أثر مواعيد الزراعة ومعدل البذار في بعض الخصائص الإنتاجية لمحصول الحنطة السوداء (*Fagopyrum esculentum Monch*.) في محافظة الرقة

نايف محمد الأحمد[1]، غسان العثمان[2]*، أحمد العلي الخلف[3]

[1]طالب ماجستير، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة الفرات، دير الزور، سورية.
nayfalblykh50@gmail.com

[2]* استاذ قسم المحاصيل الحقلية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة الفرات، دير الزور، سورية.

[3]باحث، مركز بحوث الرقة، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية،الرقة، سورية.
dr.ahmadelkhalf@gmail.com

*** الباحث المراسل**
ghass.oth960@alfuratuniv.edu.sy

الملخص

نُفِّذت التجربة خلال موسمي 2014 و2015 في قرية تل السمن شمال الرقة، بهدف دراسة تأثير موعد الزراعة ومعدل البذار في النمو والإنتاجية لمحصول الحنطة السوداء، باستخدام تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بترتيب القطع المنشقة، حيث خُصصت القطع الرئيسة لموعدي الزراعة (5 آذار و5 نيسان)، والقطع المنشقة لمعدلات البذار (60، 70، 80 كغ/هـ) بثلاثة مكررات. أظهرت النتائج أن النباتات المزروعة في موعد الزراعة 5 نيسان تفوق معنوياً في جميع الصفات المدروسة، إذ حقق أعلى ارتفاع للنبات (66.09 سم)، وأعلى وزن للألف بذرة (30.93 غ)، إضافة إلى أعلى غلة بيولوجية (4.716 طن/هـ) وغلة بذرية (1.858 طن/هـ) . كذلك حقق معدل البذار 70 كغ/هـ تفوقاً معنوياً، إذ أعطى أعلى غلة بيولوجية (4.602 طن/هـ) وغلة بذرية (1.741 طن/هـ) مقارنة بالمعدلات الأخرى. وأظهر التفاعل بين العاملين أن أفضل إنتاجية بذرية (1.919 طن/هـ) تحققت عند الزراعة في 5 نيسان مع معدل بذار 70 كغ/هـ. يوصي البحث باعتماد موعد الزراعة في 5 نيسان ومعدل بذار 70 كغ/هـ كأفضل تركيبة لتحقيق أعلى إنتاجية بذرية وبيولوجية في الظروف المحلية.

الكلمات المفتاحية: الحنطة السوداء، موعد الزراعة، معدل البذار، الإنتاجية، الغلة البذرية.

ورد للنشر بتاريخ 4/ 6 / 2026
قبل للنشر بتاريخ 4/ 8 / 2026

2026 © المؤلف (المؤلفون). هذا المقال منشور بنظام الوصول المفتوح بموجب ترخيصCC BY-NC-SA 4.0

The Effect of Sowing Dates and Seeding Rates in Some ProductivyTraits of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench*) at in Raqqa Governorate

Naif Mohammed Al-Ahmad [1], Ghassan Othman *[2], Ahmad Al-Ali Al-Khalaf [3]

[1]Master Student, Department of Field Crops, Faculty of Agricultural Engineering, Al-Furat University, Deir ez- Zor ,Syria.

*[2]Professor, Department of Field Crops, Faculty of Agricultural Engineering, Al-Furat University, Deir ez- Zor ,Syria.

[3]Researcher, Raqqa Research Center, General Commission for Scientific Agricultural Research, Al Raqqa, Syria.

*Corresponding author: ghass.oth960@alfuratuniv.edu.sy

Abstract

The experiment was conducted during the 2014 and 2015 growing seasons in Tel Al-Saman village, north of Raqqa, to evaluate the effect of sowing date and seeding rate on the growth and productivity of buckwheat. A randomized complete block design in a split-plot arrangement was used, where the main plots were assigned to two sowing dates (5 March and 5 April), and the subplots to three seeding rates (60, 70, and 80 kg/ha), with three replications. Results showed that the 5 April sowing date significantly outperformed the early sowing date in all studied traits, achieving the highest plant height (66.09 cm), thousand-seed weight (30.93 g), biological yield (4.716 t/ha), and seed yield (1.858 t/ha). The 70 kg/ha seeding rate also recorded a significant superiority, producing the highest biological yield (4.602 t/ha) and seed yield (1.741 t/ha) compared with the other rate. The interaction between the two factors revealed that the highest seed yield (1.919 t/ha) was obtained when sowing on 5 April with a seeding rate of 70 kg/ha. The study recommends adopting the 5 April sowing date and a seeding rate of 70 kg/ha as the optimal combination to achieve maximum seed and biological yields under the local environmental conditions of Raqqa.

Keywords: Buckwheat, sowing date, Seeding rate, Productivity, Seed yield.

Received: 4 / 6 /2026
Accepted: 4/ 8 /2026

© 2026 Author(s). This article is licensed under CC BY-NC-SA 4.0 Open Access License.

المقدمة والدراسة المرجعية:

تعد الحنطة السوداء (*Fagopyrum esculentum* Monch.) من المحاصيل الحولية، التي تنتمي إلى الفصيلة الحماضية Polyganaceae وهي نبات عشبي حولي، الجذر وتدي يتعمق في التربة حتى 2 متر ويتفرع منه جذور ثانوية ومعظم الجذور تقع في عمق 25–30 سم، الساق قائمة، مصمتة، يصل طولها 40–150 سم يتفرع من الساق 10–12 فرع (Andreeva and Rodman, 2005).

أن الموطن الأصلي للحنطة السوداء هو وسط آسيا وشمالها، وتزرع على نطاق واسع في الولايات المتحدة الأمريكية وألمانيا واستراليا وبلدان أخرى وتحصد عادة في الصيف (Bernath, 2000).

