



المجلة الليبية لوقاية النبات

Libyan Journal of Plant Protection

<http://www.ljpp.org.ly>

ISSN : 2709-0329

مرض النوزيما (Nosemosis) على نحل العسل *Apis mellifera*

الهاشمي علي اغليو

قسم الانتاج النباتي، كلية الزراعة – جامعة مصراته

Received –May 3, 2024; Revision –July 27, 2024; Accepted –August 2, 2024; Available Online – August 10, 2024.

*Corresponding author E-mail: Agleyo1@yahoo.com (Alhashmi Ali Aglyo)

المستخلص /

يعتبر مرض النوزيما (Nosemosis) من أخطر الأمراض التي تصيب نحل العسل (*Apis mellifera*) في العالم، وقد سجل هذا المرض في كل قارات العالم أفريقيا، آسيا واوربا بالإضافة إلى الأمريكيتين وأستراليا، ويسبب هذا المرض متطفلان من الفطريات البوغية وحيدة الخلية هما *Nosema apis* و *Nosema ceranae*، جراثيم الطفيل بيضية أو أسطوانية الشكل، وتتميز بوجود خيط قطبي له عدة لفات تستعمله في اختراق خلايا العائل، وحقن مادتها الجينية فيه. الأفراد الثلاثة في طائفة النحل (الشغالات، الذكور والملكات) معرضة للإصابة به، حيث تهاجم الجراثيم الخلايا الطلائية للقناة الهضمية، وتنمو وتتكاثر فيها منتجة عدداً كبيراً من الجراثيم، ومسببة خللاً واضطراباً في هضم وامتصاص الغذاء، وتنقل العدوى بهذا المرض عن طريق الغذاء الملوث بالجراثيم، وتنتشر الإصابة بين طوائف النحل بواسطة السرقة والنحل الضال والتطريد، بالإضافة إلى الأدوات الملوثة. تتم مكافحة هذا المرض في معظم أنحاء العالم بواسطة الفيوماجلين، بالإضافة إلى عدة طرق أخرى كالتبخير بحمضي الاكساليك والفورميك، واستخدام بعض المركبات الطبيعية، والعديد من المستخلصات النباتية و عدة مواد أخرى. كما تلعب العمليات والإجراءات التي يقوم بها مربو النحل للحفاظ على الطوائف قوية وفي حالة جيدة طوال العام اثر فعال في مكافحة مرض النوزيما والوقاية منه. تهدف هذه الدراسة المرجعية إلى تسليط الضوء على مرض النوزيما، خاصة من ناحية المسبب والتشخيص والأعراض، وضرره وطرق مكافحته.

الكلمات المفتاحية : النوزيما , نحل العسل , *N. ceranae* , *N. apis* , *Nosema* , *Apis mellifera*

يعتبر نحل العسل *Apis mellifera* من أهم الحشرات النافعة، سواء لمنتجاتها المتعددة المفيدة، وللدور الكبير والأساسي الذي تقوم به في عملية تلقيح معظم أزهار المحاصيل النباتية [126]، تعتبر المسببات المرضية من أكثر العوامل المؤثرة على النحل ومنتجاته في كل أنحاء العالم [35]، وقد شهدت هذه الأعوام تزايد نسبة موت النحل في عدة مناطق من العالم، في ظاهرة أطلق عليها ظاهرة "انهيار طوائف النحل" (colony collapse disorder), [95]. وهي ظاهرة يحدث فيها اختفاء غريب ومفاجئ للنحل من خلاياه [64]، ويعود سبب حدوث هذه الظاهرة إلى العديد من المسببات المرضية والمتطفلات، مثل الفيروسات والفطريات والبكتيريا وحلم الفاروا *Varroa destructor* والتسمم بالمبيدات، وغيرها من العوامل الأخرى [65]، كما يعتقد أيضا أنها تحدث بعدة مسببات في آن واحد [28]، إلا إنه وفي العديد من الدراسات والأبحاث قد تُشير إلى أن مرض النوزيما (Nosemosis) مسبب هائم وخطير لهذه الظاهرة [107,99,19]. اعتبر مرض النوزيما من أخطر وأشد الأمراض التي تصيب نحل العسل في العالم [44,22]، هو مرض خطير وواسع الانتشار عالمياً، حيث سجل إصابة نحل العسل *A. mellifera* به في كل قارات العالم [76]، ولقد أثبتت العديد من الدراسات أنسبب هذا المرض طفيل إجباري من جنس *Nosema* ينتمي إلى الفطريات البوغية أو البوغيات (microsporidian) [61]، وهذه الكائنات المجهرية ذات انتشار واسع في الطبيعة، وتحتوي على 160 جنساً، وتضم أكثر من 1200 نوعاً، ومنها ما يسبب أمراضاً خطيرة للبشر [30,26]، واكتشفت أول إصابة به على نحل العسل في القناة الهضمية عام 1857م، وعُرف الطفيل على أنه فطر، وأطلق عليه اسم *Nosema apis* بواسطة Zander عام 1909م [68]. تهاجم جراثيمه الخلايا الطلائية المبطننة للقناة الهضمية للنحل المسؤولة عن عملية هضم وامتصاص الغذاء [78]، مما يتسبب عن ذلك ظهور عدة أعراض مرضية على النحل،

مؤدية إلى حدوث ضعف شديد به، وعند شدة الإصابة قد تنتهي الطائفة بالكامل [64].

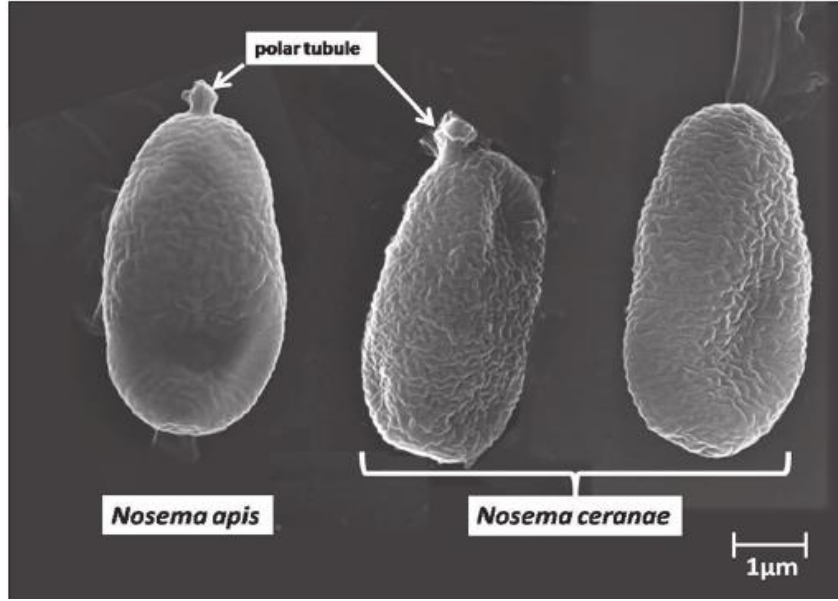
يعتمد في مكافحة هذا المرض في الأساس على مركب الفيوماجلين في مختلف أنحاء العالم [17]، بالإضافة إلى مواد ومركبات أخرى، مثل حمض الأوكساليك و الفورميك [132,98]، و عدة أنواع من المستخلصات النباتية [10]، وعدد من المضادات الحيوية [17].

الانتشار: النوزيما مرض واسع الانتشار عالمياً، حيث تم تسجيله في كل قارات العالم آسيا وأفريقيا وأوروبا والأمريكتين وأستراليا [76]، ولا يكاد يخلو منه قطر يُربى فيه نحل العسل في العالم [105]، وفي العقد الأخير حدث انتشار واسع وسريع لمرض النوزيما المتسبب عن الطفيل *N. ceranae* في العديد من بلدان البحر المتوسط، وفي نفس الوقت لم يسجل الإصابة بمرض *N. apis*، كما أن معظم الدراسات والتقارير الحديثة أكدت أن إصابة نحل العسل *A. mellifera* بالمرض *N. ceranae* هي الأكثر انتشاراً من إصابته بالمرض *N. apis* حتى ساد اعتقاد بأنه المسبب الوحيد للمرض [131,76]، كما أن له القدرة على الانتشار في مناطق مختلفة المناخ، والظروف الجوية بصفة عامة، كما سجل في المناطق الباردة مثل كندا [135]، والحارة مثل السعودية [6]، والمدارية مثل المكسيك [56]، والمعتدلة في البحر المتوسط كإسبانيا [63]، وحسب ما ذكره Martin-Hernandez وآخرون [89]، فقد سجل مرض النوزيما المتسبب عن الممرض *N. ceranae* في 18 دولة أوروبية وفي 9 دول آسيوية، وفي أمريكا الجنوبية سجل في 6 دول بالإضافة إلى الولايات المتحدة وكندا وأستراليا، أما في الدول العربية فقد سجل في كل من الأردن والسعودية ومصر والجزائر، وإلى عام 2015 وعلى مختلف سلالات نحل [126] *A. mellifera*، وفي ليبيا سجل مرض النوزيما المتسبب عن الطفيل *N. apis* [34]، بالإضافة إلى المتسبب عن *N. ceranae* [4]. يعود سبب هذا الانتشار الواسع والسريع لمرض النوزيما عبر العالم لسهولة انتقال جراثيمه بواسطة العمليات التجارية، باستيراد طرود النحل والملكات،

جرثومة مرض النوزيما وحيدة الخلية ذات نواة حقيقية (ukaryotic)، لها قدرة عالية على المقاومة، وتحتوي على خيط قطبي (polar fiber)، ترسل من خلاله مادتها الوراثية إلى العائل المتطفلة عليه [52,8]، وهي ذات شكل اسطواني منتظم، مع طرف مذبذب، ولها خاصية انعكاس لضوء المجهر العادي [43]. رغم تشابه جرثومتي المرض إلى درجة كبيرة جداً إلا أنهما يختلفان في التركيب المورفولوجي [113]، ولا يمكن التفريق بينهما وتحديد أو مشاهدة الاختلافات بينهما إلا بواسطة استخدام المجهر الإلكتروني [37]، وبصفة عامة فإن جرثومتي *N. apis* أكبر حجماً من جرثومتي *N. apis* [112,41] و *ceranae*، وفي المسبب *N. apis* يصل طول الجرثومة ما بين 4.6-6.4 ميكرون، وعرضها ما بين 2.5-3.4 ميكرون، بينما يبلغ طول جرثومة *N. ceranae* 3.3-5.5 ميكرون ويتراوح عرضها ما بين 2.3-3 ميكرون [94]، وبرغم أن بعض الدراسات قد أثبتت التشابه الكبير في التركيب الداخلي لجرثومتي النوعين [51]، إلا أن دراسات أخرى أشارت إلى وجود اختلاف في عدد لفات الخيط اللولبي داخل الجرثومة، ففي *N. apis* تبلغ عدد لفات الخيط أكثر من 30 لفة [82,39]، بينما تتراوح عدد لفاته في *N. ceranae* ما بين 18-21 لفة [21]، وتعد عدد لفات هذا الخيط اسهل طرق التفريق بينهما [16]، كما أن القوام الخارجي لجرثومتي *N. apis* به طيات أضخم، مع زخرفة على شكل أحاديدي بينها مسافات أطول، وحواف أوسع، بينما في *N. ceranae* القوام الخارجي للجرثومة يبدو أكثر تماثلاً، وزخرفة ذات أحاديدي أعمق، وهي علامة دالة أيضاً للتفريق بينهما عند استخدام المجهر الإلكتروني [112] (شكل 1).

