Journal homepage
www.ajas.uoanbar.edu.iq
Anbar Journal of Agricultural Sciences
(University of Anbar – College of Agriculture)

التعبير الجيني لجين GmTF2a وبعض صفات القرنة والبذرة لفول الصويا بتأثير الرش بالميلاتونين وموعد الزراعة

رسل طالب كريم **فائز تحسين فاضل الخميسي***

قسم المحاصيل الحقلية ـ كلية الزراعة – جامعة الأنبار

***المراسلة الى:** فائز تحسين فاضل الخميسي، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة الانبار، الرمادي، العراق.
البريد الالكتروني: ag.faiz.tahseen@uoanbar.edu.iq

Article info
Received: 2023-06-26
Accepted: 2023-08-25
Published: 2024-06-30

DOI-Crossref:
10.32649/ajas.2024.183743

Cite as:
kareem, R. T., and Alkhamisi, F. T. F. (2024). Flowering time gene expression of gmtf2a and some pod and seed characteristics of soybean affected by spraying with melatonin and seeding date. Anbar Journal of Agricultural Sciences, 22(1): 415-428.

©Authors, 2024, College of Agriculture, University of Anbar. This is an open-access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

الخلاصة

أجريت الدراسة في محطة أبحاث كلية الزراعة – جامعة الانبار في الموسم 2022 بهدف دراسة تأثير الرش بالميلاتونين وموعد الزراعة في التعبير الجيني لجين التزهير (*GmTF2a*) وبعض صفات القرنة والبذرة لمحصول فول الصويا. تمت الزراعة بخمسة مواعيد بداية من 10 نيسان مع فاصلة 15 يوم بين موعد وأخر. رشت النباتات في مرحلة النمو V3 (تمام تشكل الورقة المركبة الثالثة) بأربعة تراكيز من الميلاتونين (0، 100، 200، 300) مايكرومول. أختلف التعبير الجيني باختلاف كل من موعد الزراعة ومعاملة الرش بالميلاتونين، وأظهرت المواعيد المبكرة والتراكيز العالية من الميلاتونين ارتفاع بأقيام التعبير الجيني. بلغ التعبير الجيني 6.96 نسخة ضعف في النباتات المزروعة في 10 آيار، بينما أنخفض الى 1.53 ضعف في النباتات المتأخرة جداً. أظهر الميلاتونين بتركيز 300 مايكرولتر تفوقاً بإظهاره 14.42 ضعف مقارنة بالمعاملة من دون إضافة والتي أعطت 5.17 ضعف. وكان أعلاها 2.79 ضعف في النباتات المزروعة في الموعد المبكر جداً عند تركيز 300 مايكرولتر. استغرقت النباتات المزروعة في 9 حزيران 62 يوم للوصول الى 50% تزهير بينما المزروعة في 10 نيسان استغرقت 86. خفضت معاملة الرش بالميلاتونين من عدد الأيام للوصول الى 50% تزهير. تفوق الموعد 10 ايار بأعلى عدد للقرنات بالنبات 161.05، طول القرنة 4.50 سم، وعدد البذور بالقرنة 2.65، وعدد البذور الكلية بالنبات 395.7. بينما تفوق الموعد 25 ايار في صفة

وزن البذرة الواحدة بلغ 0.133 ملغم، من جهة أخرى اعطى الموعد 10 نيسان اقل المتوسطات للصفات المذكورة. تفوقت معاملة الميلاتونين 300 مايكرومول في كافة الصفات المدروسة بإعطائها أعلى قيم لعدد القرنات بالنبات 161.05 قرنة نبات$^{-1}$ ولطول القرنة 4.58 سم، وعدد البذور بالقرنة 2.87 بذرة، وزن البذرة الواحدة 0.131 ملغم وعدد البذور بالنبات الواحد 398.5. أثر التداخل بشكل معنوي في صفة وزن بذرة واحدة وعدد البذور الكلية بالنبات اذ اعطى الموعد 25 ايار مع تركيز 300 مايكرو مول اعلى تداخل للصفتين بلغ 0.145 ملغم، 453 بذرة نبات$^{-1}$.

كلمات مفتاحية: GmFt2a، جين الأزهار، الميلاتونين، موعد الزراعة، فول الصويا، البذور المجعدة، القرنة.

FLOWERING TIME GENE EXPRESSION OF GmTF2a AND SOME POD AND SEED CHARACTERISTICS OF SOYBEAN AFFECTED BY SPRAYING WITH MELATONIN AND SEEDING DATE

R. T. kareem **F. T. F. Alkhamisi***

Department of Field Crops - College of Agriculture- University of Anbar

***Correspondence to:** Faiz T. Fadhel Alkhamisi, Department of Field Crops, College of Agriculture, University of Anbar, Ramadi, Iraq.
Email: ag.faiz.tahseen@uoanbar.edu.iq

Abstract

This study was conducted at the research station of the College of Agriculture - University of Anbar during the season 2022 to investigate the effect of melatonin and seeding date on the gene expression of flowering gene in soybean (*GmTF2a*) and some characteristics of soybean pods and seeds. Environmental differences appear from year to year due to global warming which makes studying seeding dates important, as well as using growth regulators that help adapt to surrounding conditions. Five seeding dates were applied starting from 10th April with an interval of 15 days in between and four concentrations of melatonin 0, 100, 200, 300 µM applied at the V3 growth stage (three fully developed trifoliate leaf nodes) of soybean. Flowering gene expression differed as seeding dates and melatonin treatment differed. Early seeding dates and high levels of melatonin showed an increased gene expression of *GmTF2a*, which reached 6.96 folds for plants sown 10th of May, while it went down to 1.53 folds for those sown very late on 9th Jun. Melatonin concentration of 300 µM was superior by showing 14.42 folds of gene expression compared to control (0 µM) which showed 5.17 folds only. Plants sown on Jun 9th reached 50% flowering earlier (62 days) while 10th April gave plants flowered 86 days after seeding. On the other hand, melatonin

application reduced days required to reach 50% flowering. The date May 10th was superior giving 161.05 pods per plant, 4.50 cm pod length, 2.65 seeds per pod, 395.7 seeds per plant, and 6.8% wrinkled seeds. While the date May 25th excelled in weight of one seed which reached 0.133 mg. On the other hand, the date 10th April gave the lowest averages for the mentioned traits. Melatonin treatment of 300 µM was superior in all studied traits by giving 161.05 pod plant^{-1}, 4.58 cm pod length, 2.87 seeds per pod, 0.131 mg weight of one seed, 398.5 seeds per plant, and 6.8% wrinkled seeds. Treatment of 0 µM gave the lowest averages of all traits and the highest wrinkled seeds percentage 11.84%.