بلغ الإنتاج العالمي للحنطة السوداء نحو 3.8–0.4 مليون طن سنوياً، مع تركز الإنتاج في عدد محدود من الدول. وتُعد روسيا المنتج الأكبر عالمياً بإنتاج يتجاوز 1.5 مليون طن، تليها الصين بإنتاج يقارب 1.2 مليون طن، بينما تسهم أوكرانيا، كازاخستان، وبولندا بنسب متفاوتة ضمن حدود 100–300 ألف طن سنوياً (FAO, 2022). ويعود هذا التركز الإنتاجي إلى ملاءمة الظروف المناخية في هذه الدول لزراعة المحصول، إضافة إلى الطلب المحلي المرتفع على منتجات الحنطة السوداء. أما في أوروبا الغربية وأمريكا الشمالية، فيبقى الإنتاج محدوداً نسبياً، لكنه يشهد نمواً تدريجياً مدفوعاً بالاهتمام المتزايد بالأغذية الصحية والخالية من الغلوتين(2022, FAO). وتُظهر الاتجاهات العالمية خلال العقد الأخير زيادة طفيفة في الإنتاج، نتيجة توسع المساحات المزروعة وارتفاع القيمة الاقتصادية للمحصول في الأسواق الغذائية والدوائية(Mazza, 1992; Trygub, 2008).

تعد الحنطة السوداء العادية من الناحية الاقتصادية من أهم أنواع الحنطة السوداء بحيث تشكل 90 % من الإنتاج العالمي للحنطة السوداء. وتستخدم بذورها في الغذاء البشري حيث أن معظم انتاجها في الولايات المتحدة وكندا ويستخدم في صناعة الفطائر وذلك بعد إزالة القشرة، كما يقوم سكان اليابان بخلط دقيق الحنطة السوداء مع دقيق القمح لصناعة نوع من المعكرونة الشرائطية، أما في أوروبا الشرقية فيطبخون الحنطة السوداء المجروشة لعمل العصيدة التي يسمونها "كاشا" (Mazza, 1992). ولها استخدامات طبية عديدة وتزرع على مساحات واسعة من أجل القش في أمريكيا وبعض البلدان الأوربية حيث يستخدم قش الحنطة السوداء وأغلفة الثمار كعلف للحيوانات ولكن ينصح بعدم تقديمها بكميات كبيرة للحيوانات لأنها تسبب اضطرابات في الجهاز الهضمي. كما تستخدم البذور في تغذية الدواجن (Omidbaigi, *et al.*, 2002) .وتتميز بخلوها من الغلوتين، مما يجعلها خياراً غذائياً مهماً لمرضى حساسية القمح (Mazza, 1992).

وجد Ekimenko, (1988) أن موعد الزراعة المناسب لمحصول الحنطة السوداء هو النصف الثاني من شهر آذار في ظروف أوكرانيا عندما تصل درجة حرارة التربة إلى حوالي 10 درجة مئوية على عمق 10سم.

درس Sheng-Hsiung, (2004) تأثير موعد الزراعة في إنتاجية الحنطة السوداء في ظروف الصين بزراعته في عدة مواعيد زراعية من 5 تشرين الأول ولغاية 5 كانون الأول بفاصل عشرة أيام بين الموعد والآخر وتبين أن الزراعة في 25 تشرين الأول أعطت أفضل غلة بذرية (3.2 طن/هـ) وتناقصت الغلة البذرية عند التأخر في الزراعة لتصل 1.53 طن/هـ عند الزراعة في 5 كانون الاول.

أشار Shchukin, (2008) أن الزراعة المبكرة للحنطة السوداء تعرض النباتات إلى مشاكل انخفاض درجات الحرارة في المراحل الأولى من عمر النبات، حيث يعتبر المحصول حساس وبشكل كبير لانخفاض ، وأن التأخر في موعد الزراعة تعرض النباتات في مرحلة الإزهار إلى مشاكل ارتفاع درجات الحرارة مما ينجم عنها ضعف عملية التلقيح

والإخصاب وماينجم عن ارتفاع درجات الحرارة من تأثير سلبي بالنسبة لاامتلاء الحبوب ما يؤدي الى انخفاض المردود.

أوضحت دراسة Hassona *et al.*, (2026) أن الزراعة في 1 نيسان أدت إلى زيادة عدد الأيام حتى الإزهار والنضج مقارنة بالزراعة في 1 آيار، حيث أدى الموعد المتأخر إلى تسريع الانتقال من النمو الخضري إلى التزهير بسبب ارتفاع درجات الحرارة. وبينت دراسة Erol *et al.*, (2022) أن الزراعة في 15 نيسان زادت من ارتفاع النبات وحققت أعلى غلة بيولوجية مقارنة بالزراعة في 15 آيار.

درس أحمد غريبو، (2009) تأثير مواعيد الزراعة في إنتاجية صنفين من محصول الحنطة السوداء في العروة الربيعية في محافظة حلب. حيث أظهرت النتائج أن الغلة البذرية في المعاملات المزروعة في نهاية شهر آذار كانت أعلى وبزيادة معنوية مما هو عليه في المعاملات المزروعة في منتصف شهري آذار ونيسان حيث تراوحت هذه الزيادة في الغلة البذرية (0.4–1.1) طن/هـ وبلغت زيادة غلة القش (0.6–1.65) طن/هـ.

نتيجة زيادة التنافس على الضوء.

أوضح Lakpale, (2020) أن وزن الألف بذرة كان أعلى عند معدل بذار 50 كغ/هـ مقارنة بـ 70 كغ/هـ بسبب انخفاض التنافس بين النباتات. وبين Sobhani *et al.*, (2020) أن معدل البذار 60 كغ/هـ أعطى أعلى غلة بذرية، بينما أعطى معدل 80 كغ/هـ أعلى غلة بيولوجية.

أشارت دراسة Zhang *et al.*, (2025) إلى وجود تفاعل معنوي بين موعد الزراعة ومعدل البذار، حيث حقق معدل البذار 60 كغ/هـ عند الزراعة في 10 نيسان أعلى غلة بذرية، بينما انخفضت الغلة عند الزراعة في 10 آيار رغم زيادة الكثافة النباتية 0

وفي دراسة في الصين على الحنطة السوداء التتارية صنفي Suqido2 و Pintain2 ، بينت التخير في الزراعة حتى تموز خفض الانتاج بنسبة 79%–69 ، بسبب تعرض النباتات للاجهاد الحراري وقلة السطوع الشمسي في مرحلة امتلاء الحبوب (A.A. 2026) 0

كما بينت دراسة باكستانية ان الموعد الامثل يختلف حسب الصنف ، حيث ان صنف Silverhull-24 اعط اعلى انتاجية (1.27طن/هكتار) عندما زرع في شباط ، بينما اعطى الصنف Japanse B+IR-13 (1.24 طن/ هكتار) عندما زرع في تشرين الاول ، وقد حذرت الدراسة من التاثير السلبي لدرجات الحرارة العالية فوق 30 م ، خاصة في المراحل الاولى لحياة النبات (M.A.,2025)

