

Estimation of the Gonadosomatic Index (GSI), Hepatosomatic Index (HSI), and Sex Ratio of Males and Females of the Round Sardinella (*Sardinella aurita*) and their effect on reproduction season

Randa T El beshti ^{1*}, Magda S Alwalid ², Siddiq M El- Ajnaf ³, Alhadi Kh Algharyani ⁴
^{1,2,3,4} Aquaculture Department, Faculty of Agriculture, University of Tripoli, Tripoli, Libya

تقدير معامل الحالة التناسلية (*GSI*) ومعامل الحالة الكبدية (*HSI*) والنسبة الجنسية لذكور وإناث
أسماك السردين المستدير (*Sardinella aurita*) وتأثيرها على موسم التكاثر

رندة الطاهر البشتي ^{1*}، ماجدة صالح الوليد ²، الصديق ميلاد الأجنف ³، الهادي خليفة الغرياني ⁴
^{1, 2, 3, 4} قسم الزراعات المائية، كلية الزراعة، جامعة طرابلس، طرابلس، ليبيا

*Corresponding author: rndtalbshty@gmail.com

Received: August 03, 2026

Accepted: September 30, 2026

Published: October 05, 2026

Abstract:

This study aimed to estimate the gonadosomatic index, hepatosomatic index, condition factor, and sex ratio of the round sardinella (*Sardinella aurita*) to determine its spawning season along the Libyan coastal waters. A total of 394 specimens were collected from the Bab Al-Bahr fish market in Tripoli over a full annual cycle from May 2025 to April 2026. Total lengths ranged from 12.08 to 26.3 cm, and body weights ranged from 14.28 to 155.2 g. The results revealed a predominance of females over males, with an overall sex ratio of 1.7 females per male, accounting for 63.47% and 36.53% of the sample, respectively. The condition factor (K) reached its highest value in summer (1.95), followed by autumn (1.82) and winter (1.81), with the lowest value recorded in spring (1.62). The gonadosomatic index (GSI) peaked in winter (3.41), followed by spring (2.49) and summer (2.47), and hit its lowest value in autumn (0.35). The hepatosomatic index (HSI) demonstrated a clear concordance with the gonadosomatic index, peaking in winter (1.18), followed by spring (1.06), and recording minimum values in summer and autumn (0.88). These findings indicate that the round sardinella exhibits high reproductive activity concentrated primarily during the winter and spring seasons, thereby supporting the implementation of fisheries management measures and biological closed seasons to protect the sustainable stock.

Keywords: *Sardinella aurita*, Gonadosomatic index (GSI), Hepatosomatic index (HSI), Condition factor (K), Sex ratio.

المخلص

هدفت هذه الدراسة إلى تقدير معامل الحالة التناسلية، ومعامل الحالة الكبدية، ومعامل الحالة الغذائية، والنسبة الجنسية لأسماك السردين المستدير (*Sardinella aurita*) لتحديد موسم التكاثر في المياه الساحلية الليبية.

جُمعت عينة بلغت 394 سمكة من سوق الحوت بباب البحر في مدينة طرابلس على مدار سنة كاملة امتدت من مايو 2025 إلى أبريل 2026. تراوحت الأطوال الكلية للأسماك بين 12 و 26.08 سم، بينما تراوحت الأوزان بين 14 و 28.155 جم. أظهرت النتائج تفوقاً معنوياً لأعداد الإناث على الذكور بنسبة جنسية عامة بلغت 1.7 أنثى لكل ذكر، حيث شكلت الإناث 63% 47% مقابل 36% 53% للذكور. سجل معامل الحالة الغذائية (K) أعلى قيمه خلال فصل الصيف بواقع 951، تلاه فصل الخريف بـ 821، ثم فصل الشتاء بـ 811، وسجل أدنى قيمه في فصل الربيع بواقع 1.62. بينت نتائج معامل الحالة التناسلية (GSI) تسجيل أعلى ذروة في فصل الشتاء بواقع 413، تلاه الربيع بـ 492، ثم الصيف بـ 472، بينما سجل أدنى قيمه في فصل الخريف بواقع 35.0. وتوافق معامل الحالة الكبدية (HSI) بصورة ملحوظة مع معامل الحالة التناسلية، مسجلاً أعلى قيمه خلال فصل الشتاء بواقع 181، يليه الربيع بـ 0.061، وسجل أدنى قيمه خلال فصلي الصيف والخريف بواقع 88.0. تؤكد هذه المعطيات أن أسماك السرددين المستدير تبدي نشاطاً تناسلياً مكثفاً يتركز أساساً خلال فصلي الشتاء والربيع، مما يدعم اتخاذ تدابير الإدارة السمكية وإقرار فترات حظر الصيد البيولوجي في هذه الفترات لحماية المخزون المستدام.