ومنتجات وأدوات تربية النحل الملوثة، والحاملة لهذه الجراثيم [126]، حيث ثبت وجود الجراثيم في عينات من الغذاء الملكي مستورد من الصين [28]، وفي عينات من العسل مستورد من أستراليا [47]، هذا بالإضافة إلى قدرة هذه الجراثيم الكبيرة على تحمل ومقاومة الظروف الخارجية بشتى أنواعها، والبقاء لعدة سنوات دون أن تفقد قدرتها على العدوى [24]، كما يعتقد أيضاً أن زيادة الطلب في استخدام النحل في عملية تلقيح النباتات داخل الصوبات الزجاجية قد زادت من انتشار هذا المرض [89].

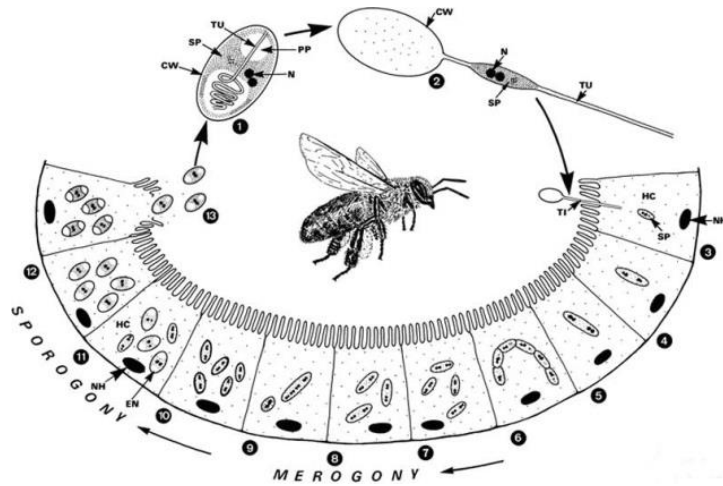
الكائن الممرض (المسبب) : يحدث هذا المرض بسبب إصابة نحل العسل بنوعين من جراثيم جنس *Nosema* هما *N. apis* و *N. Ceranae* [89]، وقد دلت نتائج الدراسات الأولى على أن إصابة نحل العسل بهذا المرض إن لمسيبه الطفيل *N. apis* والذي تم وصفه منذ حوالي مئة عام مضت [104,103]، عندما تم اكتشافه من قبل Zander عام 1909 داخل القناة الهضمية للنحل، وأطلق عليه هذا الاسم [61]، وفي عام 1996 تم اكتشاف النوع الثاني المسبب لمرض النوزيما على نحل العسل الهندي *Apis ceranae*، وتمت تسميته *N. ceranae* [42]، أما في النحل العسل الغربي *A. mellifera* فقد سجلت أول إصابة بهذا الطفيل عام 2005 في تايوان [22]. النوعان متطفلان إجباريان، وينتميان إلى مملكة الفطريات (Fungi) شعبة ألبوغيات (Microsporidid) عائلة (Nosematidae) جنس (*Nosema*)، الذي يحتوي على أكثر من 150 نوعاً [95,8]، إلا أنه وفي عام 2017 تم تسجيل نوع جديد يصيب نحل العسل *A. mellifera* في أوغندا أطلق عليه اسم *N. neumanni* [20].



شكل (1) : المظهر الخارجي لجراثيم *Nosema* [112].

للتوعين نفس دورة الحياة داخل خلايا العائل، ويختلفان فقط في طول مدة الدورة، إذ تستغرق في النوع الأول 5 أيام، بينما تستمر في النوع الثاني 3 أيام فقط [95]، تمر دورة حياة الطفيل بعدة أطوار خلال مرحلتان، الأولى مرحلة التكاثر (merogony) والثانية مرحلة تكوين الجراثيم وتحررها (sporogony) [112]، حيث يبدأ الطفيل باختراق غشاء خلية العائل بواسطة الخيط القطبي، ينشأ بعدها طور متحرك (planont)، يبلغ حجمه 1 ميكرون وله نواتان تندمجان فيما بعد، ثم يخترق الأنسجة الطلائية للأمعاء، حيث يتغذى وينمو، ثم يبدأ في الانقسام، ليتحول إلى طور (meronts) بحجم ما بين 5.3 – 7.5 ميكرون، في هذا الطور تبدأ الجراثيم في الانقسام مرة أخرى للتحويل إلى طور (Sporonts)، والتي لها غطاء خارجي كثيف، تملأ تجاوبف الخلايا الطلائية وتدمرها، ثم تعاود الانقسام بعد أن تتحول إلى طور رقيق متناول أو حلقي، مكونة الجراثيم [48,42,29]، وقد ذكر

لغشاء خلية العائل يحدث انتفاخ سريع لفجواته الغذائية، مما ينتج عنه ضغط شديد على محتويات خلية، فتندفع خارجاً عبر خيطه القطبي، حيث تبدأ بعدها مرحلة التكاثر والانقسام، مروراً بتلك الأطوار، حتى تتحرر الجراثيم بعد أن تحلل محتويات خلية العائل، وهذه الجراثيم المتحررة منها ما تطرح خارجاً عبر المستقيم في المخلفات البرازية للنحل، والبعض منها تبقى في القناة الهضمية لتعاود مهاجمة خلايا طلائية أخرى [50]. (شكل 2) كما سجلت ثلاثة أنواع أخرى من جنس *Nosema* هي *N. neumannii* على نحل العسل في اوغندا و *N. thomsonii* على النحل الانفرادي *Andrena vaga* في بلجيكا و *N. portugal* على النحل الطنان *Bombus sp* في تشيلي والارجنتين [55].



شكل (2) : دورة حياة طفيل *Nosema* [134].

والغذاء الملكي الملوث بجراثيم المرض من الطوائف المصابة [66,47,28], كما ذكر Higes وآخرون [65] ان الطيور الأكلة للنحل مثل *Merops apiaster* قد تكون سبباً في نقل الجراثيم، وذلك بقذف ما تتجرعه من بقايا النحل المصاب على خلايا النحل أو بالقرب منها، وهناك احتمال كبير جداً لانتقال جراثيم المرض بواسطة الهواء داخل المنحل عن طريق الشغالات السارحة، والملوثة أجسامها بالجراثيم [124]، وقد توجد جراثيم المرض في السائل المنوي للذكور، وبالتالي فإنه من الممكن انتقالها إلى الملكات عند عملية تلقيحها [116]، إلا أن الدراسات اثبتت أن المرض لا ينتقل إلى البيض الذي تضعه الملكة [136,69].

التشخيص: يمكن أن تشخص جراثيم النوزيما والتعرف عليها بسهولة بواسطة المجهر الضوئي العادي، باستخدام قوة تكبير (400x) [95,41]، وأسهل طريقة لعد الجراثيم تكون باستخدام جهاز Haemcytometer الاعتيادي [72]، ولأن لهذه الجراثيم خاصية انعكاس لضوء المجهر فإنه لا تتطلب العملية استخدام الأصباغ، لكن باستخدام صبغتي Giemsa و Toluidine يمكن رؤيتها بوضوح أكثر [41]، بينما في حالة تعريف وتحديد النوع فيلزم استخدام المجهر الإلكتروني [137]، ولأخذ العينات تفحص مخلفات الخلايا والشغالات الميتة في فصل الشتاء [94]، كما يمكن أيضاً فحص عينات من براز النحل [69]، واسهل طريقة هي اخذ 20 – 30 شغالة

انتقال العدوى: ينتقل المرض عبر تناول الغذاء والماء الملوث بالجراثيم [38]، وتبادل الغذاء بين الشغالات، وهو ما يفسر انتشار المرض السريع داخل الطائفة [120]، وقد لوحظ أن الشغالات تقوم بلعق المخلفات المطروحة داخل الخلية من النحل المصاب، وسبب ذلك أن هذه المخلفات تحتوي على كميات من السكريات غير مهضومة، مما يغري ويجذب النحل للعثق والتغذي عليها [112]، إلا أن انتقال جراثيم النوع الثاني *N. ceranae* عبر المخلفات البرازية أمر مستبعد، بسبب أنه لا يحدث إسهال للنحل المصاب به [120]، وقد تكون الأزهار التي يزورها النحل مصدراً للعدوى إذا انتقلت إليها جراثيم المرض عبر الشغالات السارحة المصابة [50]، وقد تبث أن حبوب اللقاح هي أحد مصادر العدوى، سواء تلك التي في الأزهار، أو حتى المخزنة داخل العيون السداسية [95,74]، ومن الأمور التي تساعد في انتقال المرض وزيادة شدة الإصابة به الطقس البارد الذي يعيق خروج النحل لطرح فضلاته البرازية خارج الخلية [69]، كما تبث أيضاً أن التعرض للمبيدات والإصابة بحلم الفاروا *V. destructor* ومرض الحضنة الطباشيري ومرض الشلل الفيروسي، بالإضافة إلى قلة الغذاء تزيد من شدة الإصابة داخل الخلية [69]، كما تنتقل العدوى عبر عض أو لعق النحل لشعيرات جسمه الملوثة بالجراثيم [135]، ومما يسبب في انتقال العدوى بين الطوائف حدوث عملية السرقة، عندما يُنهب فيها العسل أو حبوب اللقاح

المرضى *N. apis* بواسطة أخذ عينة من أمعاء النحل، والتي تكون في الحالة العادية والسليمة صفراء إلى بنية اللون، ويتحول لونها إلى الأبيض في حالة وجود إصابة (شكل 3) [95]، وتتم هذه العملية بسحب الجزء الخلفي من بطن الشغالة بواسطة ملقط عادي، بعد تخديرها بغاز ثاني أكسيد الكربون Co2 [41].