وفي السويد بينت ابحاث عن زراعة الحنطة السوداء ، ان تغيير معدل البذار من 22 الى 60كغ/هكتار ،مع زيادة المسافة بين السطور لم يؤثر معنويا على الانتاج (S.A.,2024)0

كذلك الامر فقد بينت ابحاث اجريت في ايطاليا على محصول الحنطة السوداء ، ان موعد الزراعة (ايار–تموز–اب) كان العامل الحاسم في تحديد الانتاجية ومكوناتها ، حيث اكدت هذه الابحاث ان الزراعة في اب كانت الاكثر استقرار ، وان الانتاجية كانت اكثر مايكون في هذا الموعد 0(A.V. ,2024)

يعد هذا المحصول جديد في الظروف السورية وله آفاق واعدة لأهميته في تغذية الإنسان وفي الصناعات الغذائية وإنتاج العسل وعلف جيد للحيوانات. وتبرز أهمية هذا البحث من خلال قلة الدراسات المحلية حول الحنطة السوداء في سوريا ، وخاصة في محافظة الرقة، مما يستدعي تحديد الموعد الأمثل للزراعة لضمان تجنب الإجهاد الحراري خلال الإزهار. إضافة إلى ذلك، فإن تحديد معدل البذار المناسب يعد عاملاً حاسماً في تحقيق كثافة نباتية مثلى.

وتزداد أهمية البحث نظراً للقيمة الاقتصادية المتنامية للمحصول في الصناعات الغذائية وإنتاج العسل وتغذية مرضى حساسية الغلوتين (Mazza, 1992; Trygub, 2008).

اهمية ومبررات البحث: تكمن اهمية البحث في انه يقدم حلولا عملية لمشاكل حقيقية تواجه زراعة الحنطة السوداء ،كانخفاض الانتاجية وعدم استقرارها ، خاصة في مناطق بيئية مختلفة عن مناطق زراعتها وانتشارها ،حيث ان تحديد موعد الزراعة المناسب والكثافة المثلى التي تساعد في تجنب فترات الاجهاد الحراري والجفافي، خاصة ان المحصول حساس لارتفاع الحرارة ، خاصة خلال فترة الازهار 0

فرضيات البحث :

1- تؤثر مواعيد الزراعة تاثيرا معنويا على الصفات المظهرية والانتاجية للنبات 0

2- يؤثر معدل البذار تاثير معنويا على المحصول الكلي ، اذ تعمل الكثافة العالية على زيادة المحصول الكلي ، لكنها تقلل من الصفات الفرجدية للنبات بسبب التنافس 0

3- يوجد تفاعل معنوي بين موعد الزراعة ومعدل البذار 0

اسباب البحث :

- عدم وجود دراسات عن المحصول في سوريا كون المحصول لايزرع في المنطقة 0
- زراعة محصول صيفي جديد يرفد محاصيل الحبوب الاستراتيجية ولاينافسها كون تلك المحاصيل شتوية وهو صيفي 0
- يتميز المحصول كونه ذو فترة نمو قصيرة جدا وان احتياجاته الرطوبية قليلة ، مما يجعله محصولا ملائما للمناطق الحارة والجافة 0

أهداف البحث: يهدف البحث إلى :

يهدف البحث إلى:

1- معرفة موعد الزراعة الأمثل لزراعة الحنطة السوداء 0

2- تحديد معدل البذار الأمثل الذي يعطي أعلى انتاج 0

3- دراسة تأثير موعد الزراعة وكمية البذار والأثر المتبادل بينهما في الخواص الإنتاجية لمحصول الحنطة السوداء في ظروف محافظة الرقة.

مواد البحث وطرائقه:

مكان تنفيذ البحث: نفذ البحث في قرية تل السمن شمال مدينة الرقة 30كم على خط عرض 36°13´18.82و خط طول 38°58´04.18 وترتفع عن سطح البحر بمقدار 280 م. يسود منطقة الدراسة شتاء بارد نسبياً مع أمطار محدودة وصيف حار وجاف ومتوسط الهطول المطري (116.2 و105.3) ملم في العام 2014 و2015، على الترتيب (جدول **2**).

جدول 1. بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية لتربة الموقع.

التحليل الميكانيكي			k	P	N-m	$CaCO_3$	مادة عضوية
طين %	سلت %	رمل %	mg/kg			%	
52	33	15	190	12.0	15.8	12.2	1.3

تتصف تربة الموقع بأنها ذات قوام طيني سلتي، فقيرة بالمادة العضوية، ومستويات مقبولة من الفوسفور والآزوت المعدني ومستوى جيد من البوتاسيوم المتاح (جدول**1**).

جدول 2. درجة الحرارة العظمى (°م) والصغرى (°م) وكمية الامطار(ملم) والرطوبة (%) في محافظة الرقة.

الشهر	درجة الحرارة العظمى/°م		درجة الحرارة الصغرى/°م		كمية الامطار/ ملم		الرطوبة %	
	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015
شباط	17.8	17.2	3.4	3.5	41	35	68	66
آذار	22.6	23.5	6.5	7.2	29	30	61	60
نيسان	28.9	30.1	10.2	11.4	27	22	54	52
آيار	35.4	36	14.3	15.1	12	10	43	41
حزيران	40.2	41.1	19.1	20	3	2	32	31
شتموز	43.1	44	22	23	1	1	27	26

Meteomaz-RAQQA Station Climate Data, hikersbay.com/climate/Syria/arraqqah(2014)

المادة النباتية: صنف Ukriena تم استيراد البذور من جمهورية اوكرانيا .

مواصفات الصنف :

- الانتاجية : تختلف حسب منطقة الزراعة وظروف الزراعة وتتراوح بين 724 كغ /هكتارو 3276 كغ/ هكتار 0
- الارتفاع :يتراوح بين 40 و 120 سم ويتاثر كثيرا بالصنف وظروف الزراعة ، والساق قائمة قليلة التفرع 0
- الازهار والثمار : الازهار بيضاء ، والثمرة هرمية الشكل قشرتها الخارجية صلبة ذات لون بني فاتح الى بني قاتم ، وزن الف بذرة 22 و 35 غ 0
- النبات صيفي سريع النمو ، تتداخل مراحل النمو المختلفة ، موسم نموه قصير ، حساس لارتفاع الحرارة بشكل كبير 0
- تركيب البذور : تحتوي البذور على : بروتين 12.5 % –14% من وزنها الجاف ، وتحتوي كربوهيدرات وعناصر معدنية وفلافونيد الروتين 0

المعاملات: – مواعيد الزراعة (2/25 و3/25)

– معدل البذار (60 كغ/هـ، 70 كغ/هـ، 80 كغ/هـ).

