مجلة ارض الشام
المجلد (3) العدد(1)
335-303 :(2024)

مؤسسة أرض الشام

Sham's Land Journal
Vol. (3) No.(1)
(2024): 303-335

أثر الرش والإضافة الأرضية لمركبات السيليكون على امتصاص بعض المغذيات ونمو وإنتاجية أشجار التفاح

عمر الجباعي[1]

1. باحث omaralgebee230@gmail.com

الملخص:

هدف البحث إلى دراسة تأثير طريقة الإضافة لمركبات السيليكون (الرش الورقي، الإضافة الأرضية) ونوعية مركبات السيليكون (حمض السيليسيك، سيليكات البوتاسيوم) على امتصاص بعض المغذيات وعلى نمو وإنتاجية ونوعية الثمار لأشجار التفاح.

نفذت الدراسة في محافظة السويداء لأنها تتمتع بإنتاج أفضل أنواع التفاح في سورية. ونفذت التجربة في موقعين مختلفين بالظروف المناخية وبظروف التربة (أم حوران وحبران). وتم تنفيذ التجربة بتصميم القطاعات المنشقة المنشقة، حيث وزعت القطع الرئيسة على طريقة الإضافة (الرش الورقي، الإضافة الأرضية) والقطع المنشقة على نوعية مركبات السيليكون (حمض السيليسيك، سيليكات البوتاسيوم) والقطع المنشقة المنشقة على تركيز السيليكون (0، 25، 50 جزء في المليون). وبالتالي كان عدد المعاملات 12 معاملة، وبثلاث مكررات، وكان المجموع 36 شجرة في كل موقع. وتم توزيع معاملات الرش على أربع رشات بفاصل زمني أسبوعين، وبكميات تتناسب مع المجموع الخضري للشجرة، تبدأ الرشة الأولى بعد شهر من بداية ظهور الأوراق. بينما أضيفت الإضافة الأرضية دفعة واحدة حول الشجرة على بعد متر واحد من مركز الشجرة، وعلى عمق 15 سم في نهاية شهر آذار.

بينت النتائج أن جميع معاملات السيليكون عززت المؤشرات الفيزيولوجية والإنتاجية لأشجار التفاح في كلا نوعي التفاح وفي منطقتي الدراسة. وتفوقت معاملات الإضافة الأرضية على معاملات الرش الورقي لسيليكات البوتاسيوم، بينما تفوقت معاملات الرش الورقي على معاملات الإضافة الأرضية لحمض السيليسيك، في متوسط وزن وحدة المساحة لأوراق أشجار التفاح في منطقتي الدراسة.

حقوق النشر: مجلة أرض الشام سورية
https://journal.shamlands.sy/index.php/SLJ
تاريخ الايداع:2024/4/1 تاريخ النشر: 2024/5/5

كما يزداد وزن وحدة المساحة لأوراق أشجار التفاح مع زيادة تركيز السيليكون المضاف، سواء بالرش الورقي أو عن طريق الإضافة الأرضية، وانعكست هذه الزيادة على الإنتاجية لأشجار التفاح، والتي لوحظت من خلال علاقة الارتباط العالية بين متوسط وزن وحدة المساحة للأوراق مع متوسط الإنتاجية لأشجار التفاح في كلا نوعي التفاح وفي منطقتي الدراسة. كما تفوقت معاملات الإضافة الأرضية على معاملات الرش الورقي لمركبات السيليكون في متوسط وزن الثمرة والإنتاجية لأشجار التفاح في منطقتي الدراسة، بينما تفوقت معاملات الرش الورقي على معاملات الإضافة الأرضية لمركبات السيليكون في متوسط عدد الثمار لأشجار التفاح في منطقتي الدراسة. وعززت جميع معاملات السيليكون تركيز العناصر الغذائية وبعض مؤشرات النوعية لثمار أشجار التفاح في كلا نوعي التفاح وفي منطقتي الدراسة.

وتفوقت معاملات الإضافة الأرضية على معاملات الرش الورقي لمركبات السيليكون في تركيز العناصر الغذائية والنسبة المئوية لمحتوى المواد الصلبة الذائبة في ثمار أشجار التفاح لكلا نوعي التفاح في منطقتي الدراسة. كما تفوقت معاملات حمض السيليسيك على معاملات سيليكات البوتاسيوم في تركيز بعض العناصر الغذائية والنسبة المئوية للحموض القابلة للمعايرة في ثمار أشجار التفاح لكلا نوعي التفاح في منطقتي الدراسة. كما يزداد تركيز العناصر الغذائية وبعض مؤشرات النوعية لثمار أشجار التفاح في كلا نوعي التفاح وفي منطقتي الدراسة، مع زيادة تركيز السيليكون المضاف سواء بالرش الورقي أو عن طريق الإضافة الأرضية، حيث انعكست هذه الزيادة من خلال الزيادة في وزن وحدة المساحة لأوراق أشجار التفاح والتي لوحظت من خلال علاقات الارتباط العالية بين متوسط وزن وحدة المساحة للأوراق مع تركيز العناصر الغذائية وبعض مؤشرات النوعية لثمار أشجار التفاح في كلا نوعي التفاح وفي منطقتي الدراسة.

لذلك يقترح إضافة حمض السيليسيك في التربة دفعة واحدة حول الشجرة على بعد 1 م من مركز الشجرة وعلى عمق 15 سم في نهاية آذار بتركيز 50 ملغ/كغ، أي حوالي 28 غ سيليكون. وفي حال قلة المال، يقترح رش أشجار التفاح بحمض السيليسيك بتركيز 50 ملغ/ل أربع رشات بفاصل زمني أسبوعين وبكميات تتناسب مع المجموع الخضري للشجرة، تبدأ الرشة الأولى بعد شهر من بداية ظهور الأوراق.

الكلمات المفتاحية : السيليكون، حمض السيليسيك، سيليكات البوتاسيوم، التفاح

Effect of Foliar and Ground Addition of Silicon Compounds on the Uptake of Some Nutrients, the Growth and Productivity of Apple Trees

Omar Al-Jabaei[1]
1. Prepare omaralgebee230@gmail.com

Abstract:
The aim of the research is to study the effect of the addition method of silicon compounds (foliar spray, ground addition) and the quality of silicon compounds (silicic acid, potassium silicate) on the absorption of some nutrients and on the growth, productivity and quality of fruits of apple trees.
The study was carried out in Sweida governorate because it enjoys producing the best types of apples in Syria. The experiment was carried out in two locations with different climatic and soil conditions (Umm Houran and Habran). The experiment was carried out with the design of fissile sectors, where the main pieces were distributed on the method of addition (foliar spray, ground addition) and the split pieces on the type of silicon compounds (silicic acid, potassium silicate) and the split pieces on the silicon concentration (0, 25, 50 ppm).). Consequently, the number of transactions was 12, and in three replications, and the total was 36 trees in each site. The spraying treatments were distributed to four sprays at a two-week interval and in quantities commensurate with the shoot of the tree. The first spray begins a month after the beginning of the emergence of the leaves. While the addition of the ground was added at once around the tree at a distance of one meter from the center of the tree and at a depth of 15 cm at the end of the month of March.
The results showed that all the silicon treatments enhanced the physiological and productivity indicators of apple trees in both types of apple and in the two study areas. The ground addition coefficients outperformed the potassium silicate foliar spray coefficients, while the foliar application treatments outperformed the ground addition coefficients for silicic acid, in the average weight per unit area of apple tree leaves in the two study areas. The weight of the unit area of the leaves of the apple trees also increased with the increase in the concentration of the added silicon, whether by foliar spray or by ground addition, and this increase was reflected in the productivity of apple trees, which was observed through the high correlation between the average unit area weight of the leaves with the average productivity of apple trees in both types. Apple and in the two study areas. The ground addition coefficients outperformed the foliar application coefficients for the silicon compounds in the average fruit weight and the