الكلمات المفتاحية: السرددين المستدير، معامل الحالة التناسلية، معامل الحالة الكبدية، معامل الحالة، النسبة الجنسية.

المقدمة

تعد أسماك السرددين المستدير (*Sardinella aurita*) من أهم الأسماك السطحية الصغيرة في الأنظمة البيئية المائية، إذ تتواجد عادة في المياه الساحلية على أعماق تتراوح بين 0 و 350 متراً، في حين تتركز تجمعاتها الرئيسية غالباً بين عمق 20 و 80 متراً. تفضل هذه الأسماك المياه ذات الجرف القاري الغني بالمغذيات المرتبطة بمناطق الصعود المائي (Upwelling)، وتتواجد في أسراب ضخمة ضمن الطبقات السطحية والوسطى، ممثلة مع الهوائيم الحيوانية حلقة وصل أساسية لنقل الطاقة إلى المستويات الغذائية العليا، إلى جانب قيمتها الاقتصادية الكبيرة كمصدر غني بالبروتينات والأحماض الدهنية الأساسية مثل أوميغا 3 (Ricker, 1975; Whitehead, 1985).

تُعتبر دراسة معاملات الحالة التناسلية (Gonadosomatic Index)، والحالة الكبدية (Hepatosomatic Index)، والنسبة الجنسية للذكور والإناث حجر الأساس في علم بيولوجيا المصائد وإدارة المخزون السمكي المستدام؛ حيث تعكس المؤشرات الصحية والنشاط التناسلي استجابة للظروف البيئية والغذائية المتغيرة (King, 2007). وتقدم هذه المؤشرات بيانات جوهرية حول توقيت النضج الجنسي ومواسم التكاثر والحالة الفسيولوجية العامة للأسماك، فضلاً عن دورها الحيوي في تقييم القدرة التكاثرية للمخزون الطبيعي. وقد أشارت دراسات عديدة إلى أن معامل الحالة التناسلية يعد المؤشر الأبرز لتحديد فترات النشاط التناسلي وموسم وضع البيض، بينما يعكس معامل الحالة الكبدية التغيرات الفسيولوجية المصاحبة لعمليات التغذية وتكوين المح. (Aufy, 2023).

تسهم دراسة النسبة الجنسية في تقدير القدرة الإنجابية للمخزون السمكي وتقييم مدى استقراره، لتشكل قاعدة بيانات علمية يُستند إليها في إدارة المصائد والحفاظ على استدامة الموارد (Balogun et al., 2024). وتستهدف هذه الدراسة تقدير معامل الحالة التناسلية، ومعامل الحالة الغذائية، ومعامل الحالة الكبدية، والنسبة الجنسية بين ذكور وإناث أسماك السرددين المستدير، بغية تحديد موسم التكاثر بدقة، ودعم سياسات الحظر البيولوجي (Closed Season) الرامية إلى منع الصيد خلال مواسم التكاثر ووضع البيض.

المواد وطرق العمل

جُمعت عينة إجمالية مكونة من 394 سمكة من أسماك السرددين المستدير مباشرة من الصيادين في سوق الحوت بباب البحر في مدينة طرابلس على مدار سنة كاملة امتدت من مايو 2025 إلى أبريل 2026. نُقلت العينات المبردة في حافظات خاصة إلى معمل الأسماك بقسم الزراعات المائية في كلية الزراعة بجامعة طرابلس، حيث رُتبت على لوحة ترقيم وأُعطي أرقام تسلسلية دقيقة. بقيست الأطوال الكلية للأسماك باستخدام مسطرة قياس لأقرب 0.1 سم، وأُخذت الأوزان الكلية لأقرب 0.1 جم باستخدام ميزان حساس

نوع (Sartorius BP 1500) أجريت عمليات التشريح لفصل المناسل والكبد ووزنها بدقة، مع تحديد الجنس (ذكور وإناث)، واستخدمت المعادلات الآتية لتقدير المعاملات البيولوجية :

- تم تقدير معامل الحالة التناسلية (GSI) وفقاً لمرجع (Nikolsky, 1963)

$$GSI = \frac{W_g}{W} \times 100$$

حيث يمثل W_g وزن المناسل، و W الوزن الكلي للسكة .

- تم تقدير معامل الحالة الكبدية (HSI) استناداً إلى مرجع (Pickford, 1953)

$$HSI = \frac{W_L}{W} \times 100$$

حيث يمثل W_L وزن الكبد، و W الوزن الكلي للسكة .