وتمزيق وطحن بطونها في كمية قليلة من الماء ثم الكشف تحت المجهر [41]، إلا أنه وعند الكشف عن جراثيم المرض يجب أخذ العينات من الشغالات السارحة خارج الخلية، أو تلك التي عادة ما تكون متواجدة في صناديق العاسلة، لأن أعلى إصابة بهذا المرض تكون في الشغالات السارحة [119,93,41]. يمكن أيضا الكشف عن الإصابة بمرض النوزيما المتسبب عن



شكل (3) : تغير لون القناة الهضمية نتيجة الإصابة بالنوزيما المتسببة عن *N. Apis* : A مصابة، B سليمة [115].

للشغالات الحاضنة و يصغر حجمها، وهي التي تفرز الغذاء الملكي مما يؤثر كثيرا في تغذية الحضنة والملكة أيضا [133,83]، بالإضافة إلى إزدياد عملية فقد الدهون [80]، ونقص في الاحماض الدهنية ومعدلات البروتين في الدم [105]، كما يستهلك الكائن الممرض كمية كبيرة من الكربوهيدرات اللازمة لاتمام دورة حياته [89]، ويحدث نقص كبير في سكر Trehalose الامر الذي يفسر عدم قدرة الشغالات المصابة على الطيران [50].

تصيب الجراثيم أيضا أنابيب ملبيجي والغدد البلعومية و اللعابية والأجسام الدهنية، بالإضافة إلى كيس السم [24,22]، غير أن

الأعراض والأضرار: تصيب جراثيم الطفيل جميع الخلايا الطلائية في اليوم السابع من الاختراق، وهذا ما يفسر ارتفاع نسبة موت الشغالات في اليوم السابع والثامن من أصابتها بالمرض [62]. والخلية الطلائية المصابة تصبح متطاولة، ويحدث إزاحة قمية لنواتها ويموت العديد منها، ويزداد عدد الميتاكوندريا، وتصبح أشكال الفجوات الغذائية والليوسومات غير منتظمة [32]، ونتيجة لتحطم الخلايا الطلائية يحدث تلف للأعضاء، وتزداد شراهة النحل للغذاء نتيجة شعوره المستمر بالجوع [1]، كما تنخفض عمليات هضم الطعام، وتظهر علامات الجوع في الطائفة، وتنخفض إفرازات الغدد البلعومية

وتستغرق وقت أطول في سروحها لجلب الغذاء، مع العودة بكميات أقل من الطبيعية [2,100]، وقد نُسب هذا التغير المبكر إلى تأثير المرض على إنتاج هرمون Ethyl oleate الذي ينظم نمو وتطور الشغالات، وتحولها من حاضنة إلى سارحة [31,79]، وقد يعود سببه أيضاً إلى زيادة في معدل إفراز هرمون الشباب (JH) [22]، ومما يزيد الأمر سوءاً، هو أن الشغالات السارحة الجالبة للغذاء تكون عادة أكثر عرضة للإصابة من بقية الشغالات العاملة الأخرى [93]، الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض حاد في إنتاج العسل، يصل إلى ما يقرب من 50 – 67 % [12,15]، كما ينخفض عمر هذه الشغالات بنسبة تتراوح ما بين 22 – 44% [105]. في حالة إصابة النحل بالمرض المتسبب عن الممرض *N.apis*، فإن الأعراض العامة التي يسببها هذا الطفيل يمكن ملاحظتها بسهولة، مثل حدوث تمدد لبطن الشغالات، وضعف وارتجاف جسمها، ومشاهدتها زاحفة وغير قادرة على الطيران بصورة طبيعية، مع وجود أعداد كبيرة من النحل الميت قرب الخلية، وانتشار بقع إسهال بنية اللون على الإطارات، وعند مدخل الخلية (شكل 4)، بالإضافة إلى ارتفاع معدل الموت خلال الشتاء، ونقص شديد في الحضنة مع بطء في نمو الطائفة واسترداد قوتها المعتادة في الربيع [40,87].

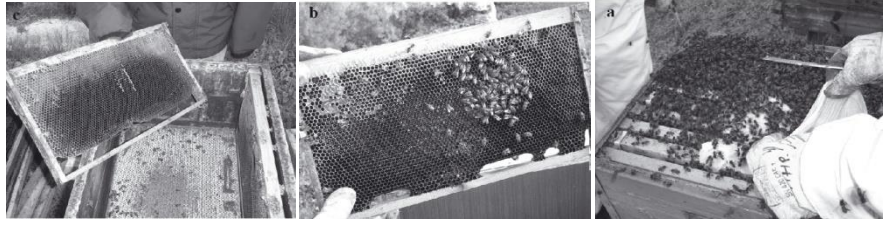
شدة الإصابة لهذه الأعضاء قد تتفاوت نسبتها داخل جسم النحل، ففي إحدى الدراسات بلغت نسبة إصابة القناة الهضمية 100 % وفي أنابيب مليجي والغدد البلعومية 87 %، و 70 % في الغدد اللعابية، بينما لم تتجاوز الإصابة 20 % في الأجسام الدهنية [22]، كما ذكرت العديد من الدراسات أن مرض النوزيما له تأثير كبير على جهاز المناعة للنحل [7,125]. أما الأعراض والسلوكيات العامة التي تحدث للنحل المصاب بمرض النوزيما، فتتمثل في إنخفاض سلوك تبادل للطعام، وبهذا ينقص التواصل الاجتماعي بين شغالات الطائفة الواحدة [101]، وتصبح الشغالات المصابة خاملة، وتتكاسل في أداء أعمالها داخل الخلية [103]، وتصبح غير قادرة على الاستجابة لاحتياجات ومتطلبات الطائفة بجميع أنواعها، مما يؤدي في النهاية إلى هلاك الطائفة [64]. يستهلك الطفيل الغذاء في معدة النحل كمصدر للكربونات والنيتروجين بواسطة أنزيمات خاصة [77]، ويحدث نقص في السكريات الثنائية في الدم للشغالات السارحة، مما يؤثر على مقدرتها على الطيران والتخلي عن توفير إحتياجات الطائفة الغذائية، والانشغال بتغذية نفسها، وسد جوعها [92]، والنحل المصاب يجمع كميات أقل من حبوب اللقاح [5]، كما أن الشغالات السارحة تفقد قدرتها في تحديد موقع الخلية أثناء العودة [67]، وتبدأ الشغالات في نشاط السروح في سن مبكر [117,129]،



شكل (4): بقع الإسهال على جدران الخلية نتيجة الإصابة بجراثيم *N. apis*. [57]

الدهنية. تتلخص الإصابة وأعراض المرض بحدوث انخفاض تدريجي لعدد شغالات الطائفة، وتزداد نسبة موتها خلال فصلي الخريف والشتاء [63]. وعادة ما يحدث الموت بعيداً عن الخلية [106,23]. تمر هذه العملية بصفة عامة في طوائف النحل بثلاثة مراحل متتالية، المرحلة الأولى بدون ظهور أي أعراض، وفي نهاية الخريف تبدأ المرحلة الثانية بموت الشغالات ووضع الملكة لكميات كبيرة من البيض لتعويض الفاقدة، وتبدو فيها الطائفة بأنها في حالة جيدة، غير أن الشيء الغريب والمميز هو عدم حدوث تطريد رغم امتلاء الخلية، وفي المرحلة الأخيرة يحدث اختفاء مفاجئ لمعظم الأفراد، ولا تبقى إلا الملكة وعدد قليل من الشغالات والحضنة، وكميات وفيرة من الغذاء، وفي النهاية قد تهلك الطائفة بالكامل إذا لم يتم علاجها [68,64] (شكل 5).

أما إذا كان حدوث المرض ناشئاً عن الإصابة بجراثيم الممرض *N. ceranae*، ورغم أن جراثيم هذا الممرض تدمر الأنسجة الطلانية أكثر بثلاثة أضعاف من *N. apis* [36]، إلا أننا لا نشاهد الأعراض الخارجية الاعتيادية لمرض النوزيما، مثل حدوث الإسهال، وزحف الشغالات، وتغير لون القناة الهضمية الناتجة من الإصابة بجراثيم *N. apis*، ولهذا أطلق عليه اسم مرض النوزيما الجاف [91]. فأعراض هذا المسبب تختلف عن أعراض الإصابة التي يحدثها الممرض *N. apis* [41]، حيث لا تظهر على النحل أي أعراض واضحة، وعادة ما يموت النحل المصاب منهكاً وبعيداً عن خليته، ولهذا سمي أيضاً المرض القاتل في صمت [45]. وقد ذكر Sokolova وآخرون [122] أن عدم مشاهدة عرض زحف النحل يرجع سببه إلى عدم إصابة العضلات وعدم انتفاخ البطن، أما عدم تغير لون القناة الهضمية يعود سببه إلى عدم إصابة الأجسام



شكل (5): مراحل الإصابة بمرض *Nosema*: a- طائفة قبل الإصابة، b- بعد 18 شهر من الإصابة يتبقى قليل جداً، c- بعد أيام معدودة تنتهي الطائفة [68].

الأشرطة التي تستخدم في مكافحة الفارو *V.destructor* داخل الخلايا وذلك بسبب قلة لمس واحتكاك الشغالات بهذه الأشرطة [13].