productivity of apple trees in the two study areas, while the foliar application coefficients outperformed the ground addition coefficients for the silicon compounds in the average number of fruits for apple trees in the two study areas. All silicon treatments enhanced the concentration of nutrients and some quality indicators of apple tree fruits in both types of apples and in the two study areas. The ground addition coefficients outperformed the foliar spray treatments for silicon compounds in the concentration of nutrients and the percentage of dissolved solids content in the fruits of apple trees for both types of apples in the two study areas. The silicic acid treatments outperformed the potassium silicate treatments in the concentration of some nutrients and the percentage of titratable acids in the fruits of apple trees for both types of apples in the two study areas. The concentration of nutrients and some quality indicators of apple trees' fruits increased in both types of apples and in the two study areas, with an increase in the concentration of added silicon, either by foliar spray or by ground addition, as this increase was reflected by the increase in the weight of the unit area of apple tree leaves, which was observed from Through the high correlations between the average weight per unit area of leaves with the concentration of nutrients and some quality indicators of the fruit of apple trees in both types of apples and in the two study areas.

Therefore, it is suggested to add silicic acid in the soil at once around the tree at a distance of 1 m from the center of the tree and at a depth of 15 cm at the end of March at a concentration of 50 mg / kg, which is about 28 g of silicon. In the event of a lack of money, it is suggested to spray the apple trees with silicic acid at a concentration of 50 mg / l. Four sprays at an interval of two weeks and in quantities commensurate with the shoot of the tree. The first spray begins a month after the beginning of the emergence of the leaves.

Keywords: Silicon, Silicic Acid, Potassium Silicate, Apples

1_1_ المقدمة:

بشكل عام، في أكثر مناطق إنتاج الفاكهة التقليدية، تكون برامج التسميد على أساس خصوبة التربة ومتطلبات الأشجار والحالة التغذوية للمحصول. وتتم مقارنة نتائج تحاليل التربة وأنسجة النبات مع نطاقات المغذيات الحرجة حسب احتمالية استجابة النباتات لإضافة المغذيات. وتنظر بعض الأنظمة أيضاً معايير التوصية الأخرى، مثل الإنتاج المتوقع ونمو النبات، الذي يمكن تقديره بواسطة طول المجموع الخضري الجديد وتحليل الثمار، كما هو الحال في حالة الأشجار. ولا تستند كل إرشادات توصية الأسمدة لمحاصيل الفاكهة المعتدلة إلى نتائج دراسات إقليمية طويلة المدى. بعض التوصيات لأشجار الفاكهة مثل تلك التي أنشئت في الإصدارات الأولى المنشورة في دليل التسميد والقيود لدول ريو غراندي دو سول وسانتا كاتارينا، تفتقر للنتائج التي تم جمعها إقليمياً (CQFS-RS/SC, 2004).

يؤدي توافر المغذيات المفرطة مقارنة بمتطلبات النبات إلى نتائج سلبية مثل قوام النبات المفرط وقلة المحصول ولون بشرة الثمار وإجهاض الأزهار (Martín et al., 2004 ; Huber and Jones, 2013)، وكذلك زيادة الإصابة بالأمراض الفطرية على الأوراق والفاكهة (Huber and Thompson, 2007). وفي كثير من الأحيان، لا يتم ملاحظة زيادة في محصول الفاكهة لأن توافر مغذيات التربة موجود بالفعل ضمن النطاق المناسب (Mengel and Kirkby, 2001)؛ وفوق العتبة العليا، فمن المتوقع ظهور أعراض السمية. وفي بعض الأحيان حتى عندما يكون توافر مغذيات التربة أقل من الحد الأدنى، لا تستجيب الأشجار للتسميد لأن احتياطي المغذيات يتراكم في الأعضاء المعمّرة في السنوات السابقة (Brunetto et al., 2014a).

يعد السيليكون مكوناً رئيسياً في القشرة الأرضية، التي تشكل معادن السيليكات. وتخضع هذه المعادن في التربة للتجوية الكيميائية والفيزيائية، مما يؤدي إلى تحرر Si في المحلول، والذي يتم دمجه مع العناصر الأخرى لتشكل معادن الطين أو يتحرر نحو التيارات والمحيطات أو يُمتص بوساطة الغطاء النباتي. وكان تأثير Si النبات على تطور التربة موضحاً أولاً من قِبَلِ (Lovering and Engel, 1959) الذي حسب أن هكتار واحد من الغابات يمكن أن يستخلص ما يقرب من 5000 طن من Si في 5000 سنة، أي ما يعادل 30 سم من طبقة البازلت. وأثناء تحلل التبن، يعاد حقن Si النبات في التربة، ويمكن أن تشكل تجمعاً مهماً من Si في التربة (Lucas et al., 1993). وقدَّر (Conley, 2002) أن الكمية السنوية من السيليكا المخزنة في النباتات (200–60 طن مول/سنة) يكون لها نفس حجم كمية Si المثبتة بواسطة diatoms في المحيطات (240 طن مول/سنة). وبالتالي فإن كمية Si المتراكمة بواسطة النباتات هي مؤشر مهم في الأداء الطبيعي لتطور التربة وفي التحكم على معدلات الانجراف القاري.

في الزراعة، لا يعتبر Si بشكل عام عنصراً ضرورياً. ومن المفترض حالياً أيضاً أن Si غير محدود في التربة. ومع ذلك، يمكن أن تأخذ المحاصيل Si بمعدل أسرع بكثير مما هو في النظم الطبيعية: 300 كغ هكتار سنة لقصب السكر (Meyer and Keeping, 2001) و500 كغ هكتار سنة للأرز (Makabe et al., 2009) مقارنة بـ 41–67 كغ هكتار سنة للغابات الاستوائية (Alexandre ; Lucas et al., 1993 et al., 1997)، 22–67 كغ هكتار سنة للأراضي العشبية الأمريكية (Blecker et al., 2006) و2.3–44 كغ هكتار سنة للغابات المعتدلة (Bartoli, 1983؛ Cornelis et al., ; Gérard et al., 2008 2010). وحسب (Matichenkov and Bocharnikova, 2001) أن 210–224 مليون طن من Si تتم إزالته من التربة المزروعة كل عام. وهذا الرقم هو من نفس حجم التدفق السنوي للسيليكا المذابة من الأنهار إلى المحيطات (Berner and Berner, 1996)، ويوضح أن الزراعة قد يكون لها تأثير كبير في نطاق عالمي. في الواقع، اقترح (Savant et al., 1997a) أن عدم إعادة دمج القش في الحقل قد يؤدي إلى نضوب Si المتاح للنبات في التربة مع انخفاض عائد الحبوب.

