



# AAEP Internal Parasite Control Guidelines

## AAEP 寄生虫対策ガイドライン

2024 年改訂

翻訳：ノーザンファーム獣医師 妙中友美

### 目次

#### Take-Home Messages

1. 寄生虫対策の最終目的 Goals of Parasite Control
2. はじめに Introduction
  - 2.1. 小円虫類 Cyathostomins (Small Strongyles)
  - 2.2. 大円虫類 Large Strongyles
  - 2.3. 葉状条虫 *Anoplocephala perfoliata* (Tapeworms)
  - 2.4. 馬の回虫類 *Parascaris* spp. (Roundworms; Ascarids)
  - 2.5. 馬糞線虫 *Strongyloides westeri* (Threadworms)
  - 2.6. 馬蟻虫 *Oxyuris equi* (Pinworms)
  - 2.7. 馬バエ幼虫 *Gasterophilus* spp. (Bots)
  - 2.8. ハエ馬胃虫 *Habronema* and *Draschia* spp. (Stomach Worms)
  - 2.9. 頸部糸状虫 *Onchocerca cervicalis* (Neck Threadworm)
3. 寄生虫の診断とその病態 Parasite Diagnostic and Their Performance
  - 3.1. 寄生虫感染症の診断
  - 3.2. 糞中虫卵数測定
  - 3.3. 円虫類 Strongyles
  - 3.4. 回虫類 Ascarids
  - 3.5. 条虫類 Tapeworms

- 3.6. 蟯虫類 Pinworms
- 3.7. 糸状虫類 Neck Threadworms
  
- 4. 駆虫の評価 Anthelmintic Treatment Evaluation
  - 4.1. 駆虫薬耐性試験 Resistance Testing
  - 4.2. FECRT の解釈 Interpretation of the FECRT
  - 4.3. ガイドラインの閾値と群のサイズ Guideline thresholds and group sizes
  - 4.4. 5 頭未満の頭数で駆虫効果を評価する Treatment check with fewer than 5 horses?
  
- 5. 駆虫薬抵抗性のステータス Anthelmintic Resistance Status
  - 5.1. 条虫類 Tapeworms
  - 5.2. 蟯虫類 Pinworms
  - 5.3 その他の寄生虫類 Other Parasites
  
- 6. 円虫の虫卵再出現期間 Strongyle Egg Reappearance Periods
  - 6.1. ERP の短縮：解釈 Shortened ERP : Interpretation
  - 6.2. ERP の判定 Determining ERP
  
- 7. 幼虫の駆虫 Larvicidal Treatment
  
- 8. 寄生虫対策の方法 Methods of Parasite Control
  - 8.1. 環境を軸に据えたアプローチ法 Environmental-based approaches
  - 8.2. 環境の対策 Environmental Control
  - 8.3. コンビネーション駆虫（多剤併用駆虫法） Combination deworming
  - 8.4. 代替療法 Alternative remedies
  
- 9. 推奨される寄生虫対策プログラム Recommendations for Parasite Control Programs
  - 9.1. 成馬（5～15 歳）向けの推奨事項
  - 9.2. 高齢馬（15 歳以上）向けの推奨事項
  - 9.3. 子馬、離乳馬、イヤリング馬（一歳馬）、若馬への推奨事項
  - 9.4. 寄生虫特有の治療時に考えるべきこと Parasite-specific treatment considerations
  - 9.5. 円虫類 Strongyles
  - 9.6. 回虫類 Ascarids
  - 9.7. 条虫類 Tapeworms
  - 9.8. 蟯虫類 Pinworms
  - 9.9. 馬バエ幼虫 Bots

## 10. 行う価値のある6つのチェンジ Six Changes Worth Making

著者/査読者 Authors/Reviewers

参考文献 References

付録A：虫卵数測定の方法

付録B：利用できる駆虫製剤

付録C：気温が円虫の感染幼虫に与える影響

## Take-Home Messages

- ・ 全ての馬群や厩舎の馬に効果のある駆虫薬を使用していることを確認するため、糞中虫卵数減少試験 Fecal Egg Count Reduction Test (FECRT) は毎年おこなう。
- ・ 駆虫薬を与えても、馬に寄生する全ての寄生虫を駆除することはできないことを理解する。
- ・ 放牧地の虫卵汚染を減らすために、継続的に年に1、2回の糞中虫卵数測定 (FEC) を実施して、個体ごとに排泄する虫卵数に従い、低濃度、中程度、高濃度の汚染源として馬をクラス分けする。
- ・ 全ての馬には基本的に年に1、2回の駆虫をおこない、FECの結果次第で高濃度の汚染源となった馬には駆虫頻度を追加する。
- ・ 馬の寄生虫感染症の診断にFECは利用できない。FECの結果と発症にかかわる寄生虫の発育ステージには関係がない。
- ・ 年間を通じて一定の間隔（例：2か月ごと）で繰り返しおこなう全頭駆虫はしない。やみくもに、違う種類の駆虫薬を交互にローテーションして使用してはいけない。

## 1. 寄生虫対策の最終目的 Goals of Parasite Control

馬における寄生虫対策の真の目的は、動物を健康に維持し、臨床症状があらわれるリスクを減らすことである。つまり、その目的は個体から全ての寄生虫を完全に駆除することでは決してない。完全な駆除というものそれはそれ自体が不可能なだけでなく、それを目指すことで寄生虫の駆虫薬耐性の獲得を助長してしまう。

あらゆる寄生虫対策プログラムの目的は以下に集約することができる。

- ・ 寄生虫感染症のリスクを最小限に抑える
- ・ さらなる駆虫薬耐性が生じるのを遅らせ、可能な限り薬剤の有効性を維持する。

## 2. はじめに Introduction

### 2.1. 小円虫類 Cyathostomins (Small Strongyles)

馬の円虫類は馬の内部寄生虫の中でも世界中で最もよく遭遇する寄生虫である。放牧されている馬であれば、小円虫はまさにあまねく寄生しているが、それが病気を引き起こすことはほとんどない。急性小円虫幼虫感染症は、大腸壁に被囊している小円虫の幼虫が一斉に脱囊するときに広範囲に腸炎が発症する病気である。この病気の致死率はイギリスにおいては50%と報告されているが (Reid et al., 1995, Lawson et al., 2023)、アメリカではめったに発生せずあまり懸念されていないようである。

乾燥地域や青草の生えていない放牧地で飼育されている馬では、円虫が優先して対策すべき寄生虫にあがることはあまりない。

### 2.2. 大円虫類 Large Strongyles

大円虫類には、馬において最も病原性の高い消化管内寄生虫である普通円虫 *Strongylus vulgaris* が含まれている。この寄生虫は bloodworm とも呼ばれており、前腸間膜動脈の血栓症と致死性の腹膜炎を引き起こす (Pihl et al., 2019)。数十年にわたる集中的な駆虫の実践によって、アメリカ国内では検出されないレベルまで減少したと考えられている (Nielsen et al., 2012a)。しかし、獣医師の処方箋がなければ駆虫薬の入手が不可能で、アメリカよりも駆虫機会の極端に少ないスカンジナビア諸国の馬では、普通円虫の再出現が報告されており (Nielsen et al., 2012b; Tydén et al., 2019)、感染は臨床的に重大な疾患と関連している (Nielsen et al., 2016; Hedberg-Alm et al., 2022)。

### 2.3. 葉状条虫 *Anoplocephala perfoliata* (Tapeworms)

ケンタッキー州で実施された解剖調査では、そのおよそ 50%に葉状条虫の寄生が認められたと報告されている。この結果は、馬において条虫に効果のある駆虫薬が一般的に使用されるようになる前と後とで変わらなかった (Lyons et al., 1984; 2000)。他の地域における流行の程度は不明であるが、現在においても放牧されている馬における条虫の寄生は一般的であると考えられる。

複数の研究から、条虫の存在が回盲部が原発の疝痛に関係していることが分かった (Nielsen, 2016a)。条虫は付着部の粘膜を小さな範囲で侵食するが、その寄生数が大量になると回盲部の通過障害を起こし、回腸の腸閉塞、回盲腸重積、痙攣疝のような突発的な疝痛の原因となる (Nielsen, 2016a)。しかし、条虫に感染している馬の多くには比較的少ない寄生しかみられない傾向があり、病原性はほとんどないようである。

乾燥した場所には中間宿主となるササラダニは少ししかおらず、したがって乾燥地域や青草の生えていない放牧地で飼育されている馬では、条虫が優先して対策すべき寄生虫にあがることはあまりない。

### 2.4. 馬の回虫類 *Parascaris* spp. (Roundworms; Ascarids)

この寄生虫は世界中の繁殖分野において一般的にみられ、子馬の病原体として最も重要な蠕虫である。移行幼虫は咳や鼻水などの気道炎の症状を引き起こす可能性があるが

(Clayton, 1986)、こうした症状がでることはまれである。馬の回虫類の感染が引き起こす、臨床的に最も重要な症状は、感染した子馬の一部に発生する小腸閉塞である。小腸閉塞の発生は子馬の生存予後に関連しており、腸軸捻転、腸重積、消化管破裂を併発し、さらには外科的介入を必要とした子馬の術後の消化管癒着などによって、事態は複雑化する可能性がある (Nielsen, 2016b)。

現在のエビデンスは、効果のある駆虫薬を濃厚感染した子馬に投与すると、腸管腔内に死んだ、または瀕死の回虫が詰まって、急性の小腸閉塞を引き起こすことがあると示唆している (Nielsen 2016b)。虫体を麻痺させる作用を持つ駆虫薬 (イベルメクチンやピランテル) の使用に関連していると考えられており、回虫類の駆虫には駆虫効果がゆっくりとあらわれる、非麻痺性の作用機序を持つベンズイミダゾール系を用いるのが、より安全な治療の選択肢となる可能性が依然として残っている。ただしこの主張は、強力なエビデンスで裏付けられてはいない。

回虫類の感染は免疫が確立している成馬においても時折みられることがあるが、臨床症状を呈することは非常にまれである。

## 2.5. 馬糞線虫 *Strongyloides westeri* (Threadworms)

馬糞線虫 *Strongyloides westeri* 感染は若い子馬によくみられるが (Lyons and Tolliver, 2014)、症状を発症することはまれである。さらに、この年齢層の子馬に一般的に下痢を引き起こすとされる病原体の一部とはみなされていない。この寄生虫の幼虫は、母馬から子馬に乳汁感染することが知られているが、糞便を介して汚染された環境から感染幼虫を経口摂取することによる感染、さらに感染幼虫は経皮感染もするという点にも留意が必要である。そのうえ、馬糞線虫は通性寄生性の寄生虫であり、宿主に寄生することなく環境中で完全な生活環を維持することができる。したがって、感染経路を一つ遮断することに注力するだけでは、対策は成功しない。

## 2.6. 馬蟯虫 *Oxyuris equi* (Pinworms)

かつては蟯虫による臨床症状はほとんど若い馬にみられていた。しかし近年は成馬の症例が増えてきており、より一般的に見られるようになった (Reinemeyer and Nielsen, 2014)。蟯虫感染は散発的に起きる傾向があり、普通はたった1頭あるいはごく少ない一部の馬から群れ全体に感染が広がる。臨床症状は感染の程度によるが、重篤な場合には尾や尻を激しく擦り付け、肛門周囲の皮膚に擦過創が出来る。一部の成馬では蟯虫が寄生していたとしても、いかなる臨床症状も示さないこともある。感染した馬はその周囲の環境に体を擦り付けることで虫卵を拡散するので、馬房、手入れ道具、尾巻き、フェンスの柱など多くの場所で感染が広がる可能性がある。

## 2.7. 馬バエ幼虫 *Gasterophilus* spp. (Bots)

馬バエ幼虫の感染症は馬において一般的であり、主に北米でみられるのは、ムネアカウマバエ *Gasterophilus nasalis* とウマバエ *G. intestinalis* の2種である。これらのうち、ウマバエが最もよくみられる。馬バエ幼虫の病原性は一般的に低く、臨床症状を伴うことはほとんどない。しかしながら、これらは胃内視鏡検査中に胃の偶発所見としてよく見られるものであり、馬主に無用の心配を与える。感染移行中の口腔内寄生は、流涎、ヘッドシェイキング、舌の炎症、咀嚼の問題をとともなう歯肉炎に関連している (Lind et al., 2012)。