- تم تقدير معامل الحالة الغذائية (Condition Factor) وفقاً لمرجع (Fulton, 1902)

$$K = \frac{W}{L^3} \times 100$$

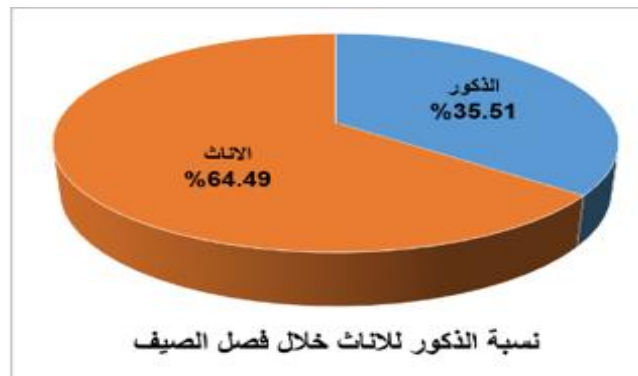
حيث يمثل W وزن السمكة، و L الطول الكلي للسكة .

النتائج

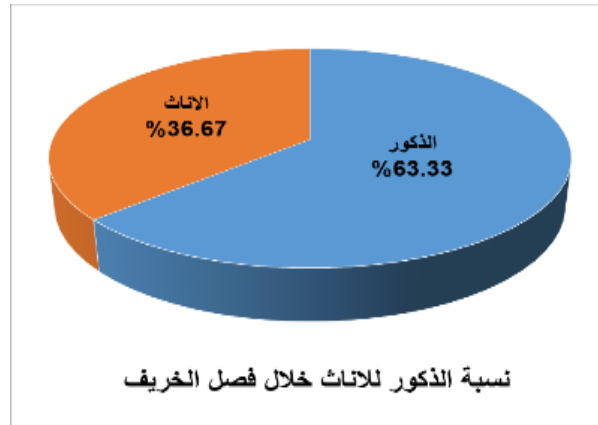
أظهرت نتائج الدراسة الحالية تفوقاً ملحوظاً لأعداد الإناث على الذكور في عينات السردين المستدير، حيث بلغت نسبة الإناث 63.47% مقابل 36.53% للذكور، بنسبة جنسية قدرها 1.7 أنثى لكل ذكر واحد. وكانت الإناث هي الفئة السائدة في معظم الفصول، باستثناء فصل الخريف الذي شهد سيطرة عدد الذكور على الإناث (جدول 1، الأشكال 1، 2، 3، 4) .

جدول 1. نسب الجنس (%) لأسماك السردين المستدير خلال فصول السنة

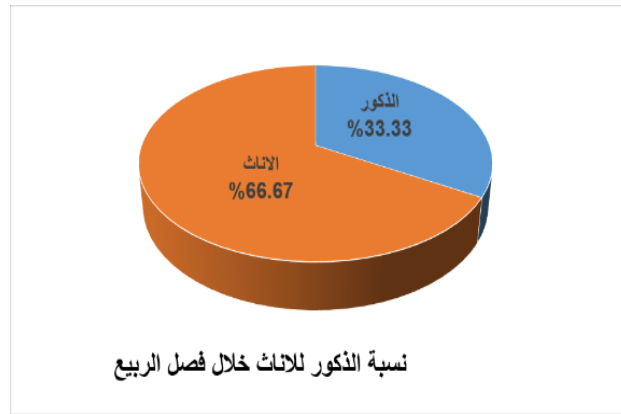
الفصل	عدد الذكور	عدد الإناث	نسبة الذكور (%)	نسبة الإناث (%)
الصيف	38	69	35.51	64.49
الخريف	19	11	63.33	36.67
الشتاء	32	67	32.32	67.68
الربيع	29	58	33.33	66.67
المجموع	118	205	36.53	63.47



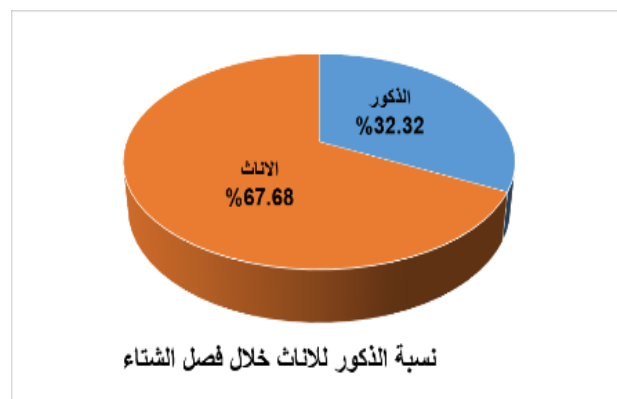
شكل 1. نسبة الذكور للإناث في أسماك السردين في فصل الصيف



