المجلة الدولية للتنمية ـ المجلد الرابع عشر العدد الثالث (2025) :93-81
International Journal of Development, Vol.14, No. (3) (2025):81-93
ISSN: 2314-5552 ISSN: 2314-5560 (Online)
www.jaid.journals.ekb.eg e-mail: ijd_fas@yahoo.com

الأزولا: أهميتها وتأثير إضافتها إلى أعلاف الحيوانات ـــ دراسة مرجعية

عادل عبد الله بن شعبان ، محمد علي بن فرج ، رفيق محمد التاجوري
قسم الإنتاج الحيواني - مركز البحوث الزراعية والحيوانية – فرع الزراعات المستدامة- ليبيا

تاريخ استلام البحث:20 فبراير 2025 ، تاريخ الموافقة على النشر: 13 مارس 2025

المستخلص

يُعدّ العلف من أهمّ العوامل التي يُبنى عليها قطاع الثروة الحيوانية، نظرًا لأهميته في تغذية الحيوانات لضمان استدامتها ووظائفها المختلفة، كالنمو والتكاثر والإنتاج. وسواءً أكانت هذه الأعلاف مُركّزة أم خشنة، فيجب توفيرها لتلبية الاحتياجات الغذائية للحيوانات. يُعدّ نبات الأزولا نباتًا حديثًا أصبح مؤخرًا علفًا مهمًا للعديد من المُربّين. لذا، هدفت هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على نبات الأزولا لدراسة أهميته الغذائية وطرق إنتاجه ودوره في تغذية الحيوان - كدراسة مرجعية. اعتمدت الدراسة منهجًا وصفيا مرجعيًا، حيث جمعت مصادر متعددة من دراسات سابقة حول الأزولا أجراها باحثون نشروا أبحاثهم في مجلات علمية محكمة ومعتمدة حول الأزولا وأهميته في تغذية الحيوان.

الأزولا نبات مائي ينمو طبيعيًا في المياه الراكدة والبرك والأنهار والمستنقعات في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية. يُعتبر الأزولا من أكثر النباتات الواعدة نظرًا لسهولة زراعته وإنتاجيته العالية وقيمته الغذائية الجيدة. نبات الأزولا غني بالبروتين والاحماض الامنية والفيتامينات والمعادن، ونظرًا لقيمتها الغذائية العالية بفضل محتواها البروتيني المنخفض من اللجنين، فقد حسّنت هضم المادة الجافة، والمواد العضوية، والألياف الخام، وألياف المنظفات الحمضية، وألياف المنظفات المحايدة. وبفضل سهولة هضمها، استُخدمت كعلف لتسمين وتغذية الأغنام، والماعز، والعجول، والأبقار، والدواجن، وكذلك لإنتاج البيض والحليب. وهذا يُبرر إجراء المزيد من البحوث المنهجية حول تجارب التغذية طويلة الأمد للأزولا.

تتناول هذه المقالة الآفاق المستقبلية لاستخدام الأزولا كبديل اقتصادي وبيئي للأعلاف التقليدية مثل وجبة الصويا ووجبة السمك. تشمل الفوائد المحتملة تحسين الأداء الإنتاجي، تعزيز المناعة، تقليل الاعتماد على المضادات الحيوية، ودعم الاستدامة الاقتصادية والبيئية. تسلط الدراسات الضوء على سهولة زراعة الأزولا وتكاملها في أنظمة الزراعة المستدامة، مع تحديات تتعلق بمعالجة المركبات المضادة للتغذية. توفر المقالة توصيات لتعزيز استخدام الأزولا في المستقبل، مع الإشارة إلى الأبحاث الداعمة.

الكلمات المفتاحية: الأزولا، الأعلاف، التغذية، البروتين، الحيوانات.

المقدمة

أن الأعلاف الخضراء تلعب دوراً هاماً وحيوياً في توفير العناصر الغذائية الاساسية والتي لا يمكن الاستغناء عنها في تغذية الحيوان، ونظراً لأن المناطق الجافة تعاني من نقص كبير في الأعلاف المختلفة ، كما ان التغذية تشكل حوالي ثلثي التكلفة لأي مشروع من مشاريع الإنتاج الحيواني[1]، ومع ازدياد الطلب على المنتجات الحيوانية، لذلك كانت اغلب الدراسات الحديثة في تلك المناطق تتجه لإيجاد بدائل علفية أخرى لسد النقص من الاحتياجات العلفية وإيجاد أصناف من الاعلاف الخضراء غير التقليدية لتحل محل الأعلاف التقليدية المعروفة.

يُعد الأزولا (Azolla)، وهو نبات مائي عائم من فصيلة السرخسيات، موردًا واعدًا في الزراعة المستدامة وتربية الحيوانات بفضل قدرته على تثبيت النيتروجين من خلال العلاقة التكافلية مع الطحالب الزرقاء-الخضراء (Anabaena)[2]. وقد أكد[3] أن نبات الأزولا مصدر جيد للبروتين (20-30% من الوزن الجاف)، وكذلك احتوائها على الأحماض الأمينية الأساسية خاصة اللايسين، كذلك فإنها توفر العناصر الغذائية الكبرى (Ca، Mg، K) والفيتامينات مثل فيتامين (A، B، B12). كما يمكن استخدامها كعامل مضاد للبكتريا ومضاد للأكسدة لاحتوائها على مادة الفينول والفلافونويد[4] . كل هذه الدراسات تشير إلى إمكانية استخدام الأزولا كعلف غير تقليدي للعديد من أنواع الحيوانات. وتعتبر الأزولا بديلاً عن المواد التقليدية التي تدخل في علائق الحيوانات وبمثابة علف اقتصادي آمن وصديق للبيئة وكحل لأزمة نقص الاعلاف الخضراء اللازمة لتغذية أغلب أنواع الحيوانات[5] . حيث يستطيع المربي استبدال حوالي 20-25% من العلف المركز بالأزولا واستخدامها كعليقة بديلة وذلك لسهولة زراعتها وانتاجيتها العالية وقيمتها الغذائية الجيدة[6].

تُظهر الآفاق المستقبلية لاستخدام الأزولا في تغذية المجترات، الدواجن، والأسماك إمكانيات هائلة على المستويين العالمي والإقليمي، خاصة في الدول العربية مثل مصر وليبيا. من خلال النتائج الإيجابية في تحسين الإنتاجية وخفض التكاليف، تُعد الأزولا حلاً مستدامًا لمواجهة تحديات الأمن الغذائي. تحقيق هذه الإمكانيات يتطلب التغلب على التحديات من خلال تعزيز الأبحاث، نشر الوعي، وتطوير البنية التحتية، مما يُمكن الدول العربية من تحقيق تقدم ملموس نحو الاستدامة

الزراعية وتقليل الاعتماد على الموارد المستوردة[7]. والهدف من هذه الدراسة هو تقيم شامل لنبات الأزولا من ناحية أهميتها وزراعتها وانتاجيتها وقيمتها الغذائية وتأثير إضافتها إلى أعلاف الحيوانات.

الطرائق المستخدم

تم استخدام المنهج الوصفي من خلال جمع والاطلاع وتحليل النتائج الواردة في العديد من الدراسات السابقة والمتعلقة باستعمال نبات الأزولا كعلف للحيوانات ومنه تلك التي احتوت على إجراء التحليل الكيميائي له وفقاً لطرق AOAC (2005).

النتائج والمناقشة

1- تصنيف نبات الأزولا

المملكة: النباتات،
القسم: الجناحيات،
الفئة: بتيريدوبسيدا،
الرتبة: سالفينيالس،
العائلة: ازولاسي،
الجنس: أزولا[8]

2- أهمية نبات الأزولا (بيناتا).

نبات الأزولا هو سرخس مائي عائم حر يرتبط بنوع من الطحالب الخضراء المزرقة في معيشة تكافلية (طحلب الأنيبيانا) والذي يعيش في تجاويف داخل أوراق الأزولا، يثبت طحلب الأنيبيانا الأزوت الجوي من خلال امتصاص أكاسيد النيتروجين من الهواء الجوي ويحولها إلى نيتروجين، ويمد به نبات الأزولا التي تستخدمه لبناء خلاياها ونموها، وفي المقابل يقوم نبات الأزولا بمد طحلب الأنيبيانا بالمواد الغذائية التي تكونها نتيجة عملية البناء الضوئي[10]. يعتبر نبات الأزولا مصدر للبروتين (الأحماض الأمينية الأساسية) ويحتوى على (اللايسين، الأرجينين، الميثيونين، والمعادن، الكلوروفيل) بالإضافة إلى الفيتامينات مثل (فيتامين أ، وفيتامين ب، وفيتامين ب 12، بيتا كاروتين)، بينما يكون محتوى الكربوهيدرات والدهن فيها منخفضاً، كما انها سهلة الهضم لدى الحيوانات بسبب انخفاض نسبة اللجنين وارتفاع نسبة البروتين، وتستخدم الأزولا في الوقت الحاضر كعلف غير تقليدي للحيوانات كالمجترات والدواجن والأسماك[2 ، 11] حيث تعطى كعلف جاف للماشية والدواجن بينما تعطى طازجة للأسماك.

