تقييم دور يرقات ذبابة الجندي الأسود في التخفيض من المخلفات الثانوية للحيوان

مؤمنة سفاف* أ.م.د عبد الكريم حلاق**

(الإيداع: 10 شباط 2026، القبول: 7 آيار 2026)

الملخص:

أجريت هذه الدراسة في قسم إجراء التجارب في كلية الطب البيطري بحماة لمدة 20 يوم بهدف دراسة تأثير يرقات ذبابة الجندي الأسود في معالجة المخلفات الثانوية للحيوان ودراسة قدرتها في التخلص من المخلفات الضارة للبيئة حيث استخدم في هذه التجربة 4 مجموعات من مخلفات الحيوانات المختلفة وبعض بقايا الخضار المنزلي. تم التوزيع المجموعات بالشكل التالي المجموعة الأولى بقايا الخضار والمجموعة الثانية مخلفات الأبقار والمجموعة الثالثة مخلفات الدجاج البياض والمجموعة الرابعة مخلفات دجاج التسمين تم تقسيم كل مجموعة إلى ثلاثة مكررات ثم حضنت على كل مكرر يرقات ذبابة الجندي الأسود بنفس الوزن والشروط حيث تم تحضين يرقات ذبابة الجندي الأسود على المخلفات لحين وصولها لمرحلة ما قبل التعذر تراوحت هذه المدة (15– 16) يوم حسب نوع المخلفات المنماة عليها هذه اليرقات. بينت النتائج أن يرقات ذبابة الجندي الأسود المنماة على روث الدجاج البياض كان لديها القدرة الأكبر في التخلص من الزرق وزيادة وزن الكتلة الحيوية لليرقة أيضا لوحظ ان معدل التحول البيولوجي هو الأعلى في مجموعة الخضار (8.5%) في حين كان معدل التحول الحيوي في مجموعة زرق طيور البيض (7.8%) هو الأعلى مقارنة بطيور اللحم (5.3%) وروث الابقار الذي وصل فيه معدل التحول البيولوجي 4.3%

الكلمات مفتاحية: يرقات ذبابة الجندي الأسود، المخلفات ، الكتلة الحيوية، التحول البيولوجي

*طالبة ماجستير في قسم الصحة العامة الطب الوقائي– كلية الطب البيطري– جامعة حماه

**أستاذ مساعد في صحة الحيوان – كلية الطب البيطري – جامعة حماه

Evaluating the role of black soldier fly larvae in reducing secondary animal waste

Moumena saffaf * Abdulkarim Hallak**

(Received: 10 February 2026, Accepted: 7 May 2026)

Abstract:

This study was conducted in the Experimental Department of the Faculty of Veterinary Medicine in Hama for 20 days with the aim of investigating the effect of black soldier fly larvae on the treatment of animal by-products and their ability to eliminate environmentally harmful waste. Four different animal wastes and some household vegetable scraps were used in this experiment. The groups were distributed as follows: Group 1: Vegetable waste; Group 2: Cow manure; Group 3: Laying hen manure; and Group 4: Broiler chicken manure. Each group was then divided into three replicates. Then, on each replicate, black soldier fly larvae of the same weight and conditions were incubated, and the black soldier fly larvae were incubated on the waste until they reached the pre-pupation stage. This period ranged (15-16) days, depending on the type of waste on which these larvae were raised.

The results showed that black soldier fly larvae raised on laying hen droppings had the greatest ability to excrete droppings and increase larval biomass weight. It was also observed that the biotransformation rate was highest in the vegetable group (8.5%), while the biotransformation rate in the laying hen droppings group (7.8%) was the highest compared to the chicken group (5.3%) and cow manure, in which the biotransformation rate reached 4.3%.

Key words: Black Soldier fly larvae, organic waste, Biomass, biotransformation .

