی- شکمی به طور ثانویه در کنه‌های Phthiracaroidea تکامل یافته است.

۳. دفاع شیمیایی

مواد شیمیایی در فعل و انفعالات زیستی بین گیاهان و گیاه‌خواران، پاتوژن‌های آنها و هم‌چنین در میان حیوانات و شکارگران آنها از اهمیت بالایی برخوردار هستند. دفاع شیمیایی نوعی دیگر از دفاع در برابر شکارگران است که مبتنی بر ترشح آلومون ها از یک جفت غدد برون ریز به‌نام غدد اپیستونوتال است و می تواند حتی در برابر شکارگران بزرگ‌تر مانند سوسک ها مؤثر باشد [11, 12, 13]. براساس مطالعه [22] مشخص شد که مواد ترشح شده از غدد اپیستونوتال شامل: HMBD-۲،۶، نرال، نریل فرمت، تری دکان و پنتادکان است و سوسک شکارگر *Euconnus oblongus* Sturm را دور می‌کنند. هم‌چنین [22] رفتار فرار، تمیز کردن شدید شاخک ها، و نارسایی یا مرگ را در *E. oblongus* به دنبال قرار گرفتن در معرض ترشحات غده چربی *Collohmania gigantean* Sellnic گزارش کرد.

۱،۳. مورفولوژی غدد Opisthonotal

غدد چربی در کنه‌های اریباتید معمولاً از طریق یک روزنه بزرگ در هر دو طرف پشتی-جانبی نوتوگاستر به بدن باز می‌شوند. روزنه‌ها اغلب نامحسوس هستند همان‌طورکه در بسیاری از اریباتیدهای Mixonomatan ، Desmonomatan و Brachypylid چنین حالتی وجود دارد. به عنوان مثال: در جنس *Parhypochthonius*، منافذ غدد چربی باریک می‌شوند تا برآمدگی‌های جانبی کوچکی را تشکیل دهند یا روی صفحات کوتیکولی متمایز و با بیرون زدگی متوسط مانند *Gehypochthonius* قرار دارند. به عنوان مثال در *C. gigantea* یا در برخی Euphthiracaroidea این غدد ممکن است بخش قابل توجهی از حجم بدن (۱/۴) را به خود اختصاص دهند و مقادیر زیادی از ترشحات را تولید می‌کنند [21].

۲،۳. دفاع شیمیایی سیانوژنز

سیانوژنز بیانگر یک استراتژی دفاع شیمیایی است که در آن هیدروژن سیانید (HCN) ، هیدروسیانیک یا اسید پروسیک، تولید و ذخیره شده سپس به سمت دشمن مهاجم آزاد می‌شود. هیدروژن سیانید یکی از بازدارنده‌ترین و سمی‌ترین مواد زیست زای شناخته شده است. به عنوان مثال: در کنه *Oribatula tibialis* (Nicolet) هیدروژن سیانید را به عنوان محصول طبیعی ماندلونیتریل هگزانوات (MNH) ذخیره می‌کند که مقدار MNH تولید شده توسط *O. tibialis* حدود ۱ تا ۱/۵ نانو گرم در هر کنه است. هیدروژن سیانید را از طریق دو مسیر شیمیایی مختلف آزاد می‌کنند که آنزیم سیتوکروم اکسیداز را مهار می‌کند و در نتیجه موجودات زنده قادر به استفاده از اکسیژن نیستند. آروماتیک سیانوژنیک، ماندلونیتریل هگزانوات (MNH) برای ذخیره سازی HCN، که از طریق دو مسیر مختلف تجزیه می شود، که هر دو HCN آزاد می‌کنند [7]. ترشحات غدد چربی *O. tibialis* حاوی β-pinene ، اکتانویل هگزانوات، MNH و یک ترکیب ناشناخته با وزن مولکولی Mr = 162 g/mol است. از بین این ترکیبات، تنها استر معطر MNH در سیانوژنز نقش دارد [7].