Keywords: GmFT2a, gene expression, flowering time, melatonin, sowing date, soybean, wrinkled seeds, pod, global warming.

المقدمة

يعتبر فول الصويا Glycine max (L.) أحد أهم المحاصيل في جميع أنحاء العالم وقد زاد إنتاجه من 70 مليون طن هكتار في عام 1998 إلى 350 مليون طن هكتار في عام 2019 (6). تختلف أصناف فول الصويا بين بعضها البعض في صفات النمو والحاصل مثل طول موسم النمو، ومساحة الورقة، وارتفاع النبات، وجودة المحصول (13). لتحقيق تحسين واستدامة إنتاج أفضل لفول الصويا، أصبح من الضروري النظر في استراتيجيات أخرى تتناسب مع التغييرات الحاصلة في البيئة والتطور الحاصل في مجال زراعة المحاصيل عموما ومن تلك الإستراتيجيات هي اختبار مواعيد الزراعة المعتمدة منذ عقود مضت ومقارنتها بمواعيد أخرى من حيث استجابة المحصول الذي سينمو وينتج في ظل العديد من الظروف البيئية التي يمكن أن تختلف باختلاف الموعد. يعتبر فول الصويا محصولًا حساسًا لعوامل النمو في البيئة المحيطة (14). تصنف أصناف فول الصويا إلى مجموعات نضج مختلفة وفقًا للظروف البيئية في منطقة الزراعة حيث يتكيف النمط الوراثي مع النمو والإنتاج مما أدى إلى توسيع مساحة أراضي فول الصويا في جميع أنحاء العالم (3). تعد درجة الحرارة وطول فترة الضوء من أكثر العوامل التي تؤثر على نمو فول الصويا وتطورها، ويبدأ فول الصويا في تطوير الأزهار عندما يصبح عدد ساعات النهار أقل (نهار قصير) من عدد الساعات التي يحتاجها للنمو (12 و16). من آثار اختلاف موعد الزراعة وجد أن التأخير يوم واحد في موعد الزراعة في الولايات المتحدة أدى إلى انخفاض في المحصول وصل إلى 16 كغم هكتار$^{-1}$ (1). تتأثر استجابة النبات على المستوى الجزيئي وبالأخص التعبير الجيني باختلاف درجة الحرارة والفترة الضوئية واللذان يعدان من أهم العوامل المتغيرة نتيجة لتغير موعد الزراعة (15). يعد الانتقال في الوقت المناسب إلى الإزهار أمرًا بالغ الأهمية لنجاح تكاثر النبات. على هذا النحو، يتم التحكم في هذه العملية عن طريق الإشارات الداخلية والبيئية. بالإضافة إلى الفترة الضوئية، تعد درجة الحرارة أيضًا مؤشرًا بيئيًا مهمًا لنجاح التكاثر. من المحتمل أيضًا أن يكون وقت الإزهار من ضمن عملية الاستجابة هذه. تناولت هذه الدراسة استجابة التعبير الجيني لجين التزهير في فول الصويا *GmTF2a* لاختلاف عوامل النمو باختلاف مواعيد الزراعة وكذلك استخدام بعض المحفزات متمثلة بالميلاتونين.

يمكن أن تؤثر العديد من منظمات النمو والمواد الكيميائية على نمو النبات وتطوره، وان من بين تلك المنظمات هو الميلاتونين (N-acetyl-5-methoxytryptamine) الذي يعد أحد أكثر الهرمونات فعالة وهو شائع في العديد من النباتات والحيوانات وهو معروف بدوره الهام في النظام البيولوجي للنبات وقد ورد أنه فعال في أجزاء النبات مثل الجذر والساق والأوراق (16). للدور الكبير الذي لعبه الاحتباس الحراري في تغيير المناخ ولدعم التوسع في إنتاج فول الصويا في العراق، اجريت تلك الدراسة للتحقيق في استجابة فول الصويا لمجموعة واسعة من مواعيد الزراعة وما الدور الذي يمكن أن يلعبه الميلاتونين للمساعدة في هذه الاستجابة.

المواد وطرائق العمل

أجريت تجربة حقلية في المحطة البحثية التابعة لكلية الزراعة/ جامعة الأنبار والواقعة في منطقة البوعيثة والواقعة على خط الطول 27-37 شرقاً، وخط العرض 34-44 شمالاً. وذلك لموسم النمو 2022 للتحقق من أثر اختلاف موعد الزراعة والمعاملة بهرمون الميلاتونين في التعبير الجيني لجين التزهير *GmTF2a* لفول الصويا وصفة التبكير بالتزهير وبعض صفات القرنة والبذرة لمحصول فول الصويا. طبقت خمسة مواعيد زراعة بفاصل 15 يومًا بين موعد وأخر وكانت متطرفة في أوائل 10 نيسان و25 نيسان و10 أيار و25 أيار وأخيراً 9 حزيران (يشار إليها بالرمز D1 و2D و3D و4D و5D على التوالي)، أما بالنسبة لمستويات الميلاتونين الأربعة فكانت 0 مايكرومول و100 مايكرومول و200 مايكرومول و300 مايكرومول رمز لها M0 و M1 و M2 و M3 على التوالي وتم أضافتها في مرحلة النمو V3 لفول الصويا (تمام تشكل الورقة المركبة الثالثة). استخدام في هذه الدراسة الصنف العراقي المحلي شيماء. زرعت البذور بمسافة 75 سم بين الصفوف و10 سم بين النباتات. كانت مساحة الوحدة التجريبية بطول 3م وعرض 1.5 م.