التسميد الورقي (أو التغذية الورقية) هو تطبيق المغذيات والهرمونات النباتية والمنشطات الحيوية والمواد المفيدة الأخرى على الأوراق وسوق النباتات. ويمكن أن يحسن تطبيق هذه المواد أثناء نمو وتطور النبات التوازن الغذائي للمحاصيل، والذي بدوره يؤدي إلى زيادة الغلة والجودة، ومقاومة أكبر للأمراض والآفات الحشرية وتحسين تحمل الجفاف.

منذ خمسينات القرن الماضي وما بعدها، كانت تستخدم التغذية الورقية في الزراعة بشكل متزايد النطاق، بالمغذيات الكبرى والصغرى، مثل النيتروجين والبوتاسيوم والفوسفور والزنك والنحاس والبورون والمنغنيز والكوبالت والكروم والكالسيوم والفلورايد واليود والحديد والموليبدينوم والسيلينيوم (Boyton, 1954; Alexander, 1985).

في الوقت الحاضر، يعتبر التطبيق الورقي للمغذيات الصغرى والمنشطات الحيوية طريقة مهمة للتغذية (الورقية)، وفي بعض الحالات تكون هذه التطبيقات أكثر فعالية من التطبيق على التربة (Fernández and Eichert, 2009; Fernández et al, 2013).

خلال العقود الثلاثة الماضية، تم استخدام مواد أخرى، بما في ذلك منظِّمات نمو النبات، مثل حمض الأبسيسيك وحمض الجبرليك والمنشطات الحيوية، والتي يتم تطبيقها على شكل رذاذ ورقي. والمنشطات الحيوية النباتية هي المواد أو الكائنات الحية الدقيقة المطبقة على النباتات بهدف تعزيز امتصاص المغذيات وكفاءة المغذيات وسمات جودة المحاصيل وتحمل الإجهاد غير الحيوي، بغض النظر عن محتوى المواد الغذائية (Du Jardin, 2015)، ومن بين المنشطات الحيوية المركبات غير العضوية بما في ذلك السيليكون (Savvas and Ntatsi, 2015). فالتعريف الحديث لمركبات السيليكون؛ هو أنها

منشطات حيوية في لوائح الاتحاد الأوروبي. وفي أماكن أخرى، تُستخدم مركبات Si كتعديلات للتربة وتصنف أحياناً كأسمدة. وقد بدأ استخدام Si كسماد في خمسينيات القرن العشرين في اليابان، وهو الآن واسع الانتشار (Guntzer et al. 2012; Haynes, 2014). الأساس المنطقي لاستخدام الرش الورقي بمركبات السيليكون هو الافتراض بأن تغذية Si الورقية يمكن أن تعوض عن الامتصاص المنخفض بوساطة الجذور في حالة انخفاض توفر السيليكون القابل للامتصاص في التربة، والتعقيد نسبياً لعملية امتصاص Si بوساطة الجذور، مما يؤدي إلى تعزيز امتصاص السيليكون مع الآثار المفيدة.

وفقاً لتقارير الفاو، يتم إزالة ما يقرب من 210– 224 طن من السيليكون من الترب الزراعية في العالم كل عام، لأن الأسمدة المحتوية على السيليكون لا تضاف إلى التربة، مع انخفاض استخدام الأسمدة العضوية، وقد انخفض محتوى السيليكون في التربة بطريقة قد تؤثر على إنتاج النبات.

قد تسهم المنشطات الحيوية التي تحتوي على المواد الغذائية المعدنية مثل الزنك والسيليكون مع الكالسيوم في تعزيز بنية جدار الخلية (Ferguson et al. 1999)، وبالتالي السماح بالحفاظ على سمات جودة الثمار لفترة أطول. ولهذا أهمية خاصة لنظام إنتاج التفاح التي تفتقر حالياً إلى أي وسيلة مفيدة لإدارة الاضطرابات الفيزيولوجية للتفاح أثناء التخزين.

1_2_ أهمية الدراسة:

يجب تسميد أشجار الفاكهة المعتدلة، مثل العنب والتفاح والكمثرى عندما لا تستطيع التربة توفير كمية كافية من العناصر الغذائية لتغذية النبات لتحقيق أقصى قدر من الغلة. ومع ذلك يبدو أن هذا المفهوم البسيط لم يتم بعد فهمه تماماً. ويعتبر التسميد من أكثر أدوات فعالية لزيادة الأرباح في زراعة شجرة الفاكهة. وأثارت الاستجابة الإيجابية للأعضاء الخضرية والثمرية للأشجار إلى المغذيات المضافة الاستخدامَ العام للأسمدة مع اهتمام ضئيل لمتطلبات الشجرة الفعلي. ومع ذلك، في ضوء زيادة السوق العالمية، أصبحت الاستراتيجية الآن تحسينَ جودة الفاكهة لتقديم منتج يلبي احتياجات طلب العملاء من حيث الخصائص الحسية والخصائص الوظيفية والبيئة.

للحفاظ على مزيد من النمو وجودة التفاح، لابد من تنفيذ الوسائل البيئية الزراعية الجديدة، مثل المركبات الحاوية على السيليكون، في إدارة النظم البستانية. وسوف يتم اختبار بعض المواد المختارة لأول مرة على أشجار التفاح في سورية. ويجب أن يتبع استخدام هذه الوسائل الجديدة على أي حال المعلومات المستمدة من البحوث العلمية السليمة عن آثارها الفيزيولوجية والكيميائية الحيوية على النبات. ولهذه الغاية اقتُرِحَت هذه الدراسة للتحقيق في آثار تطبيق بعض مركبات السيليكون على النمو والإنتاج ونوعية الثمار لأشجار التفاح المزروعة في المنطقة الرئيسية لإنتاج أفضل أنواع التفاح في سورية؛ ألا وهي السويداء.

1_3_ أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى:

1- تأثير طريقة الإضافة لمركبات السيليكون (الرش الورقي، الإضافة الأرضية) على امتصاص بعض المغذيات وعلى نمو وإنتاجية ونوعية الثمار لأشجار التفاح.

2- تأثير نوعية مركبات السيليكون (حمض السيليسيك، سيليكات البوتاسيوم) على امتصاص بعض المغذيات وعلى نمو وإنتاجية ونوعية الثمار لأشجار التفاح.

1_3_ موقع الدراسة:

نُفِّذَت الدراسة في محافظة السويداء لأنها تتمتع بإنتاج أفضل أنواع التفاح في سورية، ونفذت التجربة في موقعين مختلفين بالظروف المناخية وبظروف التربة.