والأزولا سهلة الزراعة وتعطي إنتاجًا عاليًا مقارنة بالبقوليات والأعشاب الأخرى[6] ، ويوجد مالا يقل عن ثمانية أنواع معروفة من الأزولا، وهي (بيناتا، نيلوتيكا، كارولينيانا، جابونيكا، سيركيناتا، ميكروفيلا، روبرا، ميكسيكانا) وأكثرها شيوعاً هي الأزولا بيناتا[12]. ويمكن أن تلعب الأزولا دورًا كبيراً وفعالاً في تغذية أنواع مختلفة من الماشية، حيث أكد العديد من الباحثين بإمكانية استخدامها كوجبة غذائية لكل من الدجاج[13]، السمان[14] ، البط[15]، الأسماك[16] ، الأرانب[17] وكذلك في تغذية المجترات[3] . ويمكن استخدام الأزولا كبديل لمكملات البروتين في النظام الغذائي للفحول دون أي تأثير سلبي على النشاط الجنسي لها[18] .

ويمكن أن تعمل الأزولا كمكمل غذائي أخضر للماشية الحالوب لتحسين النمو وإنتاج الحليب واللحوم خاصة عندما يكون توافر الأعلاف الخضراء محدودًا[19] . وقد قللت الأزولا من نسبة الدهون في البطن ودهون الذبيحة، وإعادة تشكيل لون الجلد وإنتاج لون أصفر أو غير شاحب[20] .

ومن ناحية أخرى فان الأزولا تزيد من محتوى المادة العضوية والبوتاسيوم في التربة[21] . ومن الخصائص المهمة للأزولا هي إمكانية مضاعفتها خلال3ـــ 4أيام ومن وزن يبدأ من 1طن/هكتار إلى 15ـــ30 طن/هكتار في حوالي20 يوماً [22] .

4- زراعة وإنتاج الأزولا (بيناتا).

هناك العديد من الطرق لزراعتها والحصول منها على أعلى انتاج، حيث ذكر[23] أنه عند زراعة الأزولا نقوم بحفر حفرة بحجم 2م × 2م وبعمق 20سم، ثم نقوم بعد ذلك بفرش قطعة من البلاستك في الحفرة وعلى جوانبها، ثم نوزع من 10ـــ15 كجم من التربة الخصبة الخالية من الشوائب فوق قطعة البلاستيك على جميع أجزاء الحفرة بالتساوي، بعد ذلك نسكب 2 كجم من روث البقر و30 جم من السوبر فوسفات المذاب في 10 لترات من الماء فوق هذه التربة، نملا بعد ذلك الحوض بالماء إلى مستوى 10سم تقريباً ونوزع من 0.5 ـــ1كجم من الأزولا الجديدة والنقية في الحوض، تتكاثر الأزولا بسرعة فتملأ الحوض خلال 10ـــ15 يومًا، بعد ذلك يجب إضافة مزيج من 20 جم من السوبر فوسفات وحوالي 1كجم من مذيب روث الأبقار مرة كل 5 أيام للحفاظ عليها في عملية تكاثر سريعة، ويمكن بعد ذلك حصاد 500ـــ600 جرام منها يومياً.

وقام[24] بإجراء طريقة NDRI لزراعة الأزولا وذلك بحفر حفرة مستطيلة بحجم 3م ×1.2م وعمق 90 سم وتغطية الحفرة بقطعة بلاستيكية وجعل سطح الحفرة موحدًا، ثم تثبت حواف القطعة بالطوب والطين، يضاف للحفرة من 25ـــ30 كجم من التربة الخصبة الناعمة المخلوطة بالكاربوفوران (مبيد أفات) بنسبة 1٪ من إجمالي وزن التربة ونشرها

بالتساوي على السطح، ثم يسكب الماء في الحوض حتى ارتفاع 25–30 سم، تحضير مذيب روث الأبقار (عمره 1-2 يوم) حوالي6–7 كجم وسكبه في الحفرة ونشر السوبر فوسفات بمعدل 20–25 جم، تتم بعد ذلك إزالة أي جذر غريب ومواد غير مرغوب فيها فوق السطح بمساعدة شبكة سلكية، وأخيرًا يتم نشر الأزولا الطازجة النقية بمعدل 300–400 جم لكل متر مربع على السطح للحفاظ على نمو أسرع، يعاد سكب مذيب روث الأبقار (1–2 كجم) والسوبر فوسفات بحوالي 10جم في كل فجوة كل 10 أيام مع تغير25 إلى 30% من الماء بمياه عذبة مرة كل 15يومًا لمنع تراكم النيتروجين في الحفرة، مع تغطية الحفرة بغطاء بلاستيكي من البولي إيثيلين أثناء الليل وإزالته في الصباح عند الساعة التاسعة وذلك لمنع الأزولا من التعرض لإجهاد البرد والندى.

كذلك قام[25] عند زراعة الأزولا بحفر حفرة صغيرة بحجم6م×1م وبعمق 20سم تحت ظل الشجرة وقاموا بتغطية الحفرة بطبقة من الكيس البلاستيكي وذلك للحماية من الجدور المتطفلة ثم بقطعة من البلاستيك ووضعوا من 80–90 كجم من التربة داخل الحفرة وتعبئها بالماء المختلط بحوالي10–15 كجم من روث الأبقار بارتفاع 10سم، ووضعوا 2 كجم من الأزولا بيناتا في هذا الحوض ثم يتم خلط هذه المحتويات مرة كل 2–3 أيام مع إزالة أي أوراق شجر متساقطة من أجل الحفاظ على الرقم الهيدروجيني في درجة الحموضة المحايدة، فوجد ان الازولا تنمو بشكل جيد وتتكاثر بمعدل أسرع ويزداد حجمها كل3ـــ4 أيام، وبمجرد تغطية الحوض بنبات الأزولا العائمة تصبح جاهزة للحصاد بشكل دوري.

كماً قام[26] عند زراعة الأزولا بحفر حفرة بحجم 4م× 2م وبعمق30 سم وتوزيع من 40–50 كجم من التربة الخصبة بالتساوي وإذابة حوالي5 كجم من روث البقر الذي يبلغ عمره من يومين إلى ثلاثة أيام في 15 لترًا من الماء مع الخلط الدقيق وتم توزيع الخليط بالتساوي في جميع أجزاء الحوض، ويملأ الحوض بالماء حتى مستوى10–15سم ويجب أن تكون جميع زوايا الحوض في نفس المستوى حتى يمكن الحفاظ على مستوى الماء بشكل موحد، ثم بوضع 2كجم من الأزولا الطازجة النقية في الحوض ورشها بالماء، وبعد 15–20 يومًا يجب حصاد (1) كجم من الأزولا يوميًا للحصول على نمو مستمر ولتجنب نقص المغذيات، ويتم خلط 50 ملجم سوبر فوسفات و2–2.5 كجم من روث البقر مرة واحدة كل شهر مع استبدال حوالي 30% من الماء بالمياه العذبة مرة كل 15 يومًا لمنع تراكم النيتروجين الزائد واستبدال الماء والتربة وإضافة الأزولا الجديدة مرة كل ستة أشهر.