الصفات المدروسة:

1. عدد الأيام لغاية 50% تزهير.
2. التعبير الجيني لجين التزهير في فول الصويا *GmTF2a* وتم بإستخدام Real-time qPCR. أستخدمت البوادئ *F-GmFT2a* والذي كان تتابعه الجيني GTACACTGGGAGTGGAACGG و R-*GmFT2a* وتتابعه الجيني ACAAGAATTCCCCAGGTCGG. تم حساب التعبير الجيني بأتباع طريقة CtΔΔ حسب (Schmittgen و Livak، 2008).
3. عدد القرنات في النبات (قرنة نبات$^{-1}$): تم حسابها كمتوسط لعدد القرنات في النباتات العشرة المأخوذة من كل وحدة تجريبية.
4. طول القرنة(سم): تم قياس هذه الصفة باستخدام مسطرة متدرجة وتم حسابها كمتوسط لعشرة قرنات اخذت بصورة عشوائية.
5. عدد البذور في القرنة (بذرة قرنه$^{-1}$): تم قياس هذه الصفة وذلك بعد تفريط البذور من كل قرنه التي يتم عدها كمتوسط لعدد البذور في قرنات النباتات العشرة المأخوذة من كل وحده تجريبية.

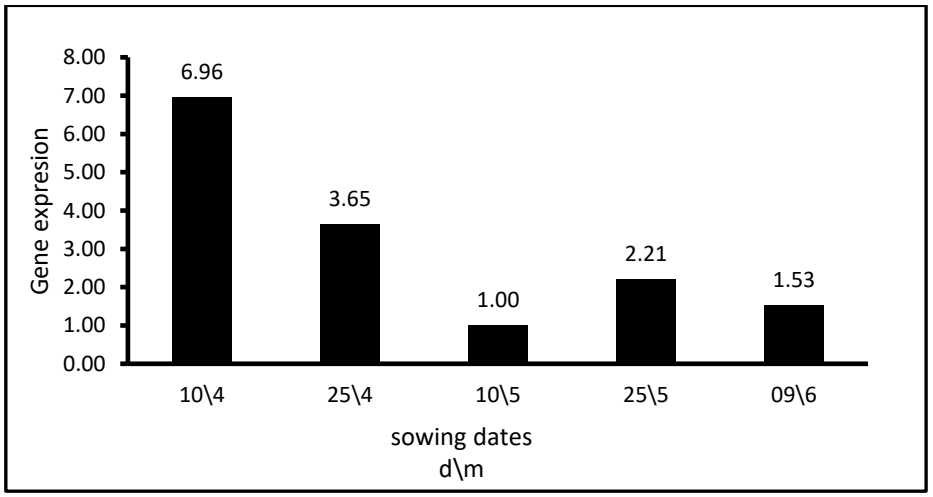
6. وزن بذرة واحدة (ملغم): تم قياس هذه الصفة وذلك بأخذ 100 بذرة من كل وحدة تجريبية ومن ثم وزنت بميزان حساس وبعدها قسمت على عدد 100 بذرة واستخرج متوسطها.
7. عدد البذور بالنبات الواحد: تم تفريط قرنات خمس نباتات من الوحدة التجريبية وتم حسابها ومن ثم استخراج متوسطها.
8. نسبة البذور المجعدة (%): تم حساب عدد البذور الكلية من الوحدة التجريبية وتم استخراج عدد البذور المجعدة منها ومن ثم حساب النسبة المئوية للبذور المجعدة من خلال المعادلة التالية:

النسبة المئوية للبذور المجعدة (%) = عدد البذور المجعدة / عدد البذور الكلي × 100

التحليل الإحصائي: بعد جمع وتبويب البيانات أجري تحليلها احصائيا باستعمال برنامج GenStat, وباعتماد اختبار اقل فرق معنوي (L.S.D) للمقارنة بين متوسطات المعاملات عند مستوى احتمالية 0.05 على وفق التصميم القطاعات العشوائية الكاملة (R.C.B.D) بترتيب الالواح المنشقة Split-Plots Design.

النتائج والمناقشة

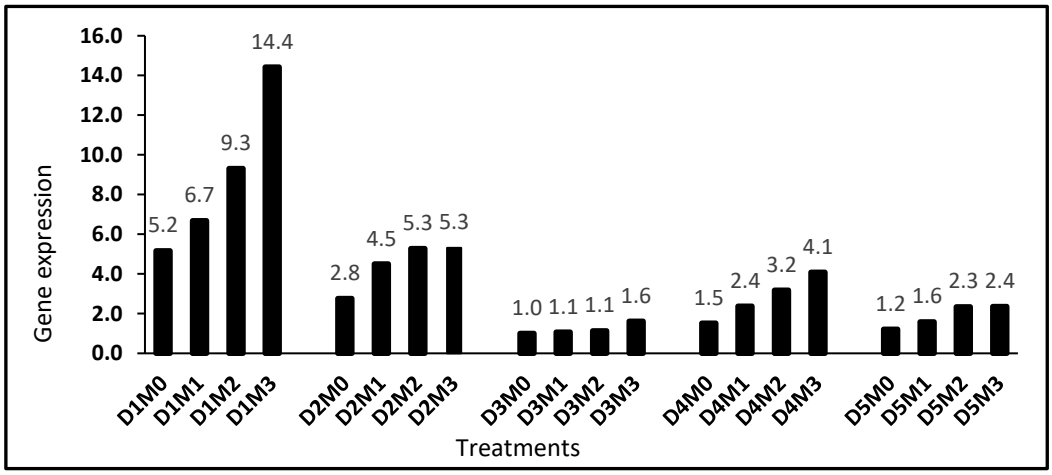
تأثير رش الميلاتونين ومواعيد الزراعة في التعبير الجيني لجين *GmTF2a:* بمقارنة المواعيد مع بعضها لمستويات التعبير الجيني (شكل 1) وباعتبار موعد المقارنة 5\10 هو الموعد الموصى به للتركيب الوراثي شيماء المستخدم في هذه الدراسة يلاحظ إن هناك اختلافاً واضحاً بين المواعيد المستخدمة لقيم التعبير الجيني لجين الهدف *GmFT2a*. تفوق الموعد المبكر جداً بأعلى قيمة للتعبير الجيني بلغت 6.96 ضعف في حين بلغ 1.53 نسخة في الموعد المتأخر جداً. لوحظ أن نمط التعبير الجيني أمتاز بكونه مرتفع عند المواعيد المبكرة ومنخفض في المواعيد المتأخرة.