الإصابة: مرض النوزيما يصيب أفراد الخلية الثلاثة الشغالات والذكور والملكة [64,23]، إلا أن الشغالات السارحة هي أكثر عرضة للإصابة بالمرض من بقية أفراد الطائفة [118,93]، وهو يصيب أيضاً طوري اليرقة والعذراء [131,33]. ورغم أن الملكة هي أقل عرضة للإصابة بالمرض [18]، إلا أنها يمكن أن تصاب في كل أطوارها العمرية اليرقة والعذراء والملكة والعذراء وحتى الملكة الملقحة [130]، وقد تكون إصابة الملكة بالمرض بسبب تلوث الغذاء الملكي الذي تتغذى عليه بجراثيم المرض [99]. وقد تمت دراسة تأثيره على الملكة منذ عام 1948، عندما تم عزل جراثيم المرض من القناة الهضمية لملكات بدت عليها بعض الاعراض المرضية في ذلك الوقت [58]، وتزداد إصابة الملكة بالمرض خلال فصل الشتاء بسبب كثرة اتصالها بالشغالات المصابة، ويحدث نقص في إنتاج هرمون vitellogenin المسؤول عن الخصوبة ونقص في مضادات الأكسدة بالإضافة إلى نقص في إفراز الفوكو السفلية [3]، مما يؤثر على نمو وتكون البيض، وقد تتوقف الملكة عن وضع البيض [84]، وفي تجربة معملية تمت فيها معاملة البيوت الملكية بجرعات كبيرة من جراثيم المرض كانت النتيجة عدم وصول أي ملكة إلى الطور الكامل، وماتت معظمها في الطور اليرقي [99]، وعند اشتداد الإصابة، فإن ذلك يؤدي إلى موت الملكة في غضون أسابيع قليلة [123]، وعادة ما تقوم الطوائف المصابة بتغيير ملكتها الأم [3]، وقد

تحدث الإصابة بالمرض على مدار العام، وترتفع خلال فصلي الربيع والصيف، لكن تبلغ ذروتها في الشتاء [64]، لأن هذا الطفيل يستطيع التكاثف في درجات الحرارة العالية، وله قدرات حيوية أعلى من *N. apis* [49]، فجراثيمه مقاومة للجفاف، وتستطيع تحمل درجات حرارة تصل إلى 60°م [90,36]، وهذا على نقيض *N. apis* الذي جراثيمه حساسة جداً لدرجات الحرارة المنخفضة [48,44]، ولهذا فهو يشكل خطورة أكبر على طوائف النحل خلال فصل الصيف والطقس الدافئ [14]، بالإضافة إلى أن له قدرة أكبر في التكاثف والتعامل مع جهاز المناعة في جسم النحل [23]، كما أن الإصابة به قد تستمر طوال العام، وأحياناً بدون ظهور أعراض واضحة، وذلك على عكس الممرض *N. apis*، والذي عادة ما تختفي الإصابة به في الفصول الدافئة، خاصة عند بدء فيض الرحيق [91]، وذكر Marin-Garcia وآخرون [88]، أن تأثير المرض الخطير على الطائفة يحدث إذا زادت نسبة إصابة الشغالات فيها عن 80%، وزاد عدد الجراثيم عن 10 مليون جرثومة. بصفة عامة تعتبر أعراض مرض النوزيما ليست ثابتة وقد تختلف من مكان إلى آخر في العالم، ويرجع ذلك إلى نوع السلالة والإجراءات النحلية التي يمارسها مربو النحل، وعدة عوامل أخرى حيوية وغير حيوية [41]، فقد لوحظ أن شدة الإصابة بمرض النوزيما تجعل طوائف النحل أكثر حساسية وتأثراً بالمواد الكيميائية المستخدمة في مكافحة آفات النحل [133]، وفي المقابل وجد أن النحل الذي تمت تربيته في أفراس شمعية ملوثة بمواد كيميائية مثل *fluvalinate*، *endosulfan*، *chlorpyrifos* كان أكثر حساسية للإصابة بمرض النوزيما [89]، وفي الجانب الآخر أيضاً لوحظ انخفاض تأثير وفعالية

يُعزى هذا السلوك الى نقص فرمون المادة الملكية الذي تنتجه الملكة [50].

أما في حالة الذكور، فقد ذكر [131,33] أن المرض يصيب طوري العذراء وما قبل العذراء للشغالات والذكور معاً، كما تصاب الذكور البالغة حيث تتصف بصغر حجمها، وقصر العمر مع ضعف خصوبتها [69]، كما تصبح غير قادرة على تلقيح الملكات، بسبب تدهور صحتها، وإصابة جهازها التناسلي وضعف سائلها المنوي [73]، ويقصر عمر الحيوانات المنوية فيه [108]، بالإضافة إلى موت ذكور الطائفة بأعداد كبيرة [114]، ويحدث نقص حاد في عددها داخل الطائفة، ربما بسبب توقف الشغالات عن تغذيتها بعد اكتشاف إصابتها بالمرض [50]. يصيب مرض النوزيما بالإضافة إلى النحل الغربي *A. mellifera* والهندي *A. ceranae* النحل العملاق *A. dorsata* والنحل القزم *A. florea* [19]، والنحل الأحمر *A. Koschevnikovi* [11]، وقد اشارت بعض الدراسات الى ان سلالة النحل الايطالي هي اكثر حساسية للاصابة بمرض النوزيما من السلالة الافريقية والروسية [89]، كما سجلت أصابته على أنواع النحل الأخرى مثل النحل الطنان (Bumble bees)، والنحل غير لاسع (Stingless bees)، والنحل البري (Solitary bees) [89,54,53]، بالإضافة إلى فصيلة الدبور الأحمر (Vespidae) [110,89]، كما يصيب هذا الطفيل العديد من الحشرات الأخرى غير النحل، مثل البعوض والجراد والذباب والخنفس والدبابير والفرشات [89].

لمكافحة: نظرا للتشابه الكبير في التركيب المورفولوجي والوراثي لمسببي مرض النوزيما *N. apis* و *N. ceranae*، فإنه يمكن مكافحتهما بنفس الطرق والإجراءات تقريباً [123]. ويعتبر Fumagillin-BVR أو Fumidil B العلاج الكيميائي الوحيد المسجل لمكافحة مرض النوزيما في عالم تربية النحل في العديد من أقطار العالم [89]، وهو مضاد حيوي عزل عام 1949م من فطر *Aspergillus fumigatus*، واستخدم في علاج مرض النوزيما منذ أكثر من 60 عاماً [60]، ورغم أن Huang وآخرون [71] قد ذكر أن

استخدامه قد يفاقم الإصابة *N. ceranae* بدلاً من كبح جماحها، أكدت عدة دراسات أخرى إمكانية استخدامه في علاج هذا المرض [138,17]، والجدير بالذكر أن هذا المضاد الحيوي غير مسموح باستخدامه في العديد من الدول بسبب تلوثه لمنتجات النحل وارتفاع نسبة بقائيته فيها [109,102,95]، بالإضافة إلى إمكانية لحاق الضرر بالنحل وبالبشر أيضاً [89]، فقد مُنع استخدامه في دول الاتحاد الأوربي منذ عام 2000م [59]، وحُظر استخدامه في كل من الولايات المتحدة وكندا [138]، لكن وللتقليل من ضرر البقائيه ينصح باستخدامه في نهاية الخريف وحتى بداية الربيع [138]، كما تبث أن استخدامه في الخريف أعطى نتائج أكثر فاعلية في تقليل إصابة الطوائف بالنوزيما المتسببة عن *N.* [12] *ceranae* ويستحسن معاملة الطوائف به نصف سنوياً [81]. ولتجنب المخاطر التي تصاحب استخدام المبيدات بصفة عامة يمكن اللجوء إلى طرق أخرى لمكافحة وعلاج هذا المرض مثل مكافحة الحيوية. والتي من بينها استخدام أنواع من البكتيريا مثل *Bacillus johnsonii* و *Bacillus subtilis* [85]، واستخدام بكتيريا الأبيض، والتي تتواجد عادة في أمعاء النحل مثل *Bacillus* و *Entorococcus* [109]، كما أظهر خليط من عدة أنواع من الأجناس البكتيرية *Bifidobacteria*، *Lactobacillus*، *Lactococci*، *Pediococci* تأثيراً فعالاً ضد هذا المرض [89]، بالإضافة إلى *Bactocell*، *Parasacharibacter* [17]، *Levucell*، كما تستخدم عدة مواد أخرى في مكافحة مرض النوزيما كالتبخير بواسطة حمض الأستيك وأكسيد الإيثيلين [70]، وحمض الأوكساليك المستخدم في مكافحة الفاروا [98]، وكذلك حمض الفورميك [123]، ومادتي Metronidazole و Tinidazole [17]، كما وُجد أن تعقيم الإطارات وبقية الأدوات باستخدام أشعة جاما كفيل بالقضاء على كل الجراثيم المسببة لهذا المرض وحتى للأنواع الأخرى من الجراثيم [123]. كبديل لاستخدام المواد الكيميائية في مكافحة النوزيما تم استحداث طريقة مكافحة جديدة يطلق عليها (natural phytopharmacological preparations)

73 اغليو <http://www.ljpp.org.ly> المجلة الليبية لوقاية النبات؛ العدد (14) 2024

ومن أمثلتها ما يسمى (BeeCleans)، وهو مركب يحتوي على خليط من عدة أعشاب نباتية وفيتامينات ومعادن وأحماض زيتية، وهو فعال جداً في خفض أعداد الجراثيم [128]، وتستخدم عدة مركبات طبيعية أخرى مثل Nozevit المستخرج من شجر الزان الجنوبي وهو غني بمادة ألتانين التي تشجع الطبقة الطلانية على إفراز المخاط، بالإضافة إلى تغطيتها بغلاف مرن متماسك، يمنع أصابتها مرة أخرى بجراثيم النوزيما [128,45]، ومركب Zeolites الذي خفض في أحد التجارب عدد الجراثيم من 15 إلى 6.25 مليون في كل شغالة [46]، و Provigoro وهو مركب طبيعي يحتوي على البيوفلافونيد المستخلص من البرتقال الحامض [113]، واستخدم زيت نخيل الهند Vetiver و Thymol حيث كان لهذه المركبات تأثير فعال على المرض دون أن تلحق أي ضرر بالنحل، ويرجع سبب تأثيرها على جراثيم مرض النوزيما إلى خصائصها المضادة للأكسدة [86,27]، وتستخدم المركبات Noesrat Protofil , Vita Fffd Gold , Apis-HAERB Hive Alive كمكملات غذائية وعلاج في نفس الوقت [96,95,75]، بالإضافة إلى BeeWell و Nonosz [17] من المستخلصات النباتية الأخرى التي كان لها تأثير فعال ضد جراثيم المرض نبات شيح ابن سيناء (*Artemisiaabsinthium*) والثوم (*Alliumsativum*) والغار (*Laurusnobilis*) ونبات المته (*Ilexparaguariensis*) [111]، بالإضافة إلى ذلك، أختبرت بعض المستخلصات النباتية مثل Sulforaphane المستخلص من خضروات العائلة الصليبية و Carvacrol المستخلص من زيت الأوريغانو و Naringenin من ثمار الحمضيات وكان لها تأثير فعال على جراثيم المرض، إلا أنه كان لها أيضاً تأثير قاتل على الشغالات [9]، وقد اكتشف مؤخراً أن مادة ألبروبوليس لها أثر فعال في مكافحة المرض إلى جانب كونها من أكثر المواد الأمانة على كل مكونات طائفة النحل [97]، وتوجد مواد أخرى تحت التجربة والدراسة من بينها Acetyl salicylic acid , Artemisia , Aster dubia و absinthim , Aster scaber ,