نستنتج من ذلك أنه لزراعة نبات الأزولا بطريقة مناسب والحصول منها على أعلى إنتاج وبشكل مستمر، نقوم في البداية بحفر حفرة تختلف مساحتها على حسب كمية الأزولا المراد الحصول عليها، أما العمق فيتراوح بين 35– 40 سم للحوض وذلك لسهولة التعامل مع النبات داخل الماء، نغطي هذا الحوض بنوع من النايلون السميك أو صفائح البلاستيك في القاع لضمان عدم تسرب الماء، نضع التربة الخصبة الخالية من الشوائب بارتفاع من 10 –15سم في قاع الحوض، ثم نقوم بإذابة 1.5–3 كجم من سماد الابقار و20–40جم من السوبر فوسفات في15 لتر من الماء ونوزعه على التربة الخصبة الموجودة بقاع الحوض بشكل متساوي لكل متر مكعب من حجم الحوض، نملأ بعد ذلك الحوض بمستوى20–25سم بالماء العذب لأن معدل نمو نبات أزولا بيناتا ينخفض مع زيادة الملوحة فوق380ملجم/ لتر عند حوالي 1.3% من الملح (33% من مياه البحر)، نوزع بعد ذلك الأزولا الجديدة على سطح الماء في جميع أجزاء الحوض من 0.5–1كجم /م^2 من حجم الحوض، عندما تنمو الأزولا وتتكاثر نقوم بحصادها بشكل دوري مع استبدال حوالي من 25 إلى30٪ من الماء كل 15يوم لتجنب تراكم النيتروجين، بالإضافة إلى استبدال حوالي 5 كجم من التربة شهرياً وإضافة سماد الابقار والسوبر فوسفات وخليط المعادن ومبيد الأفات بشكل دوري للحصول على نمو مستمر وتجنب نقص المغذيات، وأخيراً يجب استبدال التربة والمياه والأزولا من جديد عند وجود تلوث في الحوض بسبب الآفات والأمراض.

5- الظروف البيئية المطلوبة لنمو نبات الأزولا(بيناتا).

تحتاج الأزولا لبعض الظروف المناسبة لتكاثر فروعها بصفة مستمرة حيث ذكر[27] أن العوامل المهمة التي تؤثر على نمو الأزولا هي الماء والملوحة والرقم الهيدروجيني ودرجة الحرارة والرطوبة وأشعة الشمس، حيث يكون النمو المثالي لها عندما تتراوح الرطوبة النسبية من 80ـــــ90% لأنها عندما تتعرض لرطوبة نسبية أقل من 60% تصبح جافة وهشة على الرغم من أنها يمكن أن تنمو على أسطح الطين الرطبة، أما بالنسبة للملوحة فيعتمد تحمل الأزولا للملوحة على النوع حيث انخفض معدل نمو الأزولا بيناتا عند مستوى ملوحة أعلى من380ملجم/ لتر، ويتراوح نطاق الرقم الهيدروجيني للأزولا بين 3.5ـــ10ومع ذلك فإن نموها يكون أكثر ملاءمة في نطاق الرقم الهيدروجيني من4.5-7، وتتراوح درجات الحرارة التي تحتاجها بين 20ـــــ30درجة مئوية وينخفض نموها وتبدأ في الموت عند درجات حرارة أقل من 5 درجة مئوية وأعلى من 45 درجة، بالإضافة إلى ضوء الشمس والتي تحتاج إليه من 25–50 %. وكذلك يؤدي استخدام الأسمدة الفوسفورية إلى تحسين إنتاج الأزولا، لأنه خلال ظروف الحقل التي تعاني من نقص الفوسفور قد تبدو الأزولا محمرة اللون[9] .

وقد ذكر[29] أن درجة الحرارة تعتبر عاملاً مهمًا للنمو الجيد لنبات الأزولا والتي تكون من 25ـــ35 درجة مئوية وهي الأكثر ملاءمة للنمو الأقصى لها، ويجب الحفاظ على درجة الحرارة البيئية المثلى ضمن هذا النطاق باستخدام شبكات خضراء لعدم تعرض النبات إلى أشعة الشمس المباشرة، مع تغطية حوض الأزولا بغطاء بلاستيكي في المواسم الباردة لتقليل تأثير البرد والندى، بالإضافة إلى توفر الوسط المائي المناسب الذي تعيش فيه، ويجب أن تكون التربة بدرجة حموضة 5.3–5.8 في الظل. وأن درجة الحرارة المثلى لزيادة نمو نبات الأزولا من20–28درجة مئوية والرطوبة النسبية

من65%ـــ80% وأنها تحتاج لفترات ضوئية طويلة لإمكانية تثبيت النيتروجين، وتحتاج إلى درجة حموضة للتربة من5ـــ7.2وأن زيادة ملوحة المياه تؤثر سلبًا على النمو[28] .

وذكر[25] أن نبات الأزولا يعيش في الأراضي الرطبة في المناطق المعتدلة والاستوائية الدافئة وأنها تحتاج إلى درجة حرارة من18–28درجة مئوية، ويحدث النمو الأمثل عندما تكون درجة حموضة الماء من4.5ـــ7وينخفض معدل النمو تدريجياً مع زيادة الملوحة وأوقات الظل الطويلة، ولكن تنمو الأزولا في ظل جزئي بنسبة 50% من ضوء الشمس وتموت في غضون ساعات قليلة في ظل الظروف الجافة.

وأكد[30] أن الحرارة تؤثر بشكل كبير على نمو نبات الأزولا وقدرتها على تثبيت النيتروجين. في حين أفاد[31] أن درجة الحرارة أقل من 4 درجات مئوية وأعلى من 30م° تؤثر سلباً على نمو الأزولا. علاوة على ذلك ينخفض تثبيت النيتروجين[32] عند درجة من35-40 م° . والرقم النيتروجيني المناسب والمطلوب للنمو من (4.5–7.5)[33] .

بالإضافة إلى ذلك فأن شدة الإضاءة تؤثر أيضاً على نمو الأزولا وتكون شدة الإضاءة المثلى حوالي 20000 لوكس[34] . وتؤخر شدة الضوء أقل من 1500 لوكس على نمو الأزولا[35].

مما سبق نستنتج أن نبات الأزولا يحتاج لظروف بيئية خاصة تساعده على سرعة النمو والتكاثر بصورة طبيعية وأي خلل في عدم توفر هذه الظروف أو بعضها تسبب ضعف نمو وهلاك النبات، هذه الظروف تكمن في درجة الحرارة والرطوبة والملوحة وأشعة الشمس والرقم الهيدروجيني وحموضة التربة وشدة الإضاءة وطول الفترة الضوئية، وعليه نستنتج أيضاً أن درجة الحرارة المثلى لنمو نبات الأزولا تتراوح بين 18–35 درجة مئوية والرطوبة النسبية 65ـــ80% بالإضافة إلى ضرورة وجودها في وسط مائي عذب لأن الملوحة أعلى من380 ملجم/ لتر تسبب في انخفاض النمو بشكل كبير، كذلك يجب ألا تتعرض الأزولا لأشعة الشمس المباشرة لأنها تنمو أفضل في ظل جزئي بنسبة 50% لذلك يجب تغطيتها عند سقوط أشعة الشمس المباشرة عليها، وكذلك تغطى في المواسم الباردة ليلاً بغطاء بلاستيكي لتقليل تأثير البرد والندى، أما بالنسبة لدرجة حموضة التربة والرقم الهيدروجيني للماء فيتروحان بين 4–7درجة، بالإضافة إلى ذلك فأن شدة الإضاءة وطول الفترة الضوئية تعتبر كذلك من الظروف البيئية المهمة حيث أنها تحتاج إلى شدة إضاءة حوالي 20000 لوكس وطول فترة ضوئية مناسبة لتثبيت النيتروجين.

6- القيمة الغذائية لنبات الأزولا(بيناتا).

لمعرفة القيمة الغذائية لنبات الأزولا وما تحتوي عليه من عناصر غذائية تحتاج إليها حيوانات المزرعة في نموها وإنتاجها (لحم، حليب، بيض، صوف، وغيرها) تم الاطلاع على العديد من الدراسات السابقة والمتعلقة باستعمال نبات الأزولا كعلف للحيوانات والتي قامت بإجراء التحليل الكيميائي له وفقاً لطرق[36] .

6-1 محتوى الأزولا من العناصر الغذائية.

يتضح من نتائج التحليل الكيميائية لعدد من الباحثين بالجدول (1) بأن نبات الأزولا يحتوي على (البروتين، المستخلص الأثيري، الألياف الخام، الرماد، المستخلص الخالي من النيتروجين، اللجنين، السيليلوز، الهيموسيليلوز، والكالسيوم، الفوسفور).

جدول (1). التحليل الكيميائي لنبات الأزولا وما يحتوي عليه من العناصر الغذائية.