شكل 2. نسبة الذكور للإناث في السردين خلال الخريف

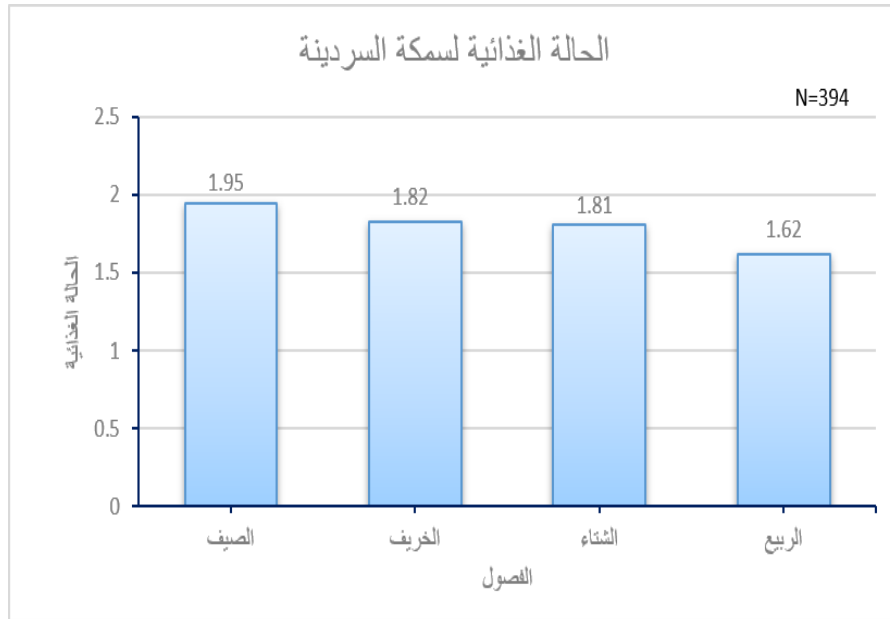


شكل 3. نسبة الذكور والإناث في أسماك السردين خلال الربيع



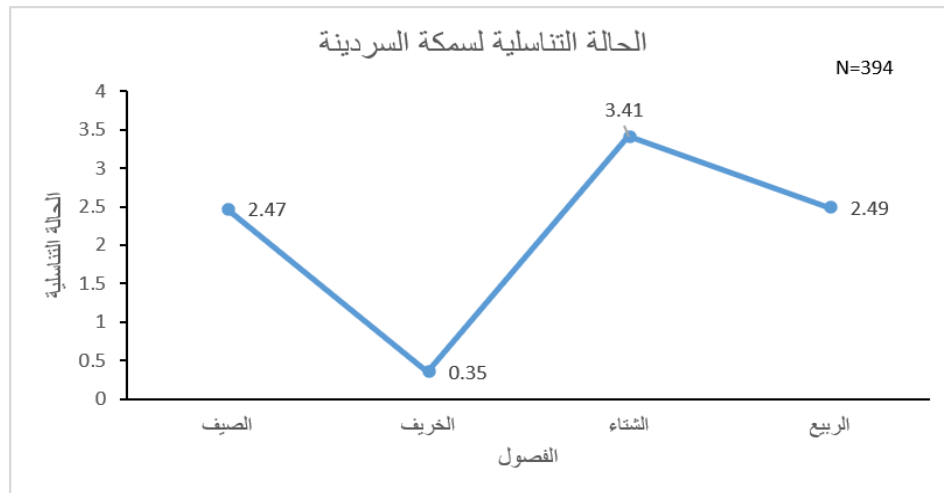
شكل 4. نسبة الذكور والإناث في أسماك السردين خلال الشتاء

سجل معامل الحالة الغذائية (K) أعلى قيمه خلال فصل الصيف بواقع 1.95، تلاه فصل الخريف بواقع 1.82، ثم فصل الشتاء بواقع 1.81، بينما سجل أدنى قيمه له في فصل الربيع بواقع 1.62 (شكل 5).



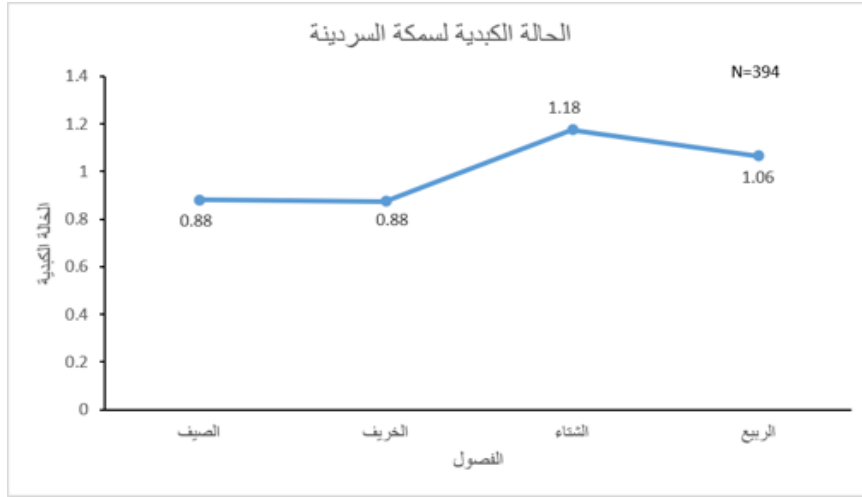
شكل 5. معامل الحالة الغذائية (k) لأسماك السردية المستدير خلال فصول السنة