* Master candidate in department of public health and preventive medicine- veterinary faculty – Hama University

** Co-professor in the department of public health and preventive medicine- veterinary faculty – Hama University

المقدمة (Introduction)

تُعد الزيادة المستمرة في النفايات العضوية المتولدة في جميع أنحاء العالم تهديدًا ناشئًا ليس فقط لصحة الإنسان ولكن أيضًا للتنوع البيولوجي والنظام البيئي ، حيث تشمل المخاوف البيئية المرتبطة بهذا المستوى الهائل من النفايات تلوث المياه والهواء والتربة (pastor et al.,2015) ويمكن أن يكون أيضاً طريقاً لنشر مسببات الأمراض (Wynants rt al., 2019, Tanga et al., 2021, Kawasaki et al., 2020, Pastor et al., 2015).

علاوة على ذلك، تم الإبلاغ عن أن نفايات الطعام تسبب آثارًا ضارة على البيئة بسبب غاز الميثان المنبعث من مكبات النفايات (FAO,2013) ، حيث تتم معالجة النفايات العضوية بشكل شائع باستخدام مكبات النفايات أو التسميد أو الحرق (Kim et al.,2021 Kinasih et al., 2020) ومع ذلك، هناك العديد من العيوب المرتبطة بالتخلص من النفايات في مكبات النفايات، مثل شغل مساحة ثمينة تشغلها النفايات، وانتشار الكائنات المسببة للأمراض، وإنتاج روائح كريهة، فضلاً عن المساهمة في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري (FAO, 2013)وبالإضافة إلى ذلك، تتطلب طرق إدارة النفايات الشائعة الاستخدام فترات زمنية طويلة قبل أن تتحلل النفايات بالكامل(Chun et al., 2019).

وعلى الرغم من أن وسائل معالجة النفايات المذكورة أعلاه تُستخدم بشكل شائع في العديد من المدن داخل البلدان النامية، إلا أن عدم الاهتمام بالاستثمار في طرق جمع النفايات العضوية و فصلها ومعالجتها يؤخر معالجة مشكلة الكميات المتزايدة باطراد من النفايات العضوية لذلك هناك حاجة إلى طرق أكثر استدامة لحل مشكلة تراكم النفايات بكفاءة وقد أكدت العديد من الدراسات على استخدام يرقة ذبابة الجندي الأسود (Hermetia illucens) كأفضل مرشح لمعالجة النفايات العضوية (Shumo et al., 2019b ، Shumo et al., 2019a) (Kinasih et al., 2018, Lalander al., 2019b) وقد حظي الدور الحاسم ليرقات ذبابة الجندي الأسود في إعادة تدوير النفايات البيولوجية بمزيد من الاهتمام في العقود الماضية (Lu et al., 2021)

حيث لوحظ في الدراسة التي أجراها الباحث Ibadurrohman و رفاقه (2020) أن يرقة ذبابة الجندي الأسود تتمتع بقدرة ملحوظة (75٪) على إعادة تدوير النفايات البيولوجية حيث يتم إنتاج 800 جرام من الكتلة الحيوية لليرقات من 4 كجم من النفايات في ظل ظروف بيئية مثالية، بما في ذلك معايير مثل الرطوبة العناصر الغذائية والخصائص الفيزيائية ودرجة الحرارة ومستوى الأكسجين وذلك لتحسين فعالية التحويل الحيوي كما أوضحت دراسة أجراها الباحث Gold و رفاقه (2020) قدرة يرقات ذبابة الجندي الأسود على تقليل روث الأبقار بنسبة 12.7% ومعدل تحول بيولوجي لليرقات 3.8% .

وبينت دراسة للباحث Lalader و رفاقه (2019) قدرة يرقات ذبابة الجندي الأسود على التخلص من سماد الدواجن بنسبة 60% ومعدل تحول بيولوجي 7.1%

حيث أشار الباحث Singh و رفاقه (2019) أن الميزة الرئيسية لنظام BSF تتمثل في أن اليرقات يمكن أن تستهلك مجموعة متنوعة من المواد العضوية للنمو، بما في ذلك المنتجات الثانوية القابلة للتحلل والنفايات، حتى تصل إلى مرحلة ما قبل العذراء. كما أوضحت دراسات(Nguyen et,.al 2015) أن يرقات ذبابة الجندي الأسود تستهلك بشراهة النفايات الغنية بالمواد العضوية مثل نفايات الطعام وأضافت دراسات أخرى (ur Rehman et,.al2017) أن هذه اليرقات تستهلك أيضاً المنتجات الثانوية الزراعية والصناعية ومخلفات الألبان.