## 2.8. ハエ馬胃虫 *Habronema* and *Draschia* spp. (Stomach Worms)

ハブロンエマ属 *Habronema* spp. とドラスキア属 *Draschia* spp. は昆虫媒介性の寄生虫であり、成虫は馬の胃に存在するが、臨床症状を引き起こすことはほとんどない。皮膚ハブロンエマ症 (夏創) は、幼虫がハエを媒介して創傷や粘膜に侵入して発症するものとして、よく知られている。これによって難治性の持続的な肉芽腫性病変が引き起こされる。アメリカの一部の乾燥地域、特に南西部では、条虫や円虫による寄生虫感染症よりも皮膚ハブロンエマ症の方がより一般的かもしれない。

## 2.9. 頸部糸状虫 *Onchocerca cervicalis* (Neck Threadworm)

頸部糸状虫は近年さらに注目を集めているが、この寄生虫に焦点を当てた研究者はほとんどいない。1980年代と1990年代に実施された研究では、アメリカの馬における頸部糸状虫の有病率が20~80%であることが実証されているが (Klei et al., 1984; Cummings and James, 1985; Lyons et al., 2000)、最近の調査は不足している。成虫は駆虫薬に耐性があると考えられており (Lyons et al., 1988)、メスの寿命は最長で20年もあるので、このことが馬の年齢とともに有病率が増加する原因とみられている (Lyons et al., 1986)。

頸部糸状虫のミクロフィラリアは、腹部正中線や四肢、肩、胸前、キ甲に皮膚炎を引き起こす可能性があり、イベルメクチンの投薬治療によく反応する (French et al., 1988)。成虫とは対照的にミクロフィラリアはイベルメクチンおよびモキシデクチンの両方に感受性があることが証明されている (French et al., 1988; Monahan et al., 1995)。

## 3. 寄生虫の診断とその病態 Parasite Diagnostic and Their Performance

### 3.1. 寄生虫感染症の診断

馬の寄生虫感染症の診断は思っているほど簡単ではない。臨床的に健康な動物における糞便検査での寄生虫卵の検出は正常所見であるため、その寄生虫と臨床症状とを結びつける証拠にはならない。その代わりに、寄生虫感染症を診断するためには、臨床所見とその他の検査結果との関連性をよく見極める必要がある。以下に特徴的な臨床所見の例を示す。

小円虫幼虫感染症：下痢や軟便、低アルブミン血症、好中球増加症、体重減少、脱水、腹部浮腫、超音波エコー検査における大腸壁の肥厚。

回虫による腸閉塞：子馬、離乳馬、イヤリング馬（一歳馬）で疝痛症状を呈し、超音波エコー検査において小腸内に大量の回虫が観察される。

条虫による疝痛：直腸検査や超音波エコー検査で、便秘塊や腸重積がみとめられる。

### 3.2. 糞中虫卵数測定 Fecal Egg Count

馬の糞中虫卵数 (FEC) の測定法にはいくつかの方法があり、馬の臨床におけるこれらの使用方法が最近見直されている (Nielsen, 2022a)。この時の測定結果の解釈に関しては、よく誤解されている点があるため、以下のポイントを強調しておく必要がある。

- ・ FEC の大きさは寄生虫感染の重篤度とは相関しない。
- ・ FEC から臨床症状を呈する馬への寄生虫の影響を評価することはできない。
- ・ FEC は寄生虫感染症や駆虫薬の副作用の発症リスクの指標にはならない。

### Box1 : Use of Fecal Egg Counts

#### 目的 Purposes :

- FECRT をおこなって駆虫の効果を評価するため。
- 最近の駆虫からの円虫の虫卵再出現期間 (ERP) をモニターし、評価するため。
- サンプルを採取した時のその成馬の虫卵排泄量を測定するため (例: 高濃度汚染源の馬かどうか)。
- 当歳 (0 歳馬) に主に感染している寄生虫が、回虫なのか円虫なのか、それとも両方なのかを知るため

#### 気を付けること Limitations :

- 虫卵数からでは、移行期にある大円虫や回虫、または被囊している小円虫などの未熟な幼虫期の寄生虫の寄生を摘発することは不可能である。
- 虫卵の形態では、大円虫の同定も小円虫の種の分類もできない。
- 条虫感染にいたっては、浮遊法の虫卵検査ではしばしば見逃されるか過小評価される。そのため、条虫卵の検出用に改変した手技が必要になる。
- 蟻虫卵は糞中に排泄されずに肛門の周囲に付着しているので、虫卵検査からは普通検出されない。

#### 糞便のサンプリングと保存の方法 Fecal sampling and storage :

- サンプルは液漏れのしない密閉可能な容器あるいはビニル袋に入れて保存する。
- 出来る限り新鮮な糞を採取する。排泄されてから 12 時間以内の糞便なら採取可能だが、その場合は採取後ただちに冷蔵保存する。(Nielsen *et al.* 2010b)
- 糞便検体は常に冷蔵保存することが推奨されるが、室温における嫌気保存でも卵の孵化を妨げることが可能である。嫌気保存は袋の空気を完全に絞り出すか、真空密閉装置を使用しておこなう。
- よく冷やされているならば虫卵はそのままの状態をより長く保つことが出来るとはいえ、採取したサンプルは 7 日以内に検査することが望ましい。

### **Box1 : Use of Fecal Egg Counts**

#### **(糞便のサンプリングと保存の方法 Fecal sampling and storage : つづき)**

- 凍ったサンプルや凍っていたサンプルは、卵が破損していたり死滅していたりするので、検査に用いることは出来ない。
- 下痢の糞便サンプルは糞中虫卵数の測定には用いることが出来ないが、定性的な検査（陽性 vs 陰性）には利用することが出来る。

#### **顕微鏡の使用とメンテナンス Microscope Use and Maintenance :**

- 顕微鏡のレンズが寄生虫の虫卵を測定するスライドの観察に適した焦点距離に調整されたものであるか確認する。
- 形態的な特徴をより正確に観察するためにしぼりを上手く利用する。
- 虫卵同定の技術向上のための情報は、インターネットや教科書などから収集できる。もし不明な点が出てくるようであれば、獣医寄生虫学の専門家に意見を求めなくてはならない。
- 虫卵や、虫卵かもしれない物体の大きさを測定できるように、接眼マイクロメーターが付属している顕微鏡が推奨される。大きさを測定することは、虫卵同定の大きな手がかりになる。今では、安価なデジタルカメラでも大きさの測定ができるソフトウェアを用いることも可能である。

現在、多くの FEC 測定技術が利用可能であり、どの方法を用いるかは測定の目的によって異なる (Nielsen, 2022a)。付録 A に馬の臨床現場で最も使われている McMaster 法の手順を示している。McMaster 法は円虫の虫卵を多く排泄しているかどうか判定するため、および、回虫の存在をモニターするために使われるが、これ以外の検査方法の方がより優れた正確度と精度（再現性）を実現できるので、FECRT を行う場合には McMaster 法以外の検査方法を用いるようにする。近年、自動化された画像解析ベースの虫卵数測定技術が実用化され、いくつかの検証実験では高い精度が実証されており (Cain et al., 2020)、有用であることが示唆されている。

### **3.3. 円虫類 Strongyles**

円虫の FEC 測定は特定の馬群の中でそれぞれの馬がどの程度のレベルで虫卵を排泄しているのかを推定し、糞中虫卵数減少試験 (FECRT、後述参照) で駆虫効果を評価するために実施する。一般的に使用する 2 つの方法の定量的な特徴を Table 1 にまとめる。ウィスコンシン法は正確度と精度が低いため、馬での検査としては一般に不適切とされている。糞中虫卵数の多い高濃度汚染源の馬を特定するためには、中程度から高い正確度のある検査方法を用いることが推奨される。

Table 1. 一般的に使用される 2 つの糞中虫卵数測定の手動検査方法。

検査法	係数	正確度 <sup>1</sup>	精度 <sup>2</sup>	参考文献
McMaster 法	25、50	中～高	中	Noel et al., 2017; Cain et al., 2020
ウィスコンシン法	1	低	低	Cain et al., 2020

<sup>1</sup>正確度 Accuracy は実際の糞中虫卵数にどれだけ近いかを示す尺度。

<sup>2</sup>精度 Precision は繰り返し測定した場合の測定値が互いにどれだけ近いかを示す尺度。

円虫の虫卵数は通常、1 つの群れにおける個体間の寄生虫の分布は不均一で偏りがあり、大多数の個体は低濃度または中程度にしか虫卵を排泄しておらず、高濃度に虫卵を排泄している馬は少数の一部である。ある群れにおける 20% 以下の頭数の馬が、群れの虫卵排泄量全体の 80% を排泄することから、これをしばしば 20/80 ルールと呼ぶ (Kaplan and Nielsen, 2010)。さらに成熟した馬は経時的に一貫して同じ濃度レベルの虫卵を排泄する傾向が強いことが研究で証明されている (Nielsen., 2006; Becher et al., 2010; Scheuerle et al., 2016)。したがって、群れの中の高濃度虫卵排泄馬を特定し、それらを適切に駆虫するために FEC 測定検査が推奨される。FEC 測定は一年中実施が可能で、季節による信頼性の変動はない。

### 3.4. 回虫類 Ascarids

回虫の虫卵排泄はほとんどの場合、若い馬でみられ、時間の経過とともに大きく変化する。つまり馬個体において長期にわたり一貫して虫卵を排泄し続けるようなことはない。したがって、回虫の FEC 測定の最も重要な目的は、①感染の定性的検出 (陽性/陰性) および、②駆虫効果の評価 (FECRT 後述参照) である。回虫の虫卵数測定検査については、さまざまな検査方法ごとの有効性を検証した情報はとても少ない。そのため、現時点では特定の検査方法を推奨することはできない。最近の研究では、回虫の FEC を判定するために McMaster 法が良好な精度を示すことが示唆された。(Ripley et al., 2023)

### 3.5. 条虫類 Tapeworms

条虫の虫卵は、馬の腸管内に直接排泄されず、成熟した片節が断続的に虫体から切り離され、壊れた時にしか現れないので、条虫感染の診断を普通の虫卵数測定や浮遊法によっておこなうのは困難である。一般的な McMaster 法による馬の条虫感染の診断の感度は 10% 未満である (Nielsen, 2016a)。40g の糞便を遠心分離した上で補正をかけて虫卵数を測定するという手技において、診断的な感度は 0.61、特異度は 0.98 であった (Proudman and Edwards, 1992)。20 隻以上の条虫寄生における上述の手技の感度は 0.90 であった。この値は寄生虫の診断的試験の感度としては非常に優れた値である。FEC の測定結果は通常、糞便 1g 当たりの虫卵数 (EPG) として報告するのではなく、単にカウントされた虫卵数

として報告する。条虫卵は糞便の局所に集中して存在するので、測定される虫卵数は寄生数に相関しておらず、糞便検査は単に条虫寄生の有無を調べるだけのものとして解釈すべきである。ただし、虫卵数測定は駆虫効果を評価する場合には有用である。条虫寄生の摘発感度を上昇させるために、プラジカンテル、または条虫に効果がある用量のピランテルを投与してから 24 時間後に採取した糞便を検査することも出来る (Slocombe 2006)。もしその馬に条虫が寄生していた場合、駆虫後に高い確率で糞便中に虫卵がみられるようになる。

馬の条虫感染に対する血清学的小および唾液 ELISA 試験の有効性が証明され、イギリスで市販実用化されている (Proudman and trees 1996; Lightbody et al., 2016)。この検査は葉状条虫の特異抗体価を測定して、条虫の寄生負荷に相関する力価を評価するものである。しかし、抗体価に基づく検査は実際の感染程度よりも強く反応し、駆虫後も数か月間は陽性となる (Abbott et al. 2008)。葉状条虫に対する抗体の有無を調べる、異なる血清学的検査がテネシー大学から実用化されている。しかし個々の馬の現在の感染や、感染の重篤度を調べるための定量的な分析の確認が十分になされていない。将来的にはより有用な ELISA 試験がアメリカで実用化されるかもしれない。

### 3.6. 蟯虫類 Pinworms

虫卵は糞便検査でも時々見つかることがあるが、セロファンテープ法や肛門周囲擦過法 (舌圧子と潤滑剤を使ってこすり取る) の方がより感度が高い。

### 3.7. 糸状虫類 Neck Threadworms

オンコセルカ属のマイクロフィラリアは、頸部または腹部正中線に沿った感染部位から採取した皮膚生検の顕微鏡検査によって検出できる。この検査方法は、マイクロフィラリアに対する駆虫効果の評価方法として有用性が示されているが (French et al., 1988; Monahan et al., 1995)、実際に標準検査として用いられることはほとんどない。