Acacia gum و ©Protexin concentrate [89]. كما أن هناك عدة خطوات وإجراءات يمكن لمربي النحل القيام بها في إطار مكافحة هذا المرض من بينها تسخين الأدوات والإطارات على درجة 49م لمدة 24 ساعة مع مراعاة تأثير ذلك على الأقراص الشمعية [70]، والتهوية الجيدة للخلايا وحمايتها من الرياح الشديدة وتجنب وضعها في الأماكن الرطبة الظليلة والباردة، والتقليل من فحص الخلايا خلال الطقس البارد خاصة في الشتاء وبداية الربيع [127,70]، ووضع الخلايا في أماكن معرضة للشمس، تنظيف وإزالة مخلفات الخلايا في فصل الربيع، تعقيم وتنظيف الخلية من مخلفات البراز، تغذية الطوائف بمحاليل حبوب اللقاح لتنشيط وتحفيز الجهاز الهضمي للنحل [95]، بالإضافة إلى تغيير الملكات المسنة بأخرى أصغر [123]، كما أن تغيير الملكات المسنة بأخرى فتية يقلل من الإصابة بالمرض و قد يفيد في إيجاد نحل مقاوم له داخل طوائف المنحل [10]، هذه الإجراءات ستخلق ظروف غير مواتية لحدوث وانتشار العدوى بهذا المرض [123]. بصفة عامة يجب الأخذ في الاعتبار أن مكافحة مرض النوزيما صعب، وفي الغالب غير فعال، بالإضافة إلى ذلك ونظراً للمحاذير العديدة في طرق وإجراءات مكافحة هذا المرض فهي تنظم في أوروبا بتوجيهات وتوصيات من منظمتي الاتحاد الأوروبي والصحة العالمية [95].

الخلاصة والتوصيات : يتضح من هذه الدراسة أن مرض النوزيما مرض عالمي واسع الانتشار، واعتبره الكثيرون أنه من أشد الأمراض التي تصيب نحل العسل حيثما يُربي، ويصيب كل أفراد الطائفة الشغالات والذكور والملكات، غير أن ضرره على الشغالات يكون بدرجة أكبر، وهو يسبب أضراراً خطيرة لطوائف نحل العسل قد تؤدي في أحيان كثيرة إلى فقدانها بالكامل مما جعل هذا المرض أحد الأسباب المحتملة الرئيسية في ظاهرة تدهور طوائف النحل المفاجئ، وسجلت أصابته للنحل في ليبيا بمسببيه *N.apis* و *N. ceranae* ، الأمر الذي يستدعي إجراء العديد من الدراسات والأبحاث حول هذا المرض، لتقدير مدى خطورته وانتشاره في مختلف المناطق

طوائف النحل، فإنه يمكن أيضاً إجراء التجارب المعملية والحقلية لاختبار فاعلية بعض النباتات الطبيعية التي تنمو وتزخر بها بنتنا النباتية في مكافحته بدلاً عن تلك المركبات الضارة والخطيرة.

Research Studies in Agricultural Sciences, 1,15-20. ISSN 2454-6224
ww.arcjournals.org ©ARC

- [5]. **Anderson, D. and Giacon, H. 1992.** Reduced pollen collection by honey bee (Hymenoptera, Apidae) colonies infected with *Nosema apis* and sacbrood virus. *Journal of Economic Entomology*, 85,47-51.
- [6]. **Ansari, M., Al-Ghamdi, A., Nuru, A., Khan, K.A. and Alattal, Y. 2017.** Geographical distribution and molecular detection of *Nosema ceranae* from indigenous honey bees of Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences* , 4, 983-991.
- [7]. **Antunez, K., Marti ´n-Hernandez, R., Prieto, L., Meana, A., Zunino, P. and Higes, M. 2009.** Immune suppression in the honey bee (*Apis mellifera*) following infection by *Nosema ceranae* (Microsporidia). *Environmental Microbiology*,.11, 2284-2290.
- [8]. **Araneda, M., Cumianb, D. and Moralesa, X. 2015.** Distribution epidemiological characteristics and

في ليبيا، كما يجب توعية مربّي النحل بمدى خطورته، وكذلك الطرق العلمية الصحيحة في مكافحته أيضاً. ونظراً لخطورة مادة الفيوماجلين وغيرها من المركبات الأخرى المستعملة في مكافحته والتي تم منع استعمالها في العديد من الدول ونجاح العديد من المواد الطبيعية والمستخلصات النباتية في علاج

المراجع /

- [1]. **Alaux, C., Brunet, J. Dussaubat, C., Mondet, F., Tchamitchan, S. and Cousin, M. 2010.** Interactions between *Nosema* microspores and a neonicotinoid weaken honeybees (*Apis mellifera*). *Environmental Microbiology*, 12, 774-782.
- [2]. **Alaux, C., Crauser, D., Pioz, M., Saulnier, C. and Le Conte, Y. 2014.** Parasitic and immune modulation of flight activity in honey bees tracked with optical counters. *Journal of Experimental Biology*, 217, 3416-3424
- [3]. **Alaux, C., Folschweiller, M., McDonnell, C., Beslay, D., Cousin, M., Dussaubat, C., Brunet, J. and Le Conte, Y. 2011.** Pathological effects of the microsporidium *Nosema ceranae* on honey bee queen physiology (*Apis mellifera*). *Journal of Invertebrate Pathology*, 106, 380-385
- [4]. **Alfallah, H. and Gajda, A. 2015.** The First Detection of Multiple Honeybee Pathogens in Libyan Bees *Apis Mellifera*. *International Journal of*

- mellifera iberiensis*) at the colony level
Veterinary Research, 44, 25–14.
- [13]. **Botias, C., Martí'n-Hernandez, R., Barrios, L., Garrido-Bailon, E., Nanetti, A., Meana, A. and Higes, M. 2012b.** *Nosema* spp. parasitization decreases the effectiveness of acaricide strips (Apivar VR) in treating varroosis of honey bee (*Apis mellifera iberiensis*) colonies. *Environmental Microbiology Report*, 4, 57–65.
- [14]. **Bourgeois, A., Rinderer ,T., Beaman , L. and Danka , R. 2010.** Genetic detection and quantification of *Nosema apis* and *Nosema ceranae* in the honey bee. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103, 53-58.
- [15]. **Bravo, J., Carbonell , V., Valdebenito , J., Figueroa , C., Valdovinos , C. and Martí'n-Hernandez R. 2014.** Identification of *Nosema ceranae* in the Valparaíso District Chile. *Austral journal of veterinary sciences*, 7,487–491.
- [16]. **Burges, H., Canning, E. and Hulls, L. 1974.** Ultrastructure of *Nosema oryzaephili* and the taxonomic value of the polar filament. *Journal of Invertebrate Pathology*, 23, 135-139.
- [17]. **Burnham, A. 2019.** Scientific Advances in Controlling *Nosema ceranae* (Microsporidia) Infections in Honey Bees (*Apis mellifera*). *Frontiers in*
- control methods of the pathogen *Nosema ceranae* Fries in honey bees *Apis mellifera* L. (Hymenoptera Apidae) *Archivos de Medicina Veterinaria*, 47, 129-138.
- [9]. **Borges, D., Guzman-Novoa, E. and Goodwin, P. 2020.** Control of the microsporidian parasite *Nosema ceranae* in honey bees (*Apis mellifera*) using nutraceutical and immunostimulatory compounds. *PLoS One*, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227484>.
- [10]. **Botias, C, Martín-Hernández,R., Días,J., García-Palencia,P. and Matabuena,M. 2012c.** The effect of induced queen replacement on *Nosema* spp. infection in honey bee (*Apis mellifera iberiensis*) colonies. *Environmental Microbiology* 44, 845-859.
- [11]. **Botias, C., Anderson, D., Meana, A., Garrido-Bailon, E., Martí'n-Hernandez, R. and Higes, M. 2012a.** Further evidence of an oriental origin for *Nosema ceranae* (Microsporidia, Nosematidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 110, 108–113.
- [12]. **Botias, C., Martí'n-Hernandez, R., Barrios, L., Meana, A. and Higes, M. 2013.** *Nosema* spp. infection and its negative effects on honey bees (*Apis*