شكل 1: مستوى التعبير الجيني لجين التزهير في فول الصويا بتأثير موعد الزراعة.

Gene expression of *GmFT2*a in soybean affected by seeding dates (10th April, 25th April, 10th May, 25th May and 9th Jun), early sown plants showed higher gene expression while plants sown late had low level of gene expression which is due to day length (data not presented here) as soybean considered as short-day crop.

تشير نتائج المعاملة بالميلاتونين (شكل 2) الى التأثير الواضح للتراكيز المختلفة من الميلاتونين في مستويات التعبير الجيني لجين التزهير وباختلاف مواعيد الزراعة، بدا واضحاً زيادة التعبير الجيني بزيادة تركيز الميلاتونين ضمن الموعد الواحد. كانت أعلى قيمة لتضاعف الجين في الموعد الأول 10\4 المبكر جداً هي للنباتات المعاملة بأعلى تركيز ميلاتونين 300 مايكرومول وبلغ 2.789 نسخة ضعف للجين وبفارق الضعف تقريباً عنه في النباتات المعاملة بالتركيز 200 مايكرومول. في الموعد الثاني المبكر 25\4 تقارب كلا التركيزين 300 و200 مايكرومول بإعطائهما 1.91 و1.92 نسخة من الجين الهدف لكل منهما على التوالي. في الموعد الموصى به 10\5 تقلص الفارق بين تراكيز الميلاتونين رغم استمرار زيادة نسخ الجين بزيادة التركيز المستخدم وكان أعلى قيمة لتضاعف الجين الهدف GmFT2a هي عند التركيز 300 مايكرومول وبلغ 1.613 ضعف. أستمر التعبير الجيني بنفس النمط في الموعدين المتأخر والمتأخر جداً 25\5 و9\6 على التوالي وكان أعلى قيمة لتراكيز الرش مقارنة بمعاملة السيطرة هي 2.676 و1.932 عند التركيز 300 مايكرومول للموعدين المتأخرين على التوالي مع ملاحظة الفارق الضئيل جداً 0.013 بين التركيز 200 والتركيز 300 مايكرومول في الموعد المتأخر جداً في 9\6. ثبت في الكثير من الأبحاث تأثير الميلاتونين في زيادة التعبير الجيني للنبات لجينات مختلفة سواء لفول الصويا أو محاصيل أخرى (8).



شكل 2: مستوى التعبير الجيني لجين الأزهار في فول الصويا بتأثير الرش بالميلاتونين وموعد الزراعة.

Flowering gene *GmFT2a* expression affected by melatonin foliar application (M0 =0 µM, M1=100 µM, M2=200 µM and M3=300 µM) and seeding dates (D1=10th April, D2= 25th April, D3= 10th May, D4= 25th May and D5 = 9th Jun). gene expression level increased as melatonin application concentration increased compared to 0 application, D1 with 300 µM melatonin had the highest level of *GmFT2a* expression.

تأثير رش الميلاتونين ومواعيد الزراعة في عدد الأيام حتى 50% تزهير (يوم): أثرت تراكيز الميلاتونين في صفة عدد الايام من الزراعة حتى نسبة تزهير 50% (جدول 1) وقلت المدة بزيادة تركيز المعاملة اذ اعطى تركيز 300 مايكرومول اقل عدد أيام من الزراعة حتى نسبة تزهير 50% بلغ 76.67 يوم مقارنة مع معاملة المقارنة التي أعطت اعلى عدد أيام من الزراعة حتى نسبة تزهير 50% بلغ 79.67 يوم، ربما يعود السبب في تقليل الفترة الزمنية للوصول الى 50% من التزهير هو دور الميلاتونين الفعال في تحفيز نبات فول الصويا للنمو خضرياً

نتيجة لدوره الكبير في تنشيط العديد من الانزيمات وتحسين عملية التمثيل الضوئي وزيادة قابلية النبات لتحمل الظروف غير الملائمة للنبات بالتالي أنعكس ذلك أيجاباً في تنظيم مراحل نمو النبات والتبكير في عملية التزهير. تشير نتائج متوسطات الصفة الى وجود تباين معنوي في مواعيد الزراعة في صفة عدد أيام من الزراعة حتى نسبة تزهير 50% اذ تفوق الموعد 9 حزيران بأقل عدد أيام بلغ 62.17 يوم، مقارنة مع نباتات الموعد الأول المبكر جداً التي أعطت اعلى عدد أيام بلغ 86.00 يوم. أن أصناف فول الصويا ذات النهار القصير تتأخر بالتزهير أذا تعرضت لساعات نهار أطول. وقد يعزى السبب في ذلك ربما الى احتياج نبات فول الصويا الى كمية كافية من الضوء لإتمام عملية التمثيل الضوئي بشكل مثالي والتي تنعكس بذلك في زيادة المادة الخضراء في النبات وتحسين نمو النبات خضرياً وامتصاصه للعناصر المعدنية بشكل أكبر عند الموعد 9 حزيران مقارنةً مع الموعد الاول، وهذا يتفق مع ما توصل اليه (12) الى التبكير بالتزهير بالمواعيد المتأخرة مقارنة مع المواعيد المبكرة.

جدول 1: تأثير مواعيد الزراعة ومستويات الميلاتونين لمحصول فول الصويا في عدد الأيام لغاية 50% تزهير.