الباحثين / المكونات	(17)	(17)	(28)	(37)	(38)	(39)	(40)	(41)	(42)	(43)	(44)	(45)
المادة الجافة (%DM)	89.7	89.7	93	90.1	90	-	89.7	89.5	90.3	76.2	90.2	85.0
المادة العضوية (%OM)	75.7	75.7	73.9	79.7	79.6	82.6	75.7	84.9	-	86.7	80.3	72.8
البروتين الخام (%CP)	35.5	35.5	22.5	15.4	23.4	22.4	14.7	23.7	22.8	26.4	20	18.6
الدهن الخام (%EE)	4.1	4.1	2.36	2.7	3.1	4.5	3.7	4.09	3.6	3.9	2.6	3.35
الألياف الخام (%CF)	14.7	14.7	15.2	14.1	-	14.7	23.5	14.2	15.5	13.6	14.2	-
المستخلص الخالي من النيتروجين(%NFE)	-	-	33.8	47.4	40.6	40.9	-	34.9	38.6	41.9	46.4	-
الرماد (%Ash)	25.5	25.5	26.1	20.4	20.4	17.3	24.3	15.0	19.4	24.5	19.6	27.1
السيليلوز	-	-	36.7	6.8	-	-	-	-	-	-	6.9	-
الهيموسيليلوز	-	-	12.9	15.6	-	-	-	-	-	-	16.8	-
اللجنين	-	-	-	15.7	-	-	-	-	-	-	5.7	–
الكالسيوم	4.1	4.1	1.32	1.54	1.66	1.6	2.6	1.69	2.0	-	1.6	-
الفوسفور	0.3	0.3	0.86	0.35	0.47	0.34	0.26	0.54	0.48	-	0.4	-

المصدر: الأرقام الموجود بالجدول تمثل الباحثين في المراجع

2-6 محتوى الأزولا من العناصر المعدنية.

يحتوي نبات الأزولا على العناصر المعدنية الكبرى والصغرى اللازمة والضرورية لنمو الحيوانات وإنتاجيتها[46]. ومن العناصر التي تحتوي عليها الأزولا كجزء في المليون (الزنك230، المنجنيز2170، النحاس 4.1، الكوبلت 7.1، الحديد 1100، النيكل6.1، الكروم2.01)[24]. كما انها تحتوي على العديد من المعادن منها (الفوسفور0.34، الكالسيوم 1.64، البوتاسيوم2.71، الزنك325، النحاس9.1، المنجنيز2418، الحديد1569، الكوبلت8.11 الكروم 5.06، البورون31، النيكل5.33، الرصاص8.1، الكاديوم 1.2 (كجزء في المليون)[39] . وأكد [12] أن الأزولا تحتوي كجزء في المليون على النحاس 17.15 والزنك 77.30 والمنجنيز 207.87 والحديد 710.65. وقال[11] أن الأزولا تحتوي على الكالسيوم 1.67%، الفوسفور0.46%، الحديد والمنجنيز0.22%، الصوديوم 0.77%، البوتاسيوم 2.2%، النحاس 16 جزء في المليون والزنك 46.7 جزء في المليون.

3-6 محتوى الأزولا من الفيتامينات والأحماض الأمينية.

من الجدول (2) يتضح بأن نبات الأزولا يحتوي على العديد من الأحماض الأمينية الأساسية، ويحتوي على بعض الفيتامينات مثل (فيتامين أ، فيتامين ب 12، الكاروتين)[20].

جدول (2). التحليل الكيميائي لنبات الأزولا وما يحتوي عليه من الأحماض الأمينية.

الباحثين / الأحماض الامينية	النسبة المئوية
لايسيسن	0.98
ميتايونين	0.34
سيستين	0.18
ثريونين	0.87
تربتوفان	0.39
أرجنين	1.15
أيزوليوسين	0.93
ليوسين	1.65
فينيل ألانين	1.01
تريوسين	0.68
جلايسين	1.00
سيرين	0.90
فالين	1.18

المصدر: [65]

نستنتج مما سبق أن التركيب الكيميائي لنبات الأزولا كان غير معنوي بين المؤلفين، ويكمن الاختلاف في نسبة المكونات الموجودة بين نبات وأخر، حيث يكون الاختلاف بسيط في كلاً من العناصر الغذائية وعنصر الكالسيوم والفوسفور. في حين كان الاختلاف كبير في بعض العناصر المعدنية والذي يمكن أن يعزى إلى عدة أسباب منها الاختلافات في العناصر الغذائية الموجودة في التربة والظروف البيئية المحيطة بالنبات ومن أهمها والحرارة والرطوبة وطول وشدة الإضاءة وإضافة الماء العذب والأسمدة الفعالة وكذلك موسم الزراعة، بالإضافة إلى استجابة سلالات الأزولا نفسها لهذه الظروف. وقد تم استنتاج متوسط قيمة العناصر الغذائية والكالسيوم والفسفور الموجودة في نبات الأزولا كما موضح في جدول (3).

جدول (3). متوسط العناصر الغذائية والكالسيوم والفسفور الموجودة في نبات الأزولا.

العناصر الغذائية	الكمية (%)
المادة الجافة	93-76.2
المادة العضوية	86.7-72.8
البروتين الخام	35.5-14.7
المستخلص الخالي من النيتروجين	47.4-33.8
السيليلوز	4.5-2.6
الهيموسيليلوز	27-16.8
الكالسيوم	2.6-1.32
الفوسفور	0.86-0.26

المصدر: الباحث اعتماد على المصادر السابقة.

7- استعمال الأزولا في تغذية الحيوانات.

مما سبق من دراستنا للقيمة الغذائية لنبات الأزولا كمصدر علف للحيوانات وتناول الدراسات السابقة بهذا الخصوص فقد أشار الباحثين إلى أنه من الممكن أن تكون الأزولا مدخلاً فعالاً في إنتاج الأعلاف وتغذية الحيوانات بسبب مكوناتها الغذائية.

7-1 تأثير خلط نبات الأزولا في أعلاف المجترات على الهضم.

أجريت العديد من تجارب الهضم لتقييم تأثير خلط نبات الأزولا الخضراء والمجففة في النظام الغذائي لحيوانات المزرعة، حيث ذكر[15] أن استبدال 10% من خليط الأزولا كان مفيدًا في تحسين هضم المادة الجافة والمادة العضوية والالياف الخام. واستبدال30ـــ50% من بروتين كيكة الفول السوداني بوجبة الأزولا في النظام الغذائي للأغنام أو الجاموس على التوالي أدى إلى تحسين هضم المادة الجافة[47] . وكذلك لم تكن هناك[48] فروق معنوية في هضم العناصر الغذائية للجاموس عند استبدال 25% من العلف المركز بخليط نبات الأزولا المجففة وأدى استبدال 25% من مخلفان عصر بذور الكتان بنسبة 6% من نبات الأزولا في علائق الأغنام إلى قابلية هضم المادة الجافة[44]. وأفاد[49] أن الاستبدال الأمثل للأزولا كان 25% من بروتين بقايا عصر الخردل في النظام الغذائي للحملان دون تأثيرات مختلفة على هضم العناصر الغذائية والاستفادة منها. وكذلك استبدال الأزولا بمستويات 12.5ـــ25% بدلاً من العلف المركز لم يؤثر في علائق عجول الجاموس[50] . ويمكن استبدال الأزولا المجففة بنسبة تصل إلى 25٪ من العلف المركز دون تغير في نمط تخمير الكرش لثيران الجاموس وبالتالي تقليل تكلفة الإنتاج[28].

7-2 استخدام الأزولا في تغذية الأغنام والماعز.

من الدراسات التي اجريت دراسة[44] وجدوا ان تغذية الأغنام بنسبة 6% من الأزولا بدلاً من 25% مخلفات عصر بذرة الكتان أدى إلى زيادة وزن الأغنام. وأن استبدال 30ـــ50% من بروتين الفول السوداني بوجبة نبات الأزولا في النظام الغذائي للأغنام على التوالي يحسن من الزيادة اليومية وكفاءة التغذية[47] واشار[51]) أن استبدال الأعلاف المركزة بنسبة 20ـــ30% من الأزولا المجففة أدى إلى زيادة متوسط النمو اليومي للماعز بنسبة 56.5ـــ60% على التوالي. ويمكن إضافة الأزولا بنسبة تصل إلى 20٪ من خليط العلف المركز للماعز دون أي تأثير سلبي[37]). وأن استبدال 10% من البروتين في الأعلاف المركزة بوجبة الأزولا المجففة كمادة جافة في الأغنام أدى إلى تحسين زيادة الوزن[52] .وأدت أضافة 10% من الأزولا إلى زيادة في الوزن الحملان بمقدار2.5 مرة وخفض تكلفة العلف بنسبة 22% مقارنة بالنظام الغذائي القياسي[49]. ويمكن استخدام الأزولا بنجاح في تغذية الأغنام مع تأثيرات جيد على القيمة الغذائية[53] .

7-3 استخدام الأزولا في تغذية العجول.