## 4. 駆虫の評価 Anthelmintic Treatment Evaluation

駆虫の効果は、それぞれの馬を生物学的なサンプルとしてみなした 寄生虫数 で評価する。結論は検査をおこなった個々の馬でなく、その群れ全体を評価したものである。一般的かつ実用的な経験則から、効果的な駆虫薬の条件は、その種類にかかわらず 駆虫後 14 日目の糞便検査において、回虫と円虫のどちらの虫卵数も駆虫前の FEC より 95%以上減少している ということである。

これは、次の手順に従って評価する。

- ・ 一緒に放牧している馬の群れで FEC を測定する。
- ・ 評価対象群の馬を駆虫する際には、添付文書に従った用量と投与方法を順守する。
- ・ 駆虫前と駆虫後 14 日目の糞便採取は同じ個体の馬からおこなう。
- ・ 全体の寄生虫卵数の減少率を計算して評価する。検査対象馬が 1 頭だけの場合を除き、個々の馬を個別に評価してはならない。

FEC の減少率が予想レベルを下回る場合、次の手順で考察することを推奨する。

- ・ 駆虫薬の保管条件、使用期限、投与量を再度確認する。
- ・ もう一度駆虫を実施し、投与後 14 日目に再度、FEC 測定をおこなう。それでも駆虫薬の効果が予想レベルを下回る場合は、駆虫薬耐性が強く示唆される。
- ・ 別の種類の駆虫薬を使って、検査を繰り返す。
- ・ 利用可能な駆虫薬の全ての種類で駆虫薬耐性が確認された場合は、その中で最も効果の高そうな種類の駆虫薬をつかうことが推奨される。

#### 4.1. 駆虫薬耐性試験 Resistance Testing

FECRT を使用した駆虫薬耐性試験のガイドラインは、世界獣医寄生虫学会議 (WAAVP) により任命された専門家の委員会によって徹底的に改訂された。これらのガイドラインは 2023 年に発行され (Kaplan et al., 2023)、獣医師はこれを読むことでより詳細なガイダンスを得ることができる。ガイドラインについてはオープンアクセスとして文献が公開されており、出版社の Web サイトから無料で入手可能である。駆虫薬耐性スクリーニング検査のためのこの新しいアプローチの概説を以下に示す。

WAAVP のガイドラインには、3 つの新しい原則が導入されている。

- 1) 期待される駆虫効果の閾値は、現在のところ、その駆虫薬が最初に馬市場に導入されたときに公表された過去の有効性データに基づいている。これらの閾値は、駆虫薬の種類と寄生虫の種類によってわずかに異なり、これらの違いは、それぞれの種類の駆虫薬を寄生虫の種類ごとに試験するための最適なプロトコルに影響を与える。
- 2) 推奨事項は、糞便 1g 当たりの虫卵数 (EPG) に換算する前の、実際に顕微鏡下でカウントされた虫卵数を指す「計測虫卵数」の原則に基づいている。駆虫前にカウントされた最小虫卵数を確認しておくこと、試験に適切な統計処理の方法を選択できる。これにより、馬の群れにおける平均 FEC に応じて、FEC 測定の方法を選ぶことができるようになる。
- 3) 駆虫効果の評価は、もはや虫卵数減少率の計算のみに基づいているのではなく、馬の個体間でみられる虫卵数減少レベルで観察されたばらつきを考慮した統計的信頼限界に基づいている。

ガイドラインには、結果を解釈するための 2 つの有効性閾値が設けられている。1 つは過去のデータに基づいた製品の期待される有効性レベル (耐性がない場合) を表す上限閾値である。下限閾値は、それを下回ると有効性が大幅に低下し、駆虫薬耐性があると解釈される。2 つの閾値の間はグレーゾーンとみなされ、耐性または感受性の結論を導き出す前に、さらに多くの情報が必要である。これらの原理を図 1 に示す。

#### 駆虫薬有効性の段階的な評価方法

1. 同じ放牧地を共有する糞中虫卵陽性の馬の群れを見つける。
  - a. 最低 5 頭以上の馬が推奨され、頭数が多いほど精度が高くなる。
  - b. もし馬が 5 頭いない場合、試験はできるが結果の解釈は慎重におこなう。
  - c. 1 頭であっても、駆虫治療の成否チェックならばおこなうことができる。
2. 駆虫前にできるだけ多くの虫卵を数える。
  - a. 1 頭の馬あたり 40 個以上の虫卵数がみられるとよい。
  - b. より多くの虫卵数を確認することのできる FEC 測定方法を選択する。
  - c. 1 頭あたり顕微鏡検査をおこなうスライドの枚数を増やせば、それだけ数えられる虫卵数も増える。
3. 添付文書の指示に従った用量で駆虫をおこなう。

(駆虫薬有効性の段階的な評価方法つづき)

4. 駆虫後 14 日目に再び糞便を採取する。
5. 駆虫前の FEC 測定と同じ個体のサンプル、同じ測定方法で FEC を測定する。
6. オンラインの FECRT 計算ソフトウェア <https://www.fecrt.com/> を使用して、群れ全体の虫卵数減少率の 90%信頼区間を計算する。
  - a. ソフトウェアを使用しない場合、次の公式を用いて、群れまたは 1 頭の馬の虫卵数減少率を計算することができる。

$$\frac{\text{EPG 合計 (駆虫前)} - \text{EPG 合計 (駆虫から 14 日後)}}{\text{EPG 合計 (駆虫前)}} \times 100 = \text{FECRT \%}$$

7. Fecrt.com から生成されたレポート、ここに記載されている閾値、およびそのガイダンスにしたがって結果を解釈する。

#### 4.2. FECRT の解釈 Interpretation of the FECRT

FECRT の信頼性を高めるために、駆虫前の馬の群れにおいて、1 頭あたり 40 個以上の虫卵数を数えられることが推奨される。低い乗算係数を使用して虫卵数を推定する方法は、高い係数を用いる測定方法よりも、実際に多くの虫卵を確認することになる。これは一般に FEC が低い糞便の検査で特に有用である。

群れの平均 FECR の不確実性は、データのばらつきを定量化し、有効性の推定の精度の尺度である 90%信頼区間を用いて計算されなければならない。FECRT データを分析するためのオンライン自動計算ツールは、コペンハーゲン大学から入手できる

(<https://www.fecrt.com/>)。この計算で、各 FECR に信頼区間の上限と下限が設定される。FECRT の結果の解釈は、これらの信頼限界に基づいている。耐性の判定は、駆虫効果が期待される値よりも下回ること、および駆虫薬耐性の寄生虫が馬に感染していることを意味しているだけである、ということに注意することが重要である。ただし、耐性を持つ寄生虫が高頻度で存在する場合は、駆虫薬の有効性がほぼ 0 になる可能性がある。

- 薬剤に優れた有効性がある： 下限値が、下限閾値を上回っている。  
推察される駆虫効果の最低限の有効性は、  
まだ許容範囲にある。(1)
- 耐性がみられる： 上限値が、上限閾値を下回っている。  
推察される駆虫効果の最大の有効性があっても、  
その薬剤に期待する効果より低い。(2)
- どちらともいえない： 上限下限のどちらの値も閾値の範囲外にある。  
データがばらつきすぎて、有効性の程度や耐性を  
明確に判断できない。(3)

FECRT の解釈を説明する図 1 は以下のとおり。

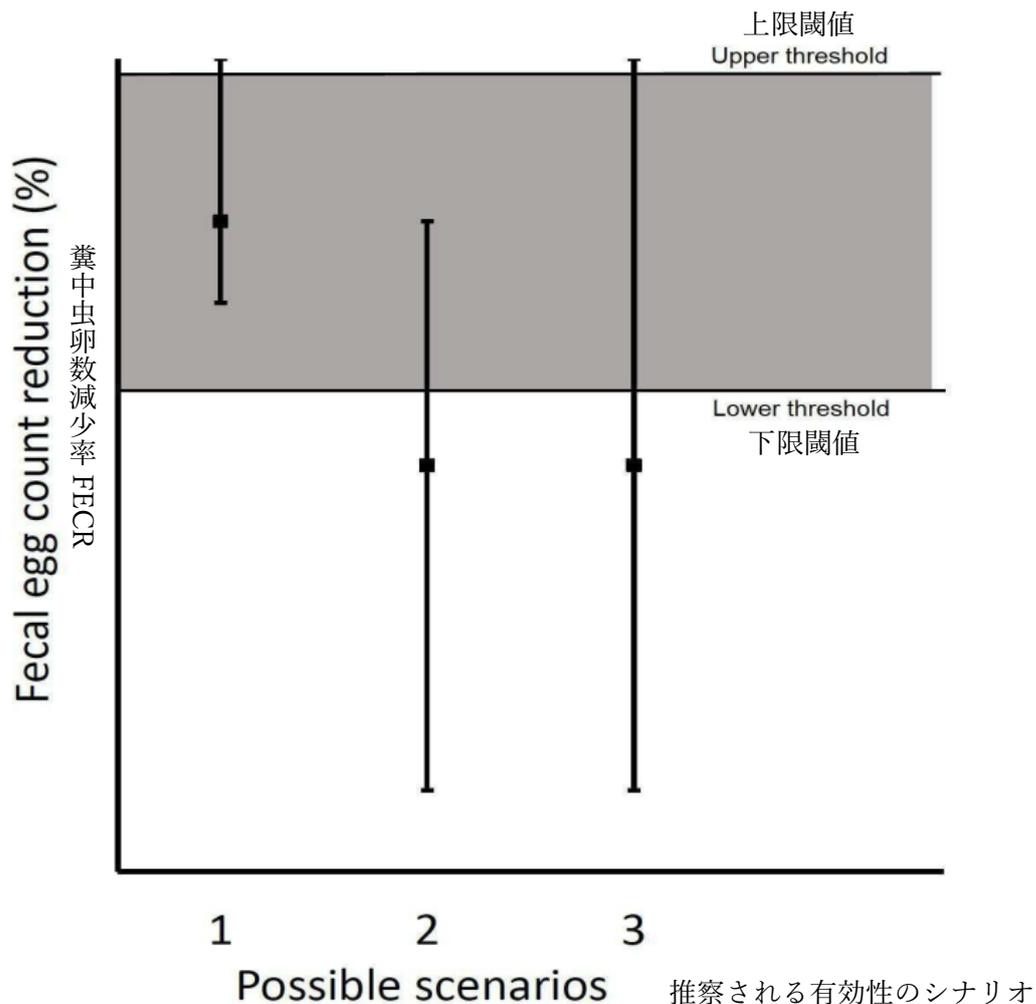


図1. FECRT の閾値と解釈。グレーゾーンは上限閾値と下限閾値の間を表す。シナリオ1：優れた薬剤の有効性が認められる。信頼区間の下限が下限閾値を上回っている。シナリオ2：耐性が認められる。信頼限界の上限は上限閾値を下回っている。シナリオ3：結論が出ない。どちらの信頼限界も、グレーゾーンの外にある。

### 4.3. ガイドラインの閾値と群のサイズ Guideline thresholds and group sizes

FECRT の完全なガイドラインは、WAAVP ガイドラインの文献に記載されており、牧場での臨床試験調査研究のためのプロトコルもその中に含まれている (Kaplan et al., 2023)。ここには、試験対象の駆虫薬ごとに、駆虫前にカウントされた糞中の虫卵数に応じて推奨される試験群のサイズに関する詳細が含まれる。カウントされる虫卵数は、検査された馬の数、検査された馬の平均 FEC、および FEC 測定方法によって変わること留意する。次の表で、カウントされた虫卵数の最小値が円虫と回虫の両方で 40 個/馬を超えている場合のシナリオについて、ガイドラインが示す概要をまとめている (Table2, 3)。カウントされた虫卵数がこれよりも少ない場合、推奨される試験群のサイズは大きくなる。詳細については、WAAVP のガイドラインを参照。

Table 2. 馬の小円虫の FECRT の有効性閾値と推奨される試験群のサイズ

	イベルメクチン/ モキシデクチン	ベンズイミダゾール	ピランテルパモ酸塩
上限閾値	99.9%	99%	98%
下限閾値	92%	90%	80%
試験群のサイズ (頭)	5	7	7
カウントされた虫卵数の合計 <sup>1</sup>	200	280	280

※ <sup>1</sup> 駆虫前検査で 1 頭あたりの FEC の最小値が 40 だった場合

Table 3. 馬の回虫の FECRT の有効性閾値と推奨される試験群のサイズ

	イベルメクチン/ モキシデクチン	ベンズイミダゾール	ピランテルパモ酸塩
上限閾値	99.9%	99.9%	99.9%
下限閾値	90%	90%	90%
試験群のサイズ (頭)	5	5	5
カウントされた虫卵数の合計 <sup>1</sup>	200	200	200