المنطقة الأولى أم حوران: تبعد عن السويداء حوالي 14 كم شرقاً، وترتفع عن سطح البحر 1800 م، وتكثر فيها الثلوج، ويزيد معدل الهطل المطري عن 650 ملم. وتشكلت تربة هذه المنطقة من الصخرة الأم البازلتية. وأدى العامل الطبوغرافي دوراً واضحاً في عمق مقطع التربة وتطوره. وتنتشر فيها آلاف الأشجار من التفاح. وتعتمد كافة الزراعات فيها على مياه الأمطار.

المنطقة الثانية حبران: تقع جانب امتداد سد العين في الأراضي الواقعة بين حبران والقريا، جنوب السويداء بحوالي 20 كم، وتبعد عن المنطقة الأولى 13 كم باتجاه الجنوب الغربي، وتعتبر أخفض مناطق زراعة التفاح بالمحافظة، وترتفع عن سطح البحر 1278 م. تعتمد بالري على الأمطار والسقي عبر شبكات التنقيط الواصلة من السد المجاور. ويزرع فيها التفاح والإجاص والعنب، وتربتها غنية كونها منبسطة، وهي امتداد لمنطقة أم حوران، وأخفض بحوالي 500 م تقريباً، وتحيط بها بعض التضاريس والصخور المتشكلة من المنطقة.

أُخِذَت عينة تربة مركبة من كل موقع على عمق 0-30 سم، وحُدِّدَت بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية الأساسية بالطرائق العالمية المعروفة، وعرضت نتائج التحليل في الجدول 1.

الجدول 1: الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربتي منطقة الدراسة.

العمق سم	التحليل الميكانيكي %				pH	$CaCO_3$ %		OM %	EC mm/cm	CEC مليمكافئ/100 غ تربة
	الرمل	السلت	الطين	القوام		الكلية	الفعالة			
الموقع الأول – أم حوران										
0-30	56	18	26	رملي طيني لومي	6.95	آثار		1.1	0.146	18.17
الموقع الثاني – حبران										
0-30	46	18	36	رملي طيني	8.23	15.25	5.5	0.8	0.174	27.15

يلاحظ من الجدول 1، أن الرقم الهيدروجيني لمعلق عينات الترب بالماء المقطر تراوح بين 6.95 و8.23، وحسب تصنيف درجة الـ PH تعتبر تربة أم حوران معتدلة وتربة حبران متوسطة القلوية أو قاعدية. كما يلاحظ أن النسبة المئوية للكربونات الكلية تراوحت بين آثار و15.25%، وبالتالي تعتبر تربة أم حوران فقيرة جداً بالكربونات الكلية، أما تربة حبران فتعتبر متوسطة المحتوى من الكربونات الكلية. كذلك يتبين من الجدول 1، أن قوام تربة أم حوران رملي طيني لومي وتربة حبران رملي طيني، وذلك حسب تصنيف مثلث القوام الأمريكي. أما بالنسبة للمادة العضوية فتراوحت بين 0.8% و1.1%، وبالتالي تعتبر تربتا الموقعين فقيرتي المحتوى بالمادة العضوية.

3_2_ المواد المستخدمة:

3_2_1_ حمض السيليسيك H_4SiO_4: تم تحضيره حسب اقتراح (Alexand et al., 1954) عن طريق إذابة SiO_2 (ثاني أكسيد السيليكون، الوزن الجزيئي 60.08) في الماء المقطر، ومن ثم قياس تركيز السيليكون والرقم الهيدروجيني في المحلول المحضر.

3_2_2_ سيليكات البوتاسيوم K_2SiO_3: تم تحضيره حسب اقتراح (Alexand et al., 1954) عن طريق إذابة 1 غ من SiO_2 (ثاني أكسيد السيليكون، الوزن الجزيئي 60.08) في 100 مل من KOH 0.1 نظامي (هيدروكسيد البوتاسيوم، 5.6 غ / لتر) لمدة 24 ساعة، ثم التخفيف إلى 1 لتر.

3_3_ طرائق العمل:

تم تنفيذ التجربة بتصميم القطاعات المنشقة المنشقة، حيث وزعت القطع الرئيسة على طريقة الإضافة (الرش الورقي، الإضافة الأرضية)، والقطع المنشقة على نوعية مركبات السيليكون (حمض السيليسيك، سيليكات البوتاسيوم)، والقطع المنشقة المنشقة على تركيز السيليكون (0، 25، 50 جزء في المليون). وبالتالي كان عدد المعاملات 12 معاملة، وبثلاث مكررات، وكان المجموع 36 شجرة في كل موقع. وكانت معاملات التجربة كالتالي:

1- الرش الورقي بحمض السيليسيك بتركيز 0 ملغ Si/ل (معاملة الشاهد).
2- الرش الورقي بحمض السيليسيك بتركيز 25 ملغ Si/ل.
3- الرش الورقي بحمض السيليسيك بتركيز 50 ملغ Si/ل.
4- الرش الورقي بسيليكات البوتاسيوم بتركيز 0 ملغ Si/ل (معاملة الشاهد).
5- الرش الورقي بسيليكات البوتاسيوم بتركيز 25 ملغ Si/ل.
6- الرش الورقي بسيليكات البوتاسيوم بتركيز 50 ملغ Si/ل.
7- الإضافة الأرضية لحمض السيليسيك بتركيز 0 ملغ/كغ (معاملة الشاهد).

8- الإضافة الأرضية لحمض السيليسيك بتركيز 25 ملغ/كغ.
9- الإضافة الأرضية لحمض السيليسيك بتركيز 50 ملغ/كغ.
10- الإضافة الأرضية لسيليكات البوتاسيوم بتركيز 0 ملغ/كغ (معاملة الشاهد).
11- الإضافة الأرضية لسيليكات البوتاسيوم بتركيز 25 ملغ/كغ.
12- الإضافة الأرضية لسيليكات البوتاسيوم بتركيز 50 ملغ/كغ.

تم توزيع معاملات الرش على أربع رشات بفاصل زمني أسبوعين، وبكميات تتناسب مع المجموع الخضري للشجرة، تبدأ الرشة الأولى بعد شهر من بداية ظهور الأوراق. بينما أضيفت الإضافة الأرضية دفعة واحدة حول الشجرة على بعد متر واحد من مركز الشجرة، وعلى عمق 15 سم في نهاية شهر آذار (بعد إذابتها بالماء لضمان التوزيع المتساوي حول الشجرة)، وبالتالي رش حوالي 30 ل في الرشات الأربعة (5-5-10-10 ل)، وكانت الكمية المضافة من السيليكون (750-1500 ملغ)، بينما كان وزن التربة في المساحة التي وضع فيها السماد 552.64 كغ وكانت الكمية المضافة من السيليكون حوالي (28-14 غ). وأضيفت أسمدة NPK حسب توصية وزارة الزراعة. في نهاية موسم النمو أُخذت بعض القراءات المرتبطة بالغلة (وزن وحدة المساحة للأوراق من كل شجرة على أساس غ/سم^2، وزن الثمرة الواحدة، عدد الثمار للشجرة، إنتاجية الشجرة الواحدة)، كما أُخذت عينات من الثمار، وحُلِّل محتواها من NPK والحديد والزنك والنحاس بعد هضم العينات بالماء الملكي، وكذلك بعض المؤشرات النوعية (النسبة المئوية لمحتوى المواد الصلبة الذائبة والنسبة المئوية للحموض القابلة للمعايرة).