أما نتائج معامل الحالة التناسلية (GSI) فقد أظهرت أن أعلى قيمة سُجلت في فصل الشتاء بواقع 3.41، تلاها فصل الربيع بواقع 2.49، ثم فصل الصيف بواقع 2.47، في حين سُجلت أقل قيمة خلال فصل الخريف بواقع 0.35 (شكل 6).



شكل 6. معامل الحالة التناسلية (GSI) لأسماك السردية المستدير خلال فصول السنة

وفيما يتعلق بمعامل الحالة الكبدية (HSI)، فقد سجل توافقاً واضحاً مع معامل الحالة التناسلية، مسجلاً أعلى قيمة في فصل الشتاء بواقع 1.18، يليه فصل الربيع بواقع 1.06، ثم فصلا الصيف والخريف بواقع 0.88 (شكل 7).



شكل 7. معامل الحالة الكبدية (HSI) لأسماك السردين المستدير خلال فصول السنة

المناقشة

أظهرت نتائج هذه الدراسة تسجيل أقصى قيمة لمعامل الحالة التناسلية (GSI) لأسماك السردين المستدير خلال فصل الشتاء، وهو ما يتفق مع عدة دراسات أجريت في الساحل الليبي (EL-Mor et al., 2002; AL-Hassan & EL-Silini, 2015; Fitri & EL-Mor, 2018; Shakman et al., 2019). توافق هذه النتائج مع دراسات حوض جنوب البحر المتوسط التي أكدت ميل سمك السردين المستدير لامتلاك مواسم وضع بيض ممتدة تغطي فصلي الشتاء والربيع لتبدأ دورة تكاثرية جديدة صيفاً، على غرار ما سجله (Tsikliras et al., 2010) في شمال شرق المتوسط. يُعزى هذا النمط إلى استقرار درجات الحرارة خلال الأشهر الباردة وتوفر العوالق الحيوانية (Zooplankton)، وتتفق هذه المعطيات مع دراسات أجريت في تونس (Ben-Gharbia et al., 2023)، ومصر (EL-Haweet et al., 2005)، والمغرب (Mustafa et al., 2014)، والجزائر (Brahmi et al., 2018; AL-Absi et al., 2024)، وغانا (Quaatey & Maravelias, 1999)، وأنجولا (Guiatuhanga et al., 2025)، وجزر الكناري (Ruzafa et al., 2022). في المقابل، تختلف هذه النتائج عن الدراسات التي أجريت في دول شمال البحر المتوسط حيث تقتصر الذروة التناسلية حصرياً على فصل الصيف بين شهري يونيو وأغسطس. يرجع التفسير العلمي لهذا التفاوت البيئي إلى شدة برودة شتاء شمال المتوسط والتي تضع المناسل في حالة سكون تامة لحين ارتفاع درجات الحرارة صيفاً، بينما يتيح مناخ جنوب المتوسط الدافئ نسبياً استمرار التغذية وتوجيه الطاقة الأيضية نحو نضج المبايض والخصى خلال فصل الشتاء (Sabates et al., 2006). ومن أبرز الدراسات التي وثقت نمط شمال المتوسط: دراسات البحر الأيقي في اليونان (Tsikliras et al., 2011)، ومضيق صقلية في إيطاليا (Basilone et al., 2006)، وتركيا (Hossucu & Sever, 2002)، وسوريا (Solaiman et al., 2016)، وشرق البحر الأدرياتيكي (Mustac & Sinovcic, 2012)، وإسبانيا (Palomera et al., 2007). علاوة على ذلك، تلعب تأثيرات التغير المناخي والارتفاع الحراري الملحوظ في حوض البحر المتوسط في السنوات الأخيرة دوراً محورياً في تغير وفرة العوالق الحيوانية وتغذية السردين والأسماك السطحية الصغيرة، مما ينعكس بشكل مباشر على مواسم التكاثر (Macias et al., 2015; Brosset et al., 2021).