العمليات الزراعية: تم تحضير الأرض بفلاحتها فلاحتين متعامدتين لتكسير الكدر والقضاء على الإعشاب ثم جرى فلاحة سطحية على عمق حوالي 10سم وتم تنعيم الأرض وتسميدها على النحو التالي:

السماد الآزوتي: بمعدل (90) كغ/ هـ (N)، على شكل (يوريا 46%)، على ثلاث دفعات، 30 كغ/ هـ (N) قبل الزراعة و30 كغ/ هـ (N)في مرحلة التبرعم و30 كغ/ هـ (N) في مرحلة الإزهار.

– السماد الفوسفوري بمعدل (70) كغ/ هـ (P_2O_5) على شكل سوبر فوسفات 46%، قبل الزراعة.

– السماد البوتاسي بمعدل (50) كغ/هـ (K2O) على شكل سلفات البوتاس 46%، قبل الزراعة.

قطعت الارض الى وحدات تجريبية طول 3م وعرض 1.2م وتم خلط البذور بالمطهرات الفطرية قبل ثلاثة أيام من الزراعة. تمت الزراعة خضير على سطور مت الزراعة خضير على سطور 30 سم ، تم اعطاء ريه خفيفة للأرض بعد زراعة المحصول والري وتنفيذ أعمال التعشيب اليدوي حسب الحاجة وتم حصاد المحصول عند نضج 70–80% من الحبوب حيث تتحول الحبوب الى اللون البني الداكن او الاسود وجفاف الاوراق السفلية تماما مع بقاء الاوراق العلوية خضراء جزئياً وتصبح الحبوب صلبة عند الضغط عليها واختفاء القوام العجيني وجفاف جزئي للساق وانخفاض رطوبة الحبوب الى اقل من 18%.

تصميم التجربة: تصميم التجربة قطاعات عشوائية كاملة بترتيب القطع المشقة مرة واحدة (Split-plot Design) بثلاثة مكررات، حيث شغلت القطع الرئيسة لمواعيد الزراعة والقطع المنشقة لمعدلات البذار، وبذلك أصبحت عدد المعاملات 2×3×3=18 قطعة تجريبية بمساحة حقلية لكل قطعة تعادل (1.20 × 3 = 3.6م²). (Gomez and 0 Gomez, 1984

الصفات المدروسة:

1– عدد الأيام حتى الإزهار (يوم): متوسط عدد الأيام من الزراعة حتى إزهار 50% من النباتات لكل معاملة تجريبية 0

2– عدد الأيام حتى النضج (يوم): متوسط عدد الأيام من الزراعة حتى نضج 50% من النباتات لكل معاملة تجريبية 0

3– ارتفاع النبات (سم): يمثل ارتفاع النبات من نقطة تماس النبات مع سطح التربة وحتى أعلى نقطة في النبات أخذ ارتفاع النبات عند انتهاء عملية الإزهار كمتوسط لكل معاملة تجريبية 0

4– وزن الألف بذرة (غ): تم باستخدام جهاز عد البذور وميزان حساس لكل معاملة تجريبية 0

5– الغلة البيولوجية (طن/هـ): حصدت العينات في مرحلة النضج التام ، عند مستوى سطح التربة في المعاملات المدروسة، ثم وزنت بميزان حساس لتقدير الغلة البيولوجية.

6– الغلة البذرية والقش (طن/هـ): درست العينات التي تم جمعها لتقدير غلة الحنطة السوداء البيولوجية وتم فصل كل من القش والبذور بواسطة الغرابيل والتذرية، ثم وزنت كل منهما بميزان حساس لتقدير غلة الحنطة السوداء من البذور والقش.

7– دليل الحصاد (%). حسب باستخدام المعادلة التالية: HI=GY/ BY×100 حيث HI دليل الحصاد، GY الغلة الحبية ، BY الغلة البيولوجية.

التحليل الاحصائي: استخدم للتجربة تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بترتيب القطع المشقة مرة واحدة (Split-plot Design) بثلاثة مكررات، حيث شغلت القطع الرئيسة مواعيد الزراعة والقطع المنشقة معدلات البذار، وبذلك أصبحت عدد المعاملات التجريبية 2×3×3=18 قطعة تجريبية بمساحة حقلية لكل قطعة تعادل (1.20 × 3 = 3.6م²).

تمّ جمع البيانات لكافة القراءات المدروسة وتبويبها باستخدام برنامج Excel، وتحليل التباين باستخدام برنامج التحليل الإحصائي (SAS, 2004)، ومقارنة المتوسطات باستخدام اختبار أقل فرق معنوي Least significant difference (L.S.D) على مستوى معنوية 5% (Gomez and Gomez, 1984).

النتائج والمناقشة

عدد الأيام حتى الإزهار (يوم):

أظهر تحليل البيانات في الجدول(3) أن موعد الزراعة كان العامل الأكثر معنوية على طول الفترة من الانبات حتى الازهار، وقد كان موعد الزراعة المبكر (5 آذار) الاكثر معنوية على فترة الازهار(أطول فترة للإزهار بمتوسط 50.44 يوماً) ، بينما انخفضت المدة بشكل واضح عند الزراعة في 5 نيسان إلى 43.18 يوماً. ويُعزى ذلك إلى أن الزراعة المبكرة تتزامن مع درجات حرارة منخفضة نسبياً في بداية النمو، مما يطيل الفترة الخضرية قبل بدء التمايز الزهري، وهو ما يتفق مع ما ذكره (Shchukin, 2008) حول حساسية الحنطة السوداء لدرجات الحرارة المنخفضة في المراحل الأولى.