التحليل الإحصائي: تم تحليل التباين باستخدام برنامج Genstat V. 12، واختبار معنوية الفروق بين المعاملات باختبار LSD عند مستوى معنوية 0.05، كما تم استخدام t Test.

النتائج والمناقشة:

تأثير طريقة الإضافة وتركيز ونوعية مركبات السيليكون في بعض المؤشرات الإنتاجية لأشجار التفاح:

4_2_1_ في منطقة أم حوران:

4_2_1_1_ في التفاح الأحمر:

يعرض في الجدول 6، تأثير طريقة الإضافة وتركيز ونوعية مركبات السيليكون في متوسط وزن الثمرة لأشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران.

الجدول 6: تأثير طريقة الإضافة وتركيز ونوعية مركبات السيليكون
في متوسط وزن الثمرة غ/ثمرة لأشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران.

طريقة الإضافة	حمض السيليسيك ملغ Si/كغ أو ل			سيليكات البوتاسيوم ملغ Si/كغ أو ل		
	0	25	50	0	25	50
الإضافة الأرضية	300.09 d	334.63 b	358.05 a	300.09 d	317.44 c	331.46 b
الرش الورقي	300.09 d	299.32 d	301.80 d	300.09 d	295.72 d	299.30 d

المتوسطات

طريقة الإضافة M		نوعية مركبات السيليكون S		تركيز السيليكون T		
أرضية	ورقية	حمض السيليسيك	سيليكات البوتاسيوم	0	25	50
323.63	299.39	315.66	307.35	300.09	311.78	322.65

الدراسة الإحصائية

	M	S	T	M*S	M*T	S*T	M*S*T
p	<0.01	<0.01	<0.001	<0.05	<0.001	<0.01	<0.05
$L.S.D_{0.05}$	4.279	4.661	4.001	4.803	5.047	5.808	7.569
C.V. %	3.8						

يلاحظ من الجدول 6، وجود فروق معنوية جداً $p<0.01$ في متوسط وزن الثمرة لأشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران بين طريقتي إضافة مركبات السيليكون، حيث كان متوسط وزن الثمرة في الإضافة الأرضية 323.63 غ/ثمرة، وفي الرش الورقي 299.39 غ/ثمرة.

كما يلاحظ من الجدول 6، وجود فروق معنوية جداً $p<0.01$ في متوسط وزن الثمرة لأشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران بين نوعي مركبات السيليكون المستخدمين في الدراسة، حيث كان متوسط وزن الثمرة في حالة استخدام حمض السيليسيك 315.66 غ/ثمرة وفي حالة استخدام سيليكات البوتاسيوم 307.35 غ/ثمرة.

كما يلاحظ من الجدول 6، وجود فروق معنوية جداً $p<0.001$ في متوسط وزن الثمرة لأشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران بين تراكيز السيليكون المضافة، حيث كان متوسط وزن الثمرة 300.09 و311.78 و322.65 غ/ثمرة عند استخدام 0 و25 و50 ملغ Si/كغ أو ل على التوالي.

كذلك يلاحظ من الجدول 6، وجود فروق معنوية ومعنوية جداً $p<0.05$ و$p<0.01$ و$p<0.001$ في متوسط وزن الثمرة لأشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران للتأثير المشترك لطريقة الإضافة ونوعية مركبات السيليكون ولطريقة الإضافة وتركيز مركبات السيليكون ولنوعية وتركيز مركبات السيليكون ولطريقة الإضافة ونوعية وتركيز مركبات السيليكون. وقد تفوقت جميع معاملات الإضافة الأرضية فقط على معاملة الشاهد، بينما معاملات الرش الورقي لم تتفوق على معاملة الشاهد، وكانت معاملة الإضافة

الأرضية لحمض السيليسيك بتركيز 50 ملغ/ل أفضل المعاملات، حيث كان وزن الثمرة فيها 358.05 غ/ثمرة، بينما كان في معاملة الشاهد 300.09 غ/ثمرة.

يعرض في الجدول 7، تأثير طريقة الإضافة وتركيز ونوعية مركبات السيليكون في متوسط عدد الثمار لأشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران.

الجدول 7: تأثير طريقة الإضافة وتركيز ونوعية مركبات السيليكون
في متوسط عدد الثمار ثمرة/شجرة لأشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران.

طريقة الإضافة	حمض السيليسيك ملغ Si/كغ أو ل			سيليكات البوتاسيوم ملغ Si/كغ أو ل		
	0	25	50	0	25	50
الإضافة الأرضية	299.67 h	314.67 f	326.67 d	299.67 h	311.67 g	320.67 e
الرش الورقي	299.67 h	334.00 b	357.67 a	299.67 h	320.00 e	330.67 c

المتوسطات

طريقة الإضافة M		نوعية مركبات السيليكون S		تركيز السيليكون T		
أرضية	ورقية	حمض السيليسيك	سيليكات البوتاسيوم	0	25	50
312.17	323.61	322.06	313.72	299.67	320.08	333.92

الدراسة الإحصائية

	M	S	T	M*S	M*T	S*T	M*S*T
p	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
$L.S.D_{0.05}$	0.862	0.597	1.189	0.733	1.425	1.430	2.015
C.V. %	2.00						

يلاحظ من الجدول 7، وجود فروق معنوية جداً $p<0.001$ في متوسط عدد الثمار لأشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران بين طريقتي إضافة مركبات السيليكون، حيث كان متوسط عدد الثمار في الإضافة الأرضية 312.17 ثمرة، وفي الرش الورقي 323.61 ثمرة.

كما يلاحظ من الجدول 7، وجود فروق معنوية جداً $p<0.001$ في متوسط عدد الثمار لأشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران بين نوعي مركبات السيليكون المستخدمين في الدراسة، حيث كان متوسط عدد الثمار في حالة استخدام حمض السيليسيك 322.06 ثمرة، وفي حالة استخدام سيليكات البوتاسيوم 313.72 ثمرة.

كما يلاحظ من الجدول 7، وجود فروق معنوية جداً $p<0.001$ في متوسط عدد الثمار لأشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران بين تراكيز السيليكون المضافة، حيث كان متوسط عدد الثمار 299.67 و320.08 و333.92 ثمرة عند استخدام 0 و25 و50 ملغ Si/كغ أو ل على التوالي.

كذلك يلاحظ من الجدول 7، وجود فروق معنوية جداً $p<0.001$ في متوسط عدد الثمار لأشجار التفاح

الأحمر في منطقة أم حوران للتأثير المشترك لطريقة الإضافة ونوعية مركبات السيليكون ولطريقة الإضافة وتركيز مركبات السيليكون ولنوعية وتركيز مركبات السيليكون ولطريقة الإضافة ونوعية وتركيز مركبات السيليكون. وقد تفوقت جميع المعاملات على معاملة الشاهد، وكانت معاملة الرش الورقي لحمض السيليسيك بتركيز 50 ملغ/ل أفضل المعاملات، حيث كان عدد الثمار فيها 357.67 ثمرة/شجرة، بينما كان في معاملة الشاهد 299.67 ثمرة/شجرة.