أبرزت النتائج نمطاً ثنائي الذروة لمعامل الحالة الغذائية (K)، مسجلاً ارتفاعاً أولاً في فصل الصيف تلاه ارتفاع ثانٍ في فصل الشتاء. يعزى الارتفاع الصيفي إلى ارتفاع درجات الحرارة وفرة الغذاء الطبيعي، بينما يفسر الارتفاع الشتوي بالزيادة في وزن المناسل والاقتراب من مرحلة وضع البيض، وهي نتائج تتسق مع ما توصل إليه (EL-Drawil & Shakman, 2015) في ليبيا، و (Rjeibi et al., 2018).

تونس، و (Mahmud & EL-Haweet, 2014) في مصر، و (Bouchentouf et al., 2018) في الجزائر .

أكدت النتائج وجود توافق وثيق بين قيم معامل الحالة الكبدية (HSI) ومعامل الحالة التناسلية (GSI) خلال فصل الشتاء بالتزامن مع استقرار معامل الحالة الغذائية (K) ، مما يثبت اعتماد أسماك السردين على استراتيجية أيضية تقوم على التكامل المستمر والتغذية النشطة بدلاً من استنزاف المدخرات الداخلية للكبد (EL-Makhrouf, 2016; Ventero et al., 2024). الكبد، يستقبل الكبد المغذيات المستخلصة من التغذية الشتوية ليقوم بتصنيع بروتينات المح (Vitellogenin) والدهون الفسفورية ونقلها عبر مجرى الدم لاستكمال نضج البويضات في المبيض (Moyano et al., 2023; Zorica et al., 2023)، مما أدى إلى زيادة حجم الكبد وارتفاع وزنه وصولاً بمعامل الحالة الكبدية إلى أعلى مستوياته .

أثبتت الدراسة تفوق أعداد الإناث على الذكور في أغلب عينات الصيد ولا سيما خلال موسم التكاثر، وهو ما يُعزى إلى معدلات نمو الإناث الأسرع مقارنة بالذكور، وسلوكها التجمعي في المناطق الساحلية الضحلة وقرب الشواطئ لإتمام عمليات التبويض، مما يجعلها أكثر عرضة للاستهداف بشباك الصيد، فضلاً عن تأثير العوامل البيئية ومواسم الهجرة والتفاوت في قابلية الاصطياد. تُعد سيادة الإناث مؤشراً إيجابياً لقدرة المخزون السمكي على التجدد نظراً لدورها الحيوي في إنتاج البيض، وتتفق هذه النتيجة مع دراسات سابقة في ليبيا (AL-Hassan & EL-Silini, 2015) ، ولبنان (Jemaa et al., 2017) ، والسنغال (Ndiaye et al., 2018).

الخاتمة

تقدم هذه الدراسة نموذجاً بيولوجياً متميزاً لأسماك السردين المستدير، حيث أثبتت المعاملات البيولوجية والنسبة الجنسية استقراراً وتكيفاً عالياً للمخزون خلال موسم التكاثر. كشفت المعطيات عن عدم انخفاض معامل الحالة الغذائية أو الحالة الكبدية بالتزامن مع بلوغ معامل الحالة التناسلية ذروته، مما يعكس وفرة بيئية وموارد مغذية مكنت الأسماك من تلبية متطلبات الجهد التكاثري وتكوين المناسل بمعزل عن استنزاف المدخرات العضلية والكبدية. كما أظهرت الدراسة تفوقاً عددياً ملحوظاً للإناث خلال فترة التكاثر، وهي استراتيجية بيولوجية تهدف إلى تعظيم الخصوبة الكلية وإنتاج البيض لضمان استمرارية الأجيال والمحافظة على المخزون السمكي .

التوصيات

1. تحديد التوقيت الدقيق للحظر البيولوجي وإقرار فترات وقف الصيد بالتزامن التام مع الذروة الزمنية لمعامل الحالة التناسلية لحماية أمهات الأسماك ومنحها الفرصة الكاملة للتبويض .
2. حماية التوازنات الجنسية وتنظيم جهود الصيد في أوقات التكاثر لمنع الاستهداف المفرط للإناث الناضجة وتجنب الإخلال بالتركيب الجنسي الطبيعي لمجتمع السردين .
3. اعتماد الرصد التكيفي للمواسم وقياس المعاملات الحيوية كبرنامج سنوي مستمر لرصد أي زحزحة زمنية محتملة في مواعيد مواسم التكاثر نتيجة التغيرات المناخية والبيئية المتسارعة .

Compliance with ethical standards

Disclosure of conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

References

- [1] AL-Absi, S., EL-Haweet, A., & Mahmud, H. (2024). Reproductive traits and seasonal condition dynamics of round sardine (*Sardinella aurita*) off the Southern Mediterranean Coast. *Fishes*, 9(3), 112–128.
- [2] AL-Hassan, L. A., & EL-Silini, O. A. (2015). Biological aspects and sex ratio of small pelagic fishes in the Gulf of Sirte, Libya. *International Journal of Environmental & Marine Biology*, 4(2), 101–112.