لذلك سيتم في هذا البحث بيان أهمية يرقة ذبابة الجندي الأسود التي يقدم استخدامها نهجًا صديقًا للبيئة ومصدراً مستداماً للبروتين لأنها واحدة من الأنواع ذات إمكانات الإنتاج الضخم وتمثل حلاً مستداماً ومثيراً للاهتمام اقتصادياً لتلبية الطلب على البروتين وإدارة النفايات في وقت واحد.

أهداف البحث (Aim of study):

1. دراسة تأثير يرقات ذبابة الجندي الاسود على الكتلة الحيوية لمخلفات الحيوانات المختلفة

2. دراسة كمية كتلة يرقات ذبابة الجندي الاسود الجافة الناتجة عن تغذيتها على مخلفات حيوانات مختلفة و معدل التحول البيولوجي.

مواد البحث وطرائقه:

مكان وزمان الدراسة: تم تجهيز غرفة التجربة الكائنة في قسم إجراء التجارب والأبحاث في كلية الطب البيطري في حماة بتاريخ 27 /8/ 2025.

الحصول على يرقات ذبابة الجندي الأسود

تم الحصول على بيوض يرقات ذبابة الجندي الأسود من مركز بحوث حمص وتحضينهم على وسط تغذوي مكون من (النخالة – الماء –حليب بودرة –بعض شرائح البندورة) بدرجة حرارة 35 درجة مئوية.

جمع العينات وتصميم التجربة

تم جمع عينات الروث لكل حيوان على حدا من الحيوانات التالية (أبقار –– دجاج بياض – دجاج التسمين) من المزارع المنتشرة في ريف حماة بالإضافة إلى جمع بعض من بقايا الخضار المنزلي.

تم تصميم التجربة بتوزيع المخلفات الى أربع مجموعات وفي كل مجموعة ثلاث مكررات حيث اعتبرت مجموعة بقايا الخضار مجموعة مراقبة وبقية المجموعات اعتبرت مجموعات تجريبية و تم تنمية اليرقات على كل مجموعة بنفس الظروف و الشروط و الوزن كما في الجدول رقم 1.

الجدول رقم (1): توزيع مجموعات التجربة

	مجموعة الخضار	مخلفات الابقار	مخلفات الدجاج البياض	مخلفات دجاج التسمين
عدد المكررات لكل مجموعة	3	3	3	3
وزن المخلفات في كل مكرر في بداية التجربة	2 كغ	2 كغ	2 كغ	2 كغ
وزن اليرقات في كل مكرر في بداية التجربة	100 غ	100غ	100غ	100 غ

الأدوات المستخدمة:

أوعية جمع العينات (عدد4)، أوعية تنمية اليرقات (عدد 12) لكل مجموعة ثلاثة أوعية، وعاء تعديل نسبة الرطوبة (بخاخ ماء)، أوعية جمع المخلفات بعد التنمية عدد (12)، أوعية زجاجية لجمع اليرقات بعد التنمية (12)، مصفاة معدنية عدد(3)، غربال فصل يدوي قطر 2 ملم، غربال فصل يدوي قطر 1ملم

الأجهزة المستخدمة:

ميزان عادي للأوزان الكبيرة، ميزان مخبري حساس للأوزان الصغيرة،

تحضير العينات وتنمية اليرقات:

تم تنمية اليرقات على المخلفات في المجموعات المختلفة بالشروط التالية:

رطوبة 75%

حرارة 35%

حساب معدل التحول البيولوجي: تم حساب هذا المعاير بتطبيق المعادلة الحسابية التالية:

معدل التحول البيولوجي = كتلة اليرقات النهائي – كتلة اليرقات الاولي * 100/كتلة المخلفات المستهلكة

الدراسة الإحصائية

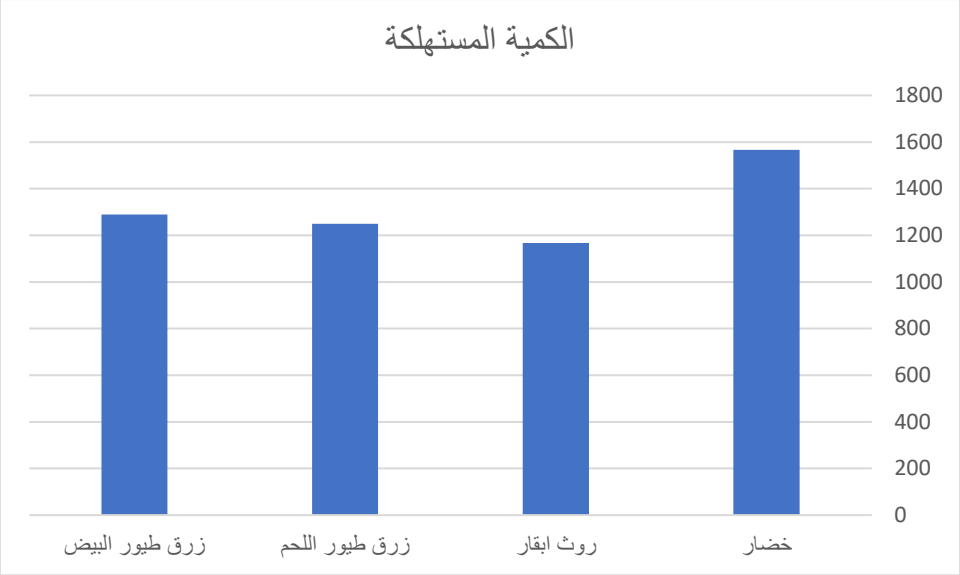
تم استخدام برنامج ميكروسوفت اكسل لحساب المتوسطات و الانحرافات المعيارية و لرسم الاشكال البيانية و تم إجراء تحليل التباين(Anova) باستخدام برنامج التحليل الإحصائي origen 8 لمقارنة الفروق المعنوية ذات الدلالة الإحصائية عند مستوى معنوية 5%، لمتوسطات القيم المقاسة بين كل مجموعة و أخرى.

النتائج والمناقشة (Results and Discussion)

الجدول رقم (2): نتائج تأثير يرقات ذبابة الجندي الأسود على مخلفات بعض الحيوانات

	خضار	روث الابقار	زرق طيور اللحم	زرق طيور البيض
وزن المخلفات قبل تنمية اليرقات (غ)	2000	2000	2000	2000
وزن المخلفات بعد تنمية اليرقات (غ)	± 433.3 a4.0	± 833.3 b15.3	c10.5 ± 750.3	d 10.5 ± 710.3
نسبة الانخفاض (%)	78.3	58.3	62.5	64.5

اختلاف الاحرف في السطر الواحد يدل على وجود فروق معنوية (P<0.05)



الشكل رقم (1). كمية الكتلة الحيوية المستهلكة من قبل يرقات ذبابة الجندي الاسود

يبين الجدول رقم (2) و الشكل رقم (1) نتائج تأثير تنمية يرقات ذبابة الجندي الأسود على الكتلة الحيوية لمخلفات الحيوانات. حيث يلاحظ ان لهذه اليرقات تأثير متباين على كل نوع حيث لوحظ تأثير واضح على الكتلة الحيوية للخضار فقد كانت نسبة الانخفاض 78.15% بينما كانت أقل نسبة انخفاض في الكتلة الحيوية لمخلفات الابقار والتي بلغت 58.5% بينما كانت نسبة الانخفاض في كتلة مخلفات دجاج التسمين والبياض هي الأعلى مقارنة بمخلفات الابقار و متقاربة فيما بينها (63 و 64% على التوالي).