※ <sup>1</sup> 駆虫前検査で 1 頭あたりの FEC の最小値が 40 だった場合

#### 4.4. 5 頭未満の頭数で駆虫効果を評価する？ Treatment check with fewer than 5 horses?

FECRT は上述で要約したガイドラインにのっとって実施される必要があるが、推奨される試験群のサイズよりも少ない頭数しか試験対象馬がない場合や、駆虫前 FEC 測定でカウントされた虫卵数が少ない馬群であっても、駆虫効果を評価することには意味がある。しかしながら、このような場合には結果のばらつきが大きくなり、不確実性が高まる可能性があるため、結果の解釈をより慎重におこなう必要がある。試験群のサイズが小さい場合は、駆虫効果の評価はあいまいな結果になりやすくなる。

この場合の耐性の判定は真の結論とは言えないが、牧場に導入されたばかりで検疫中の馬など、検査対象馬が 1 頭しかない場合でも、駆虫の治療効果をチェックすることは有益である。このような場合の一般的なガイドラインは、駆虫後 14 日目の糞便検査において、回虫と円虫のどちらの虫卵数も 駆虫前の FEC より 95% 以上減少しているかどうかを確認する、ということである。馬が 1 頭しかない場合は、信頼区間を計算することができないため、検査の平均値の減少数だけに依存する。繰り返しになるが、駆虫前にカウントした虫卵数は、結果の信頼性に大きく影響する。

大まかなガイドラインとして、馬 1 頭につきカウントされた虫卵数が 40 個を超えていれば、かなり意味のある検査が可能だが、20~40 個の場合は、ある程度の信頼性のある結果しか得られず、20 個未満の場合は、信頼できる結果が得られない可能性がある。虫卵数が少ない場合には、分散によって高い有効性を示す結果が得られやすくなってしまうため、その結果の解釈には注意が必要である。しかしながら、耐性が存在しない場合には高い有効性が期待され、死んだ寄生虫は卵を産卵しないので、1 頭の馬での試験結果が不十分な有効性を示した場合は、それが耐性によるものと合理的に推察できる。

#### 5. 駆虫薬抵抗性のステータス Anthelmintic Resistance Status

馬の寄生虫における最近の駆虫薬耐性の状況を Table 4 にまとめた。耐性の発現は世界中で同じような傾向ではあるが、個々の牧場間には大きな違いがみられる。よって、いずれの牧場においても、適切な試験なしでは耐性を結論付けることはできない。特定の地域における蔓延状況は、その地域の多くの牧場/厩舎で何が予想されるか、という情報を示しているに過ぎない。したがって、Table 4 はどの寄生虫がどの種類の駆虫薬に最もよく耐性を示す傾向があるのかについて掲載しただけのものである。

**Table 4.** 飼育下にある馬における主要な線虫類の、4 種類の駆虫薬剤に対する小円虫、蟯虫、回虫、条虫の査読付き論文で報告された現在の耐性の獲得状況。世界中で同様の傾向がみられ、アメリカ国内での複数の調査でも同じ結果が報告されている。

耐性を示す駆虫薬の種類	小円虫	蟯虫	馬の回虫	条虫
ベンズイミダゾール系	非常によくみられる	なし	みられはじめた	—
ピリミジン系	非常によくみられる	なし	みられはじめた	みられはじめた
マクロライド系	みられはじめた	非常によくみられる	非常によく見られる	—
プラジカンテル	—	—	—	みられはじめた

非常によくみられる：80%以上の牧場でみられると世界中で報告されている。

よくみられる：世界中の牧場でみられると報告があるが、その割合は幅がある。

みられはじめた：駆虫効果の低下（回虫）や虫卵再出現期間の短縮（円虫）が、少数の単一牧場でみられたと報告されている。

### 5.1. 条虫類 Tapeworms

最近のデータでは、ケンタッキー州中部における葉状条虫に対するプラジカンテルとピランテルバモ酸塩の駆虫が失敗したことを示唆している（Nielsen, 2023; Finnerty et al., 2024）。獣医師は駆虫薬耐性試験の実施を考慮すべきである。治療が見かけ上の有効性を持っているかどうか、駆虫後 14 日目の糞便検査を定期的におこない、糞中の条虫卵の存在をスクリーニングすべきである。現時点では馬の条虫のために標準化された FECRT プロトコルは開発されていないが、最近の調査ではルーチンの FEC スクリーニング方法でも馬群の駆虫前と駆虫後 14 日目に虫卵数を測定すれば、駆虫効果の有効性の指標が得られることが示唆されている（Nielsen, 2023）。ただし、糞便中に条虫の虫卵が見つかるのはランダムであるため、高いレベルでの結果のばらつきが予想され、診断感度が低い可能性があることは注意すべきである。したがって、少数の馬のみで線虫の駆虫薬耐性試験をおこなうのと同様に、この場合に駆虫薬の有効性が低いことを示すデータは、偶然に発生する有効性が高いことを示すデータよりも信頼性が高くなる。

こうした課題を考慮すると、試験対象の馬群のサイズは重要である。最近発表された研究では、10～16 頭の当歳で調査が実施されており（Nielsen, 2023）、この頭数は治療効果の情報を得るのに十分だった。糞便中の条虫の虫卵数測定に、先述した遠心分離機を使用した改良された FEC 測定方法を用いると（例：Proudman and Edwards, 1992）、より多くの虫卵をカウントすることができ（Anderson et al., 2024）、駆虫効果についてより有用な指標が得られる。一般的にピランテルバモ酸塩（有効成分として 13.2 mg/kg）とプラジカンテル（1.0-2.5 mg/kg）は両方とも、駆虫後 14 日目に条虫類の虫卵数を少なくとも 95%減少させることが期待される。

## 5.2. 蟯虫類 Pinworms

イベルメクチンとモキシデクチンに対する明らかな耐性が、ヨーロッパ、ニュージーランド、南北アメリカの馬蟯虫で報告されている (Nielsen, 2022)。ただし、馬蟯虫の駆虫薬耐性試験は困難であり、FECRT は使用できない。発表された研究では、駆虫効果を評価するためにセロファンテープ法が使われている (Nielsen, 2022)。臨床的な反応に基づいてマクロライド系薬剤耐性が疑われる場合は、入手可能なエビデンスから、ピランテルパモ酸塩よりも歴史的に有効性により優れているベンズイミダゾール系を優先すべきであることが示唆されている (Reinemeyer and Nielsen, 2014)。

## 5.3 その他の寄生虫類 Other Parasites

一部の獣医師は、ハブロネマ属の幼虫によると疑われる病変へのマクロライド系薬剤による治療は明らかに反応がないと報告している。しかし、査読付きの論文にはそのような報告は存在しないため、これらの主張の基礎となるエビデンスを評価することはできない。さらに、ハブロネマ属に対する有効性が科学的に評価されている駆虫薬製剤はこれまでに開発されていないことも知っておく必要がある。幼虫は皮膚や粘膜の病変部に存在するが、これらの治療に適応すると添付文書に記載された製品の登録はなく、牧場現場でこれらの幼虫に対する駆虫薬の有効性を測定する実用的な手段はない。したがって、これらの報告が駆虫薬耐性によるものかどうかを科学的に判断することは不可能である。

## 6. 円虫の虫卵再出現期間 Strongyle Egg Reappearance Periods

虫卵再出現期間 (ERP) とは前回の効果的な駆虫を糞中虫卵陽性の馬群に実施した時から、次の虫卵の排泄の再開が明らかに確認されるまでの間の期間のことである。言い換えれば、これは駆虫が効果的であったならば、新たな虫卵の排泄をどれだけの期間抑制できるかということであり、駆虫薬の性能を測定するもうひとつの有意義な評価尺度である。ERP はすべての駆虫薬について測定できるが、一般的にはイベルメクチンとモキシデクチンにのみ適応されている。これは小円虫には残りの2つの駆虫薬 (訳者注: ピランテルパモ酸塩とベンズイミダゾール系) に対する耐性がよくみられ、それらの駆虫薬を使用しても最初から効果的に小円虫卵の FEC を減少させることがほとんどない、ということの意味している。また、たとえ効果があったとしても、これらの種類の駆虫薬の ERP から得られる有用な情報は、それほど多くない。

これまでの過去 30 年で、イベルメクチンとモキシデクチンの駆虫後の ERP は劇的に短縮した (Table 5)。1990 年代、モキシデクチンは ERP で 12~16 週間の範囲で効果を発揮しており、これは他のどの駆虫薬よりも大幅に長かった。これに比較して、イベルメクチンの ERP は 8~10 週間の範囲だった (Nielsen, 2022)。しかし 2017 年以降の複数の調査

により現在はどちらの駆虫薬も ERP は 4~5 週間であると報告されている (Nielsen, 2022)。

**Table 5** : 1990 年代にイベルメクチンとモキシデクチンについて報告された馬の小円虫の虫卵再出現期間 (ERP) を 2017 年以降に実施された複数の調査と比較した

	1990 年代	現在
イベルメクチン	8 - 10 週間	4 - 5 週間
モキシデクチン	12 - 16 週間	4 - 5 週間

データは Nielsen, 2022 から引用

### 6.1. ERP の短縮：解釈 Shortened ERP : Interpretation

長年にわたり、根拠なく、ERP の短縮は耐性獲得の兆候であると考えられてきた (Sangster, 1999)。しかし、これは必ずしも当てはまるわけではなく、最近のデータは、より短い生活環を持つ寄生虫の選択が起こった可能性があることを示唆している (Nielsen et al., 2022a)。ERP の短縮によって実際に生じる結果は、駆虫後の新たな虫卵の排泄の抑制が長期間は維持されなくなる、ということである。これによって、放牧地への虫卵の排泄量が大幅に増加し、寄生虫防除レベルの低下につながる可能性がある。コンピュータシミュレーションによる調査では、馬の年齢、気候条件、駆虫プログラムによっては、ERP が 4~5 週間になることで、寄生虫への感染が倍数的に増大する可能性があることが示唆された (Nielsen, 2023)。

### 6.2. ERP の判定 Determining ERP

世界獣医寄生虫学会議 (WAAVP) は最近、ERP を判定するためのガイドラインを発行した (Nielsen et al., 2022b)。この測定方法は糞中虫卵数減少 (FECR) に基づいているため、FECRT について概説された原則の多くは ERP 測定にも当てはまる。理想的には、駆虫薬投与後数週間にわたって馬群の糞便検査を毎週行う必要があるが、より現実的で実用的に実施するならば、戦略的に抽出したタイミングの間隔 (4、6、8 週ごとなど) で FECR を測定して ERP を「抽出検査」するアプローチも選択できる。マクロライド系駆虫薬の ERP は、算出された FECR の 90%信頼区間の上限値が、90%FECR の上限閾値を下回っている時点とする。この方法で、イベルメクチンとモキシデクチンの性能についての有用な情報が得られる。

## 7. 幼虫の駆虫 Larvicidal Treatment

幼虫の駆虫 Larvicidal Treatment という用語は、腸壁内に被囊している小円虫の幼虫に対して有効性を持つ駆虫薬の使用を指している。現在、被囊しているステージの幼虫に効果

が認められている駆虫薬は、モキシデクチンとフェンベンダゾールの2種類である。しかし、一般的に信じられていることに反して、これらはいずれも高い幼虫駆除効果を期待することはできない。最近の複数の研究によって、両方の薬剤が幼虫の感染を減らす効果は85%未満であることが証明された (Nielsen, 2022)。フェンベンダゾールの5日間連続投与の有効性のレベルは、これまで過去に報告されてきたものよりも顕著に低下しており、明らかな駆虫薬耐性がみられている。モキシデクチンの幼虫駆除効果は常に変動しており、ほとんどの研究では、発育中のステージの幼虫に対しての駆虫効果は50~70%の範囲であると報告されている (Nielsen, 2022)。したがって、モキシデクチンはこの幼虫駆除効果を維持していると思われるが、最近の研究からは、放牧地で飼育されている馬については、被囊している幼虫の寄生数を減少させる効果はほんの一時的でしかない可能性が示唆されている (Nielsen et al., 2022a)

現在のところ、幼虫を駆虫する治療の臨床上的利点を証明するデータはない。小円虫幼虫症 (被囊している小円虫の幼虫が一斉に脱囊するときに発症する臨床症状) は北アメリカの馬では非常にまれなようであることから、そのリスクを軽減するための定期的な幼虫の駆虫にどこまで有効性があるのか不明である。このため、馬群における幼虫駆除の予防的な価値を評価することは非常に困難である。さらに、幼虫を駆虫すること自体に期待される薬剤の有効性は実質的に100%を下回っているため、かなりの割合の被囊幼虫が駆虫薬投与後も生き残ると予想される。幼虫の寄生数の減少も一時的な効果しかなく、駆虫後5週間以内には駆虫前のレベルに戻ってしまう (Nielsen, 2022a)。