منابع

[1] Alberti, G., Norton, R.A., Kasbohm, J., 2001. Fine structure and mineralization of cuticle in Enarthronota and Lohmannioidea (Acari: Oribatida). In: Halliday, R.B., Walter, D.E., Proctor, H.C., Norton, R.A., Colloff, M.J. (Eds.), Proceedings of the 10th International Congress of Acarology. CSIRO Publishing, Melbourne, pp. 230‑241.

[2] Anderson, J.M., 1975. The enigma of soil animal species diversity — In: Vanˇek J., (Ed). Progress in Soil Zoology. Prague: Springer Netherlands. p. 51-58.

[3] Brose, U., 2010. Body-mass constraints on foraging behaviour determine population and food-web dynamics. Functional Ecology, 24,28–34.

[4] Brose, U., Scheu, S., 2014. Into darkness: unravelling the structure of soil food webs. Oikos, 123,1153–6.

[5] Brückner, A., Stabentheiner, E., Leis, H.J., Raspotnig, G., 2015. Chemical basis of unwettability in Liacaridae (Acari, Oribatida): specific variations of a cuticular acid/ester-based system. Experimental and Applied Acarology, 66,313–335.

[6] Brückner, A., Wehner, K., Neis, M., Heethoff, M, 2016. Attack and defense in a gamasid-oribatid mite predator-prey experiment– sclerotization outperforms chemical repellency. Acarologia, 56, 451-461.

[7] Brückner, A., Raspotnig, G., Wehner, K., Meusinger, R., Roy A. Norton, Heethoff, M., 2016. Storage and release of hydrogen cyanide in a chelicerate (*Oribatula tibialis*). Cross Mark, 1-4.

[8] Christian, A, 2000. Zur Kenntnis der Raubmilbenfauna des Riesengebirges (in German) — Abhand. Ber. Naturkundemus. Görlitz, 72: 107-113.

[9] Eisner, T., Eisner, M., Siegler, M., 2005. Defenses of insects, spiders, scorpions, and other many-legged creatures. Cambridge (MA): The Belknap Press of Harvard University Press.

[10] Heethoff, M., Norton, R.A., Scheu, S., Maraun, M., 2009. Parthenogenesis in oribatid mites (Acari, Oribatida): evolution without sex. In: Schon, J., Martens, K., van Dijk, P. (Eds.), Lost Sex. Springer, Dordrecht, pp. 241‑257.

[11] Heethoff, M., Koerner, L., Norton, R.A., Raspotnig, G., 2011. Tasty but protected–first evidence of chemical defense in oribatid mites. Journal of Chemical Ecology, 37, 1037‑1043.

[12] Heethoff, M., Raspotnig, G., 2012. Expanding the ‘enemy-free space’ for oribatid mites: evidence for chemical defense of juvenile *Archegozetes longisetosus* against the rove beetle Stenus juno. Experimental and Applied Acarology, 56, 93‑97.

[13] Heethoff, M., 2012. Regeneration of complex defensive oil-gland secretions and its importance for chemical defense in an oribatid mite. Journal of Chemical Ecology, 38, 1116‑1123.

[14] Koehler, H. H., 1997. Mesostigmata (Gamasina, Uropodina), efficient predators in agroecosystems — Agriculture, Ecosystems & Environment, 62, 105-117.

[15] Koehler, H. H., 1999. Predatory mites (Gamasina, Mesostigmata) — Agriculture, Ecosystems & Environment, 74, 395-410.

[16] Norton, R.A., Behan-Pelletier, V.M., 1991. Calcium carbonate and calcium oxalate as hardening agents in oribatid mites (Acari: Oribatida). Canadian Journal of Zoology, 69, 1504‑1511.

[17] Norton, R. A., 2007. Holistic acarology and ultimate causes: examples from the oribatid mites, pp. 3‑20, in J. B. Morales- Malacara, V. Behan-Pelletier, E. Ueckermann, T. M. Perez, E. G. Estrada-Venegas and M. Badii (eds.). Acarology XI: Proceedings of the International Congress. Sociedad Latinoamericana de Acarologia, Mexico.