هناك دراسات محدودة أجريت على الماشية والجاموس أدت إلى تحسين الزيادة اليومية عند استبدال العلف المركز جزئياً بالأزولا[54]. حيث أشار[50] أن استبدال الأزولا بمستويات12.5–25% من غذاء عجول الجاموس يمكن أن تكون مصدر جيد للعناصر الغذائية بدلاً من العلف المركز. وكذلك أفاد[24] أن استبدال 15% من محتوى البروتين المركز بالأزولا على أساس المادة الجافة أدى إلى زيادة متوسط الزيادة اليومية للعجلات. وأن تغذية الجاموس على نظام غذائي مكون من قش الأرز مع 45% من الأزولا أدى إلى زيادة معدل النمو مقارنة بنظام غذائي يحتوي على قش الأرز وحده[55]. ويمكن أن تعمل الأزولا كمكمل غذائي أخضر للماشية لتحسين النمو خاصة عندما يكون توافر الأعلاف الخضراء محدوداً[19] . وكذلك يمكن الاستدلال على أن نبات الأزولا يمكن ان يكون علف للماشية وذلك لتحسين أداء الإنتاج وخفض تكلفة الأعلاف(56). وكذلك أدى اضافة الأزولا المجففة بنسبة 5% في النظام الغذائي للعجول إلى تسهيل متوسط الزيادة اليومية بنسبة 15.7% وتحسين كفاءة تحويل الأعلاف[57] بنسبة 20%. وأخيراً استبدال 30ـــ50% من بروتين الفول السوداني بوجبة نبات الأزولا في النظام الغذائي للأغنام على التوالي يحسن من الزيادة اليومية وكفاءة التغذية[47] Indira).

4-7 استخدام الأزولا في تغذية ابقار الحليب.

قامت بعض الدراسات في هذا الموضوع، حيث اشار[58] أن أعطى الأزولا لأبقار الحالوب بنسبة 15-20% من المادة الجافة أدى إلى زيادة إنتاج الحليب بنسبة 15-20%. وزاد إنتاج الحليب بنسبة 20.96–16.9% في الأبقار والجاموس على التوالي عندما تم تزويدهم 1.5ـــ2 كجم من نبات الأزولا يوميًا[12]. وأن استبدال الأزولا المجففة 8ـــ16% من الأعلاف المركزة في علائق الأبقار الحالوب تؤثر إيجابًا على إنتاج الحليب، وفي نفسه الوقت فإن استبدال الأعلاف المركزة بالأزولا لم يؤثر على تحليل الحليب وليس لها آثار ضارة على علائق أبقار الحالوب أو صحتها أو أدائها. وزاد إنتاج الأبقار المرضعة عندما تم إضافة نبات الأزولا إلى النظام الغذائي[59]. وكذلك أدى إضافة 1.5 كجم من الأزولا الطازجة/الجاموس/اليوم مع بقايا عصر بذور القطن إلى زيادة إنتاج الحليب بنسبة 16.25% وتحسين صحة الحيوان[60] . وأنه يمكن الاستنتاج أن تغذية علف مركز يحتوي على 10% أزولا مجففة ساعد في الحفاظ على إنتاج الحليب في الأبقار المرضعة دون التأثير على تناول العناصر الغذائية وكمية الحليب المنتج بما في ذلك البروتين والدهون واللاكتوز والمواد الصلبة الكلية في الحليب[15]. وذكر[61] أن زيادة بنسبة6.9–7.23% في انتاج الحليب اليومي عندما تم تغذية أبقار الحالوب على 0.977–0.609 كجم من الأزولا يومياً و5.47–6.09% في الأبقار الحالوب المهجنة في منطقتين. وأخيراً وجد[23] أن دمج 1.5–2% كجم من الأزولا الطازجة مع العلف العادي كل يوم في النظام الغذائي لماشية الحالوب زاد من انتاج الحليب بنسبة 15% ووفر كذلك من 20ـــ25 % من العلف المركز.

5-7 استخدام الأزولا في تغذية الدواجن.

أشار[13] أن الدجاج الذي يتغذى على علائق تحتوي على 5% من الأزولا قد حسن بشكل ملحوظ الوزن اليومي مقارنةً بمجموعة الشاهد. وأنه يمكن الاستنتاج أن استبدال الغذاء الأساسي بنبات الأزولا بيناتا المجففة على أساس المادة الجافة لم يؤثر سلبًا على نمو وخصائص الذبيحة للدجاج اللحم التجاري[62]. وفي دراسة قاموا فيها بتزويد نظام غذائي تحكمي من الذرة وفول الصويا بدون أزولا وأنظمة غذائية تحتوي على (5،10،15%) من الأزولا وجدو أن أفضل نسبة تحويل غذائي هي الأنظمة الغذائية التي تحتوي على 5% أزولا[13]. وكذلك أدى إضافة الأزولا بمستوى 5ـــ10٪ عن طريق استبدال وجبة السمك في النظام الغذائي إلى الزيادة في وزن الطيور[63]. ولم تكن هناك فروق معنوية بين معاملات الأزولا المضافة إلى العليقة ومعاملة الشاهد من حيث متوسط وزن الجسم الحي وزيادة الوزن ومعدل النمو النسبي واستهلاك العلف ومعدل التحويل الغذائي[64]. وأدى وضع نظام غذائي للكتاكيت بإضافة الأزولا بنسبة تصل10٪ إلى أفضل أداء من حيث نسبة تحويل العلف وكفاءة استخدامه ومعدل النمو[65]. وأن الطيور التي تغذت على الأزولا بنسبة 5% أعطت وزن أفضل من مجموعة الشاهد[20]. وقام[66] بدراسة تأثير الأزولا على نمو وأداء دجاج التسمين التجاري الذي غدي على ست معاملات (متساوية السعرات الحرارية ومتساوية النيتروجين) من عمر يوم إلى ستة أسابيع، وخلصوا إلى أن استبدال 5% من اجمالي الاحتياج من البروتين بالأزولا أدى إلى نمو مناسب وكفاءة غذائية جيدة. ووجد[67] أن اضافة الأزولا بنسبة 30ـــ70% من العلف التجاري ساعد في تحسين معدل تحويل العلف ومتوسط وزن الجسم في طيور التسمين. وأخيراً أشار[68] أن إضافة الأزولا في النظام الغذائي حتى مستوى 7.5% بدلاً من العلف المركز في دجاج التسمين أدى إلى تحسين وزن الجسم ونسبة التحويل الغذائي والاحتفاظ بالعناصر الغذائية دون أي تأثير سلبي على جودة الذبيحة مع انخفاض تكلفة الإنتاج.

6-7 استخدام الأزولا في تغذية الاسماك:

أظهرت تجارب أجريت على أسماك البلطي في بنغلاديش أن استخدام الأزولا كمكمل غذائي بنسبة 20-30% حسّن معدل النمو بنسبة 18% وقلل من الاعتماد على مسحوق السمك بنسبة 40%، مما خفض التكاليف بشكل كبير[69]. هذه النتيجة تُبرز أهمية الأزولا كبديل مستدام في ظل استنزاف المخزونات البحرية لإنتاج مسحوق السمك[27]. ومع ذلك، يتطلب استخدام الأزولا في تربية الأسماك مراقبة دقيقة لجودة المياه، حيث قد يؤدي التحلل الزائد للأزولا إلى انخفاض مستويات الأكسجين في الأحواض[70]. بشكل عام، تدعم هذه النتائج مفهوم الاقتصاد الدائري، حيث يمكن زراعة الأزولا بسهولة في المياه الراكدة بتكلفة منخفضة، مع معدل تكاثر سريع (يتضاعف كل 3-5 أيام)، مما يجعلها موردًا متجددًا وفعالًا[71] .

8- استخدام الازولا كغذاء بديل في الدول العربية: مصر وليبيا

في مصر، أظهرت الأبحاث أن زراعة الأزولا في الترع والمصارف الزراعية أو الأحواض الصغيرة تُعد عملية منخفضة التكلفة، حيث تتطلب موارد محدودة (مياه راكدة وإضاءة طبيعية) وتناسب الظروف المناخية المصرية حيث درجة الحرارة 25-30م° [72]. تجارب أجريت في مركز البحوث الزراعية بمصر أظهرت أن إدراج الأزولا بنسبة 15% في علف الأبقار اللبنية زاد من إنتاج الحليب بنسبة 12% وقلل من تكلفة العلف[73] بنسبة 20%. كما حسّن استخدام الأزولا في تغذية أسماك البلطي في مزارع الدلتا معدل النمو بنسبة 15% وقلل التكاليف بنسبة 25% مقارنة بالأعلاف التقليدية[74]. هذه النتائج تجعل الأزولا خيارًا واعدًا لدعم الأمن الغذائي في مصر، خاصة في المناطق الريفية التي تعتمد على الثروة الحيوانية والداجنة. ومع ذلك، يواجه تبني الأزولا تحديات مثل نقص الوعي بين المزارعين، قلة التدريب، وضعف البنية التحتية

لزراعتها على نطاق واسع[75] . للتغلب على هذه العقبات، يُوصى بتطوير برامج توعية وتدريب من خلال المؤسسات الزراعية، مع الاستثمار في أنظمة زراعة الأزولا بسيطة ومنخفضة التكلفة[76] .