最近の調査で、モキシデクチン投与とフェンベンダゾールの5日間投与がほぼ同じレベルの幼虫駆除効果である可能性が示唆された (Reinmeyer et al., 2015; Bellaw et al., 2018)。モキシデクチンは一般に腸管内の円虫の成虫に対する効果を維持している一方、フェンベンダゾールは成虫に対しての効果があまりない (Table 4)。したがって、幼虫駆除効果には大きな差はないかもしれないが、駆虫後の円虫寄生そのものの全体負荷を軽減し、新たな虫卵排泄を抑制する効果は、モキシデクチンの方がはるかに大きい (Mason et al., 2014)

獣医師や馬主の中には、被囊している幼虫が大量に寄生していると思われる馬の幼虫駆除に懸念を主張する人もいる。しかし、小円虫の濃厚感染馬に対する駆虫が引き起こす腸の炎症反応についての一連の研究からは、モキシデクチン投与やフェンベンダゾール5日間連続投与による駆虫が引き起こした反応は、(幼虫には効果がない) イベルメクチン投与による駆虫と同じくらいごくわずかにしかみられず、最も炎症反応が顕著にみられたのは駆虫薬を投与しなかったコントロール群であった (Nielsen et al., 2015; Steuer et al., 2018; 2020)。これらのことから、瀕死の寄生虫が引き起こすとされる有害な炎症反応はそま

で心配しなくてよいだろう。

## **8. 寄生虫対策の方法 Methods of Parasite Control**

現在入手可能な駆虫薬の概要は付録 B に記載した。

### **8.1. 環境を軸に据えたアプローチ法 Environmental-based approaches**

馬の円虫の生活環は糞塊の中の虫卵から始まり、そこで孵化して感染能を持つ幼虫に成長する。その後放牧地へと出ていき、馬に摂取されなくてはならない。よって、放牧地から全ての糞便をただちに除去することが出来るならば、馬への感染を予防することが出来る。

### **8.2. 環境の対策 Environmental Control**

気温が円虫の自由生活世代（虫卵、L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub>）の生存、生育、生存できる期間に与える影響の概要は、付録 C に記載した。円虫の卵は至適温度かつ至適湿度下で孵化し、感染能のある幼虫に成長する。寒冷条件下では成長速度が遅くなるか、完全に成長を停止する。逆に過度の高温下で虫卵および幼虫は死滅する。糞便と汚れた敷料を適切に堆肥化することで、その内部温度は比較的高温になる。糞中にある円虫の幼虫は、最低 1 週間 40°C 以上の環境にさらされることにより、実質的に根絶される (Gould et al. 2012)。

堆肥化されていない馬の糞便を放牧地に撒くことは、放牧地の寄生虫汚染のレベルをより引き上げることになるので、決してやってはならない。ドイツにおいて、堆肥化していない糞便を撒いたことが馬の回虫類の流行につながった事例があった (Fritzen et al. 2010)。

放牧地を一年のうち数か月間休ませることはその放牧地における感染のリスクを減らすことが出来るかも知れないが、それは、その年のどの時期に休ませたかや、その牧場がどのような気候の土地にあるのかに依存する。暑い気候（気温 40°C くらい）において感染能を持つ円虫の幼虫（L<sub>3</sub>）は数日から数週間しか生存することが出来ない。しかし、寒い気候においては 6 か月から 9 か月間もの長期間生存が可能である (Nielsen et al. 2007)。したがって、環境中における L<sub>3</sub> の生存率はその地域や季節によって大きく変動する。

一時的に放牧地を採草地にすることで採草量を回復させることも現実的な手段のひとつであり、環境中に生き残っている感染幼虫の数を大きく減少させることができるはずである。しかし、この提案を裏付けるエビデンスについてはまだ不十分である。あるいは、汚染した放牧地に反芻動物を放牧することも対策になるだろう (Eysker et al. 1986)。馬の円虫の幼虫には強い宿主特異性があるので、牛、羊、ヤギ、ラクダには感染しない。唯一、

胃に寄生する毛様線虫の仲間である、皺胃毛様線虫 *Trichostrongylus axei* が例外であり、この寄生虫は反芻動物とウマ科動物の両方に感染することが出来る。しかし、この寄生虫が反芻動物や馬に病気を引き起こすことはほとんどない。反芻動物にみられる肝蛭 (*Fasciola hepatica*) は馬にも感染する可能性があるが、この寄生虫は珍しく局地的にしか生息しないため、肝蛭の流行地域のみには感染症はみられない。

環境の寄生虫対策として、線虫に生える真菌を含む飼料を馬に与えるという方法が上手くいっており (Healey et al., 2018)、この飼料製品は北アメリカで現在入手可能である。ただし、この製品を意義のある形で寄生虫対策プログラムにうまく組み込む方法については、現時点では情報が不足している。

### 8.3. コンビネーション駆虫 (多剤併用駆虫法) Combination deworming

コンビネーション駆虫は、羊におけるシミュレーション調査とフィールド調査の両方で寄生虫駆除の効果を向上させ、駆虫薬耐性の発現を遅らせるという科学的なエビデンスの蓄積によって支持されており、反芻動物の管理においてはますます推奨されている

(Leathwick et al., 2012; 2015; Kaplan, 2020)。しかし、馬に関するこの問題についてのデータはほとんどない。同じ寄生虫を標的とする複数の有効成分を含む馬の駆虫薬の合剤は、南半球の複数の国で入手可能である。コンピュータシミュレーションによる研究では、耐性が発現していない2つの新しい有効成分を組み合わせると、耐性の発現率が効果的に低下することが示唆されている (Leathwick et al., 2017)。さらにある研究では、新しく開発された種類の駆虫薬と、すでに耐性によって有効性が低下している駆虫薬とを組み合わせる方法に、一定の価値があることが示唆されている (Scare et al., 2020)。

しかし過去40年間、馬に使用するための新しい種類の駆虫薬は登場せず、これからも将来的に予見できる限り、そのような製品は期待することができない。したがって、上記で説明したシナリオは存在せず、その代わりに、現実的に組み合わせることができる駆虫薬は、過去数十年にわたって使われ続けてきたものしかなく、すでに駆虫薬耐性がみられているか、みられはじめているものばかりである。ある研究では、オキシベンダゾールにピランテルパモ酸塩を合わせた合剤を、どちらの薬剤にも耐性がある小円虫に対して用いた結果、初回の合剤による駆虫では一旦は有効性が向上したものの、次回以降の駆虫ではその効果が失われてしまい (Scare et al., 2018)、このアプローチは持続不可能であることが証明された。

上記の結果に基づいて、現時点では、小円虫をコントロールするための持続可能なアプローチとして、コンビネーション駆虫を支持するエビデンスはない。獣医師はケースバイケースで、2つ以上の有効成分を組み合わせた駆虫を、適応外治療として実施することは

きる。しかしながら、子馬と離乳馬を治療する場合、その馬に円虫と回虫がどちらも感染しているならば、現在の駆虫薬の耐性の状況では2つの異なる種類の駆虫薬が必要になる可能性があることに注意する必要がある。他の動物種（反芻動物など）用に認可されている薬剤を、馬に適応外使用することは不適切であり、持続可能ではない可能性があるため推奨されない。

#### 8.4. 代替療法 Alternative remedies

いわゆるオーガニックと呼ばれるものや、ハーブを用いた数多くの駆虫薬が出てきており、馬具店やオンラインショップで見かけるようになったが、これらの製品はいずれも正式に寄生虫に対しての有効性を評価されていない。同様の製品が反芻動物用にも販売されているが、羊を対象としたいくつかの研究から、これらの製品には有効性がほとんど、もしくは全くないことが一貫して実証されている（Burke et al., 2020）。こうした製品が存在するのは、薬品と非薬品とで表示義務の内容が異なることによるものである。薬品の場合は、寄生虫に対して効果があると表示するために、その事実を規模の大きな効果試験と安全性試験によって米国食品医薬品局（FDA）に明確に証明しなくてはならない。FDAの承認を得ると、広告上はその効果を謳う際にFDAによって広告で主張される内容が規制される。対照的に薬品ではないとみなされる製品の場合は、販売にFDAの承認を必要としないため、その広告に何でも好きな事を書くことが出来、しかも製品の安全性と有効性については、ほとんど監視されない。

### 9. 推奨される寄生虫対策プログラム Recommendations for Parasit Control Programs

一般原則として、小円虫を完全に駆除することを目標にしてはならない。全ての放牧されている馬は小円虫に感染していると考えられ、そしてこの寄生虫の病原性は低い。そこで推奨される寄生虫対策プログラムの目的は、群れ全体の虫卵排泄量を減らすことで寄生虫の感染圧を軽減し、まれに臨床症状としてあらわれる寄生虫感染症の発生を防ぐことである。しかしながら小円虫以外には、よく考慮すべき寄生虫も存在する。

小円虫の対策プログラムは、アメリカの地域によって大きく異なる幼虫の感染時期に合わせて策定されるべきである。図2はそれぞれ気候の異なる6つの州における小円虫の虫卵から感染幼虫への発育に関するデータをグラフに示したものである。小円虫の新たな虫卵の排泄を抑制することを目的としたモニタリング主体の寄生虫対策における駆虫は、常に感染が活発になる時期を狙って実施すべきである。なぜなら、極度の寒冷や高温の気象条件によって外界ではほとんどの虫卵が死滅する場合、新たな虫卵の排泄を抑制する必要がないからである。

推奨事項は、2段階の原則に従う。ベースラインの駆虫は小円虫以外の、大円虫、回虫、条虫に対する対策を目的としている。モニタリング主体の駆虫は、小円虫の虫卵による放牧地の汚染を抑制することを目的としている。

### 2段階の寄生虫対策の原則

- ・ベースラインの駆虫…すべての馬に適応すべきである。
- ・モニタリング主体の駆虫…FECに基づいて適応される。

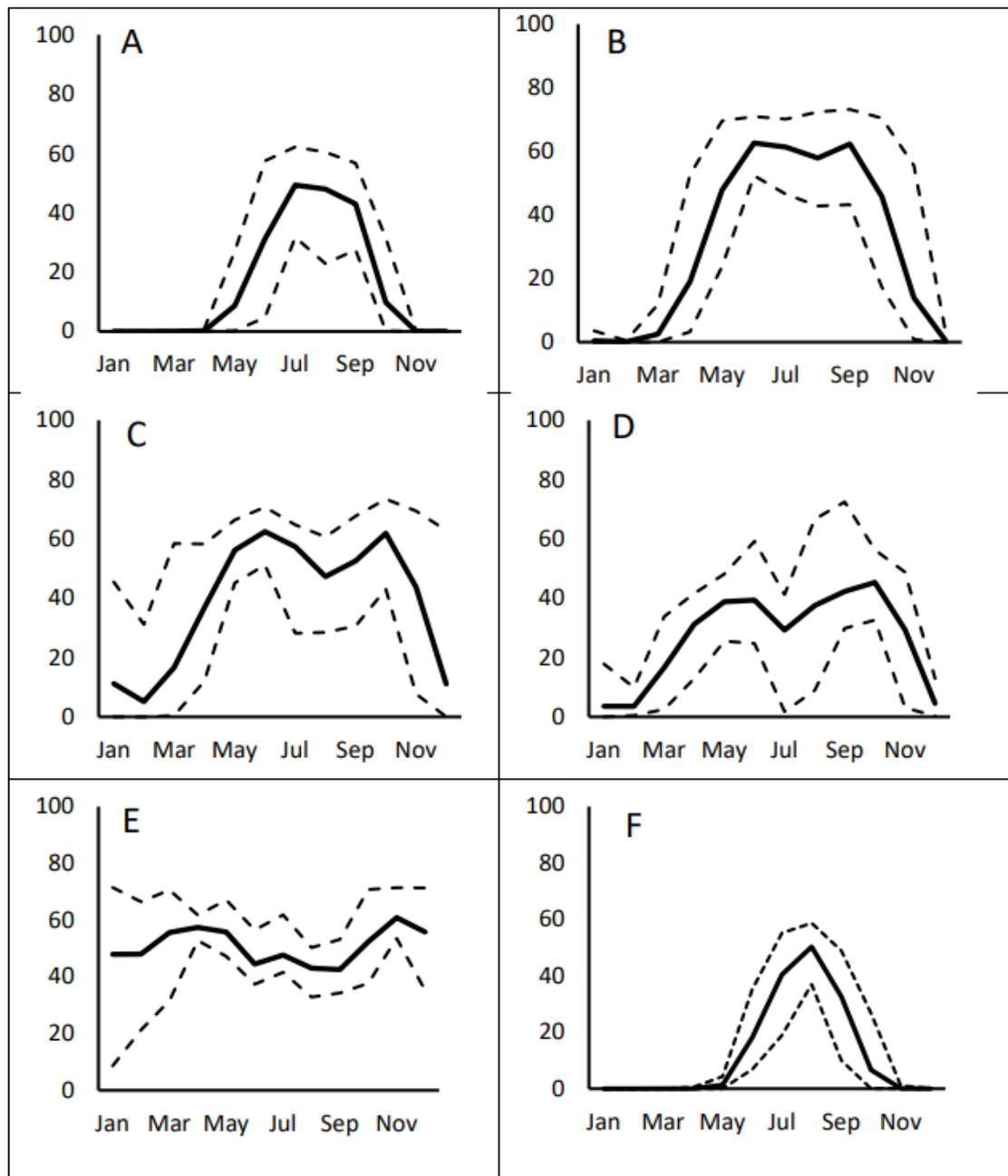


図2. 円虫の感染シーズン。6つの異なる地域の気象観測データに基づいて、放牧地で虫卵が感染幼虫 ( $L_3$ ) へ発育する成功率を予測する *Cyathostomum* life-cycle コンピュータシミュレーションが生成したデータの例 (Leathwick et al., 2015)。A: ノースダコタ州ディキンソン。B: ケンタッキー州レキシントン。C: ジョージア州ワシントン。D: テキサス州ペコス。E: フロリダ州セントレオ。F: ネバダ州デニオ。実線は10年間のデータの平均、点線は10年間の最小値と最大値。