يعرض في الجدول 8، تأثير طريقة الإضافة وتركيز ونوعية مركبات السيليكون في متوسط الإنتاجية لأشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران.

الجدول 8: تأثير طريقة الإضافة وتركيز ونوعية مركبات السيليكون في متوسط الإنتاجية كغ/شجرة لأشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران.

طريقة الإضافة	حمض السيليسيك ملغ Si/كغ أو ل			سيليكات البوتاسيوم ملغ Si/كغ أو ل		
	0	25	50	0	25	50
الإضافة الأرضية	90.00 g	105.33 d	117.00 a	90.00 g	100.80 e	112.50 b
الرش الورقي	90.00 g	100.00 e	108.00 c	90.00 g	94.67 f	99.00 e

المتوسطات

طريقة الإضافة M		نوعية مركبات السيليكون S		تركيز السيليكون T		
أرضية	ورقية	حمض السيليسيك	سيليكات البوتاسيوم	0	25	50
101.28	96.94	101.72	96.50	90.00	99.75	107.58

الدراسة الإحصائية

	M	S	T	M*S	M*T	S*T	M*S*T
p	<0.01	<0.001	<0.001	n.s	<0.001	<0.001	n.s
$L.S.D_{0.05}$	1.656	1.495	1.310	1.620	1.720	1.885	2.504
C.V. %	5.8						

يلاحظ من الجدول 8، وجود فروق معنوية جداً $p<0.01$ في متوسط الإنتاجية لأشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران بين طريقتي إضافة مركبات السيليكون، حيث كان متوسط الإنتاجية في الإضافة الأرضية 101.28 كغ/شجرة وفي الرش الورقي 96.94 كغ/شجرة.

كما يلاحظ من الجدول 8، وجود فروق معنوية جداً $p<0.01$ في متوسط الإنتاجية لأشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران بين نوعي مركبات السيليكون المستخدمين في الدراسة، حيث كان متوسط الإنتاجية في حالة استخدام حمض السيليسيك 101.72 كغ/شجرة، وفي حالة استخدام سيليكات البوتاسيوم 96.50 كغ/شجرة.

كما يلاحظ من الجدول 8، وجود فروق معنوية جداً $p<0.001$ في متوسط الإنتاجية لأشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران بين تراكيز السيليكون المضافة، حيث كان متوسط الإنتاجية 90.00

و99.75 و107.58 كغ/شجرة عند استخدام 0 و25 و50 ملغ Si/كغ أو ل على التوالي.

كذلك يلاحظ من الجدول 8، عدم وجود فروق معنوية في متوسط الإنتاجية لأشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران للتأثير المشترك لطريقة الإضافة ونوعية مركبات السيليكون ولطريقة الإضافة ونوعية وتركيز مركبات السيليكون، ووجود فروق معنوية جداً $p<0.001$ في متوسط الإنتاجية لأشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران للتأثير المشترك لطريقة الإضافة وتركيز مركبات السيليكون ولنوعية وتركيز مركبات السيليكون. وقد تفوقت جميع المعاملات على معاملة الشاهد. وكانت معاملة الإضافة الأرضية لحمض السيليسيك بتركيز 50 ملغ/ل أفضل المعاملات، حيث كانت الإنتاجية فيها 117 كغ/شجرة، بينما كانت في معاملة الشاهد 90 كغ/شجرة.

_2_2_ في منطقة حبران:

4_2_2_1_ في التفاح الأحمر:

يعرض في الجدول 12، تأثير طريقة الإضافة وتركيز ونوعية مركبات السيليكون في متوسط وزن الثمرة لأشجار التفاح الأحمر في منطقة حبران.

الجدول 12: تأثير طريقة الإضافة وتركيز ونوعية مركبات السيليكون في متوسط وزن الثمرة غ/ثمرة لأشجار التفاح الأحمر في منطقة حبران.

طريقة الإضافة	حمض السيليسيك ملغ Si/كغ أو ل			سيليكات البوتاسيوم ملغ Si/كغ أو ل		
	0	25	50	0	25	50
الإضافة الأرضية	167.95 d	178.06 b	190.05 a	167.95 d	171.33 c	176.32 bc
الرش الورقي	167.95 d	166.35 d	168.25 d	167.95 d	167.58 d	167.77 d

المتوسطات

طريقة الإضافة M		نوعية مركبات السيليكون S		تركيز السيليكون T		
أرضية	ورقية	حمض السيليسيك	سيليكات البوتاسيوم	0	25	50
176.37	167.64	173.10	170.91	167.95	171.21	176.87

الدراسة الإحصائية

	M	S	T	M*S	M*T	S*T	M*S*T
p	<0.01	n.s	<0.001	n.s	<0.001	n.s	n.s
$L.S.D_{0.05}$	3.303	3.154	3.397	3.356	4.213	4.539	6.133
C.V. %	6.7						

يلاحظ من الجدول 12، وجود فروق معنوية جداً $p<0.01$ في متوسط وزن الثمرة لأشجار التفاح الأحمر في منطقة حبران بين طريقتي إضافة مركبات السيليكون، حيث كان متوسط وزن الثمرة في الإضافة

الأرضية 176.37 غ/ثمرة وفي الرش الورقي 167.64 غ/ثمرة.

كما يلاحظ من الجدول 12، عدم وجود فروق معنوية في متوسط وزن الثمرة لأشجار التفاح الأحمر في منطقة حبران بين نوعي مركبات السيليكون المستخدمين في الدراسة، حيث كان متوسط وزن الثمرة في حالة استخدام حمض السيليسيك 173.10 غ/ثمرة وفي حالة استخدام سيليكات البوتاسيوم 170.91 غ/ثمرة.

كما يلاحظ من الجدول 12، وجود فروق معنوية جداً $p<0.001$ في متوسط وزن الثمرة لأشجار التفاح الأحمر في منطقة حبران بين تراكيز السيليكون المضافة، حيث كان متوسط وزن الثمرة 167.95 و171.21 و176.87 غ/ثمرة عند استخدام 0 و25 و50 ملغ Si/كغ أو ل على التوالي.

كذلك يلاحظ من الجدول 12، عدم وجود فروق معنوية في متوسط وزن الثمرة لأشجار التفاح الأحمر في منطقة حبران للتأثير المشترك لطريقة الإضافة ونوعية مركبات السيليكون ولنوعية وتركيز مركبات السيليكون ولطريقة الإضافة ونوعية وتركيز مركبات السيليكون، ووجود فروق معنوية جداً $p<0.001$ لطريقة الإضافة وتركيز مركبات السيليكون. وقد تفوقت جميع معاملات الإضافة الأرضية فقط على معاملة الشاهد، بينما معاملات الرش الورقي لم تتفوق على معاملة الشاهد، وكانت معاملة الإضافة الأرضية لحمض السيليسيك بتركيز 50 ملغ/ل أفضل المعاملات، حيث كان وزن الثمرة فيها 190.05 غ/ثمرة، بينما كان في معاملة الشاهد 167.95 غ/ثمرة.