وتشير الدراسة الإحصائية الى وجود فروق معنوية ما بين متوسط استهلاك مخلفات الخضار مع بقية المجموعات ($p<0.05$) لصالح مجموعة الخضار حيث كان معدل استهلاك اليرقات من الخضار هو الاعلى، وبالمقارنة ما بين المجموعات التجريبية لوحظ أن الفروقات ما بين المجموعات جميعها معنوية ($P<0.05$)

توصل الباحث Lalader و رفاقه (2019) إلى نتائج متقاربة من نتائج هذه الدراسة حيث بين ان ليرقات ذبابة الجندي الأسود القدرة على التخلص من زرق الدواجن بنسبة 60%

وتختلف نتائج هذا البحث مع نتائج الباحث Gold ورفاقه (2020) الذي بين ان قدرة يرقات ذبابة الجندي الأسود على تقليل روث الأبقار كانت بنسبة 12.7% ومعدل تحول بيولوجي لليرقات 3.8%.

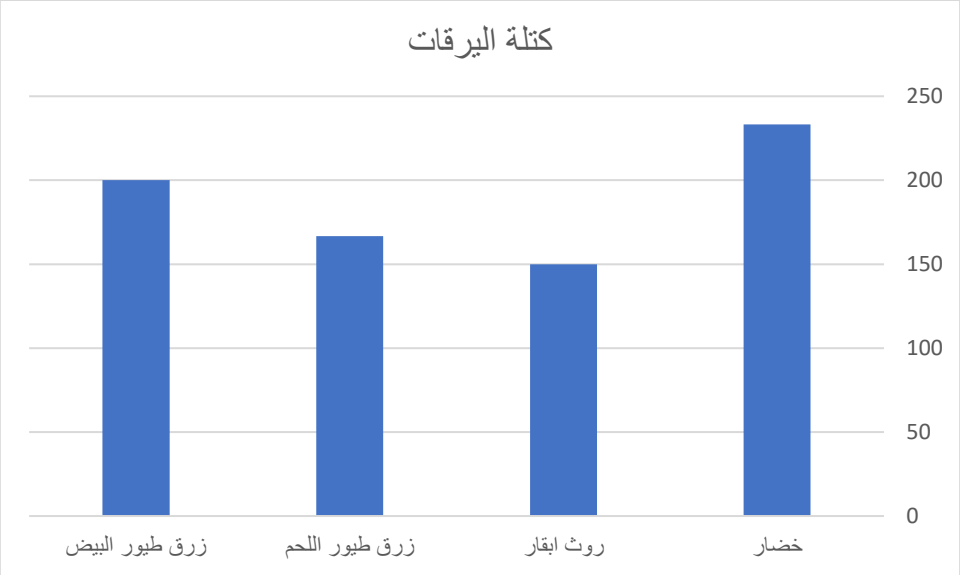
أيضا تختلف نتائج هذا البحث عن نتائج الدراسة التي أجراها الباحث Ibadurrohman ورفاقه (2020) أن يرقات ذبابة الجندي الاسود تتمتع بقدرة ملحوظة (75٪) على إعادة تدوير المخلفات البيولوجية في ظل ظروف بيئية مثالية وذلك مقارنة مع نتائج هذه الدراسة المتعلقة بمخلفات الأبقار ودجاج التسمين وقريبة بالنسبة لمخلفات الدجاج البياض ومجموعة الخضار.

ويمكن تفسير هذا الاختلاف الى اختلاف الظروف البيئية وطبيعة وتركيبة مخلفات الحيوانات التي استخدمت في هذه الدراسة

الجدول رقم (3.): متوسط وزن يرقات ذبابة الجندي الأسود بعد التنمية على المخلفات

	خضار	روث الابقار	زرق طيور اللحم	زرق طيور البيض
وزن اليرقات قبل التنمية (غ)	100	100	100	100
وزن اليرقات بعد التنمية (غ)	a 3.1 ± 233.3	b 5.3 ± 150.0	c 4.5 ± 166.7	d 7.8 ± 200.0
نسبة الزيادة (%)	133.3	50	66.7	100

اختلاف الاحرف في السطر الواحد يدل على وجود فروق معنوية (P<0.05)



شكل رقم 2. كتلة اليرقات بعد التنمية على مخلفات الحيوانات

يشير الجدول رقم (3) والشكل رقم (2) الى متوسط الزيادة الوزنية ليرقات ذبابة الجندي الأسود على كل وسط تنمية من مخلفات الحيوانات بالإضافة الى نسبة الزيادة الوزنية الناتجة.