- honey bee *Apis mellifera*. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 56, 142-147.
- [22]. **Chen, Y., P. and Huang, Z.Y. 2010.** *Nosema ceranae* a newly identified pathogen of *Apis mellifera* in the USA and Asia. *Apidologie*, 41, 364–374
- [23]. **Chen, Y.P., Evans, J.D., Zhou, L., Boncristiani, H., Kimura, K., Xiao, T.G., Litkowski, A. M, and Pettis., J. S. 2009b.** Asymmetrical coexistence of *Nosema ceranae* and *N. apis* in honey bees. *Journal of Invertebrate Pathology*, 101, 204–209.
- [24]. **Copley, T. R. and Jabaji, S. H. 2012.** Honeybee glands as possible infection reservoirs of *Nosema ceranae* and *Nosema apis* in naturally infected forager bees. *Journal of Applied Microbiology*, 112, 15-24
- [25]. **Corradi, N. and Slamovits, H. 2010.** The intriguing nature of microsporidian genomes. *Briefings in Functional Genomics*, 10, 115-124.
- [26]. **Corradi, N. and Keeling, P. 2009.** Microsporidia, a journey through radical taxonomical revisions. *Fungal Biology Reviews*, 23,1–8.
- [27]. **Costa, C., Lodesani, M. and Maistrello, L. 2010.** Effect of thymol and resveratrol administered with candy or syrup on the development of *Nosema ceranae* and on the longevity
- Veterinary Science*, Emory University Atlanta GA United States March 2019 | Volume 6 | Article 79| www.frontiersin.org.
- [18]. **Chaimanee, V., Chantawannakul, P., Chen, Y., Evans, J. and Pettis, J. 2014.** Effects of host age on susceptibility to infection and immune gene expression in honey bee queens (*Apis mellifera*) inoculated with *Nosema ceranae*. *Apidologie*, 45, 451–463.
- [19]. **Chaimanee, V., Warrit, N. and Chantawannakul, P. 2010.** Infections of *Nosema ceranae* in four different honeybee species. *Journal of Invertebrate Pathology*, 105, 207–210.
- [20]. **Chemurota, M., Lina De Smeta, L., Brunain, M., Rycke, R. and Graaf, D. 2017.** *Nosema neumanni* new species. (Microsporidia Nosematidae) a new microsporidian parasite of honeybees *Apis mellifera* in Uganda. *European Journal of Protistology*, 61, 13–19.
- [21]. **Chen, J.D., Evans, C., Murphy, R., Gutell, M., Zuker, D. and Gundensen-Rindal, J. 2009a.** Morphological molecular and phylogenetic characterization of *Nosema ceranae* a microsporidian parasite isolated from the European

- Veterinary Microbiology*, 162, 670-678.
- [33]. **Eiri, D.M., Suwannapong, G., Endler, M. and Nieh, J.C. 2015.** *Nosema ceranae* can infect honey bee larvae and reduces subsequent adult longevity. *PLOS ONE*, 10, e0126330. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0126330>
- [34]. **Ellis, J. D. and Munn, P.A. 2005.** The worldwide health status of honey bees. *Bee World*, 86, 88–101
- [35]. **Engelsdorp, M. and Meixner, A. 2010.** A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them, *Journal of Invertebrate Pathology*, 103, 80-95.
- [36]. **Fenoy, S., Rueda, C., Higes, M., Martí'n-Hernandez, R. and Del Aguila, C. 2009.** High-level resistance of *Nosema ceranae* a parasite of the honeybee to temperature and desiccation. *Applied Environmental Microbiology*, 75, 6886–6889.
- [37]. **Forsgren, E. and Fries, I. 2010.** Comparative virulence of *Nosema ceranae* and *Nosema apis* in individual European honey bees. *Veterinary parasitology*, 170, 212–217.
- [38]. **Fries, I. 1988.** Infectivity and multiplication of *Nosema apis* Z. in the ventriculus of the honey bee (*Apis* of honeybees (*Apis mellifera* L.) in laboratory conditions. *Apidologie*, 41, 141–150.
- [28]. **Cox-Foster, D.L., Conlan, S., Holmes, E.C., Palacios, G., Evans, J. D. and Moran, N. A. 2007.** A metagenomic survey of microbes in honey bee colony collapse disorder. *Science*, 318, 283–287.
- [29]. **Didier, E.S., Snowden, K. F. and Shadduck, J.A. 2000.** Microsporidiosis in mammals. *Microbes and Infection journal*, 6, 709–720.
- [30]. **Dong, S.N., Shen, Z. Y. and Zhu, F. 2010.** Sequence and phylogenetic analysis of SSU rRNA gene of five microsporidia. *Journal of Current Microbiology*, 1, 30–37.
- [31]. **Dussaubat, C., Maisonnasse, A., Alaux, C., Tchamitchan, S., Brunet, J. and Plettner, E. 2010.** *Nosema* spp. infection alters pheromone production in honey bees (*Apis mellifera*). *Journal of Chemical Ecology*, 36, 522–525.
- [32]. **Dussaubat, C., Sagastume, S., Gómez-Moracho, T., García-Palencia, P., Martín-Hernández, R. Le Conte, Y., Higes, M. and Botias, C. 2013.** Comparative study of *Nosema ceranae* (Microsporidia) isolates from two different geographic origins. *Journal of*

- [45]. **Gajger, T., Kozaric, D., Berta, S. and Nejedli, Z. 2011.** Effect of the herbal preparation Nozevit on the mid-gut structure of honeybees (*Apis mellifera*) infected with *Nosema* sp. Spores *Veterinarni Medicina*, 56, 344–351
- [46]. **Gajger, T., Ribaric, J., Matak, M. and Svecnjak, L. 2015.** Zeolite clinoptilolite as a dietary supplement and remedy for honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies. *Veterinarni Medicina*, 60, 696–705.
- [47]. **Giersch, T., Berg, T., Galea, F. and Hornitzky, M. 2009.** *Nosema ceranae* infects honey bees (*Apis mellifera*) and contaminates honey in Australia. *Apidologie*, 40, 117–123.
- [48]. **Gisder, S., Hedtke, K., Mockel, N., Frielitz, M.-C., Linde, A. and Genersch, E. 2010.** Five-year cohort study of *Nosema* spp. in Germany, does climate shape virulence and assertiveness of *Nosema ceranae*?. *Applied of Environmental Microbiology*, 76, 3032–3038.
- [49]. **Gisder, S., Schuler, V., Horchler, L.L., Groth, D. and Genersch, E. 2017.** Long-term temporal trends of *Nosema* spp. infection prevalence in northeast Germany, continuous spread of *Nosema ceranae* an emerging pathogen of honey bees (*Apis mellifera*) but no general *mellifera* L.). *Apidologie*, 19, 319–328.
- [39]. **Fries, I. 1989.** Observation on the development and transmission of *Nosema apis* Z. in the ventriculus of the honey bee. *Journal of Apiculture Research*, 28, 107–117.
- [40]. **Fries, I. 1993.** *Nosema apis* a parasite in the honey bee colony. *Bee World*, 74, 5–19.
- [41]. **Fries, I. Chauzat, M., and Chen, Y. (2013)** Standard methods for *Nosema* research. *Journal of Apicultural Research*, 52, 1–28.
- [42]. **Fries, I., Feng, F., da Silva, A., Slemenda, S. B. and Pieniazek, N.J. 1996.** *Nosema ceranae* n. sp. (Microspora Nosematidae) morphological and molecular characterization of a microsporidian parasite of the Asian honey bee *Apis cerana* (Hymenoptera Apidae). *European Journal of Protistology*, 32, 356–365.
- [43]. **Fries, I., Martín, R., Meana, A., García-Palencia, P. and Higes, M. 2006.** Natural infections of *Nosema ceranae* in European honey bees. *Journal of Apicultural Research*, 45, 230–233.
- [44]. **Fries, I. 2010.** *Nosema ceranae* in European honey bees (*Apis mellifera*). *Journal of Invertebrate Pathology*, 103, 573–579.

- [55]. **Grupe A. C and Alisha Quandt, C. 2020.** A growing pandemic: a review of *Nosema* parasites in globally distributed domesticated and native bees. *PLoS Pathogens* 16(6):16. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1008580>
- [56]. **Guerrero-Molina, C., Correa-Benítez, A., Hamiduzzaman, M.M. and Guzman-Novoa, E. 2016.** *Nosema ceranae* is an old resident of honey bee (*Apis mellifera*) colonies in Mexico causing infection levels of one million spores per bee or higher during summer and fall. *Journal of Invertebrate Pathology*, 141, 38–40.
- [57]. **Haddad, N. and Noureddine, A. 2016.** La nosemose des abeilles, epidemiologie diagnostic et traitement. *ELWahat Pour Les Recherches et les Etudes*, 9, 79-88.
- [58]. **Hassanein M.H. 1951.** Studies on the effect of infection with *Nosema apis* on the physiology of the queen honey-bee. *Journal of Cell Science.*; 92, 225-231.
- [59]. **Heever, J., Thompson, T. and Pernal, S. 2015.** Stability of dicyclohexylamine and fumagillin in honey. *Food Chemistry*. 179:152–158
- [60]. **Heever, J.P., Thompson, T.S., Curtis, J.M., Ibrahim, A. and Pernal, S.F. 2014.** Fumagillin, an overview of recent scientific advances and their replacement of *Nosema apis*. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 7, 1–14.
- [50]. **Goblirsch, M. 2018.** *Nosema ceranae* disease of the honey bee (*Apis mellifera*) *Apidologie*, 49, 131–150.
- [51]. **Graaf, D.C., Raes, H., Sabbe, G., de Rycke, P. H. and Jacobs, F.J. 1994.** Early development of *Nosema apis* (Microspora, Nosematidae) in the midgut epithelium of the honey bee (*Apis mellifera*). *Journal of Invertebrate Pathology*, 63, 74–81.
- [52]. **Grassy, T.K., Sunderland, D., Tamang, L., Shields, T.M., Lucy, F.E., and Breyse, P.N. 2007.** Quantitative evaluation of the impact of boater density on levels of human virulent microsporidian spores in recreational water. *Applied Environmental Microbiology*, 73, 4095–4099.
- [53]. **Graystock, P., Goulson, D. and Hughes, W. 2014.** The relationship between managed bees and the prevalence of parasites in bumblebees. *Journal of Life and Environmental Sciences*, 2, 522–524.
- [54]. **Graystock, P., Yates, K., Darvill, B., Goulson, D. and Williams, O.H. 2013.** Emerging dangers, deadly effects of an emergent parasite in a new pollinator host. *Journal of Invertebrate Pathology*, 114, 114–119.