يعرض في الجدول 13، تأثير طريقة الإضافة وتركيز ونوعية مركبات السيليكون في متوسط عدد الثمار لأشجار التفاح الأحمر في منطقة حبران.

الجدول 13: تأثير طريقة الإضافة وتركيز ونوعية مركبات السيليكون في متوسط عدد الثمار ثمرة/شجرة لأشجار التفاح الأحمر في منطقة حبران.

طريقة الإضافة	حمض السيليسيك ملغ Si/كغ أو ل			سيليكات البوتاسيوم ملغ Si/كغ أو ل		
	0	25	50	0	25	50
الإضافة الأرضية	428.33 e	445.33 d	461.00 c	428.33 e	445.33 d	461.00 c
الرش الورقي	428.33 e	466.67 b	501.00 a	428.33 e	445.33 d	462.67 c

المتوسطات

طريقة الإضافة M		نوعية مركبات السيليكون S		تركيز السيليكون T		
أرضية	ورقية	حمض السيليسيك	سيليكات البوتاسيوم	0	25	50
444.89	455.39	455.11	445.17	428.33	450.67	471.42

الدراسة الإحصائية

	M	S	T	M*S	M*T	S*T	M*S*T
p	<0.01	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
$L.S.D_{0.05}$	2.898	0.672	1.158	2.538	2.222	1.413	2.494
C.V. %	1.4						

يلاحظ من الجدول 13، وجود فروق معنوية جداً $p<0.01$ في متوسط عدد الثمار لأشجار التفاح الأحمر في منطقة حبران بين طريقتي إضافة مركبات السيليكون، حيث كان متوسط عدد الثمار في الإضافة الأرضية 444.89 ثمرة وفي الرش الورقي 455.39 ثمرة.

كما يلاحظ من الجدول 13، وجود فروق معنوية جداً $p<0.001$ في متوسط عدد الثمار لأشجار التفاح الأحمر في منطقة حبران بين نوعي مركبات السيليكون المستخدمين في الدراسة، حيث كان متوسط عدد الثمار في حالة استخدام حمض السيليسيك 455.11 ثمرة وفي حالة استخدام سيليكات البوتاسيوم 445.17 ثمرة.

كما يلاحظ من الجدول 13، وجود فروق معنوية جداً $p<0.001$ في متوسط عدد الثمار لأشجار التفاح الأحمر في منطقة حبران بين تراكيز السيليكون المضافة، حيث كان متوسط عدد الثمار 428.33 و450.67 و471.42 ثمرة عند استخدام 0 و25 و50 ملغ Si/كغ أو ل على التوالي.

كذلك يلاحظ من الجدول 13، وجود فروق معنوية جدا $p<0.001$ في متوسط عدد الثمار لأشجار التفاح الأحمر في منطقة حبران للتأثير المشترك لطريقة الإضافة ونوعية مركبات السيليكون ولطريقة الإضافة وتركيز مركبات السيليكون ولنوعية وتركيز مركبات السيليكون ولطريقة الإضافة ونوعية وتركيز مركبات السيليكون. وقد تفوقت جميع المعاملات على معاملة الشاهد، وكانت معاملة الرش الورقي لحمض السيليسيك بتركيز 50 ملغ/ل أفضل المعاملات، حيث كان عدد الثمار فيها 501 ثمرة/شجرة، بينما كان في معاملة الشاهد 428.33 ثمرة/شجرة.

يعرض في الجدول 14، تأثير طريقة الإضافة وتركيز ونوعية مركبات السيليكون في متوسط الإنتاجية لأشجار التفاح الأحمر في منطقة حبران.

الجدول 14: تأثير طريقة الإضافة وتركيز ونوعية مركبات السيليكون في متوسط الإنتاجية كغ/شجرة لأشجار التفاح الأحمر في منطقة حبران.

طريقة الإضافة	حمض السيليسيك ملغ Si/كغ أو ل			سيليكات البوتاسيوم ملغ Si/كغ أو ل		
	0	25	50	0	25	50
الإضافة الأرضية	72.00 e	79.33 c	87.67 a	72.00 e	77.00 cd	83.67 b
الرش الورقي	72.00 e	77.67 c	84.33 b	72.00 e	74.67 d	77.67 c

المتوسطات

طريقة الإضافة M		نوعية مركبات السيليكون S		تركيز السيليكون T		
أرضية	ورقية	حمض السيليسيك	سيليكات البوتاسيوم	0	25	50
78.61	76.39	78.83	76.17	72.00	77.17	83.33

الدراسة الإحصائية							
	M*S*T	S*T	M*T	M*S	T	S	M
p	n.s	<0.01	<0.05	n.s	<0.001	<0.01	<0.05
$L.S.D_{0.05}$	2.583	1.940	1.736	1.359	1.450	1.353	1.042
C.V. %	8.00						

يلاحظ من الجدول 14، وجود فروق معنوية $p<0.05$ في متوسط الإنتاجية لأشجار التفاح الأحمر في منطقة حبران بين طريقتي إضافة مركبات السيليكون، حيث كان متوسط الإنتاجية في الإضافة الأرضية 78.61 كغ/شجرة وفي الرش الورقي 76.39 كغ/شجرة.

كما يلاحظ من الجدول 14، وجود فروق معنوية جداً $p<0.01$ في متوسط الإنتاجية لأشجار التفاح الأحمر في منطقة حبران بين نوعي مركبات السيليكون المستخدمين في الدراسة، حيث كان متوسط الإنتاجية في حالة استخدام حمض السيليسيك 78.83 كغ/شجرة وفي حالة استخدام سيليكات البوتاسيوم 76.17 كغ/شجرة.

كما يلاحظ من الجدول 14، وجود فروق معنوية جداً $p<0.001$ في متوسط الإنتاجية لأشجار التفاح الأحمر في منطقة حبران بين تراكيز السيليكون المضافة، حيث كان متوسط 72.00 و77.17 و83.33 كغ/شجرة عند استخدام 0 و25 و50 ملغ Si/كغ أو ل على التوالي.

كذلك يلاحظ من الجدول 14، عدم وجود فروق معنوية في متوسط الإنتاجية لأشجار التفاح الأحمر في منطقة حبران للتأثير المشترك لطريقة الإضافة ونوعية مركبات السيليكون ولطريقة الإضافة ونوعية وتركيز مركبات السيليكون، ووجود فروق معنوية ومعنوية جدا $p<0.05$ و$p<0.01$ لطريقة الإضافة وتركيز مركبات السيليكون ولنوعية وتركيز مركبات السيليكون. وقد تفوقت جميع المعاملات على معاملة الشاهد، وكانت معاملة الإضافة الأرضية لحمض السيليسيك بتركيز 50 ملغ/ل أفضل المعاملات، حيث كانت الإنتاجية فيها 87.67 كغ/شجرة، بينما كانت في معاملة الشاهد 72 كغ/شجرة.