تشير نتائج هذا البحث إلى أن أعلى وزن زيادة وزنية ليرقات ذبابة الجندي الأسود كانت في مجموعة الخضار (بقايا منزلية) حيث وصلت الى 230 غ بمعدل زيادة وزنية 130%، بينما في مجموعات مخلفات الحيوانات نلاحظ أن أعلى زيادة وزنية لليرقات كانت في مجموعة زرق طيور البيض حيث بلغت 196 غ بمعدل زيادة وزنية 96% وذلك مقارنة مع المجموعات الأخرى و لكن أقل من مجموعة الخضار. أما مجموعة زرق طيور اللحم فقد كانت أقل حيث بلغت 167 غ و بمعدل زيادة 67% أما أقل زيادة وزنية كانت في روث الابقار حيث بلغت الزيادة الوزنية 148 غ و بمعدل 48%

لوحظ إحصائياً أن الفروقات في الزيادة الوزنية ليرقات ذبابة الجندي الأسود في مجموعة الخضار كانت معنوية (P<0.05) مقارنة مع بقية المجموعات. وبالمقارنة ما بين المجموعات التجريبية لوحظ أيضا ان جميع الفروقات في متوسط وزن اليرقات كانت معنوية (P<0.05).

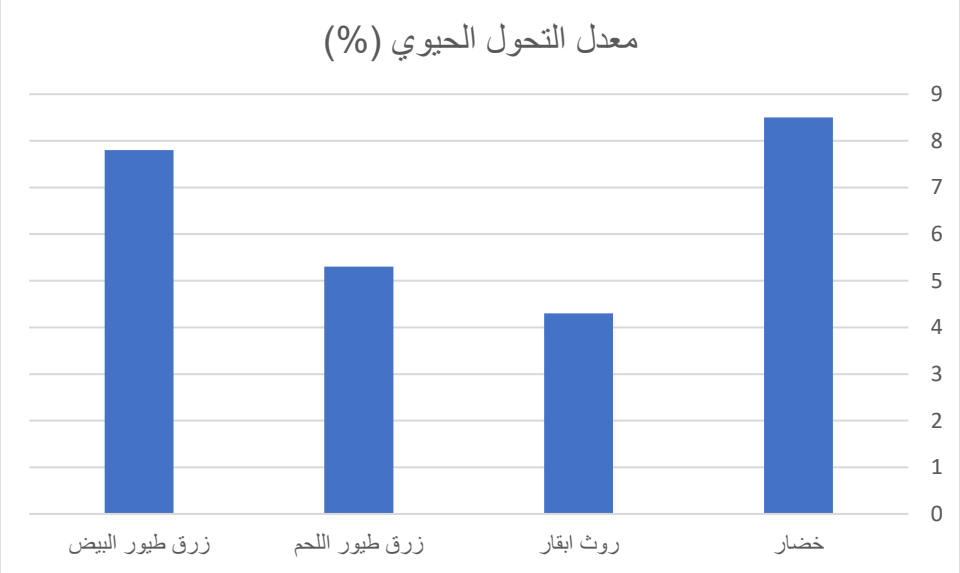
تختلف نتائج هذا البحث عن نتائج الدراسة التي أجراها الباحث Ibadurrohman و رفاقه (2020) حيث بين أن يرقات ذبابة الجندي الاسود تتمتع بقدرة ملحوظة (75٪) على إعادة تدوير النفايات البيولوجية حيث يتم إنتاج 800 جرام من الكتلة الحيوية لليرقات من 4 كجم من النفايات في ظل ظروف بيئية مثالية وذلك مقارنة مع نتائج هذه الدراسة المتعلقة بالأبقار ودجاج التسمين والدجاج البياض