المواعيد Dates	مستويات الميلاتونين Melatonin µM				المتوسط Mean
	0	100	200	300	
10 نيسان(10th April)	87.67	89.00	85.67	81.67	86.00
25 نيسان(25th April)	85.00	79.67	82.33	84.00	82.75
10 أيار(10th May)	82.33	78.33	80.00	79.67	80.08
25 أيارay(25th M)	79.00	77.33	77.00	75.67	77.25
9 حزيران(9th Jun)	64.33	61.33	60.67	62.33	62.17
Lsd 0.05	2.18				1.43
المتوسط	79.67	77.13	77.13	76.67	
Lsd 0.05	0.92				

Sowing dates and melatonin foliar application effect on days number required for soybean plants to have 50% flowering, plants sown very early (10th April) required longer to flowering while others sown very late on 9th Jun required less. Melatonin helped improve the trait and reduced days required to 50% flowering in soybean.

تأثير رش الميلاتونين ومواعيد الزراعة في عدد القرنات بالنبات (قرنه نبات$^{-1}$): يوضح الجدول 2 ان هناك الاختلافات معنوية بين معاملات الميلاتونين حيث ان تركيز 300 مايكرو مول اعطى اعلى قيمة بلغت 154.41 قرنة نبات$^{-1}$ مقارنة مع معاملة المقارنة التي أعطت 130.33 قرنة نبات$^{-1}$. قد يعود سبب زيادة عدد القرنات مع زيادة تراكيز الميلاتونين هو أن الأخير أدى الى زيادة في نسبة الخصب وعقد القرنات وتقليل من عدد الأزهار الساقطة وهذا ما أثبتته دراسات (5) يلعب الميلاتونين دور مهم في تقليل الاجهادات التي يتعرض لها النبات وتزيد من تكوين المركبات الايضية التي يحتاجها النبات في مرحلة اكتمال نمو وتطور ثلاث أوراق مركبة (V3) حيث يعمل على تحسين عدد القرنات كماً ونوعاً. وهذه النتيجة تتفق مع النتائج كل من (2 و18) حيث أشاروا الى ان اختلافات في تراكيز الميلاتونين كانت سبب في زيادة عدد القرنات بالنبات.

كما تظهر بيانات الجدول 1 الى وجود اختلاف معنوي بين متوسطات عدد القرنات بالنبات بين مواعيد الزراعة فقد تفوق الموعد 10 أيار بمتوسط 161.05 قرنة نبات$^{-1}$ فيما سجل الموعد 10 نيسان اقل متوسط بلغ 87.85

قرنة نبات$^{-1}$، ربما يعود سبب هذا الاختلاف الى زيادة طول السلامية أو عدد عقد الساق في النبات مما يؤدي الى زيادة العدد في القرون خلال موعد الزراعة 10 أيار وهذا يستند الى ما وجده (7) بدراسته لتلك الصفة.

جدول 2: تأثير مواعيد الزراعة ومستويات الميلاتونين لمحصول فول الصويا في عدد القرنات بالنبات (قرنة نبات$^{-1}$).

المواعيد Dates	مستويات الميلاتونين (µM) Melatonin				المتوسط Mean
	0	100	200	300	
10 نيسان(10th April)	76.40	80.20	100.73	94.07	87.85
25 نيسان(25th April)	125.33	146.93	149.67	167.00	147.23
10 أيار(10th May)	153.60	156.73	160.87	173.00	161.05
25 أيار(25th May)	150.27	155.40	161.27	167.67	158.65
9 حزيران(9th Jun)	146.07	157.07	161.40	170.33	158.72
Lsd 0.05		2.147			1.260
المتوسط	130.33	139.27	146.79	154.41	
Lsd 0.05		0.958			

Sowing dates and melatonin foliar application effect on number of pods in soybean plants (pod plant^{-1}). Plants sown on 10th May showed highest number of pods while the lowest presented by plants sown too early on the 10th of April. Melatonin application increased number of pods per plant compared to no application, 300 µM showed value of 154.41 pod.

تأثير رش الميلاتونين ومواعيد الزراعة في طول القرنة (سم): تشير نتائج الجدول 3 الى انه بزيادة تراكيز الميلاتونين يزداد طول القرنة حيث اعطى تركيز 300 مايكرومول اعلى متوسط لطول القرنة بلغ 4.58 سم فيما اعطت معاملة المقارنة اقل متوسط بلغ 4.04 سم، ولم يختلف معنويا كل من تركيز 100 و200 مايكرومول بأعطاء نفس القيمة لمتوسط الصفة والذي بلغ 4.30 سم. ممكن أن يعزى السبب الى زيادة نواتج التمثيل الضوئي وانتقالها الى أجزاء النبات جميعها ومنها القرنات فادى الى زيادة طولها (1). نلاحظ من الجدول 3 تفوق الموعد 10 ايار على المواعيد الاخرى معنويا في صفة طول القرنة والذي بلغ 4.50 سم، اما اقل قيمة لمتوسط الصفة فقد كان في الموعد 10 نيسان وكانت 4.16 سم وهذا قد يرجع الى ان الظروف البيئية السائدة في هذا الموعد ربما كانت الانسب لنمو وتطور محصول فول الصويا مما انعكس ايجابيا على مجمل العمليات الفسيولوجية الدائرة داخل النبات مما زاد من فعالية عمليات النمو في اعطاء نموات جديدة والتي ساهمت في زيادة طول القرنة علما ان هذا الموعد تفوق سابقا في صفة ارتفاع النبات وعدد الافرع وهذا عائد الى ان الظروف البيئية المرافقة للموعد الثالث كانت الاكثر ملائمة مقارنة ببقية المواعيد فاستطاعت نباتات هذا الموعد من الاستفادة من هذه العوامل والتي انعكست بشكل ايجابي على فعالية امتصاص العناصر الغذائية من محلول التربة والتي ادت الى زيادة فعالية نقل نواتج التمثيل الضوئي عند نباتات هذا الموعد الى القرنة.

جدول 3: بتأثير مواعيد الزراعة ومستويات الميلاتونين لمحصول فول الصويا في طول القرنة (سم).