### 9.1. 成馬（5～15 歳）向けの推奨事項

主な駆虫対象：円虫と条虫。

- 年に一回は、駆虫に用いた駆虫薬の有効性を FECRT で評価する。
- ベースラインの駆虫は、基本的に年に 1 回または 2 回マクロライド系の薬剤を用いて実施する。駆虫対象は大円虫、馬バエ幼虫、必要に応じて夏創の原因となる旋尾線虫目（ハプロネマ属とドラスキア属）である。馬が青草の生えた放牧地で飼育されている場合は、プラジカンテルを少なくとも年に 1 回投与する必要がある。条虫を駆除するための追加の駆虫は、基本的には感染していることが証明されたときだけにすべきである。
- これ以上のあらゆる追加の駆虫は、円虫の虫卵を高濃度に排泄（>500EPG）している馬をターゲットにすべきである。円虫の感染シーズン（図 2）に合わせて、高濃度虫卵排泄馬は 1 回または 2 回の追加駆虫をおこなう。放牧地の感染圧を減らすことを目的とするすべての駆虫は、感染シーズンに実施しなくてはならない。

### 9.2. 高齢馬（15 歳以上）向けの推奨事項

高齢馬は一般的に成馬向けの推奨事項に従う。しかし、一部の高齢馬は高濃度虫卵排泄馬になる可能性があり（Adams et al., 2015）、高齢馬で一般的にみられる下垂体中葉機能不全（PPID）と FEC の増加は相関している（McFarlane et al., 2010）。したがって、高齢馬は FEC をモニタリングして、それに応じた駆虫を実施することが重要である。

### 9.3. 子馬、離乳馬、イヤリング馬（一歳馬）、若馬への推奨事項

主な駆虫対象：糞中に虫卵が見つかる順番で、回虫、円虫、条虫。

- FECRT を毎年実施して、円虫および回虫に対する駆虫薬の有効性を評価する。回虫に対する FECRT を実施するのに最適な月齢は、回虫の FEC が最も増加する生後 4～6 か月齢である。
- 糞中虫卵数（FEC）を基準とするターゲットド・トリートメント（選択的駆虫）は、この年齢層の馬には**決して推奨しない**。しかしながら、回虫は円虫とは異なる種類の駆虫薬が必要であることが多いため、FEC の測定は回虫の存在をモニタリングする目的のために重要である。
- 馬糞線虫の幼虫は乳汁感染することが知られているが、周産期に繁殖牝馬を駆虫するメリットは不明で、これを推奨するエビデンスはない。
- 当歳（0 歳）には回虫の駆虫を 2 回おこなうべきである。最初の 1 回目は生後 2～3 か月齢時に、2 回目の駆虫は生後 5 か月齢でおこなうことが望ましい。このとき、回虫に対して有効性が保証されるベンズイミダゾール系による駆虫をおこなうことが推奨されるが、ピランテルパモ酸塩でも可能かもしれない。添付文書に記載された回虫を駆除するためのフェンベンダゾールとオキシベンダゾールの用法用量は 10 mg/kg 単回経口

投与である。

- 5～6 か月齢で予想される回虫の自然な減少と、その後続く円虫の増加を追跡するため、この時期に最初の FEC 測定検査を実施することが推奨される。
- 青草の生えた放牧地で飼育されている場合には、離乳馬は生後 6～9 か月齢で、最初の円虫を駆除するためのマクロライド系駆虫薬での駆虫をおこなう必要がある。条虫がみられる地域においては、条虫の駆除を目的とする駆虫を合わせておこなう。FEC 測定検査でまだ回虫がみられる場合は、回虫卵陽性馬に対しベンズイミダゾール系駆虫薬による追加駆虫を考慮する必要がある。
- イヤリング馬（1 歳馬）の大半は、円虫の EPG が 1000 を超えると予想され、少数の馬が回虫卵陽性となる可能性がある。これに基づき、イヤリング馬では円虫の駆除を目的とした駆虫を春、感染シーズンの最盛期、秋に実施することが多い。円虫の感染シーズン（図 2）の期間の長さによって、1 回または 2 回の追加駆虫が必要になるかもしれない。プラジカンテルの投与は秋以降にすべきである。
- 2 歳から 3 歳馬は虫卵排泄量が次第に低下していくものと予想されるが、一部は虫卵を大量に排泄し続けると考えられる。大抵の場合、この年齢の馬は年に 3～4 回程度は駆虫すべきであり、秋以降に年に 1 回はプラジカンテルを合わせて投与する。

#### **9.4. 寄生虫特有の治療時に考えるべきこと Parasite-specific treatment considerations**

##### **9.5. 円虫類 Strongyles**

ベンズイミダゾール耐性とピランテル耐性はどちらも、FECRT を実施してその可能性が否定されるまでは、耐性があるものとみなす。このため、多くの地域ではマクロライド系駆虫薬が唯一の選択肢になる。とはいえ、いずれの薬剤を使用する場合にも、その有効性のモニタリングは必要である。

##### **9.6. 回虫類 Ascarids**

そうでないと証明されるまでは、マクロライド系駆虫薬に耐性があるとみなす。通常はベンズイミダゾール系とピランテルパモ酸塩はどちらも有効な駆虫薬であるが、それでも有効性のモニタリングが推奨される。理論的には、ベンズイミダゾール系の薬剤は非麻痺性の作用機序を持ち、効果があらわれるのが遅いため、より安全な選択肢である可能性がある。ただし、この仮説は確固たるエビデンスに裏付けられたものではない。フェンベンダゾール 10 mg/kg を 5 日間連続投与すると、回虫の移行幼虫にも効果があることが証明されている（Vandermyde et al., 1987）。ただしこの駆虫方法は製品の適応外使用であり、こうした駆虫に臨床上的利点があるのかについては不明である。

##### **9.7. 条虫類 Tapeworms**

条虫の駆除を目的とした駆虫薬の選択肢には、プラジカンテル（アメリカでは、イベルメ

クチンまたはモキシデクチンとの合剤の形でしか馬には認可されていない)、または条虫に効果のある用量(線虫に対する用量の2倍量)のピランテルパモ酸塩がある。条虫の新規感染は冬になると寒さのためになくなるので、ほとんどの地域では、晩秋に条虫を駆虫するべきである。

#### 9.8. 蟯虫類 Pinworms

そうでないと証明されるまでは、マクロライド系薬剤に耐性があるとみなす。蟯虫感染による搔痒は、蟯虫のメスが馬の肛門周囲に産卵する際に分泌される粘液によって引き起こされるため、馬の会陰部や肛門周囲を洗ってやると症状が軽減する場合がある。馬が尻を擦り付けた物や場所は、可能な限り廃棄するか、洗剤や消毒薬で洗浄し熱湯で洗い流す。馬蟯虫は直腸や小結腸には生息しないため、あらゆる駆虫薬を用いた直腸洗浄はほとんど意味がないことを知っておくことは重要である。

#### 9.9. 馬バエ幼虫 Bots

馬バエ幼虫(訳者注:いわゆる蛆虫)は見た目には不快だが、病原性はとても低く、駆虫をおこなう目的にすべきではない。しかしながら、推奨されているベースラインの駆虫には、秋に実施するマクロライド系駆虫薬の投与が含まれているので、これは馬バエ幼虫の寄生を減らすのに有効である。最近のデータでは、馬バエ幼虫に対するモキシデクチンの効果にばらつきがあることが示唆されており(Reinemeyer et al., 2015)、イベルメクチンの方が効果的な選択肢である可能性がある。

## 10. 行う価値のある6つのチェンジ Six Changes Worth Making

- FECRT を実施して、定期的に駆虫薬の効果を確認する。
- 年間を通じて一定の間隔で駆虫することはやめる。
- 複数の駆虫薬を順番にローテーションを組んで使わない。
- 駆虫の頻度を減らす。
- 円虫の感染が活発になるシーズンに合わせて駆虫プログラムを策定する。
- 臨床症状のある病気の診断に FEC を使わない。

### 著者/査読者 Authors/Reviewers

Developed by the AAEP Parasite Control Subcommittee of the AAEP Infectious Disease Committee in 2013.

正会員名 Original subcommittee members included : *Martin K. Nielsen, DVM, Ph.D., Dipl. EVPC (委員長 chair), Linda Mittel, MSPH, DVM, Amy Grice, VMD, Michael Erskine, DVM, Dipl. ABVP, Emily Graves, VMD, Dipl. ACVIM, Wendy Vaala, VMD, Dipl. ACVIM, Richard C. Tully, DVM, Dennis D. French, DVM, Ph.D, Dip. ABVP, Richard Bowman, DVM, Ray M. Kaplan, DVM, Ph.D, Dipl. ACVM, Dipl. EVPC.*

本ガイドラインは、AAEP 感染症委員会の監督の下、2024 年に AAEP 内部寄生虫対策ガイドライン策定タスクフォース（委員会）によって再審査・更新された。

**2024 Task Force members :** *Martin K. Nielsen, DVM, Ph.D., Dipl. EVPC (chair); Michael Erskine, DVM, Dipl. ABVP; Sally Anne L. DeNotta, DVM, Ph.D., Dipl. ACVIM; Dennis D. French, DVM, Ph.D., Dip. ABVP; Emily Graves, VMD, Dipl. ACVIM; Ray M. Kaplan, DVM, Ph.D., Dipl. ACVM, Dipl. EVPC; Sarah Reuss, VMD, Dipl. ACVIM; Eric L. Swinebroad, DVM, Dipl. ACVIM; Wendy Vaala, VMD, Dipl. ACVIM; and Rose D. Nolen-Walston, DVM, Dipl. ACVIM (LAIM).*