ويمكن تفسير هذا الاختلاف الى اختلاف الظروف البيئية و طبيعة و تركيبة مخلفات الحيوانات التي استخدمت في هذه الدراسة

الجدول رقم (4): معدل التحول البيولوجي

	خضار	روث ابقار	زرق دجاج التسمين	زرق الدجاج البياض
متوسط كتلة المخلفات المستهلكة (غ)	1566.7	1166.7	1249.7	1289.7
متوسط كتلة اليرقات الناتجة (غ)	133.3	50	66.7	100
معدل التحول البيولوجي (%)	a 8.5	b 4.3	c 5.3	d 7.8

اختلاف الاحرف في السطر الواحد يدل على وجود فروق معنوية (P<0.05)



شكل رقم 3. معدل التحول البيولوجي ليرقة ذبابة الجندي الأسود المنماة على مخلفات الحيوانات

من خلال النتائج المعروضة في الجدول رقم (4) و الشكل رقم (3) نلاحظ ان أعلى نسبة تحول بيولوجي كانت في مجموعة الخضار حيث بلغت 8.5% بينما أعلى معدل بيولوجي لنفايات الحيوانات كانت في مجموعة زرق طيور البيض حيث بلغت 7.8% و وقد كانت اعلى من معدل التحول البيولوجي في مجموعة زرق طيور اللحم (5.3%)، في حين كان ادنى معدل تحول بيولوجي في مجموعة روث الابقار (4.3%).

تشير الدراسة الإحصائية الى وجود فروق معنوية لصالح مجموعة الخضار ($P<0.05$)، أيضا الفروق ما بين جميع مجموعات التجربة من حيث التحول البيولوجي كانت أيضا معنوية ($P<0.05$).

نتائج مماثلة توصل اليها الباحث Lalader و رفافه (2019) حيث بين ان يرقات ذبابة الجندي الأسود قادرة على تدوير مخلفات الطيور و بمعدل تحول بيولوجي بلغ 7.1%

و تتقارب نتائج هذا البحث مع نتائج الباحث Gold و رفاقه (2020) الذي بين ان قدرة يرقات ذبابة الجندي الأسود على تدوير روث الأبقار حيث بلغ معدل التحول البيولوجي لليرقات 3.8% .

الاستنتاجات (Conclusions)

1. ليرقات ذبابة الجندي الأسود القدرة على تقليل الكتلة الحيوية لمخلفات الحيوانات و مخلفات المنازل.
2. أكبر كتلة حيوي من اليرقات الناتجة كانت في مجموعة مخلفات المنازل (الخضار) و أكبر كتلة بالنسبة لمخلفات الحيوانات كانت في مجموعة مخلفات طيور البيض و اخفض نسبة في مخلفات الابقار
3. ليرقات ذبابة الجندي الاسود القدرة على تدوير المخلفات حيث كانت الأعلى في مجموعة مخلفات المنازل و تلتها مجموعة مخلفات طيور البيض

التوصيات (Recommendations)

نوصي بتكثيف الدراسات حول إمكانية اعتماد يرقات ذبابة الجندي الأسود في التخفيف من مخلفات الحيوانات الثانوية بالإضافة الى مخلفات المنازل بالإضافة الى إمكانية الاستفادة من الكتلة الحيوية لهذه اليرقات كونها مصدر غني بالبروتين و الدهون.

المراجع references

1. Footprint, F. W. (2013). Food wastage footprint: impacts on natural resources: summary report. Food & Agriculture Organization of the UN (FAO).

2. Gold, M., Cassar, C. M., Zurbrügg, C., Kreuzer, M., Boulos, S., Diener, S., & Mathys, A. (2020). Biowaste treatment with black soldier fly larvae: Increasing performance through the formulation of biowastes based on protein and carbohydrates. Waste Management, 102, 319-329.