- [3] Amenzoui, K., Ferhan-Tachinante, F., Yahyaoui, A., Mesfioui, A., & Kifani, S. (2006). Étude de la reproduction de *Sardinella aurita* de la côte Atlantique Marocaine. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat*, 28, 53–60.
- [4] Aufy, L. A. (2023). Gonadosomatic and hepatosomatic indices, and condition factor of *Planiliza abu* (Heckel, 1843) in southern Al-Hammar Marshes, Iraq. *International Journal of Aquatic Biology*, 11(3), 262–267.
- [5] Baali, A., Yahyaoui, A., & Amenzoui, K. (2017). Reproduction and condition factor of round sardine *Sardinella aurita* in the Southern Moroccan Atlantic coast. *Journal of Materials and Environmental Science*, 8(8), 2890–2896.
- [6] Balogun, A. T., Ureje, A. O., & Ojo, O. B. (2024). Sex ratio, gonadosomatic index and hepato-somatic index of *Coptodon zillii* and *Oreochromis* inhabiting Uveje Reservoir. *FUDMA Journal of Science*, 9(2), 1–5.
- [7] Basilone, G., Guénette, S., & Bonanno, A. (2006). First description of *Sardinella aurita* reproduction in the Strait of Sicily. *Scientia Marina*, 70(2), 229–235.
- [8] Ben-Gharbia, A., Fezzan, S., & Missaoui, H. (2023). Seasonal variation in length-weight relationships, gonadosomatic index, and condition factor of *Sardinella aurita* in the central Mediterranean. *Regional Studies in Marine Science*, 61, Article 102890.
- [9] Bouchentouf, M., Bedda, A., & Homrani, M. (2018). Reproduction and condition factor (K) of the *Sardinella aurita* in the Western coast of Algeria (Oran Bay). *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 16(3), 215–224.
- [10] Brahmi, B., Ounifi-Ben Amor, K., & Ben Amor, M. M. (2018). Reproductive biology and histology of round sardine *Sardinella aurita* in the southwestern Mediterranean Sea. *Regional Studies in Marine Science*, 24, 332–340.
- [11] Brosset, P., Fromentin, J. M., Ménard, F., Van Beveren, E., & Saraux, C. (2021). Long-term changes in small pelagic fish condition and body size driven by climate and food web alternations in the Mediterranean Sea. *Science of the Total Environment*, 783, Article 147028.
- [12] EL-Drawil, R. A., & Shakman, E. A. (2015). Biological aspects of *Sardinella aurita* in the western coast of Libya. *Libyan Journal of Marine Science*, 14, 12–25.
- [13] EL-Haweet, A. A., Hegazy, M. M., & Aziz, S. H. (2005). Validation of spawning period of *Sardinella aurita* in Egyptian Mediterranean waters. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 31(2), 211–224.
- [14] EL-Makhrouf, A. A. (2016). Seasonal variation in gonadosomatic index and liver activity of round sardine (*Sardinella aurita*) in Benghazi coast, Libya. *Journal of Ecological Studies, Benghazi University*, 11(3), 88–97.
- [15] EL-Mor, M. M., EL-Drawany, M. A., & AL-Hassani, A. M. (2002). Biological aspects of round sardine *Sardinella aurita* off Benghazi coast, Libya. *Journal of Egyptian Academic Society for Environmental Development*, 3(1), 15–28.
- [16] El-Mor, M. E. S., & Husaien, S. A. A. (2018). Biological and reproductive characteristics of the round sardine, *Sardinella aurita* off the eastern coast of Libya, Mediterranean Sea. *Journal of Marine Sciences and Environmental Technology*, 4(1), 15–28.
- [17] Fituri, A., & EL-Mor, M. (2018). Reproductive biology and condition factor of round sardine (*Sardinella aurita*) along the Western coast of Libya. *Libyan Journal of Marine Science*, 14(1), 22–35.
- [18] Fulton, T. W. (1902). The rate of growth of fishes. 20th Annual Report of the Fishery Board for Scotland, 1901 (Part III), 326–446.