## 参考文献 References

- Abbott, J.B., Mellor, D.J., Barrett, E.J., Proudman, C.J., Love, S., 2008. Serological changes observed in horses infected with *Anoplocephala perfoliata* after treatment with praziquantel and natural reinfection. *Vet. Rec.* 162, 50-53.
- Adams, A.A., Betancourt, A., Barker, V.D., Siard, M.H., Elzinga, S., Bellaw, J.L., Amodie, D.M., Nielsen, M.K., 2015. Comparison of the immunologic response to anthelmintic treatment in old versus middle-aged horses. *J. Equine Vet. Sci.* 35, 873-881.
- Anderson, H.C., Warner, S.F., Ripley, N.E., Nielsen, M.K., 2024. Performance of Three Techniques for Diagnosing Equine Tapeworm Infection. *Vet. Parasitol.* 237, 110152.
- Becher, A.M., Mahling, M., Nielsen, M.K., Pfister, K., 2010. Selective anthelmintic therapy of horses in the Federal states of Bavaria (Germany) and Salzburg (Austria): an investigation into strongyle egg shedding consistency. *Vet. Parasitol.* 171, 116–122.
- Bellaw, J.L., Krebs, K., Reinemeyer, C.R., Norris, J.K., Scare, J.A., Pagano, S., Nielsen, M.K., 2018. Anthelmintic therapy of equine cyathostomin nematodes – larvicidal efficacy, egg reappearance period, and drug resistance. *Int. J. Parasitol.* 48, 97-105.
- Burke, J.M., Miller, J.E., 2020. Sustainable Approaches to Parasite Control in Ruminant Livestock. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 36, 89-107.
- Cain, J.L., Slusarewicz, P., Rutledge, M.H., McVey, M.R., Wielgus, K.M., Zynda, H.M., Wehling, L.M., Scare, J.A., Steuer, A.E., Nielsen, M.K., 2020. Diagnostic performance of McMaster, Wisconsin, and automated egg counting techniques for enumeration of equine strongyle eggs in fecal samples. *Vet. Parasitol.* 284, 109199.
- Clayton, H.M., 1986. Ascarids. Recent advances. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 2, 313-328.
- Cummings, E., James, E.R., 1985. Prevalence of equine onchocerciasis in southeastern and midwestern United States. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 186, 1202-1203.
- Eysker, M., Jansen, J., Mirck, M.H., 1986. Control of strongylosis in horses by alternate grazing of horses and sheep and some other aspects of the epidemiology of strongylidae infections. *Vet. Parasitol.* 19, 103-115.
- Hedberg-Alm, Y., Tydén, E., Tamminen, L.-M., Lindström, L., Anlén, K., Svensson, M., Riihimäki, M., 2022. Clinical features and treatment response to differentiate idiopathic peritonitis from non-strangulating intestinal infarction of the pelvic flexure associated with *Strongylus vulgaris* infection in the horse. *BMC Vet. Res.* 18, 149.
- Finnerty, C.A., Bonometti, S., Ripley, N.E., Smith, M.A., Nielsen, M.K., 2024. Evidence of tapeworm treatment failure in a Central Kentucky Thoroughbred farm. *Equine Vet. Educ.* in press.
- French, D.D., Klei, T.M., Foil, C.S., Miller, R.I., Foil, L.D., Chapman, M.R., McClure, J.J., 1988. Efficacy of ivermectin in paste and injectable formulations against microfilariae of *Onchocerca*

- cervicalis and resolution of associated dermatitis in horses. *Am. J. Vet. Res.* 49, 1550-1554.
- Fritzen, B., Rohn K. Schnieder, T., von Samson-Himmelstjerna, G., 2010. Endoparasite control management on horse farms – lessons from worm prevalence and questionnaire data. *Equine Vet. J.* 42, 79-83.
- Gould, J.C., Rossano, M.G., Lawrence, L.M., Burk, S.V., Ennis, R.B., Lyons, E.T., 2012. The effects of windrow composting on the viability of *Parascaris equorum* eggs. *Vet. Parasitol.* 191, 73-80.
- Healey, K., Lawlor, C., Knox, M.R., Chambers, M., Lamb, J., Groves, P., 2018. Field evaluation of *Duddingtonia flagrans* IAH 1297 for the reduction of worm burden in grazing animals: Pasture larval studies in horses, cattle and goats. *Vet. Parasitol.* 258, 124-132.
- Kaplan, R.M., 2020. Biology, Epidemiology, Diagnosis, and Management of Anthelmintic Resistance in Gastrointestinal Nematodes of Livestock. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 36, 17-30.
- Kaplan, R.M., Nielsen, M.K., 2010. An evidence-based approach to equine parasite control: It ain't the 60s anymore. *Equine Vet. Educ.* 22, 306-316.
- Kaplan, R.M., Denwood, M., Nielsen, M.K., Thamsborg, S.M., Torgerson, P.R., Gilleard, J.S., Dobson, R.J., Vercruyse, J., Levecke, B., 2023. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (WAAVP) guidelines for diagnosing anthelmintic resistance using the faecal egg count reduction test in ruminants, horses and swine. *Vet. Parasitol.* 318, 109936.
- Klei, T.R., Torbert, B., Chapman, M.R., Foil, L., 1984. Prevalence of *Onchocerca cervicalis* in equids in the Gulf-Coast region. *Am. J. Vet. Res.* 45, 1646-1647.
- Lawson, A.L., Malalana, F., Mair, T.S. 2023. Larval cyathostominosis: Clinicopathological data and treatment outcomes of 38 hospitalised horses (2009-2020). *Equine Vet. Educ.* 35, 424-435.
- Leathwick, D.M., Waghorn, T.S., Miller, C.M., Candy, P.M., Oliver, A.-M.B., 2012. Managing anthelmintic resistance – Use of a combination anthelmintic and leaving some lambs untreated to slow the development of resistance to ivermectin. *Vet. Parasitol.* 187, 285-294.
- Leathwick, D.M., Donecker, J.M., Nielsen, M.K., 2015a. A model for the dynamics of the free-living stages of equine cyathostomins. *Vet. Parasitol.* 209, 210-220.
- Leathwick, D.M., Ganesh, S., Waghorn, T.S., 2015b. Evidence for reversion towards anthelmintic susceptibility in *Teladorsagia circumcincta* in response to resistance management programmes. *Int. J. Parasitol. Drugs Drug Resist.* 5, 9-15.
- Leathwick, D.M., Sauermann, C., Geurden, T., Nielsen, M.K., 2017. Managing anthelmintic resistance in *Parascaris* spp.: a modelling exercise. *Vet. Parasitol.* 240, 75-81.
- Lightbody, K.L., Davis, P.J., Austin, C.J., 2016. Validation of a novel saliva-based ELISA test for diagnosing tapeworm burden in horses. *Vet. Clin. Pathol.* 45, 335-346.
- Lyons, E.T. and Tolliver, S.C., 2014. Prevalence of patent *Strongyloides westeri* infections in Thoroughbred foals in 2014. *Parasitol. Res.* 113, 4163-4164.
- Lyons, E., Drudge, J., Tolliver, S., Swerczek, T., Crowe, M., 1984. Prevalence of *Anoplocephala*

- perfoliata and lesions of *Draschia megastoma* in Thoroughbreds in Kentucky at necropsy. *Am. J. Vet. Res.* 45, 996-999.
- Lyons, E.T., Tolliver, S.C., Drudge, J.H., Swerczek, T.W., Crowe, M.W., 1986. *Onchocerca* spp: frequency in Thoroughbreds at necropsy in Kentucky. *Am. J. Vet. Res.* 47, 880-882.
- Lyons, E.T., Drudge, J.H., Tolliver, S.C., 1988. Verification of ineffectual activity of ivermectin against adult *Onchocerca* spp. in the Ligamentum nuchae of horses. *Am. J. Vet. Res.* 49, 983-985.
- Lyons, E.T., Swerczek, T.W., Tolliver, S.C., Bair, H.D., Drudge, J.H., Ennis, L.E., 2000. Prevalence of selected species of internal parasites in equids at necropsy in central Kentucky (1995-1999). *Vet. Parasitol.* 92, 51-62.
- Mason, M.E., Voris, N.E., Ortis, H.A., Geeding, A.A., Kaplan, R.M., 2014. Comparison of a single dose of moxidectin and a five-day course of fenbendazole to reduce and suppress cyathostomin fecal egg counts in a herd of embryo transfer–recipient mares. *J. Am. Vet. Assoc.* 245, 944-951.
- McFarlane, D., Hale, G.M., Johnson, E.M., Maxwell, L.K., 2010. Fecal egg counts after anthelmintic administration to aged horses and horses with pituitary pars intermedia dysfunction. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 236, 330–334.
- Monahan, C.M., Chapman, M.R., French, D.D., Klei, T.R., 1995. Efficacy of moxidectin oral gel against *Onchocerca cervicalis microfilariae*. *J. Parasitol.* 81, 117-118.
- Nielsen, M.K., 2016a. Equine tapeworm infections – disease, diagnosis, and control. *Equine Vet. Educ.* 28, 388-395.
- Nielsen, M.K., 2016b. Evidence-based considerations for control of *Parascaris* spp. infections in horses. *Equine Vet. Educ.* 28, 224-231.
- Nielsen, M.K., 2022a. Parasite faecal egg counts in equine veterinary practice. *Equine Vet. Educ.* 34, 584-591.
- Nielsen, M.K., 2022b. Anthelmintic resistance in equine nematodes: Current status and emerging trends. *Int. J. Parasitol. Drugs Drug Resist.* 20, 76-88.
- Nielsen, M.K., 2023. Apparent treatment failure of praziquantel and pyrantel pamoate against anoplocephalid tapeworms. *Int. J. Parasitol. Drugs Drug Resist.* 22, 96-101.
- Nielsen, M.K., Haaning, N., Olsen, S.N., 2006. Strongyle egg shedding consistency in horses on farms using selective therapy in Denmark. *Vet. Parasitol.* 135, 333–335.
- Nielsen, M.K., Kaplan, R.M., Thamsborg, S.M., Monrad, J., Olsen, S.N., 2007. Climatic influences on development and survival of free-living stages of equine strongyles: Implications for worm control strategies and managing anthelmintic resistance. *Vet. J.* 174, 23-32.
- Nielsen, M.K., Baptiste, K.E., Tolliver, S.C., Collins, S.S., Lyons, E.T., 2010a. Analysis of multiyear studies in horses in Kentucky to ascertain whether counts of eggs and larvae per gram of feces

- are reliable indicators of numbers of strongyles and ascarids present. *Vet. Parasitol.* 174, 77-84.
- Nielsen, M.K., Vidyashankar, A.N., Andersen, U.V., DeLisi, K., Pilegaard, K., Kaplan, R.M., 2010b. Effects of fecal collection and storage factors on strongylid egg counts in horses. *Vet. Parasitol.* 167, 55-61.
- Nielsen, M.K., Olsen, S.N., Lyons, E.T., Monrad, J., Thamsborg, S.M., 2012a. Real-time PCR evaluation of *Strongylus vulgaris* in horses on farms in Denmark and Central Kentucky. *Vet. Parasitol.* 190, 461-466.
- Nielsen MK, Vidyashankar AN, Olsen SN, Monrad J, Thamsborg SM, 2012b. *Strongylus vulgaris* associated with usage of selective therapy on Danish horse farms – is it reemerging? *Vet. Parasitol.* 189, 260-266.
- Nielsen, M.K., Loynachan, A.T., Jacobsen, S., Stewart, J.C., Reinemeyer, C.R., Horohov, D.W., 2015. Local and systemic inflammatory and immunologic reactions to cyathostomin larvicidal therapy in horses. *Vet. Imm. Immunopathol.* 168, 203-210.
- Nielsen, M.K., Jacobsen, S., Olsen, S., Bousquet, E., Pihl, T.H., 2016. Non-strangulating intestinal infarction associated with *Strongylus vulgaris* in referred Danish equine patients. *Equine Vet. J.* 48, 376-379.
- Nielsen, M.K., Steuer, A.E., Anderson, H.P., Gavriluc, S., Carpenter, A.B., Redman, E.M., Gilleard, J.S., Reinemeyer, C.R., Poissant, J., 2022a. Shortened egg reappearance periods of equine cyathostomins following ivermectin or moxidectin treatment: Morphologic and molecular investigation of efficacy and species composition. *Int. J. Parasitol.* 52, 787-798.
- Nielsen, M.K., von Samson-Himmelstjerna, G., Kuzmina, T.A., van Doorn, D.C.K., Meana, A., Rehbein, S., Elliott, T., Reinemeyer, C.R., 2022b. World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (WAAVP): Third edition of guideline for evaluating the efficacy of equine anthelmintics. *Vet. Parasitol.* 303, 109676.
- Nielsen, M.K., Leathwick, D.M., Sauermann, C.W., 2023. Shortened strongylid egg reappearance periods in horses following macrocyclic lactone administration – the impact on parasite dynamics. *Vet. Parasitol.* 320, 109977.
- Noel, M.L., Scare, J.A., Bellaw, J.L., Nielsen, M.K., 2017. Accuracy and precision of Mini-FLOTAC and McMaster techniques for determining equine strongyle egg counts. *J. Equine Vet. Sci.* 48, 182-187.
- Osterman Lind, E.O., Chirico, J., Lundstrom, T., 2012. *Gasterophilus* larvae in association with primary parasitic periodontitis. *J. Equine Vet. Sci.*, 32, S51.
- Pihl, T.H., Nielsen, M.K., Olsen, S.N., Leifsson, P.S., Jacobsen, S., 2018. Nonstrangulating intestinal infarctions associated with *Strongylus vulgaris*: Clinical presentation and treatment outcome of 30 horses (2008–2016). *Equine Vet. J.* 50, 474–480,