- spores. *Journal of Environmental Microbiology*, 10, 1374–1379.
- [66]. **Higes, M., Martí'n-Hernandez, R., Garrido-Bailón, E., Garcí'a-Palencia, P. and Meana, A. 2008c.** Detection of infective *Nosema ceranae* (Microsporidia) spores in corbicular pollen of forager honeybees. *Journal of Invertebrate Pathology*, 97, 76–78.
- [67]. **Higes, M., Martín-Hernández, R., E. Garrido-Bailón, E., González-Porto, V., García-Palencia, P., Meana, A., J. Del nozal, M., Mayo, R. and Bernal, J.L. 2009.** Honeybee colony collapse due to *Nosema ceranae* in professional apiaries. *Journal of Environmental Microbiology*, 2, 110–113.
- [68]. **Higes, M., Martín-Hernandez, R. and Meana, A. 2010.** *Nosema ceranae* in Europe: an emergent nosemosis type C. *Apidologie* 41, 375-392.
- [69]. **Holt, H. and Grozinger, M. 2016.** Approaches and Challenges to Managing *Nosema* (Microspora, Nosematidae) Parasites in Honey Bee (Hymenoptera, Apidae) Colonies. *Journal of Economic Entomology*, 109, 1487–1503
- [70]. **Hornitzky, M. 2008.** *Nosema* disease , Literature review and three surveys of beekeepers , Part 2. Rural Industries Research and Development significance for apiculture Agricultural and Food Chemistry . *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62, 2728–2737.
- [61]. **Hibbett, D. 2007.** A higher level phylogenetic classification of the Fungi. *Mycological Research*, 5, 509–47.
- [62]. **Higes, M., Garcí'a-Palencia, P., Martí'n-Hernandez, R. and Meana, A. 2007.** Experimental infection of *Apis mellifera* honeybees with *Nosema ceranae* (Microsporidia). *Journal of Invertebrate Pathology*, 94, 211–217.
- [63]. **Higes, M., Martí'n-Hernandez, R. and Meana, A. 2006.** *Nosema ceranae* a new microsporidian parasite in honeybees in Europe. *Journal of Invertebrate Pathology*, 92, 93–95.
- [64]. **Higes, M., Martí'n-Hernandez, R., Boti' A. S., C., Bailón, E.G., Gonzalez-Porto, A. V. and Barrios, L. 2008a.** How natural infection by *Nosema ceranae* causes honeybee colony collapse. *Journal of Environmental Microbiology*, 10, 2659–2669.
- [65]. **Higes, M., Martí'n-Hernandez, R., Garrido-Bailón, E., Boti'as, C., Garcí'a-Palencia, P. and Meana, A. 2008b.** Regurgitated pellets of *Merops apiaster* as fomites of infective *Nosema ceranae* (Microsporidia)

- [75]. **Kim, J.H., Park, J. K. and Lee, J.K.** 2016. Evaluation of antimicrosporidian activity of plant extracts on *Nosema ceranae*. *Journal of Apiculture Sciences*, 60, 167–178.
- [76]. **Klee, J., Besana, A.M., Genersch, E., Gisder, S., Nanetti, A. and Tam, D.Q.** 2007. Widespread dispersal of the microsporidian *Nosema ceranae* an emergent pathogen of the western honey bee *Apis mellifera*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 96, 1–10.
- [77]. **Kunieda, T., Fujiyuki, T., Kucharski, R., Foret, S., Ament, S. A. and Toth, A. L.** 2006. Carbohydrate metabolism genes and pathways in insects, insights from the honey bee genome. *Insect Molecular Biology*, 15, 563–576.
- [78]. **Kurze, C., Y. Le Conte, P. Kryger, O. Lewkowski, T. Müller, and R.F.A. Moritz.** 2018. Infection dynamics of *Nosema ceranae* in honey bee midgut and host cell apoptosis. *Journal of Invertebrate Pathology*, 154,1–4.
- [79]. **Leoncini, I., Crauser, D., Robinson, G.E. and Le Conte, Y.** 2004. Worker-worker inhibition of honey bee behavioural development independent of queen and brood. *Insectes Sociaux Journal*, 51, 392–394.
- [80]. **Li, W., Evans, J.D., Li, J., S. U. S., Hamilton, M. and Chen, Y.** 2017. Spore load and immune response of Corporation. Pub. No. 08/006, 2008. RIRDC; Australia.
- [71]. **Huang, W.F., Jiang, J.H., Chen, Y.W. and Wang, C.H.** 2007. A *Nosema ceranae* isolate from the honeybee *Apis mellifera*. *Apidologie*, 38, 30–37.
- [72]. **Human, H., Brodschneider, R., Dietemann, V., Dively, G., Ellis, J. D., Forsgren, E. and Zheng, H.** 2013. Miscellaneous standard methods for *Apis mellifera* research. *Journal of Apicultural Research*, 52,(4). ISSN: 0021-8839
<https://www.tandfonline.com/loi/tjar20>
- [73]. **Kairo, G., Biron, D.G., Ben Abdelkader, F., Bonnet, M., Tchamitchian, S., Cousin, M., Dussaubat, C., Benoit, B., Kretzschmar, A. and Belzunces, L.P.** 2017. *Nosema ceranae*, fipronil and their combination compromise honey bee reproduction via changes in male physiology. *Sci. Rep.* 2017;7,8556. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08380-5>.
- [74]. **Katna, D.S., Rana, B.S., Sharma, H. K. and Avinash, C.** 2018. Preliminary studies on *Nosema ceranae*, A microsporidian infecting *Apis mellifera* in India. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3, 262-265

- efficiency. *Veterinary Microbiology Journal*, 167, 474-483.
- [86]. **Maistrello, L. M., Lodesani, C., Costa, F., Leonardi, G., Marani, M., Caldon, F. and Mutinelli, A. 2008.** Screening of natural compounds for the control of nosema disease in honeybees (*Apis mellifera*). *Apidologie*, 39, 436-445.
- [87]. **Malone, L.A. and Stefanovic, D. 1999.** Comparison of the response of two races of honey bees to infection with *Nosema apis*. *Apidologie*, 30, 375-382.
- [88]. **Marín-García, P.J., Peyre, Y., Ahuir-Baraja, A.E.; Garijo, M.M. and Llobat, L. 2022.** The Role of *Nosema ceranae* (Microsporidia: Nosematidae) in honey bee colony losses and current insights on treatment. *Journal of Veterinary Science*, 9, 130. <https://doi.org/10.3390/vetsci9030130>
- [89]. **Martín-Hernandez, R., Bartolome, C. and Chejanovsky, N. 2018.** *Nosema ceranae* in *Apis mellifera*, a 12 years postdetection perspective. *Environmental Microbiology*, 4, 1302–1329.
- [90]. **Martín-Hernandez, R., Meana, A., García-Palencia, P., Marín, P., Botiás, C. and Garrido-Bailon, E., 2009.** Effect of temperature on the biotic potential of honeybee microsporidia. *Applied Journal of*
- honey bees naturally infected by *Nosema ceranae*. *Journal of Parasitology Research*, 116, 3265–3274.
- [81]. **Little, C., Shutlera, D. and Williams, R. 2015.** Associations among *Nosema* spp. fungi, *Varroa destructor* mites, and chemical treatments in honey bees, *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research*, 54, 378–385.
- [82]. **Liu, T.P. 1984.** Ultrastructure of the midgut of the worker honey *Apis mellifera* heavily infected with *Nosema apis*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 44, 103–105.
- [83]. **Liu, T.P. 1990.** Ultrastructural analysis on the gland secretion in the extracellular ducts of the hypopharyngeal glands of the honeybee infected by *Nosema apis*. *Tissue and Cell Journal*, 22, 533–540
- [84]. **Liu, T.P. 1992.** Oocytes degeneration in the queen honey bee after infestation by *Nosema apis*. *Tissue and Cell Journal*, 24, 131-138.
- [85]. **Maggi, M., Negri, S., Plischuk, N., Szawarski, F., De Piano, L., De Feudis, M. and Eguaras, C. 2013.** Effects of the organic acids produced by a lactic acid bacterium in *Apis mellifera* colony development *Nosema ceranae* control and fumagillin

- effectiveness of selected treatments of *Nosema* Spp. infection by the hemocytometric method and duplex PCR. *Acta Veterinaria Brno Journal*, 66, 115–124.
- [97]. **Mura, A., Pusceddu, M. and Theodorou, P. 2020.** Propolis Consumption Reduces *Nosema ceranae* Infection of European Honey Bees (*Apis mellifera*). *Insects*, 11,2-18.
- [98]. **Nanetti, A., Rodriguez-García, C., Meana, A., Martí'nHernandez, R. and Higes, M. 2015.** Effect of oxalic acid on *Nosema ceranae* infection. *Research in Veterinary Science Journal*, 102, 167–172.
- [99]. **Naudi, S., Raimets, R., Jürison, M., Liiskmann, E. S., Mänd, M., Salkova, D. and Karise, R. 2022.** Effect of *Nosemaapis* and *N. ceranae* on honey bee *Apismellifera* queen development. *Acta Morphologica et Anthropologica*, 29, 3-4.
- [100]. **Naug, D. 2014.** Infected honeybee foragers incur a higher loss in efficiency than in the rate of energetic gain. *Biology Letters Journal*, <https://doi.org/10.1098/rsbl.2014.0731>.
- [101]. **Naug, D. and Gibbs, A. 2009.** Behavioral changes mediated by hunger in honeybees infected with *Environmental Microbiology*, 75, 2554–2557.
- [91]. **Mayack, C. and Naug, D. 2009.** Energetic stress in the honeybee *Apis mellifera* from *Nosema ceranae* infection. *Journal of Invertebrate Pathology*, 100, 185–188.
- [92]. **Mayack, C. and Naug, D. 2010.** Parasitic infection leads to decline in hemolymph sugar levels in honeybee foragers. *Journal of Insect Physiology*, 56, 1572-1575.
- [93]. **Meana, A., Martí'n-Hernandez, R. and Higes, M. 2010.** The reliability of spore counts to diagnose *Nosema ceranae* infections in honey bees. *Journal of Apicultural Research*, 49, 212– 214.
- [94]. **Michalczyk, M., Sokol, R., szczerbaturek, A. and bancerz-kisiel, A. 2011.** A comparison of the effectiveness of the microscopic method and the multiplex PCR method in identifying and discriminanting the species of *Nosema* spp. spores in worker bees (*Apis mellifera*) from winter hive debris. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 14, 385–391.
- [95]. **Michalczyk, M. and Sokol, R. 2014.** Nosemosis in honey bee. *Polish Journal of Natur Sciences*, 29, 91–99.
- [96]. **Michalczyk, M., Sokol, R. and Koziattek, S. 2016.** Evaluation of the