- [19] Jemaa, S., Lteif, M., Mahfouz, C., Ouba, A., Hassoun, A. A. R., Gemayel, E., & Khalaf, G. (2017). Biological characteristics of the round sardine *Sardinella aurita* off the Lebanese coast. *Studia Marina*, 29(1), 7–20.
- [20] King, M. (2007). *Fisheries Biology, Assessment and Management* (2nd ed.). Blackwell Publishing.
- [21] Hossucu, B., & Sever, T. M. (2002). The reproductive biology of round sardinella (*Sardinella aurita*) in Izmir Bay (Aegean Sea). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 26(1), 89–94.
- [22] Mahmud, H. H., EL-Haweet, A. A., & Akel, E. H. (2014). Reproductive biology and condition factor of *Sardinella aurita* off the Egyptian Mediterranean coast. *Asian Journal of Applied Sciences*, 7(8), 740–751.
- [23] Macias, D., Garcia-Gorrioz, E., & Stips, A. (2015). Productivity changes in the Mediterranean Sea for the twenty-first century in response to changes in the regional climate. *Frontiers in Marine Science*, 2, Article 79.
- [24] Moyano, M., Illing, B., Peschutter, P., & Peck, M. A. (2023). Thermal sensitivity and metabolic regulation during vitellogenesis in small pelagic fishes. *Journal of Fish Biology*, 102(4), 815–829.
- [25] Mustac, B., & Sinovčić, G. (2012). Reproductive cycle of gilt sardine, *Sardinella aurita* in the eastern middle Adriatic Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 28(1), 46–50.
- [26] Mustafa, S. A., EL-Mor, M. M., & Abdel-Barr, M. M. (2014). Reproductive biology of the round sardine *Sardinella aurita* in the Egyptian Mediterranean waters. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 18(4), 111–124.
- [27] Ndiaye, I., Sarr, A., Faye, A., Thiaw, M., Drouf, M., & Waly, K. B. (2018). Reproductive biology of round sardine *Sardinella aurita* in Senegalese coastal waters. *Journal of Biology and Life Science*, 9(1), 31–45.
- [28] Nikolsky, G. V. (1963). *The Ecology of Fishes*. Academic Press.
- [29] Palomera, I., Olivar, M. P., Salat, J., Sabatés, A., & García, A. (2007). Small pelagic fish in the NW Mediterranean: A review of their biology, ecology, and fisheries. *Progress in Oceanography*, 74(2–3), 377–396.
- [30] Pickford, G. E. (1953). A study of the hypophysectomized male killifish, *Fundulus heteroclitus*. *Bulletin of the Bingham Oceanographic Collection*, 14, 5–41.
- [31] Ricker, W. E. (1975). *Computation and interpretation of biological statistics of fish populations*. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada, 191.
- [32] Rjeibi, O., Hajji, F., Zid, P., & Mrabet, R. (2018). Biological aspects and condition factor of round sardine (*Sardinella aurita*) in the Gulf of Tunis, Mediterranean. *Marine Science*, 19(2), 241–252.
- [33] Ruzafa, A. J., Olano, B. S., Arocha, Z. S., & Mané, B. G. (2022). Reproductive traits of the round sardinella in the Canary Islands. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 102(5), 354–360.
- [34] Sabatés, A., Martín, P., Lloret, J., & Raya, V. (2006). Sea warming and fish distribution: The case of the small pelagic *Sardinella aurita* in the western Mediterranean. *Global Change Biology*, 12(11), 2209–2219.
- [35] Shakman, E. A., Etayeb, K., & Ben-Abdallah, R. (2019). Status of small pelagic fisheries and biological indicators along the eastern coast of Libya. *Marine Biology Research-Libya*, 8(2), 45–58.

- [36] Solaiman, Y., & Saad, A. A. (2016). Some aspects of reproductive biology of round sardine (*Sardinella aurita*) from the Syrian Mediterranean water. *Syrian Journal of Geo-Biodiversity*, 2, 29–35.
- [37] Tsikliras, A. C., Antonopoulos, E., & Stergiou, K. I. (2010). Spawning period and gonadosomatic index of round sardine (*Sardinella aurita*) in the northeastern Mediterranean Sea. *Scientia Marina*, 74(2), 333–343.
- [38] Tsikliras, A. C., & Koutrakis, E. T. (2011). Summer spawning of small pelagic fishes in the North Aegean Sea. *Hydrobiologia*, 670(1), 155–165.
- [39] Ventero, A., Iglesias, M., & Bellido, J. M. (2024). Feeding habits and liver metabolic activity during winter spawning in Mediterranean sardine sp. *Journal of Marine Systems*, 242, Article 103945.
- [40] Whitehead, P. J. P. (1985). FAO species catalogue. Vol. 7. Clupeoid fishes of the world (suborder Clupeoidei): An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, anchovies, wolf-herrings and setipinnas. FAO Fisheries Synopsis, No. 125, Vol. 7, Pt. 1.
- [41] Zorica, B., Cikeš Kec, V., & Vidjak, O. (2023). Inter-annual variability of reproductive indices and condition of sardine in the Adriatic Sea. *Acta Adriatica*, 64(1), 35–48.

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of **SJPHRT** and/or the editor(s). **SJPHRT** and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.