- Reid, S.W.J., Mair, T.S., Hillyer, M.H., Love, S., 1995. Epidemiological risk factors associated with a diagnosis of clinical cyathostomiasis in the horse. *Equine Vet J.* 27, 127-130.
- Proudman, C.J., Edwards, G.B., 1992. Validation of a centrifugation/flotation technique for the diagnosis of equine cestodiasis. *Vet. Rec.* 131, 71-72.
- Proudman, C.J., Trees, A.J., 1996. Use of excretory / secretory antigens for the serodiagnosis of *Anoplocephala perfoliata* cestodosis. *Vet. Parasitol.* 61, 239-247.
- Reinemeyer, C.R., Nielsen, M.K., 2014. Review of the Biology and Control of *Oxyuris equi*. *Equine Vet. Educ.* 26, 584-591.
- Reinemeyer, C.R., Prado, J.C., Nielsen, M.K., 2015. Comparison of the larvicidal efficacies of moxidectin or a five-day regimen of fenbendazole in horses harboring cyathostomin populations resistant to the adulticidal dosage of fenbendazole. *Vet. Parasitol.* 214, 100-107.
- Ripley, N.E., Gravatte, H.S., Britton, L.N., Davis, S.M., Perrin, G.M., Warner, S., Rexroat, E.K., Vetter, A.L., Maron, E.E.S., Finnerty, C.A., Stanton, V., Nielsen, M.K., 2023. *Parascaris* spp. eggs shedding patterns in juvenile horses. *Vet. Parasitol.* 322, 110029.
- Sangster, N.C., 1999. Pharmacology of anthelmintic resistance in cyathostomes: will it occur with the avermectin/milbemycins? *Vet. Parasitol.* 85, 189-204.
- Scare J.A., Slusarewicz P., Noel M.L., Wielgus K.M., Nielsen M.K., 2017. Evaluation of accuracy and precision of a smartphone based automated parasite egg counting system in comparison to the McMaster and Mini-FLOTAC method. *Vet. Parasitol.* 247, 85-92.
- Scare, J.A., Lyons, E.T., Wielgus, K.M., Nielsen, M.K., 2018. Combination deworming for the control of double-resistant cyathostomin parasites – short and long term consequences. *Vet. Parasitol.* 251, 112-118.
- Scare, J.A., Leathwick, D.M., Sauermann, C.W., Lyons, E.T., Steuer, A.E., Jones, B.A., Clark, M., Nielsen, M.K., 2020. Dealing with double trouble: Combination deworming against double-drug resistant cyathostomins. *Int. J. Parasitol. Drugs Drug Resist.* 12, 28-34.
- Scheuerle, M.C., Stear, M.J., Honeder, A., Becher, A.M., Pfister, K., 2016. Repeatability of strongyle egg counts in naturally infected horses. *Vet. Parasitol.* 228, 103-107.
- Slocombe, J.O.D., 2006. A modified critical test and its use in two dose titration trials to assess efficacy of praziquantel for *Anoplocephala perfoliata* in equids. *Vet. Parasitol.* 136, 127-135.
- Steuer, A., Loynachan, A., Nielsen, M.K., 2018. Evaluation of the mucosal inflammatory responses to larvicidal treatment of equine cyathostomins in response to anthelmintic treatment. *Vet. Imm. Immunopathol.* 199, 1-7.
- Steuer, A.E., Stewart, J.C., Barker, V.D., Adams, A.A., Nielsen, M.K., 2020. Cytokine and Goblet Cell gene expression in equine cyathostomin infection and larvicidal anthelmintic therapy. *Parasite Immunol.* 42, e12709.
- Tydén, E., H. L. Enemark, M. A. Franko, J. Höglund, E. Osterman-Lind, 2019. Prevalence of

Strongylus vulgaris in horses after ten years of prescription usage of anthelmintics in Sweden.  
Vet. Parasitol. X 2, 100013.

Vandermyde, C.T., DiPietro, J.A., Todd, K.S., Lock, T.F., 1987. Evaluation of fenbendazole for larvicidal effect in experimentally induced Parascaris equorum infections in pony foals. J. Am. Vet. Med. Assoc. 190, 1548-1549.

## 付録 A：虫卵数測定の方法

### McMaster 変法の手順

以下の方法の検出限界は 25EPG である。虫卵排泄量が多いかどうかの判定には有効であるが、糞中虫卵数減少試験（FECRT）をおこなうには不適である。

ビデオによる説明については、こちらの URL を参照。

<https://www.youtube.com/watch?v=HVW62c9C-vU>

### 必要なもの：

- 糞便を入れるための使い捨て紙コップ、または小さな容器
- 茶こし（家庭用の小さなザル）
- 糞便を溶かした液体を滴下するためのピペット、またはシリンジ、または点眼用容器
- さらし布、またはガーゼ
- マックマスター計算盤スライド
- 虫卵を浮遊させるための液体（比重>2.5）

### 手順：

1. 小さな容器、または紙コップに糞便を 4g 量り取る。
2. 糞便に虫卵を浮遊させるための液体を 26ml 加え、攪拌する。（全体量を 30ml にする。）  
A) 注：もし目盛り付きの容器を使うことが出来るのであれば、26ml の液体を先

に用意して、その中に糞便を入れてもよい。全体の容量が 30ml になった時が糞便を 4g 入れた時である。

3. さらし布を 1~2 枚重ねたもの、または折りたたんだガーゼ、または紅茶用の茶こしを使って液体をこし、さらに攪拌する。
4. サンプルをよく攪拌したら、ピペット、またはシリンジを用いて素早く 1ml を吸い取り、マックマスター計算盤スライドの 1 つ目の隙間に充填する。
  - A) 2 つ目の隙間にも同じ手順を繰り返して充填する。
  - B) スライドの表面に虫卵が浮き上がるまで、2~5 分静置する。

※もし肉眼で確認できる気泡が入った場合は、液体を抜いてやり直す。
5. 手順 3. と 4. は連続して速やかにおこなわなくてはならない。虫卵が液体の水面にすぐに浮き上がってきってしまうからである。よく攪拌された状態のサンプルを採ることで測定 of 正確性を確実にする。
6. 両方の隙間を充填したら、次の糞便サンプルの手順 3. へ移る。
7. 液体に硝酸ナトリウムを使用する場合は、スライドに充填してから測定するまでに 60 分までならば、置いておいても構わない。これより長くなると、サンプルが乾燥し結晶化が始まってしまう。食塩を用いる場合は、結晶化はさらに早く生じる。
8. 100 倍率 (10x の接眼レンズと 10x の対物レンズ) で格子線の内側に見える虫卵の数を数える。(外枠線より内側に虫卵の半分以上が入っているものだけを計上する。) 焦点をスライドの表面に合わせて、微小気泡 (小さな黒い丸) が観察できるようにする。両方の隙間の格子内の虫卵数を数える。
  - A) 円虫卵 (卵型で長さ約 90 $\mu$ m) のみを数える。回虫卵 (円形で、長さ約 80 - 90 $\mu$ m) を数えてもよいが、円虫卵とは別にする。糞線虫卵 (卵型、長さ約 50 $\mu$ m)、条虫卵 (D 型)、コクシジウム *Eimeria leuckarti* (円虫卵と同じ大きさの大きな茶色いオーシスト) を数えてしまわないようにする。これらの寄生虫については、数は数えずに、虫卵が確認されたことを書き留めておくにとどめる。
9. 両方の格子内を数えた合計の数字に 25 を掛けて、糞便 1g あたりに含まれる虫卵数 (EPG) を算出する。

## **付録 B : 利用できる駆虫製剤**

Table 1. アメリカで現在市販されている駆虫薬の種類と、それぞれの薬剤に認可されている駆虫対象となる内部寄生虫。

駆虫薬の種類	添付文書に記された駆虫対象の寄生虫
ベンズイミダゾール系 (フェンベンダゾール/オキシベンダゾール)	<u>小円虫</u> 、大円虫、 <u>回虫</u> 、 <u>蟯虫</u> 、糸状虫
テトラヒドロピリミジン系 (ピランテル)	<u>小円虫</u> 、大円虫、 <u>回虫</u> 、 <u>蟯虫</u> 、 <u>条虫</u>
マクロライド系 (イベルメクチン/モキシデクチン)	<u>小円虫</u> 、大円虫、 <u>回虫</u> 、 <u>蟯虫</u> 、糸状虫、 馬バエ幼虫
イソキノリン-ピラジン系 (ブラジカンテル)	<u>条虫</u>

耐性が非常によくみられる、耐性がみられる、耐性がみられはじめた、耐性はみられない

**ベンズイミダゾール系**：この薬剤は虫体のエネルギー代謝を細胞レベルにおいて阻害する。 $\beta$ -チューブリンに結合することにより、微小管を形成するための重合を妨げる。この薬剤を含む製品には、ペースト、液体、ペレット化されたタイプのものがある。

**(テトラヒドロ)ピリミジン系**：ピランテルパモ酸塩と、ピランテル酒石酸塩は神経筋接合部に作用し、不可逆的な硬直性麻痺を引き起こす。ピランテル塩類は消化管内に寄生する成虫にしか効果がない。ピランテルパモ酸塩には懸濁液とペーストタイプの製品がある。一方、ピランテル酒石酸塩はアルファルファのペレットに配合された製品として出ており、基礎的な給餌として継続投与するタイプのもので、駆虫薬ではなく予防薬である。

**複素環式化合物 (ピペラジン)**：複素環式化合物に分類される駆虫薬はいくつかあるが、馬に利用されるものはピペラジンだけである。ピペラジンはアセチルコリンの伝達を遮断して筋細胞の膜電位を脱分極させて（訳者注：持続性の弛緩性麻痺を引き起こす事）作用する。ピペラジンは成虫にしか効果がない。ピペラジンの馬への使用はまれにしかなく、現在アメリカにおいて馬用として市場に出ている製品はない。カナダには販売されている製品が1つあり、これは経鼻胃カテーテルを用いて投与するタイプの液体あるいは粉末である。

**マクロライド系**：線虫の神経細胞と筋細胞に存在するグルタメートによってゲート制御される塩素イオンチャンネルに作用し、筋肉への正常な神経伝達を阻害する。その結果弛緩性麻痺が生じる。マクロライド系は最も効果的な駆虫薬で、他の種類の駆虫薬に比べて10分の1以下の用量で効く。馬バエ幼虫、シラミ、ダニなどの節足動物にも効果を示すという特徴を持つ。マクロライド系にはペーストタイプのイベルメクチンと、経口投与ジェルタイプのモキシデクチンがある。

**イソキノリン - ピラジン系 (プラジカンテル) :** プラジカンテルは馬に使用される唯一のイソキノロン系製剤である。線虫には効果がないという特徴を持つ。プラジカンテルは条虫類に対してのみ効果がある。北米地域では、現在マクロライド系との合剤の形でしか市販されていない。ペーストタイプはイベルメクチンとの合剤、ジェルタイプはモキシデクチンとの合剤である。

### 付録 C : 気温が円虫の感染幼虫に与える影響

**Table A 1.** 気温が円虫の自由生活世代 (虫卵、L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub>) の生存、生育、生存できる期間に与える影響 (Nielsen et al. 2007)

生育状況	温度の範囲	生存状況
この域を上回ると生育しない。	>40°C	自由生活世代は速やかに死滅する。糞塊が無傷である場合は、内部の湿度が十分に維持され L <sub>3</sub> が数週間生存できることがある。
虫卵と幼虫の生育にとっての最適温度。わずか 4 日で感染能のある L <sub>3</sub> ステージまで成長する。	25~33°C	幼虫にとっては暖か過ぎて、長期間は生存できない。数週間の短期間であれば生存可能。
虫卵は 2~3 週間かけて L <sub>3</sub> まで成長する。	10~25°C	L <sub>3</sub> は数週間から数カ月間生存する。
虫卵が孵化するための気温の下限は 6°C である。この範囲においては、生育に数週間から数カ月を要する。	6~10°C	L <sub>3</sub> はこの環境中で何週間も、ときに数カ月間生存することが出来る。
孵化も生育もしない。	<6°C	虫卵と L <sub>3</sub> は氷点より少し高い温度下で数カ月間生存することが出来る。
凍っている間は生育しない。	<0°C	生育途上の幼虫 (L <sub>1</sub> と L <sub>2</sub> ) は死滅する。しかし、幼虫を包蔵していない虫卵と L <sub>3</sub> は生存が可能であり、数カ月の長い間生存し続けることが出来る。
凍結したり融解したりしていたとしても、6°C を超えない限り、通常は生育しない。	<0>°C	凍結と融解の繰り返しは虫卵と幼虫の生存に悪影響を及ぼす。