في ليبيا، أظهرت دراسات أولية أن الأزولا يمكن أن تُزرع في الأحواض الصغيرة باستخدام مياه الري المتوفرة، مما يجعلها خيارًا اقتصاديًا لتغذية الأغنام والماعز في المناطق الريفية[77] . تجارب محدودة أظهرت أن إدراج الأزولا بنسبة 10-15% في علف الأغنام حسّن وزن الجسم بنسبة 10% خلال 60 يومًا، مع تقليل تكلفة العلف[78] بنسبة 18% . في قطاع تربية الأسماك، أظهرت تجارب أولية في مزارع الأسماك الساحلية تحسناً في نمو أسماك البلطي بنسبة 12% عند استخدام الأزولا كمكمل غذائي[79] . هذه النتائج تُبرز إمكانية الأزولا في تعزيز الأمن الغذائي في ليبيا، خاصة في ظل نقص الأعلاف التقليدية وارتفاع أسعارها. ومع ذلك، تواجه ليبيا تحديات مثل ندرة الموارد المائية، ضعف البنية التحتية، وقلة الوعي بفوائد الأزولا، مما يتطلب استثمارات في التدريب ونقل التكنولوجيا[80] . علاوة على ذلك، يمكن أن تُسهم الأزولا في تحسين جودة المياه في الأحواض الزراعية من خلال امتصاص العناصر الغذائية الزائدة، مما يدعم الاستدامة البيئية في المناطق ذات الموارد المحدودة[81] .

8- الأثار الجانبية لنبات الأزولا :

قد يسبب الغطاء الكامل والسميك للأزولا على سطح الماء في نقص الأكسجين، مما قد يؤثر على وجود الأسماك والنباتات المائية الأخرى، وقد يؤدي تحلل هذه الأسماك والنباتات إلى انبعاث رائحة غير مرغوبة. ولكن هذه الحالات نادرة، إذ يجب ألا يكون تغطية سطح الماء بالأزولا شبه كاملة حتى يكون لها تأثير سلبي على النظام البيئي، وهو أمر نادر الحدوث[29]. ومن الممكن أن تؤدي الأزولا إلى مخاطر صحية خطيرة للحيوانات إذا تم استهلاكها بكميات كبيرة لاحتوائها على المعادن الثقيلة شديدة السمية مثل الرصاص والزئبق والكادميوم[82] .

الخلاصة:

الأزولا سرخس يمكن أن يكون إحدى مصادر الأعلاف الغير تقليدية نظراً لقيمتها الغذائية العالية من حيث نسبة البروتين وتوفر الأحماض الأمينية الأساسية والفيتامينات والمعادن ، بالإضافة إلى إمكانية زراعتها وإنتاجها محليًا بتكلفة منخفضة في المناطق الرطبة، ويمكن إنتاجها وحصادها بسهولة، علاوة على ذلك يمكن هضم الأزولا بسهولة بواسطة المجترات والدواجن، وكذلك تعمل على تعزيز معدل تحويل العلف، وتقليل تكلفة الأعلاف، وتعزز من متوسط النمو اليومي، وتؤثر إيجابًا على إنتاج الحليب والبيض، والأداء دون أي آثار ضارة على الماشية والدواجن، وبالتالي فإن الأزولا لها مستقبل كعلف غير تقليدي للأنواع المختلفة من الحيوانات.

التوصيات:

تعزيز الأبحاث العلمية لتطوير تقنيات معالجة الأزولا، نشر الوعي بين المزارعين من خلال برامج تدريبية، والاستثمار في أنظمة زراعة بسيطة ومنخفضة التكلفة تناسب السياقات المحلية . كما يُوصى بإنشاء شراكات بين الحكومات، المؤسسات البحثية، والقطاع الخاص لدعم تبني الأزولا على نطاق واسع، مما يعزز الاستدامة الزراعية ويقلل الاعتماد على الأعلاف المستوردة .

المراجع

1- INRA (1988). Alimentattion des bovins, ovins caprins. INRA ed. Paris, 476p.
2- Wagner, G. M. (1997). Azolla: A review of its biology and utilization. Botanical Review, 63(1):1-26 .
3- Hossiny, H.; Setoudeh, M.; Rokni, H.; Dehghanzadeh, H. and Cheraghcheshm, M. (2008). Using of silage Azolla in Guilan male calves' nutrition. Proceedings of Third National Congress of Recycling and Reuse of Reneweable Organic Resources in Agriculture Islamic Azad University, Khorasgan branch (Isfshan) Agricultural faculty, waste and water research centre.
4- Noor, N.A.S.; Syed, J.; Dileep, N.; Rakesh, K.N. and Prashith, K.T.R (2014). Antioxidant Activity of *Azolla pinnata* and *Azolla rubra*- A Comparative Study. Sch. Acad. J. Biosci; 2(10): 719-723.
5- أحمد حسن عبد الصادق (2023). التحليل العلمي والاقتصادي لإنتاج محصول الأزولا في محافظة جنوب سيناء مجلة الإسكندرية للتبادل العلمي (مجلد44 العدد4).
6- Prabina, B.J. and Kumar, K. (2010). Dried Azolla as a nutritionally rich cost effective and immunemodulatory feed supplement for broilers. Asian J. Animal Sci., 5: 20-22.

7- Bocchi, S. and Ragab, R. (2021). Azolla as a tool for food security in the Middle East and North Africa. J. Sustainable Development, 14(3):45-53
8- Lumpkin, T.A. and Plucknet, T.L. (1982). Azolla as a green manure: use and management in crop production. Westview Press Boulder, Colorado. Westview Tropical Agriculture, Series; 15:230p.
9- Lumpkin, T.A. and Plueknett, D.L. (1985). Azolla, a low-cost aquatic green manure for agricultural crops. In: Office of technology assessment, innovative biological technologies for lesser developed countries: Workshop Proceedings, 107-124.
10- Senthilkumar, E. and C. Manivannan (2016). Adoption of Azolla cultivation technology in the farmers' field: an analysis. Int. J. Sci. Environ. Technol. 5(5):3081–3087.
11- Kathirvelan, C., Banupriya, S. and Purushothaman, M.R. (2015). Azolla- an alternate and sustainable feed for livestock. Int. J. Sci. Environ. Technol., 4(4):1153 – 1157.
12- Mathur, G.N.; Sharma, R.R. and Choudhary, P.C. (2013). Use of Azolla (*Azolla pinnata*) as Cattle Feed Supplement. J. Krishi Vigyan, 2(1):73-75.
13- Naghshi, H.; Khojasteh, S. and Jafari, M. (2014). Investigation the effect of different levels of Azolla (*Azolla pinnata*) on performance and carcass characteristics of cobb broiler chicks. Int. J. Farm Alli. Sci., 3: 45-49.
14- Al-Jabari, H.; Baker, A.; Amen, S. and Shaker, A. (2024). The effect of adding Azolla plant powder in quail diets on the carcass traits and some blood traits. Egypt. J. Vet. Sci., 55(5), 1251-1255.
15- Acharya, P.; Mohanty, G.P.; Pradhan, C.R.; Mishra, S.K.; Beura, N.C. and Moharana, E. (2015). Exploring the effects of inclusion of dietary fresh Azolla on the performance of White Pekin broiler ducks. Veterinary World, 8:1293-1299.
16- Nwanna, L.C. and Falaye, A.E (1997). Substitution of Azolla meal for groundnut cake in diets for Nile tilapia, Oreochromis niloticus (L). Applied Tropical Agriculture, 2, 139-143.
17- Anitha, K.C.; Y.B. Rajeshwari; T.M. Prabhu; M. Vivek P.J.; Shilpa, S. and P.K. Anupkumar (2016). Effect of supplementary feeding of Azolla on growth performance of broiler rabbits. ARPN J. Agric. Biol. Sci., 11:30–36.
18- Manish, S.; Arun, K.J.; R.A. Legha; Yash, P.; S.C. Goswami; S.K. Ravi; T.R. Talluri; Praveen Kumar Kaushik and Geetesh Mishra (2020). the Effect of feeding Azolla on sexual behaviour, seminal characteristics and freezability in Marwari stallions. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci., 1514-1521.
19- Chatterjee, A.; Sharma, P.; Ghosh, M.K., Mandal, M. and Roy, P.K (2013). Utilization of *Azolla microphylla* as feed supplement for crossbred cattle. Int. J. Agric. Food Sci. Technol., 4(3):207-214.
20- Basak, B.; Pramanik, M.A.H.; Rahman, M.S.; Tarafdar, S.U. and Roy, B.C. (2002). Azolla (*Azolla pinnata*) as a Feed ingredient in broiler ration. Int. J. Poultry Sci., 1(1): 29-34.
21- Bhuvaneshwari, K. and Singh, P.K. (2015). Response of nitrogen-fixing water fern Azolla biofertilization to rice crop. Biotech., 5(4): 523-529.
22- Khan, M.M. (1983). A primer on Azolla production and utilization in agriculture. UPLB-PCARRD-SEARCA, Los Banos, Philippines.
23- Pillai, P.K.; Premalatha, S.; Raja, P.P.K.; Premalatha S. and Rajamony, S. (2002). Azolla-A sustainable feed substitute for livestock. Leisa Magazine India; 3:15-17.
24- Bhatt, R.C..; Suresh, K.; Koushal, S.; Nripendra, P.S.; Rajneesh, A.K.S. and Surya P.S.C. (2020). Nutritive Analysis of *Azolla pinnata* and its cultivation during winter season. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.; 9(3):2012-2018.
25- Upendra, K.; M.L. Reager and B.S. Mitharwal (2020). Cultivation of Azolla (*Azolla pinnata*) and its use as cattle feed supplement. Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci., 9(5).
26- Mangesh, K.; Rajesh, K.; Dhuria, D.J.; Rajesh, N.; Tribhuvan, S.; Umesh, K.P.; Subhash, K. and S.S. Siya (2018). Effect of Inclusion of Sun-Dried Azolla (*Azolla pinnata*) at