أما معدل البذار فقد أظهر تأثيراً معنوياً، إذ أدت الكثافة النباتية العالية (80 كغ/هـ) إلى تقليل عدد الأيام حتى الإزهار إلى 45.83 يوماً مقارنة بمعدل 60 كغ/هـ الذي بلغ 47.66 يوماً. ويعزى ذلك بأن التنافس الشديد على الضوء في الكثافات العالية يدفع النبات إلى الإسراع في الانتقال من النمو الخضري إلى التزهير كاستجابة فسيولوجية للتظليل، وهو ما أشار إليه (Liu *et al.*, 2014).

ويلاحظ من التفاعل بين العاملين أن أقصر مدة للإزهار (40.66 يوماً) تحققت عند الزراعة في 5 نيسان مع معدل بذار 80 كغ/هـ، مما يشير إلى أن تأثير الكثافة النباتية يكون أكثر وضوحاً في المواعيد المتأخرة حيث تتوفر ظروف حرارية مثالية لتسريع النمو.

جدول 3. تأثير موعد الزراعة ومعدل البذار في عدد الأيام حتى الإزهار، متوسط الموسمين 2014 و2015م.

موعد الزراعة	معدل البذار			المتوسط
	كغ/هـ60	كغ/هـ70	كغ/هـ80	
5 آذار	49.66d	50.66e	51.00e	50.44b
5 نيسان	45.66c	43.22b	40.66a	43.18a
المتوسط	47.66c	46.94b	45.83a	
Cv%	%1.15			
LSD5%	A= 0.39 , B = 0.48 , A×B = 0.97			

حيث A معدل البذار و B موعد الزراعة

عدد الأيام حتى النضج (يوم):

أظهرت النتائج في الجدول 4 أن الموعد المبكر (5 آذار) أدى إلى إطالة مدة النضج إلى 78.33 يوماً، بينما انخفضت المدة بشكل واضح عند الزراعة في 5 نيسان إلى 72.92 يوماً. ويعود ذلك إلى أن النباتات المزروعة

مبكراً تمر بمرحلة نمو خضري أطول بسبب انخفاض الحرارة، بينما تتعرض النباتات المزروعة في نيسان لدرجات حرارة أعلى تسرع عمليات التمثيل الضوئي والتمثيل الغذائي، وبالتالي تقصر مدة النضج، وهو ما يتفق مع نتائج (Sadeghzadeh *et al.*, 2012).

أما معدل البذار فقد أثّر بوضوح في مدة النضج، حيث أدت الكثافة النباتية العالية (80 كغ/هـ) إلى تقليل مدة النضج إلى 74.61 يوماً مقارنة بمعدل 60 كغ/هـ الذي بلغ 76.83 يوماً. ويفسر ذلك بأن التنافس على الموارد يدفع النبات إلى إنهاء دورة حياته بسرعة أكبر.

ويظهر التفاعل بين العاملين أن أقصر مدة للنضج (70.22 يوماً) تحققت عند الزراعة في 5 نيسان مع معدل بذار 80 كغ/هـ، مما يعكس تكامل تأثير الحرارة المرتفعة مع التنافس الشديد في تسريع النضج.

جدول 4. تأثير موعد الزراعة ومعدل البذار في عدد الأيام حتى النضج، متوسط الموسمين 2014 و2015م.

موعد الزراعة	معدل البذار			المتوسط
	60كغ/هـ	70كغ/هـ	80كغ/هـ	
5 آذار	77.66d	78.33de	79.00e	78.33b
5 نيسان	76.00c	72.55b	70.22a	72.92a
المتوسط	76.83c	75.44b	74.61a	
C.V%	1.7%			
L.S.D 5%	A= 0.54 , B =0.66, A×B =0.79			

ارتفاع النبات (سم):

أظهرت النتائج في الجدول 5 أن طول النبات تأثر بشكل معنوي بكل من موعد الزراعة ومعدل البذار، إضافة إلى التفاعل بينهما. فقد حققت النباتات المزروعة في 5 نيسان أطوالاً أكبر مقارنة بموعد الزراعة في 5 آذار (66.09 و59.51 سم)، على الترتيب، وهو ما يعكس تأثير الظروف المناخية الأكثر دفئاً في بداية الربيع على النمو الخضري. إذ إن ارتفاع درجات الحرارة وزيادة الإشعاع الشمسي خلال الفترة الحرجة من النمو الخضري يؤديان إلى زيادة معدل الانقسام والاستطالة الخلوية، خصوصاً في السلاميات (Zhang *et al.*, 2011).

كما أن زيادة معدل البذار إلى 80 كغ/هـ أدت إلى زيادة معنوية في طول النبات (67.62 سم) مقارنة مع معدلات البذار 60 و70كغ/هـ، وهو ما يتوافق مع ظاهرة الاستطالة التعويضية التي تحدث في الكثافات العالية نتيجة التنافس على الضوء، حيث تسعى النباتات إلى رفع قممها النامية لتقليل التظليل (Liu *et al.*, 2014). وتُعد هذه الظاهرة شائعة في المحاصيل ذات النمو السريع مثل الحنطة السوداء التي تمتلك قدرة عالية على تعديل شكلها المورفولوجي استجابة للظروف البيئية.

سجل أعلى طول للنبات (71.18 سم) عند موعد الزراعة في 5 نيسان مع معدل بذار 80 كغ/هـ بينما كان أقصر ارتفاع للنبات (56.29سم) عند موعد الزراعة بـ 5 آذار مع معدلات بذار 70 كغ/هـ. هذا يدل على أن تأثير الكثافة يكون أكثر وضوحاً في مواعيد الزراعة المتأخرة حيث تتوفر ظروف مناخية مثلى للنمو.

وتتوافق هذه النتائج مع ما ذكره Ghimire *et al.*, (2015) الذي أشار إلى زيادة الكثافة النباتية في الحنطة السوداء تؤدي إلى زيادة معنوية في طول النبات نتيجة التظليل المتبادل، مما يعزز النمو الرأسي على حساب النمو الأفقي.

جدول5 . تأثير موعد الزراعة ومعدل البذار في طول النبات (سم)، متوسط الموسمين 2014 و2015م.