3. Ibadurrohman, K., Gusniani, I., Hartono, M. D., & Suwartha, N. (2020). The potential analysis of food waste management using bioconversion of the organic waste by the black soldier fly (Hermetia illucens) larvae in the cafeteria of the faculty of engineering, universitas Indonesia.

4. Kim, C. H., Ryu, J., Lee, J., Ko, K., Lee, J. Y., Park, K. Y., & Chung, H. (2021). Use of black soldier fly larvae for food waste treatment and energy production in Asian countries: a review. Processes, 9(1), 161.

5. Kinasih, I., Putra, R. E., Permana, A. D., Gusmara, F. F., Nurhadi, M. Y., & Anitasari, R. A. (2018). Growth performance of black soldier fly larvae (Hermetia illucens) fed on some plant based organic wastes. HAYATI Journal of Biosciences, 25(2), 79-79.

6. Kroeckel, S.; Harjes, A.G.E.; Roth, I.; Katz, H.; Wuertz, S.; Susenbeth, A.; Schulz, C. When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (Hermetia illucens) as fish meal substitute—Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (Psetta maxima). Aquaculture 2012, 364, 345–352.

7. Lalander, C. D. S. Z., Diener, S., Zurbrügg, C., & Vinnerås, B. (2019). Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (Hermetia illucens). Journal of cleaner production, 208, 211-219.

8. Lu, Y., Zhang, S., Sun, S., Wu, M., Bao, Y., Tong, H., ... & Xu, W. (2021). Effects of different nitrogen sources and ratios to carbon on larval development and bioconversion efficiency in food waste treatment by black soldier fly larvae (Hermetia illucens). Insects, 12(6), 507.

9. Nguyen, T. T., Tomberlin, J. K., & Vanlaerhoven, S. (2015). Ability of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae to recycle food waste. Environmental entomology, 44(2), 406-410.

10.Pastor, B., Velasquez, Y., Gobbi, P., & Rojo, S. (2015). Conversion of organic wastes into fly larval biomass: bottlenecks and challenges. *Journal of Insects as Food and Feed*, *1*(3), 179-194.

11. Shumo, M., Khamis, F. M., Tanga, C. M., Fiaboe, K. K., Subramanian, S., Ekesi, S., ... & Borgemeister, C. (2019). Influence of temperature on selected life-history traits of black soldier fly (Hermetia illucens) reared on two common urban organic waste streams in Kenya. Animals, 9(3), 79.

12. Shumo, M., Osuga, I. M., Khamis, F. M., Tanga, C. M., Fiaboe, K. K., Subramanian, S., ... & Borgemeister, C. (2019). The nutritive value of black soldier fly larvae reared on common organic waste streams in Kenya. Scientific reports, 9(1), 10110.

13. Singh, A., & Kumari, K. (2019). An inclusive approach for organic waste treatment and valorisation using Black Soldier Fly larvae: A review. Journal of environmental management, 251, 109569.

14. Tanga, C. M., Waweru, J. W., Tola, Y. H., Onyoni, A. A., Khamis, F. M., Ekesi, S., & Paredes, J. C. (2021). Organic waste substrates induce important shifts in gut microbiota of black soldier fly (Hermetia illucens L.): coexistence of conserved, variable, and potential pathogenic microbes. Frontiers in Microbiology, 12, 635881

15. ur Rehman, K., Rehman, A., Cai, M., Zheng, L., Xiao, X., Somroo, A. A., ... & Zhang, J. (2017). Conversion of mixtures of dairy manure and soybean curd residue by black soldier fly larvae (Hermetia illucens L.). Journal of Cleaner Production, 154, 366-373.

16. Wynants, E., Frooninckx, L., Crauwels, S., Verreth, C., De Smet, J., Sandrock, C., ... & Van Campenhout, L. (2019). Assessing the microbiota of black soldier fly larvae (Hermetia illucens) reared on organic waste streams on four different locations at laboratory and large scale. Microbial ecology, 77(4), 913-930.