Mean المتوسط		Melatonin (µM) مستويات الميلاتونين			المواعيد Dates
	300	200	100	0	
4.16	4.30	4.35	4.06	3.94	10 نيسان(10th April)
4.24	4.51	4.21	4.29	3.95	25 نيسان(25th April)
4.50	4.83	4.44	4.50	4.26	10 أيار(10th May)
4.29	4.67	4.24	4.27	3.97	25 أيار(25th May)
4.33	4.62	4.25	4.40	4.06	9 حزيران(9th Jun)
0.165		Ns			Lsd 0.05
	4.58	4.30	4.30	4.04	المتوسط
	0.177			Lsd 0.05	

Sowing dates and melatonin foliar application effect on soybean pod length (cm). Plants sown on 10th May showed highest value of pod length while the lowest presented by plants sown too early on the 10th of April. Melatonin application increased pods length compared with no application, 300 µM showed value of 4.58 cm.

تأثير رش الميلاتونين ومواعيد الزراعة في عدد البذور بالقرنة (بذرة قرنه$^{-1}$): تظهر نتائج الجدول 4 الى حصول اختلافات معنوية بين تراكيز الميلاتونين اذ اعطى اعلى تركيز 300 مايكرو مول اعلى قيمة متوسط لصفة عدد بذور بالقرنة بلغت 2.87 بذرة قرنه$^{-1}$ مقارنة بمعاملة المقارنة التي أعطت اقل قيمة لتلك الصفة بلغت 2.06 بذرة قرنة$^{-1}$. يعود هذا التباين الى دور الميلاتونين في تحفيز كل من العمليات الحيوية والتكاثرية اثناء مرحلة التزهير وهذا يودي الى تقليل اجهاض المبايض وزيادة انبات حبوب اللقاح وثبوتها وبالتالي يودي الى زيادة بالإخصاب ومن ثم انعكس إيجابيا الى زيادة عدد البذور بالقرنة (20). يشير الجدول 4 الى وجود فروق معنوية للمواعيد الزراعية حيث تفوق الموعد الثالث في 10 أيار بإعطاء اعلى متوسط بلغ 2.65 بذرة قرنه$^{-1}$ فيما اعطى الموعد الأول اقل متوسط بلغ 2.33 بذرة قرنة$^{-1}$، يعود سبب هذه التفوق الى ان موعد الزراعة في شهر أيار يوفر فترات النمو الخضري والتكاثري طويلة مما أدى الى زيادة انتاج الكتلة الحيوية لمحصول فول الصويا وبتالي أدى الى زيادة عدد البذور بالقرنة (10).

جدول 4: تأثير مواعيد الزراعة ومستويات الميلاتونين لمحصول فول الصويا في صفة عدد البذور بالقرنة.

Mean المتوسط		Melatonin (µM) مستويات الميلاتونين			المواعيد Dates
	300	200	100	0	
2.33	2.73	2.50	2.16	1.93	10 نيسان (10th April)
2.40	2.83	2.50	2.23	2.03	25 نيسان (25th April)
2.65	2.86	2.76	2.60	2.40	10 أيار (10th May)
2.55	2.96	2.83	2.40	2.03	25 أيار(25th May)
2.48	2.96	2.73	2.30	1.93	9 حزيران (9th Jun)
0.179		Ns			Lsd 0.05
	2.87	2.66	2.34	2.06	المتوسط
	0.127			Lsd 0.05	

Sowing dates and melatonin foliar application effect on number of seeds per pod in soybean plants. Plants sown on 10th May showed highest number of seeds per pod with no significant difference with those sown on 25th May, while the lowest presented by plants sown too early on the 10th of April. Again, Melatonin application improved the trait and increased number of seeds per pods per plant compared to no application, 300 µM showed value of 2.87 seeds per pod.

تأثير مواعيد الزراعة ورش الميلاتونين في صفة وزن بذرة واحدة (ملغم): توضح نتائج الجدول 5 وجود اختلافات معنوية بين متوسطات مواعيد الزراعة اذ تفوق الموعد 25 ايار في صفة وزن بذرة واحد وذلك بأعطائه اعلى قيمة بلغت 0.133 ملغم، بينما سجل الموعد 10 نيسان اقل متوسط لتلك الصفة بلغ 0.115 ملغم. تشير نتائج الجدول 5 ذاته وجود فروق معنوية بين تراكيز الميلاتونين اذ تفوق التركيز 300 مايكرومول في صفة وزن بذرة واحدة بمتوسط بلغ 0.131 ملغم قياسا بمعاملة المقارنة التي اعطت اقل متوسط بلغ 0.124 ملغم

جدول 5: تأثير مواعيد الزراعة ومستويات الميلاتونين لمحصول فول الصويا في صفة وزن بذرة واحدة (ملغم).

Mean المتوسط		Melatonin (µM) مستويات الميلاتونين			Dates المواعيد
	300	200	100	0	
0.115	0.120	0.116	0.117	0.108	**10 نيسان (10th April)**
0.123	0.123	0.125	0.127	0.119	**25 نيسان (25th April)**
0.127	0.127	0.124	0.124	0.133	**10 أيار (10th May)**
0.133	0.145	0.131	0.128	0.129	**25 أيار(25th May)**
0.132	0.139	0.135	0.134	0.120	**9 حزيران (9th Jun)**
0.003		0.009			**Lsd 0.05**
	0.131	0.126	0.126	0.124	**المتوسط**
0.004				**Lsd 0.05**	

Sowing dates and melatonin foliar application effect on one seed weight (mg) in soybean plants. Plants sown on 25th May and 9th Jun showed highest value of one seed weight reached 0.133 and 0.132 respectively, while the lowest (0.115 mg) presented by plants sown too early on the 10th of April. Melatonin application improved the trait and increased the weight of one seed compared to no application, 300 µM showed value of 0.131 mg.