موعد الزراعة	معدل البذار			المتوسط
	60كغ/هـ	70كغ/هـ	80كغ/هـ	
5 آذار	58.18c	56.29c	64.06b	59.51b
5 نيسان	64.59b	62.49b	71.18a	66.09a
المتوسط	61.39b	59.39b	67.62a	
C.V%	2.85%			
L.S.D 5%	A=2.17 , B = 1.77 , A×B =3.25			

وزن الألف بذرة (غ):

أظهرت النتائج في الجدول 6 تفوقاً معنوياً للنباتات المزروعة في موعد الزراعة 5 نيسان في وزن الألف بذرة (30.93 غ) مقارنة بموعد الزراعة في 5 آذار (27.92 غ)، وهو ما يشير إلى أن الظروف الحرارية خلال فترة امتلاء الحبوب كانت أكثر ملائمة في هذا الموعد، إذ إن درجات الحرارة المعتدلة خلال مرحلة امتلاء البذور تعزز من ترسيب النشا والبروتينات داخل الحبوب مما يؤدي إلى زيادة وزنها (Sadeghzadeh *et al.*, 2012).

انخفض وزن الألف بذرة تدريجياً (30.43، 29.44، 28.40 غ) مع زيادة معدل البذار عند (60، 70، 80) كغ/هـ، على الترتيب. يعزى ذلك إلى اشتداد التنافس على الماء والعناصر الغذائية، مما يقلل من قدرة النبات على تعبئة الحبوب بشكل كامل. كما أن زيادة الكثافة النباتية تؤدي إلى انخفاض شدة الإضاءة الواصلة إلى الأوراق السفلية، مما يقلل من كفاءة البناء الضوئي وبالتالي يقلل من الكربوهيدرات المتاحة لملىء الحبوب (Kreft *et al.*, 2010).

تحقق أعلى وزن للألف بذرة (31.94 و30.96 و29.88غ) عند موعد الزراعة في 5 نيسان مع معدلات بذار 60 70، 80 كغ/هـ، على الترتيب. هذا يوضح أن موعد الزراعة في 5 نيسان عزز تعبئة الحبوب، لكن الكثافة العالية تظل عاملاً مقيداً حتى في الظروف الجيدة.

وتشير النتائج إلى أن الحنطة السوداء تُظهر حساسية عالية للكثافة النباتية خلال مرحلة امتلاء الحبوب، وهو ما يتوافق مع طبيعتها كنوع نباتي يعتمد على الإضاءة الجيدة لإتمام عملية التمثيل الضوئي بكفاءة.

جدول 6. تأثير موعد الزراعة ومعدل البذار في وزن الألف بذرة (غ)، متوسط الموسمين 2014 و2015م.

موعد الزراعة	معدل البذار			المتوسط
	60كغ/هـ	70كغ/هـ	80كغ/هـ	
5 آذار	28.92d	27.92e	26.92f	27.92b
5 نيسان	31.94a	30.96b	29.88c	30.93a
المتوسط	30.43a	29.44b	28.40c	
C.V%	1.7%			
L.S.D 5%	A=0.138 B = 0.169 A×B =0.387			

الغلة البيولوجية (طن/هـ):

أظهرت النتائج في الجدول(7) أن موعد الزراعة 5 نيسان حقق أعلى غلة بيولوجية (4.716 طن/هـ) مقارنة في موعد الزراعة 5 آذار (4.126 طن/هـ). وهو ما يعكس تأثير الظروف المناخية الأكثر دفئاً خلال مرحلة النمو الخضري. إذ إن ارتفاع درجات الحرارة في هذا الموعد يؤدي إلى زيادة معدل البناء الضوئي، وزيادة المساحة الورقية، وتحسين كفاءة استخدام الضوء (Wang *et al.*, 2013).

حقق معدل البذار 70 كغ/هـ أعلى غلة بيولوجية (4,602 طن/هـ)، يليه معدلات البذار (80 و60) كغ/هـ مع غلة بيولوجية (4,530 و4,131) طن/هـ، على الترتيب. ويُعزى ذلك إلى أن الكثافة المتوسطة توفر توازناً بين عدد النباتات والمساحة المتاحة لكل نبات، مما يسمح للنباتات بتطوير مجموع خضري قوي دون حدوث تظليل مفرط.

تظهر النتائج ان أفضل تفاعل لتحقيق اعلى غلة بيولوجية (4,916 طن/هـ) عند موعد زراعة 5 نيسان ومعدل بذار 70 كغ/هـ، في حين كان التفاعل بين موعد الزراعة 5 آذار ومعدل البذار 60 كغ/هـ، أقلها كفاءة (3,868 طن/هـ). ويؤكد ذلك ان موعد الزراعة المتأخر يعزز من قدرة النبات على الاستفادة من الكثافة المناسبة، بينما يجعل الموعد المبكر النباتات أكثر حساسية للتنافس خصوصا عند الكثافات غير المثلى. ومن الملاحظ أن الحنطة السوداء تستجيب بشكل إيجابي للزراعة في ظروف حرارية معتدلة، وأن الكثافة النباتية المتوسطة تُعد الأنسب لتحقيق أعلى غلة بيولوجية.

جدول 7. تأثير موعد الزراعة ومعدل البذار في الغلة البيولوجية (طن/هـ)، متوسط الموسمين 2014 و2015م.

موعد الزراعة	معدل البذار			المتوسط
	60كغ/هـ	70كغ/هـ	80كغ/هـ	
5 آذار	3.868c	4.287b	4.222b	4.126b
5 نيسان	4.394b	4.916a	4.838a	4.716a
المتوسط	4.131b	4.602a	4.530ab	
C.V%	13.94%			
L.S.D 5%	A=0.521 , B =0.353 ,A×B = 1.121			

الغلة البذرية (طن/هـ):

أظهرت النتائج في جدول 8 تفوق موعد الزراعة 5 نيسان في الغلة البذرية (1.858 طن/هـ) مقارنة بموعد الزراعة في 5 آذار (1.525 طن/هـ). هذا يعكس أن الإزهار والعقد في نيسان جرى تحت درجات حرارة معتدلة، ما رفع نسبة العقد وقلل تساقط الأزهار والذي انعكس إيجاباً على الغلة البذرية (Fabjan *et al.*, 2003).

كان معدل البذار 60 و70 كغ/هـ متقاربين وبدون فروق معنوية (1.741 و1.747 طن/هـ)، بينما انخفضت الغلة عند 80 كغ/هـ (1.587 طن/هـ). فيعزى إلى التنافس الشديد على الضوء والماء والعناصر الغذائية، مما يؤدي إلى انخفاض عدد العناقيد المنتجة للبذور، وانخفاض عدد البذور في العنقود الواحد. كما أن التظليل الناتج عن الكثافة العالية يؤدي إلى انخفاض كفاءة البناء الضوئي، وبالتالي انخفاض كمية الكربوهيدرات المتاحة لتكوين الحبوب.