Different Levels on the Growth and Performance of Broiler Chicks. J. Anim. Res., 8(4): 629-632.
27- Hasan, M. R. and Chakrabarti, R (2009). Use of algae and aquatic macrophytes as feed in smallscale aquaculture: A review. FAO Fisheries.
28- Kumar, G. and Chander, H. (2017). Study on the potential of Azolla pinnata as livestock feed supplement for climate change adaptation and Mitigation. Asian J. Adv. Basic Sci., 5:65–68.
29- Shrikant, B.; Katole, S.R.L. and Patil, S.S. A. (2017). Review on Potential Livestock Feed: Azolla. Livestock Res. Int., 05(01):01-09.
30- Watanabe, N. and S. Berja (1983). The growth of four species of *Azolla* as affected by temperature. Aquatic Botany, 15(2):175–185.
31- Indira, D.; Sarjan, R.K.; Suresh, J.; Venugopal, N.K. and Ravi, A. (2014). Optimum conditions for culturing of Azolla (*Azolla pinnata*). Int. J. Adv. Res. Biol. Sci;1(2):87-89.
32- Hechler, W.D. and Dawson, J.O. (1995). Factors affecting nitrogen fixation in *Azolla caroliniana*. Trans. Ill State Acad. Sci., 88(3-4):97-107.
33- Moretti, A. and Siniscalco, G.G. (1988). Influence of light and pH on growth and nitrogenase activity on temperate grown Azolla. Biol. Fertil. Soils, 6(2):131-136. https://doi.org/10.1007/BF00257662.
34- Goala, M.; Yadav, K.K.; Alam, J.; Adelodun, B.K. and Choi, S. (2021). Phytoremediation of dairy wastewater using *Azolla pinnata*: Application of image processing technique for leaflet growth simulation. J. Water Proc. Eng., 42(h):102152.
35- Costa, M.L.; Santos, M.C.R.; Carrapiço, F. and Pereira, A.L. (2009). Azolla-Anabaena's behaviour in urban wastewater and artificial media - influence of combined nitrogen. Water Res.;43(15):3743-3750. https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.05.038.
36- AOAC (2005). Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis. 18th Edition., Maryland, USA.
37- Samanta, G. and Tamang, Y. (1995). Feeding value of Azolla (*Azolla pinnata*) in goats. In: Annales de zootechnie, p 62.
38- Sharma, N.K.; S. Chaudhary; H. Purohit and U. Ram (2022). A study on nutritive value and production of green Azolla (*Azolla pinnata*). Pharma. Innovation J., 11: 2687-2689
39- Anitha, K.C.; Rajeshwari, Y.B.; Prasanna, S.B. and Shilpa, S.J (2016). Nutritive evaluation of Azolla as livestock feed. J. Exper. Biol. Agric. Sci., 4,6 :670-674.
40- Cherryl, D.M.; Prasad, R.M.V.; Jagadeeswararao, S.; Jayalaxm, I.P. and Kumar, D.S. (2014). A study on the nutritive value of *Azolla pinnata*. Livestock Res. Int., 2:13-15.
41- Varun S.; Prasad, R.M.V.; Jyalaxm, P.I. and Sandhya, RAN14 (2020). A Study on nutrient analysis of *Azolla pinnata*. Indian J. Anim. Prod. Mgmt., 36(1-2):102-106.
42- Proximate (2019). Evaluation of *Azolla pinnata* as sustainable feed supplement for poultry. J. Pharmacognosy and Phytochemistry,8(3):3157-3160
43- Tadavi, F.R.; Patil, K.B. and Kadam, R.L. (2023). Azolla: Nutritional importance in animal feed and it's composition. The Pharma Innovation J., SP-12(6): 115-116.
44- Ahmed, H.A.; Ganai, A.M.; Beigh, Y.A. and Sheikh, G.G. (2016). Performance of growing sheep on Azolla based diets. Indian J. Anim. Res., 50:721–724.
45- El-Fadel A, Hassanein HAM, El-Sanafawy HA (2020). Effect of partial replacement of protein sun flower meal by Azolla meal as source of protein on productive performance of growing lambs. J Anim Poult Prod 11:149–153.
46- Srinivas, K.D., Prasad, R.M., Raja Kishore, K. and Rao R. E (2012). Effect of Azolla (*Azolla pinnata*) based concentrate mixture on nutrient utilization in buffalo bulls. Indian J. Anim. Res., 46(3):268-271.