تأثير رش الميلاتونين ومواعيد الزراعة في صفة عدد البذور الكلية بالنبات: يتضح من نتائج الجدول 6 وجود فروق معنوية بين تراكيز الميلاتونين في صفة عدد البذور بالنبات إذا تفوق التركيز 300 مايكرومول بإعطاء اعلى متوسط بلغ 398.5 مقارنة مع معاملة المقارنة التي أعطت اقل متوسط بلغ 281.0، ممكن أن يعود سبب هذا التفوق الى دور الميلاتونين في عملية البناء الضوئي مما يزيد من كفاءته وبالتالي ينعكس إيجابا على صفات الحاصل في النبات ومنها عدد البذور في النبات (11 و17). تظهر نتائج الجدول ذاته الى تفوق الموعد 10 أيار في صفة عدد البذور الكلي والذي اعطى اعلى متوسط بلغ 395.7 بذرة اما اقل متوسط كان في الموعد الأول 10 نيسان حيث اعطى 250.8 بذرة. نبات$^{-1}$، قد يعزى السبب هذا التفوق الى ان هذا الموعد يوفر فترات نمو خضرية وتكاثرية مما أدى الى زيادة انتاج الكتلة الحيوية للمحصول والتي تسبب عنها زيادة عدد القرون بكل نبات وعدد البذور لكل قرنه والتي انعكس إيجابا في زيادة عدد البذور الكلي (9)، تتفق هذه النتائج مع ما توصلت اليه (7 و19)، إذا اشارت نتائجهم الى تفوق موعد الزراعة في شهر أيار في صفة عدد البذور في النبات.

جدول 6: تأثير مواعيد الزراعة ومستويات الميلاتونين لمحصول فول الصويا في صفة عدد البذور الكلية بالنبات الواحد.

Mean	المتوسط	مستويات الميلاتونين (µM) Melatonin			المواعيد Dates
	300	200	100	0	
250.8	275.7	272.3	234.0	221.0	10 نيسان (10th April)
331.5	408.3	305.7	336.3	275.7	25 نيسان (25th April)
395.7	449.7	398.3	397.3	337.3	10 أيار (10th May)
375.5	453.0	396.0	318.7	334.3	25 أيار(25th May)
310.7	405.7	325.7	274.7	236.7	9 حزيران (9th Jun)
31.68		46.39			Lsd 0.05
	398.5	339.6	312.2	281.0	المتوسط
	19.20			Lsd 0.05	

Sowing dates and melatonin foliar application effect on total seeds number per plant in soybean plants. Plants sown on 10th May showed highest value of seeds number per plant reached 395.7 seeds, while the lowest (250.8) again presented by plants sown very early on the 10th of April. Melatonin application improved the trait and increased the number of seeds per plnat compared to no application, 300 µM showed value of 398.5.

تأثير رش الميلاتونين ومواعيد الزراعة في عدد البذور المجعدة: اختلفت مواعيد الزراعة معنوياً في نسبة البذور المجعدة (الجدول 7) اذ تفوق الموعد 10 ايار بأقل نسبة للبذور المجعدة بلغت 6.80% بينما اعطى الموعد 10 نيسان النسبة الأعلى وبلغت 16.86%.

من جهة أخرى أثر الميلاتونين أيجاباً وكان له تأثيراً معنوياً في تقليل نسبة البذور المجعدة باختلاف التراكيز المستخدمة اذ تفوق التركيز 300 مايكرومول بأعطائه اقل نسبة للبذور المجعدة بلغت 7.84% قياساً بمعاملة المقارنة التي اعطت اعلى نسبة لتلك الصفة بلغت 11.84%.

جدول 7: بتأثير مواعيد الزراعة ومستويات الميلاتونين لمحصول فول الصويا نسبة البذور المجعدة بالنبات (%).

Mean	المتوسط	مستويات الميلاتونين (µM) Melatonin			المواعيد Dates
	300	200	100	0	
16.86	12.52	17.46	17.60	19.88	**10 نيسان (10th April)**
8.11	8.11	8.22	7.09	9.01	**25 نيسان (25th April)**
6.80	6.41	6.07	7.49	7.23	**10 أيار (10th May)**
6.96	4.97	5.83	8.92	8.13	**25 أيار(25th May)**
9.73	7.18	8.13	8.67	14.95	**9 حزيران (9th Jun)**
2.828		4.671			**Lsd 0.05**
	7.84	9.14	9.95	11.84	**المتوسط**
	2.058			**Lsd 0.05**	

Sowing dates and melatonin foliar application effect on the proportion of wrinkled seeds per plant in soybean. Plants sown on 10th May showed lowest value (6.80%) of wrinkled seed per plant with no significant difference with plants sown on 25th May, while the highest (16.86%) again presented by plants sown very early on the 10th of April. Melatonin application improved the trait and reduced the number of wrinkled seeds per plant compared to no application which showed proportion of 11.84 while 300 µM showed value of 7.84%.

الاستنتاجات

لا يعد فول الصويا محصولًا نموذجيًا للنهار القصير ذي أهمية اقتصادية عالية فحسب، بل يعد أيضًا نموذجًا ممتازًا لتوضيح آليات الإزهار .إن استخدام فول الصويا كنموذج لدراسة دور وقت التزهير في ارتداد التزهير سيؤدي إلى فهم أكبر لآلية التزهير. يمكن استخدام التعبير الجيني لجين الأزهار *GmFT2a* في الانتخاب لبرامج تربية فول الصويا. يمكن الاستنتاج أن التغيير في موعد الزراعة لفول الصويا رغم معنوية الفروق بين مواعيد الزراعة لكل الصفات المدروسة غير أن متوسطات الصفات كانت متقاربة نوعا ما بانخفاض مقبول عن الموعد الموصى به للصنف المدروس والذي كان له أفضل النتائج للكل الصفات المدروسة من جانب أخر كان للتبكير في زراعة هذا الصنف أثر سيئ ونتائج غير مرضية لجميع الصفات المدروسة بأعطائه أقل القيم. عموما يمكن القول بأن نافذة موعد الزراعة لهذا المحصول أصبحت واسعة بحيث يمكن زراعته ضمن مدى يبدأ من 25 نيسان الى 10 حزيران مع الأخذ بنظر الاعتبار أن الموعد الموصى به 10 أيار ما زال هو الأفضل غير أن نتائج المواعيد الأخرى تعتبر مقبولة. كان لأضافة الميلاتونين دور فاعل ومهم في التداخل مع الظروف البيئية المحيطة والمختلفة باختلاف موعد الزراعة ومساعدة المحصول في الوصول الى الأداء الأفضل كما لو كان زرع في المواعيد الموصى بها وهذا ما يبدو جلياً من نتائج المعاملة بالميلاتونين والتداخل مع مواعيد الزراعة. بدت نتائج نسبة البذور المجعدة نتائج واعدة خصوصاً فيما يتعلق بتأثير الميلاتونين في التقليل من نسبتها وتتفرد هذه الدراسة بكونها الأولى في الأشارة لذلك.