[18] Peschel, K., Norton, R. A., Scheu, S., Maraun, M., 2006. Do oribatid mites live in enemy-free space? Evidence from feeding experiments with the predatory mite Pergamasus septentrionalis. Soil Biology and Biochemistry, 38, 2985‑2989.

[19] Pomini AM, Machado G., Pinto-da-Rocha R, Macias-Ordonez R., Marsaioli AJ., 2010. Lines of defense in the harvestman *Hoplobunus mexicanus* (Arachnida: Opiliones): aposematism, stridulation, thanatosis, and irritant chemicals. Biochemical Systematics and Ecology,38,300–8

[20] Luxton, M., 1982 . The biology of mites from beech woodland soil — Pedobiologia, 23, 1-8.

[21] Raspotnig, G., Schuster, R., Krisper, G., Fauler, G., Leis, H.J., 2001. Chemistry of the oil gland secretion of *Collohmannia gigantea* (Acari: Oribatida). Experimental and Applied Acarology, 25,933–946

[22] Raspotnig, G., 2006. Chemical alarm and defence in the oribatid mite *Collohmannia gigantea*. Experimental and Applied Acarology, 39, 177-194.

[23] Römbke, J., Beck, L., Förster, B., Fründ, H.C., Horak, F., Ruf, A., Rosciczewski, K., Scheuring , K., Woas, S., 1997. Boden als Lebensraum für Bodenorganismen: bodenbiologische Standortklassifikation (in German) — In: 4/97 T.u.B.z.B., (Ed). Karlsruhe: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Würtemberg.

[24] Schatz, H., 2004. Diversity and global distribution of oribatid mites (Acari, Oribatida): evaluation of the present state of knowledge. Phytophaga, 14,485–500.

[25] Schmelzle, S., Norton, R. A., Heethoff, M., 2015. Mechanics of the ptychoid defense mechanism in *Ptyctima* (Acari, Oribatida): One problem, two solutions. Zoologischer Anzeiger, 254, 27‑40.

[26] Weatherston, J,. Percy, J.E., 1970. Studies of physiologically active arthropod secretions. IV. Topography of the sex pheromone producing gland of the eastern spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Clem.) (Lepidoptera: Tortricidae). Canadian Journal of Zoology, 48,569–571.

[27] Wehner, K., Norton, R. A., Blüthgen, N., Heethoff, M., 2016. Specialization of oribatid mites to forest microhabitats - the enigmatic role of litter. Ecosphere, 7(3), 13-36.

یازدهمین کنگره ملی سراسری
فناوریهای نوین در حوزه توسعه پایدار ایران
11th National Congress of
the New Technologies in Sustainable Development of Iran
senaconf.ir

An overview of some defense mechanisms in oribatid mites

Shabnam Dehpahni[1], Maryam Darbemamieh[2]

1. Ph.D student of Agricultural Entomology, Department of Plant Protection, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: shabnam.d13951@gmail.com

2. Assistant Professor of Agricultural Entomology, Department of Plant Protection, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran. E-mail: m.darbemamieh@razi.ac.ir

Abstract

Oribatid mites are among the primary decomposers of animals and plants in soil. Adults of oribatid mites are thought to live functionally in "enemy-free space" due to numerous morphological and chemical defensive strategies. Most immature oribatid mites do not have hard cuticles and are therefore thought to be hunted by predators. On the other hand, the majority of oribatids have exocrine oil glands in all developmental stages, possibly rendering chemical defense the crucial survival strategy in immature Oribatida. Among their morphological defenses, we can mention the hard sclerotisation and the shape of the petichoid body, which allows achieving an enclosed and seed-like appearance. In addition to these morphological features, the exocrine glands in oribatid mites contain compounds of hydrocarbons, terpenes, aromatics, alkaloids and cyanogenic compounds. The exocrine glands produce chemical toxins as potent agents for chemical defense against predators as well as for intraspecific connections. Given the abundance of oribatid mites and their potential predators, knowing their defense mechanisms is crutial to understanding nutritional interactions in food networks of soil.

Key words

Oribatid, Defence mechanism, External glands, Chemical defence, Ptychoidy defence