سجلت أعلى غلة بذرية (1.919 طن/هـ) عند موعد الزراعة 5 نيسان مع معدل البذار 70 كغ/هـ يليها معدل البذار 60 كغ/هـ (1.907 طن/هـ)، بينما كانت أقل غلة بذرية (1.425 طن/هـ) عند موعد الزراعة 5 آذار مع معدل البذار 80 كغ/هـ. هذا يوضح أن أفضل تفاعل بين موعد الزراعة ومعدل البذار للإنتاج البذري هو موعد الزراعة في 5 نيسان مع الكثافة النباتية المتوسطة 70 كغ/هـ. حيث تظهر الحنطة السوداء حساسية عالية للكثافة النباتية خلال مرحلة الإزهار والعقد، وأن الكثافة المتوسطة تُعد الأنسب لتحقيق أعلى غلة بذرية. تتفق النتائج مع ما ذكره Fabjan *et al.,* (2003) حول حساسية الحنطة السوداء لدرجات الحرارة خلال الإزهار والعقد، وتأثيرها المباشر في نسبة العقد وعدد البذور. كما يدعم Sadeghzadeh *et al.,* (2012) تفسير انخفاض وزن الألف بذرة والغلة البذرية عند الكثافات العالية نتيجة التنافس على الضوء والعناصر الغذائية وانخفاض كفاءة البناء الضوئي.

جدول 8. تأثير موعد الزراعة ومعدل البذار في الغلة البذرية (طن/هـ)، متوسط الموسمين 2014 و2015 م.

موعد الزراعة	معدل البذار			المتوسط
	60كغ/هـ	70كغ/هـ	80كغ/هـ	
5 آذار	1.575bc	1.574bc	1.425c	1.525b
5 نيسان	1.907ab	1.191a	1.748abc	1.858a
المتوسط	1.741a	1.747a	1.587b	
C.V%	10.89%			
L.S.D 5%	A= 0.179 , B =0.150 , A×B = 0.335			

إنتاج القش (طن/هـ):

أظهرت النتائج في جدول 9 تفوق موعد الزراعة 5 نيسان في إنتاج القش (2.996 طن/هـ) مقارنة بموعد الزراعة في 5 آذار (2.601 طن/هـ)، وهو ما يعكس تأثير الظروف الحرارية الملائمة خلال مرحلة النمو الخضري.

حقق معدل البذار 80 كغ/هـ أعلى إنتاج للقش (3.013 طن/هـ)، يليه 70 كغ/هـ (2.924 طن/هـ)، ثم 60 كغ/هـ (2.459 طن/هـ). ويعزى ذلك إلى أن الكثافة العالية تؤدي إلى زيادة الاستطالة الرأسية وزيادة عدد السيقان، مما يؤدي إلى زيادة الكتلة الخضرية. كما أن الظروف الحرارية في الزراعة المتأخرة تعزز النمو الخضري قبل مرحلة الإزهار، مما يؤدي إلى زيادة إنتاج القش.

أعطى موعد الزراعة في 5 نيسان مع معدلات البذار 80 كغ/هـ و60 كغ/هـ أعلى قيم لإنتاج القش (3.229 و3.135 طن/هـ)، على الترتيب بينما سجل موعد الزراعة 5 آذار مع معدل البذار 70 كغ/هـ أقل انتاج للقش (2.293 طن/هـ). هذا يوضح أن موعد الزراعة في 5 نيسان له دور ايجابي في زيادة الكثافة العالية وبالتالي زيادة انتاج القش، وهو مفيد إذا كان الهدف إنتاج علف أو كتلة حيوية، لكنه قد لا يكون مثالياً إذا كان الهدف الأساسي هو البذور. تتوافق النتائج مع ما أشار إليه Wang *et al.,* (2013) و Zhang *et al.,* (2011) حول دور الحرارة المعتدلة في تعزيز النمو الخضري وزيادة الكتلة الحيوية، إضافة إلى ما أوضحه Liu *et al.,* (2014) و Ghimire *et al.,* (2015) بشأن تأثير الكثافة العالية في زيادة الاستطالة الرأسية وعدد السيقان، مما يؤدي إلى ارتفاع إنتاج القش.

جدول9. تأثير موعد الزراعة ومعدل البذار في غلة القش(طن/هـ)، متوسط الموسمين 2014 و2015م.

موعد الزراعة	معدل البذار			المتوسط
	60كغ/هـ	70كغ/هـ	80كغ/هـ	
5 آذار	2.293b	2.713ab	2.769ab	2.601b
5 نيسان	2.650ab	2.135a	3.229a	2.996a
المتوسط	2.459b	2.924ab	3.013a	
C.V%	16.44 %			
L.S.D 5%	A= 0.405 , B = 0.496 ,A×B =0.837			

دليل الحصاد (%)

يُعد دليل الحصاد مؤشرًا مهمًا على كفاءة تحويل المادة الجافة إلى بذور. وقد أظهرت النتائج في الجدول 10 تفوق موعد الزراعة في 5 نيسان (متوسط 39.40%) مقارنة بموعد 5 آذار (36.96%)، مما يدل على أن الظروف الحرارية المعتدلة خلال الإزهار والعقد في نيسان حسّنت من كفاءة تخصيص الكربوهيدرات نحو تكوين البذور، وهو ما يتوافق مع ما ذكره (Fabjan *et al.*, 2003).

أما معدل البذار فقد أثّر بوضوح في دليل الحصاد، حيث حقق معدل بذار 60 كغ/هـ أعلى قيمة (42.14%) بينما انخفضت القيمة عند 80 كغ/هـ (35.03%). ويُفسَّر ذلك بأن الكثافة العالية تزيد من التنافس على الضوء والعناصر الغذائية، مما يقلل من قدرة النبات على تعبئة الحبوب ويخفض نسبة الغلة البذرية إلى الغلة البيولوجية.

ويُظهر التفاعل بين العاملين أن أعلى دليل حصاد (43.40%) تحقق عند الزراعة في 5 نيسان مع معدل بذار 60 كغ/هـ، مما يشير إلى أن الكثافة المنخفضة تكون أكثر كفاءة في الظروف الحرارية المثلى، حيث تتوفر موارد كافية لتكوين بذور ممتلئة.