Supplementary Materials:

No Supplementary Materials.

Author Contributions:

Author R. T. kareem; methodology, writing—original draft preparation, Author F. T. F. Alkhamisi writing—review and editing. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding:

This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement:

The study was conducted in accordance with the protocol authorized by the Ministry of Research and Higher Education in Iraq / University of Anbar – College of Agriculture.

Informed Consent Statement:

No Informed Consent Statement.

Data Availability Statement:

Data Availability Statement.

Conflicts of Interest:

The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgments:

The authors are thankful for the help of the College of Agriculture, University of Anbar, Iraq.

Disclaimer/Journal'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 AJAS and/or the editor(s). AJAS 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.

المصادر

1. Ali, S. M. A. (2021). Growth characteristics and yield of four bean cultivars by the effect of spraying different concentrations of melatonin. Master Thesis \ University of Anbar - College of Agriculture - Department. field crops.
2. Arnao, M. B., and Hernández-Ruiz, J. (2019). Melatonin: a new plant hormone and/or a plant master regulator?. Trends in Plant Science, 24(1): 38-48. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.10.010.
3. Bateman, N. R., Catchot, A. L., Gore, J., Cook, D. R., Musser, F. R., and Irby, J. T. (2020). Effects of planting date for soybean growth, development, and yield in the southern USA. Agronomy, 10(4): 596. https://doi.org/10.3390/agronomy10040596.
4. Berschneider, J. (2016). Chances and limitations of european soybean production: market potential analysis. Master's Thesis, Universität Hohenheim, Stuttgart, Germany.
5. Dawood, M. G. (2017). Physiological effect of melatonin, IAA and their precursor on quality and quantity of chickpea plants grown under sandy soil conditions. Agricultural Engineering International: CIGR Journal, 35-44.
6. FAOstat, F. A. O. (2021). Food and agriculture data. 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
7. Hamoda, A. M. (2021). Effect of Planting Dates and Weed Control Treatments on Soybean Yield and Its Components. Annals of Agricultural Science, Moshtohor, 59(1): 1-8. https://dx.doi.org/10.21608/assjm.2021.176313.
8. Kareem, R. T., and Alkhamisi, F. T. F. (2023). Sowing Dates and Melatonin Application Impact on Soybean Growth and Yield in Western Region of Iraq. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1252(1): p. 012042. DOI: 10.1088/1755-1315/1252/1/012042.
9. Kumagai, E. (2018). Effect of early sowing on growth and yield of determinate and indeterminate soybean (Glycine max (L.) Merr.) cultivars in a cool region of northern Japan. Journal of Agricultural Meteorology, 74(1): 18-28. https://doi.org/10.2480/agrmet.D-17-00009.
10. Kumar, M. S., Diwan Singh, D. S., and Rao, V. U. M. (2005). Effect of planting dates on yield and yield components of soybean genotypes. Haryana Journal of Agronomy, 21(2): 202-205.
11. Lazar, D., Murch, S. J., Beilby, M. J., and Al Khazaaly, S. (2013). Exogenous melatonin affects photosynthesis in characeae Chara australis. Plant Signaling and Behavior, 8(3): e23279. https://doi.org/10.4161/psb.23279.

12. Nawaz, M. A., Huang, Y., Bie, Z., Ahmed, W., Reiter, R. J., Niu, M., and Hameed, S. (2016). Melatonin: current status and future perspectives in plant science. Frontiers in plant science, 6: 180101. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01230.
13. Ohio State University. Extension. (2005). Ohio agronomy guide (Vol. 472). Ohio State University Extension.
14. Robinson, A. P., Conley, S. P., Volenec, J. J., and Santini, J. B. (2009). Analysis of high yielding, early-planted soybean in Indiana. Agronomy Journal, 101(1): 131-139. https://doi.org/10.2134/agronj2008.0014x.
15. Sun, H., Jia, Z., Cao, D., Jiang, B., Wu, C., Hou, W., ... and Han, T. (2011). GmFT2a, a soybean homolog of FLOWERING LOCUS T, is involved in flowering transition and maintenance. PloS one, 6(12): e29238. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029238.
16. Tkachuk, C. (2017). Evaluation of soybean (Glycine max) planting dates and plant densities in northern growing regions of the Northern Great Plains. M.Sc. thesis. Winnipeg, MB: University of Manitoba.
17. Wang, P., Yin, L., Liang, D., Li, C., Ma, F., and Yue, Z. (2012). Delayed senescence of apple leaves by exogenous melatonin treatment: toward regulating the ascorbate–glutathione cycle. Journal of pineal research, 53(1): 11-20. https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.2011.00966.x.
18. Wei, W., Li, Q. T., Chu, Y. N., Reiter, R. J., Yu, X. M., Zhu, D. H., ... and Chen, S. Y. (2015). Melatonin enhances plant growth and abiotic stress tolerance in soybean plants. Journal of experimental botany, 66(3): 695-707. https://doi.org/10.1093/jxb/eru392.
19. Yari, V., Frnia, A., Maleki, A., Moradi, M., Naseri, R., Ghasemi, M., and Lotfi, A. (2013). Yield and yield components of soybean cultivars as affected by planting date. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences, 2(7): 85-90.
20. Zou, J. N., Jin, X. J., Zhang, Y. X., Ren, C. Y., Zhang, M. C., and Wang, M. X. (2019). Effects of melatonin on photosynthesis and soybean seed growth during grain filling under drought stress. Photosynthetica, 57(2): 512-520. DOI: 10.32615/ps.2019.066.