- [107]. **Paxton, R.J. 2010.** Does infection by *Nosema ceranae* cause “Colony Collapse Disorder” in honey bees (*Apis mellifera*)?. *Journal of Apicultural Research*, 49, 80–84.
- [108]. **Peng, Y., Baer-Imhoof, B., Millar, A. and Baer, B. 2015.** Consequences of *Nosema apis* infection for male honey bees and their fertility. *Scientific Reports* 5:10565
- [109]. **Porrini, M., Audisio, D. and Sabate, C. 2010.** Effect of bacterial metabolites on microsporidian *Nosema ceranae* and on its host *Apis mellifera*. *Journal of Parasitology Research*, 107, 381-388.
- [110]. **Porrini, M., Porrini, L., Garrido, Neto, C., Iriarte, P., Muller, F., Nunez, L., Alvarez, L. and Porrini, D. 2017.** *Nosema ceranae* in South American Native Stingless Bees and Social Wasp. *Microbial Ecology*, 74, 761-764
- [111]. **Porrini, M.P., Fernandez, P., Garrido, L., Gende, S. and Medici, J. 2011.** In vivo evaluation of antiparasitic activity of plant extracts on *Nosema ceranae* (Microsporidia). *Apidologie*, 42, 700-707.
- [112]. **Ptaszynska, A., Borsuk, G., Mullenko, W. and Olszewski, K. 2012.** Monitoring of nosemosis in the Lublin region and preliminary morphometric studies of *Nosema* spp. *Nosema ceranae*. *Apidologie*, 40, 595-599.
- [102]. **Nozal, M. J., Bernal, M. T., Martín J. and Bernal, A. 2008.** Trace analysis of fumagillin in honey by liquid chromatography-diode array–electrospray ionization mass spectrometry. *Journal of Chromatography*, 1190, 224-231.
- [103]. **Olszewski, K. 2009.** Assessment of production traits in the Buckfast bee. *Journal of Apiculture Sciences*, 2, 79-90
- [104]. **Ozgor, E., Guzerin, E. and Keskin, N. 2015.** Determination and Comparison of *Nosema apis* and *Nosema ceranae* in Terms of Geographic and Climatic Factors. *Journal of Biological and chemical*, 1, 9–15
- [105]. **Pasca, C, Marghitas, L., Sonea, C., Bobis, O., Buzura-Matei, I. and Dezmirean, D. 2019.** A review of *Nosema ceranae* and *Nosema apis*: Characterization and impact for beekeeping.. *Animal Science and Biotechnologies* 7(2):77–87. DOI: 10.15835/buasvmcn-asb:0018.19.
- [106]. **Paxton, R., Klee J., Korpela, S. and Fries, I. 2007.** *Nosema ceranae* has infected *Apis mellifera* in Europe since at least 1998 and may be more virulent than *Nosema apis*. *Apidologie*, 38, 558–565.

- [118]. **Simeunovic, P., Stevanovic, J., Cirkovic, D., Sonja, R., Lacic, N., Stanisic, L. and Stanimirovic, Z.** 2014. *Nosema ceranae* and queen age influence the reproduction and productivity of the honey bee colony. *Journal of Apicultural Research*, 53, 545–554.
- [119]. **Smart, M. D. and Sheppard, W.S.** 2012. *Nosema ceranae* in age cohorts of the western honey bee (*Apis mellifera*). *Journal of Invertebrate Pathology*, 109, 148–151.
- [120]. **Smith, M.** 2012. The Honey Bee Parasite *Nosema ceranae*, Transmissible via Food Exchange? *PLoS ONE*, 7(8), e43319. doi,10.1371/journal.pone.0043319
- [121]. **Sokol, R. and Michalczyk, M.** 2016. Detection of *Nosema* spp. in worker bees pollen and bee bread during the honey flow season. *Acta Veterinaria Brno*, 85, 261-266;
- [122]. **Sokolova, Y.Y., Kryukova, N.A., Glupov, V. V. and Fuxa, J.R.** 2006. (Microsporidia Thelohaniidae) in the Dragonfly *Aeshna viridis* (Odonata Aeshnidae) from South Siberia, morphology and molecular characterization. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 53, 49–57.
- [123]. **Somerville, D. and Hornitzky, M.** 2007. *Nosema* disease. *Primefacts*,. 699 Spores. *Veterinary Medicine-Science and Practice*, 10, 577-640.
- [113]. **Ptaszynska, A., Borsuk, G., Mulenka, W. and Demetraki, J.** 2014. Differentiation of *Nosema apis* and *Nosema ceranae* spores under Scanning Electron Microscopy (SEM). *Journal of Apicultural Research*, 53, 537–544.
- [114]. **Retschnig, G., Neumann, P. and Williams, G.R.** 2014. Thioclopid-*Nosema ceranae* interactions in honey bees, host survivorship but not parasite reproduction is dependent on pesticide dose. *Journal of Invertebrate Pathology*, 118, 18–19.
- [115]. **Ritter, W.** 2015. Practical Beekeeping: Beekeeping with the New Parasite. *Bee Culture*. 25 May. <http://www.beeeculture.com/practical-beekeeping-beekeeping-with-the-newparasite/>, accessed 26 Sept. 2017.
- [116]. **Roberts, K.E. and Hughes, W.O.** 2015. Horizontal transmission of a parasite is influenced by infected host phenotype and density. *International Journal for Parasitology*, 142, 395–405.
- [117]. **Schulz, D.J., Huang, Z. Y. and Robinson, G.E.** 1998. Effects of colony food shortage on behavioral development in honey bees. *Behavioral Ecology and Sociobiology Journal*, 42, 295–303.

- [129]. **Toth, A. L. 2005.** Nutritional status influences socially regulated foraging ontogeny in honey bees. *Journal of Experimental Biology*, 208, 4641–4649.
- [130]. **Traver, B. E. and Fell, R. D. 2012.** Low natural levels of *Nosema ceranae* in *Apis mellifera* queens. *Journal of Invertebrate Pathology*, 3,. 408-410.
- [131]. **Traver, B. E. and Fell, R.D. 2011.** Prevalence and infection intensity of *Nosema* in honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies in Virginia. *Journal of Invertebrate Pathology*, 107, 43–49.
- [132]. **Underwood, R. M. and Currie, R.W. 2009.** Indoor winter fumigation with formic acid for control of *Acarapis woodi* (Acari, Tarsonemidae) and *Nosema* disease *Nosema* sp. *Journal of Economic Entomology*, 102, 1729–1736.
- [133]. **Vidau, C., Panek, J., Texier, C., Biron, D.G., Belzunces, L. P. and. Le Gall, M. 2014.** Differential proteomic analysis of midguts from *Nosema ceranae*-infected honeybees reveals manipulation of key host functions. *Journal of Invertebrate Pathology*, 121, 89–96.
- [134]. **Wanjama, J. K., Onyango, I.I. and Kabochi, S.K. 2015.** *Nosema*, a spore which may affect bee farming in Baringo County. The snd Baringo NSW Department of Primary Industries ISSN 1832-6668 www.dpi.nsw.au/primefacts.
- [124]. **Sulborska, A., Horecka, B., Cebrat, M., Kowalczyk, M., Skrzypek, T., Kazimierczak, W., Trytek, M. and Borsuk, G. 2019.** Microsporidia *Nosema* spp. obligate bee parasites are transmitted by air. *Scientific Reports*, 9 14376 <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50974-8>.
- [125]. **Szumowski, S. C. and Troemel, E.R. 2015.** Microsporidia host interactions. *Current Opinion in Microbiology*, 26, 10–16.
- [126]. **Teixeiraa, E., Guimares-Cestaro, B. and Maria-Luisa, T. 2018.** Spores of *Paenibacilluslarvae Ascosphaera apisNosema ceranae* and *Nosema apis* in bee products supervised by the Brazilian. *Entomologia*, 62 ,188–194
- [127]. **Thrasylvoulou, A., Tananaki, G., Goras, M. and . Karazafiris, E. 2007.** Control of Nosemosis with vitafeed gold. *Apitalia*, 4,16-18.
- [128]. **Tlak, I. Z., Kozaric, D., Berta, S. and Nejedli, Z. 2011.** Effect of the herbal preparation Nozevit on the mid-gut structure of honeybees (*Apis mellifera*) infected with *Nosema* sp. spores. *Veterinary Medicine Journal*., 56, 344-351.

- Rogers, R.E. 2011.** The microsporidian *Nosema ceranae* the antibiotic Fumagilin-BVR and western honey bee (*Apis mellifera*) colony strength. *Apidologie*, 42, 15–22.
- [138]. **Williams, M.A., Sampson, D. M. and Shutler, R.E. 2008.** Does Fumagillin control the recently detected invasive parasite *Nosema ceranae* in western honey bees (*Apis mellifera*)? *Journal of Invertebrate Pathology*, 99, 342-344.
- honey Conference, 19 th – 21 st Nov. , 2015 Kabarnet , Baringo Kenya.
- [135]. **Webster, T.C. 1993.** *Nosema apis* spore transmission among honey bees. *American Bee Journal*, 133, 869–870.
- [136]. **Webster, T.C., Pomper, K. W., Hunt G., Thacker, E. M. and Jones, S.C. 2008.** *Nosema apis* infection in worker and queen *Apis mellifera* queens. *Journal of Apicultural Research*, 47, 53-57.
- [137]. **Williams, G.R., Shutler, D., Little, C.M., Burgher-Maclellan, K. L. and**

Nosema disease in honeybee *Apis mellifera*

Alhashmi Ali Aglyo

Abstract \

Nosema disease is one of the most serious diseases affecting honey bees in the world. It is recorded on all continents of the world in Africa, Asia, and Europe, as well as the Americas and Australia. It is caused by two microscopic intracellular microsporidian parasites from the genus *Nosema*: *Nosema apis* and *Nosema ceranae*. The spores of this pathogen are oval or cylindrical in shape and characterized by containing a polar filament with numbers of coils, which transmits genetic material into the host. The three individuals in the bee community (workers, males, and queens) are vulnerable to infection, with germs attacking the epithelial cells of the honeybee alimentary canal, where they develop and multiply, causing digestive and absorption disorders. Bees are infected by food and water contaminated with spores, and the disease is mainly spread by drifting, robbing, swarms, and infected equipment. In most parts of the world, the disease is controlled by Fumagillin, along with several other methods, such as fumigation with oxalic acid and formic acid, the use of some natural compounds, numerous plant extracts, and several other substances. In addition to good management practices for bee colonies.

The aim of this review article is to shed light on Nosema disease, particularly in terms of cause, diagnosis, symptoms, damage, and methods of controlling it.