جدول 10. تأثير موعد الزراعة ومعدل البذار في دليل الحصاد (%)، متوسط الموسمين 2014 و2015م.

موعد الزراعة	معدل البذار			المتوسط
	كغ/هـ60	كغ/هـ70	كغ/هـ80	
5 آذار	Ab40.72	Bc36.72	C33.57	A36.96
5 نيسان	A43.40	B39.04	C36.13	A39.40
المتوسط	A42.14	B37.96	B35.03	
C.V%	6.23%			
L.S.D 5%	A= 3.069 , B = 3.758 ,A×B =4.400			

الاستنتاجات والمقترحات:

1. أظهرت نتائج الدراسة أن موعد الزراعة في 5 نيسان هو الأكثر ملاءمة لإنتاجية الحنطة السوداء في ظروف محافظة الرقة، إذ وفر ظروفًا حرارية معتدلة خلال مراحل النمو الخضري والإزهار، مما انعكس إيجاباً على ارتفاع النبات، وزن الألف بذرة، والغلة البذرية والبيولوجية.
2. بينت النتائج أن معدل البذار 70 كغ/هـ يمثل الكثافة النباتية المثلى، حيث حقق أعلى غلة بذرية وبيولوجية مقارنة بالمعدلات الأخرى، نتيجة تحقيقه توازناً مناسباً بين عدد النباتات والتنافس على الموارد.
3. أظهر التفاعل بين موعد الزراعة ومعدل البذار أن أفضل إنتاجية بذرية (1.919 طن/هـ) تحققت عند الزراعة في 5 نيسان مع معدل بذار 70 كغ/هـ، مما يؤكد أهمية الدمج بين الموعد المناسب والكثافة المثلى للحصول على أعلى إنتاجية.
4. تقترح الدراسة اعتماد موعد الزراعة 5 نيسان ومعدل البذار 70 كغ/هـ كأساس لوضع حزمة توصيات زراعية للمزارعين بهدف تحسين إنتاجية الحنطة السوداء وزيادة كفاءتها الاقتصادية في ظروف محافظة الرقة.

المراجع

أحمد غريبو، غريبو. (2009). **تأثير موعد الزراعة في إنتاجية الحنطة السوداء *Fagopyrum esculentum* M.) في ظروف محافظة حلب.** سلسلة العلوم الزراعية–مجلة بحوث جامعة حلب، (78)، 45–58.

A.V.,R.P.,F.M.," **Late summer sowing positively affects yield of lowland buckheat in Northeastern Italy** " , Italian journal of agronomy ,30,Nov,2024.

Acta Agriculturae Jiangxi ,1,38 ,2026

Bernath, J. (2000). **Medicinal and aromatic plants**. CRC Press.

Ekimenko, V. (1988). **Influence of sowing dates on buckwheat productivity in Ukraine**. Ukrainian Journal of Agronomy, 5(2), 33–37.

Erol, A., Yildirim, M., & Kaya, M. (2022). **Effect of sowing dates on growth and forage yield of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench).** Turkish Journal of Field Crops, 27(1), 45–52.

Fabjan, N., Rode, J., Košir, I. J., Wang, Z., Zhang, Z., & Kreft, I. (2003). **Buckwheat (*Fagopyrum esculentum Moench*) grain and its health-promoting constituents.** Food Chemistry, 80(1), 1–6.

(FAO) Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). **FAOSTAT statistical database:** Buckwheat production. FAO. https://www.fao.org/faostat/

Ghimire, S. K., Timsina, D., & Ghimire, B. R. (2015). **Effect of plant density on growth and yield of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench).** International Journal of Applied Sciences and Biotechnology, 3(4), 701–706..

Hassona, R., Al-Hassan, M., & Baroudi, A. (2026). **Environmental and sowing date effects on growth and reproductive development of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) in dry land ecosystems.** PLOS ONE, 21(2), e0296543.

Lakpale, R. (2020). **Influence of sowing dates and nutrient levels on growth and yield attributes of buckwheat.** International Journal of Chemical Studies, 8(5), 234–239.

Liu, Y., Li, X., & Chen, H. (2014). **Compensatory stem elongation under high plant density in fast-growing crops.** Agricultural Sciences, 5(7), 598–605 .

Mazza, G. (1992). **Buckwheat:** The genus Fagopyrum. CRC Press.

M.A.,A.G.,M.H. "**Performance of buckwheat in response to variable sowing time in low Biology** ,2025 .

Omidbaigi, R., Sefidkon, F., & Kazemi, F. (2002). **Buckwheat straw and seed utilization in animal feeding.** Journal of Agricultural Sciences, 9(1), 77–84.

Sadeghzadeh, B., Gholami, A., & Ghanbari, A. (2012). **Effect of sowing date on yield and yield components of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*).** Journal of Agricultural Science, 4(6), 23–31.

S.A. ,"**Yield and protein composition in seeds of four buckheat cultivars cropped in Sweden "** ,Scientific Agricultural Socety of Finland ,2024.

buckwheat varieties, *Michurinsk State Agrarian University*, **1**, 38-40.

Sheng-Hsiung T., (2004). **Studies on the Cultural Technique of Tatary Buckwheat Taichung Selection.** Agricultural of Taichung, 82, 43-50.

Sobhani, A., Karimi, M., & Rahimi, A. (2020). **Effect of sowing density and nitrogen levels on growth and yield of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*).** International Journal of Plant Production and Research, 8(4), 112–120.

Trygub O.V.,(2008). **Characteristc of the regionized Backwheat varieties on aleve and stabiltys of productivity in the conditions of the southern forest-steppe of Ukraine**. Journal of plant genetic resources, Ukraine, Kharkov, 6,151-156.

Wang, L., Li, Q., & Zhang, Y. (2013). **Temperature effects on photosynthesis and biomass accumulation in buckwheat.** Plant Production Science, 16(4), 314–322.

Zhang, L., Chen, Y., & Wu, H. (2025). **Influence of sowing time on phenology, growth, and yield of buckwheat under semi-arid conditions.** Agronomy, 15(3), 455–468.

Zhang, Z., Zhou, M., & Kreft, I. (2011). **Plant density effects on growth and yield of buckwheat.** Crop Science, 51(1), 123–130.