47- Indira, D.; Rao, K.S.; Suresh, J.; Naidu, K.V. and Ravi, A (2009). Azolla (*Azolla pinnata*) as feed supplement in buffalo calves on growth performance. Indian J. Anim. Nutr.. 26(4):345-348.
48- Kumar, D.S.; Prasad, R.M.V.; Kishore, K.R. and Rao, E.R. (2012). Effect of Azolla (*Azolla pinnata*) based concentrate mixture on nutrient utilization in buffalo bulls. Indian J. Anim. Res 46:268–271.
49- Das, M.M.; Agarwal, R.K.; Singh, J.B.; Sunil, K.; Satyapriya, R.P. and Singh S. K. (2017). Nutrient intake and utilization in lambs fed *Azolla microphylla* meal as a partial replacement for mustard cake in concentrate mixture. Indian J. Anim. Nutr., 34:45–49.
50- Mahmoud, A.M.A.; Ibrahim, A.S.; Mohamed, S.M. and Mohamed, A. M. (2024). Impact of *Azolla pinnata* as a sustainable feed supplement on nutrient digestibility, blood parameters, and growth performance in buffalo calves. Assiut J. Agric. Sci., 55 (2):29-40.
51- Adake, J.S. (2015). Effect of Azolla (*Azolla pinnata*) feeding on growth performance of Osmanabadi goat kids. M.Sc. Unpb Thesis at-COA Nagpur submitted to Dr. PDKV.
52- Sankar, P.S.; N. Sribalaji, P. Nalini; L. Arun and J. Muralidharan (2020). Effect of feeding Azolla meal on growth performance of Mecheri sheep. Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci., 9:1945–1949
53- Nayel, U.A.; Baraghit, G.A.; Elaref, M..; Abd- Elhakeem, M.A. and Saddik, Eman (2024). impact of azolla plant on digestibility, nutritive value and rumen fermentation in barki sheep diets, Menoufia J. Animal, Poultry Fish Prod., 8(2):11–20.
54- Murthy, T.N.K.; Ashok, M.; Thirumalesh, T.; Umesh, B.U. and Nataraju, O.R. (2013). Effect of partial replacement of Azolla for concentrate supplement on lactating crossbred cows. Environ. Ecol., 31(2): 415-417.
55- Anon (1985). Propagation and agricultural use of Azolla in Vietnam. FAO-AGPIRC/85/7(bl). International Rice Commission Sess. 16. Los Banos, The Philippines. FAO, Rome, Italy.
56- Acharya, Y Singh, A Sharma, N Pattnaik and A Prakash (2023). Azolla: An alternative feed for sustainable livestock production, International Journal of Veterinary Sciences and Animal Husbandry; SP-8(3): 10-16.
57- Roy, D.; Kumar, V.; Kumar, M.; Rajneesh, S. and Singh, Y. (2016). Effect of feeding *Azolla pinnata* on growth performance, feed intake, nutrient digestibility and blood biochemical of Hariana heifers fed on a roughage-based diet. Indian J. Dairy Sci., 69:190-196.
58- Gouri, M.D.; Sanganal, J.S.; Gopinath, C.R. and Kalibavi, C.M. (2012). Importance of Azolla as a sustainable feed for livestock and poultry: A review. Agricultural Reviews, 33(2): 93-103.
59- Khare, A.; Baghel, R.P.S.; Gupta, R.S. and Subhashish, N. (2014). Milk production of indigenous cattle fed supplements of mustard oil cake or Azolla meal (*Azolla filiculoides*). Livest. Res. Rural. Dev., 26:65.
60- Meena, G.S.; Dhaka, B.L. and Singh, B. (2017). Effect of Azolla as feed supplement on milk yield in buffaloes. Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci., 6:3490–3494.
61- Yadav, R.K.; Abraham, G.; Singh, Y.V. and Singh, P.K. (2014). Advancements in the utilization of Azolla - anabaena system in relation to sustainable agricultural practices. Proceedings of the Indian National Science Academy, 80(2):301–306.
62- Bhattacharyya, A.; Kumar, P. S.; Debashish Roy and Mayank, S. (2016). Effect of Azolla supplementation on growth, immunocompetence and carcass characteristics of commercial broilers J. Animal Res., 6(5): 941-945.
63- Joysowal, M.; Aziz, A.; Mondal, A.; Singh, S.M.; Boda, S.S.; Chirwatkar, B. and Chhaba, B (2018). Effect of Azolla (*Azolla pinnata*) feed on the growth of broiler chicken. J. Entomology and Zoology Studies.6(3):391-393.

64- Hamed, A. and Al-Husseiny, R. (2023).Use of Azolla plant in broiler diets and its effect on productive performance, IOP Conference Series Earth and Environmental Science 1252(1):012134. DOI:10.1088/1755-1315/1252/1/012134.
65- Alalade, O.A. and Iyayi, E.A (2006). Chemical composition and the feeding value of Azolla (*Azolla pinnata*) meal for egg-type chicks. Int. J. Poultry Sci., 5 (2):137-141.
66- Chichilichi, B.; Mohanty, G.P.; Pradhan, C.R.; Mishra, S.K. and Beura, N.C. (2013). Protein substitution with Azolla on growth and carcass characteristics in commercial broiler chicken. M.V.Sc. Thesis submitted to Orissa University of Agriculture and Technology, Bhubaneswar.
67- Mahanthesh, M.T.; Hebbar, A.; Prasad, K.; Barman, D.; Badar, P. and Pradeep, N. (2018). Impact of Azolla (*Azolla pinnata*) as a feed ingredient in commercial broiler production. Int. J. Livestock Res., 8(4):212-218.
68- Bhattacharyya, A.; Pankaj, K.S.; Debashish, R. and Mayank, S. (2016). Effect of Azolla supplementation on growth, immunocompetence and carcass characteristics of commercial Broilers. J. Animal Res., 6(5):941-945.
69- Fiogbé, E.D.; Micha, J.C. and Van Hove, C. (2004). Use of Azolla as a protein source in the diet of tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquacult. Res., 35(11):1068-1074 .
70- Costa, M.L. and Santos, M.C. (2011). Environmental impacts of Azolla cultivation in aquaculture. Aquatic Botany, 94(2):67-73 .
71- Raja, W.; Rathaur, P. and John, S.A. (2012). Azolla: A sustainable feed for livestock and poultry. Int. J. Sci. Res., 3(10):174-178 .
72- Abdelhamid, A. and Gabr, A.A. (1991). Evaluation of Azolla as a feed ingredient for ruminants in Egypt. Egypt. J. Animal Production, 28(2):123-130 .
73- El-Sayed, A.F.M. (2003). Effects of Azolla supplementation on growth and feed utilization of tilapia in Egypt. Aquacult. Int., 11(3):217-225 .
74- Mahmoud, A.H. and Soliman, A.K. (2017). Azolla as a sustainable feed for Nile tilapia in Egyptian aquaculture. J. Egypt. Aquacult., 7(1):45-52 .
75- FAO (2016). The role of Azolla in sustainable agriculture in developing countries. FAO Technical Report .
76- El-Shafai, S.A. and Ragheb, M.M. (2018). Adoption of Azolla in Egyptian rural agriculture. J. Agricultural Extension and Rural Development, 10(5):89-96 .
77- El-Zanfaly, H.T. and Salem, M. (2015). Potential of Azolla as a feed resource in Libyan agriculture. Libyan J. Agric. Sci., 20(1):45-52 .
78- Salem, M.A. and El-Hadi, A. (2019). Preliminary studies on Azolla as a feed supplement for sheep in Libya. Libyan J. Animal Sci., 15(2):67-73 .
79- Abudabos, A.M. and Al-Ghadi, M. (2018). Azolla as an alternative feed for aquaculture in Libya. J. Appl. Aquacult., 30(4):321-330 .
80- FAO (2020). Challenges and opportunities for Azolla cultivation in arid regions. FAO Regional Report for North Africa .
81- Carrapiço, F.; Teixeira, G. and Diniz, M.A. (2000). Azolla as a biofertilizer and its environmental implications. Environ. Biol., 21(3):167-174 .
82- Hassanzadeh, M.; Zar, k.R. and Sadeghi, R. (2021). Uptake and accumulation of heavy metals by water body and *Azolla filiculoides* in the Anzali wetland. Appl. Water Sci., 6:1–8. https://doi.org/10.1007/s13201-021-01428-y

Azolla: Its Importance and the impact of its adding to animal feed (Article Review)

Adel A. Bin Shaaban, Muhammad A. Bin Faraj and Rafiq M. Al-Tajouri
Animal Production Department, Agricultural and Animal Research Center, Sustainable Agriculture Branch, Libya

ABSTRACT

Feed is one of the most important factors in the livestock sector, given its importance in feeding animals to ensure their sustainability and various functions, such as growth, reproduction, and production. Whether these feeds are concentrated or roughage, they must be provided to meet the nutritional needs of animals. Azolla is a modern plant that has recently become an important feed for many breeders. Therefore, this study aimed to shed light on Azolla to study its nutritional importance, production methods, and role in animal nutrition—as a reference study. The study adopted a descriptive and reference approach, compiling multiple sources from previous studies on Azolla conducted by researchers who published their research in peer-reviewed and accredited scientific journals on Azolla and its importance in animal nutrition.

Azolla is an aquatic plant that grows naturally in stagnant waters, ponds, rivers, and swamps in tropical and subtropical regions. Azolla is considered one of the most promising plants due to its ease of cultivation, high productivity, and good nutritional value. Azolla is rich in protein, amino acids, vitamins, and minerals. Due to its high nutritional value due to its low protein and lignin content, it improves the digestibility of dry matter, organic matter, crude fiber, acid detergent fiber, and neutral detergent fiber. Due to its easy digestibility, it has been used as a feed for fattening and feeding sheep, goats, calves, cattle, and poultry, as well as for egg and milk production. This justifies further systematic research on long-term feeding trials of Azolla.

This article discusses the prospects for using Azolla as an economical and environmentally friendly alternative to traditional feeds such as soybean meal and fish meal. Potential benefits include improved production performance, enhanced immunity, reduced reliance on antibiotics, and support for economic and environmental sustainability. Studies highlight the ease of cultivation of Azolla and its integration into sustainable agricultural systems, while addressing challenges related to the management of antinutritional compounds. The article provides recommendations for enhancing the future use of Azolla, citing supporting research.

Keywords: Azolla, feed, nutrition, protein, animals.