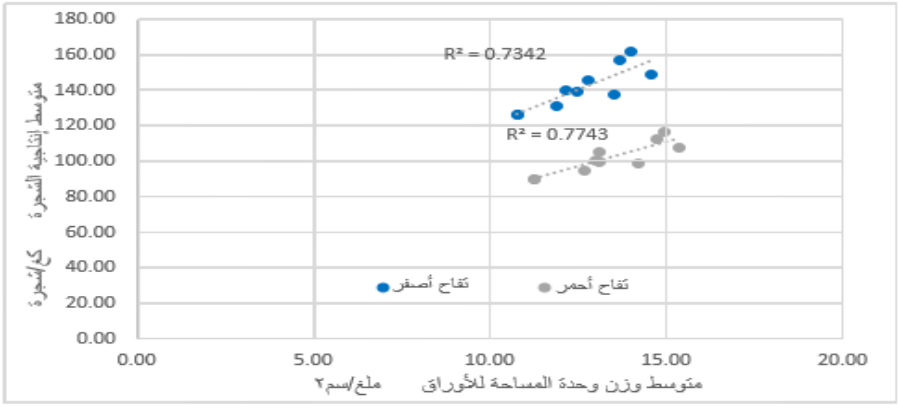
المناقشة:

عززت جميع معاملات السيليكون المؤشرات الفيزيولوجية والإنتاجية لأشجار التفاح في كلا نوعي التفاح وفي منطقتي الدراسة، وذلك بسبب أدوار السيليكون التي يلعبها داخل النبات، المذكورة سابقاً، وهذا يتوافق مع كثير من الدراسات السابقة (على سبيل المثال: More et al. 2017; Greger et al, 2018).

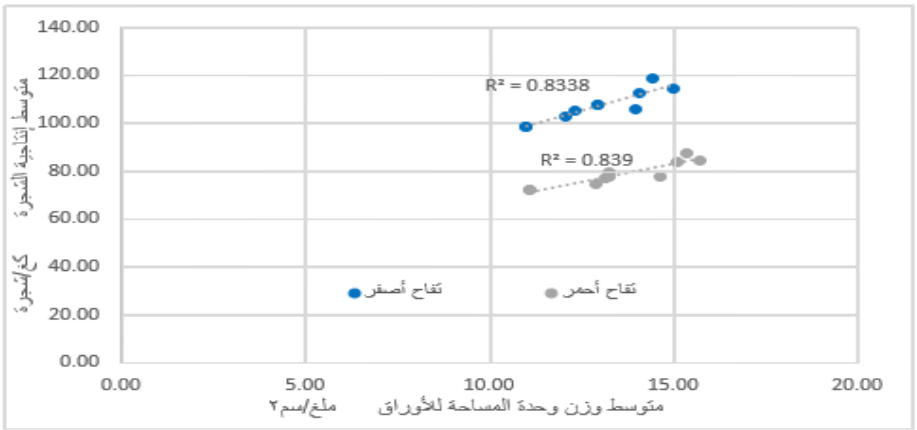
كما تفوقت معاملات الإضافة الأرضية على معاملات الرش الورقي لسيليكات البوتاسيوم، بينما تفوقت معاملات الرش الورقي على معاملات الإضافة الأرضية لحمض السيليسيك، في متوسط وزن وحدة المساحة لأوراق أشجار التفاح في منطقتي الدراسة، وقد يكون هذا بسبب الرقم الهيدروجيني المائل للقلوية لمركب سيليكات البوتاسيوم، وبذلك يضعف تأثيره عن طريق الرش الورقي، وهذا يتوافق مع (Laane, 2008).

كما أن وزن وحدة المساحة لأوراق أشجار التفاح يزداد مع زيادة تركيز السيليكون المضاف سواء بالرش الورقي أو عن طريق الإضافة الأرضية، لأن السيليكون ينتقل إلى المجموع الخضري، وهناك يتركز ويتبلمر إلى السيليكا غير القابلة للذوبان مشكلة طبقة جيل السيليكا بين البشرة وخلايا البشرة، وهذا يتوافق مع (Dobona et al., 2017 ; Wang et al., 2017). وانعكست هذه الزيادة على الإنتاجية لأشجار التفاح والتي لوحظت من خلال علاقة الارتباط العالية بين متوسط وزن وحدة المساحة للأوراق مع متوسط الإنتاجية لأشجار التفاح في كلا نوعي التفاح وفي منطقتي الدراسة، وعرضت هذه العلاقة في الأشكال 1 و2.

الشكل 1: العلاقة بين متوسط وزن وحدة المساحة للأوراق مع متوسط الإنتاجية لأشجار التفاح في منطقة أم حوران.



الشكل 2: العلاقة بين متوسط وزن وحدة المساحة للأوراق مع متوسط الإنتاجية لأشجار التفاح في منطقة حبران.



كما تفوقت معاملات الإضافة الأرضية على معاملات الرش الورقي لمركبات السيليكون في متوسط وزن الثمرة والإنتاجية لأشجار التفاح في منطقتي الدراسة، بينما تفوقت معاملات الرش الورقي على معاملات الإضافة الأرضية لمركبات السيليكون في متوسط عدد الثمار لأشجار التفاح في منطقتي الدراسة، وهذا يدل على زيادة نسبة العقد، حيث أن رش السيليكون أربع رشات يعزز من قوة جدار الخلايا في منطقة اتصال الثمرة بالدابرة، وهذا يتوافق مع كثير من الدراسات (Saleem and Joody, 2019 ; Ahmed et al., 2012 ; More et al., 2017).

4_3_ تأثير طريقة الإضافة وتركيز ونوعية مركبات السيليكون في بعض المؤشرات النوعية وتركيز بعض العناصر الغذائية في ثمار أشجار التفاح:

4_3_1_ في منطقة أم حوران:

4_3_1_1_ في التفاح الأحمر:

يعرض في الجدول 18، تأثير طريقة الإضافة وتركيز ونوعية مركبات السيليكون في متوسط بعض المؤشرات النوعية وتركيز بعض العناصر الغذائية في ثمار أشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران.

الجدول 18: تأثير طريقة الإضافة وتركيز ونوعية مركبات السيليكون في متوسط بعض المؤشرات النوعية وتركيز بعض العناصر الغذائية في ثمار أشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران.

المعاملات		S.S	الحموضة	Si	Zn	Cu	Fe	K	P	N
		%	%	ملغ/كغ				%		
الإضافة الأرضية										
الشاهد		11.50	0.45	52.30	18.10	10.30	113	1.35	0.14	2.35
حمض السيليسيك	25 ملغ/كغ	12.80	0.53	84.50	19.00	11.80	131	1.40	0.16	2.52
	50 ملغ/كغ	14.20	0.65	110.40	20.10	13.20	150	1.52	0.18	2.70
سيليكات البوتاسيوم	25 ملغ/كغ	12.70	0.50	81.60	18.90	11.50	127	1.43	0.15	2.47
	50 ملغ/كغ	14.00	0.62	105.90	19.80	12.90	145	1.55	0.17	2.64
الرش الورقي										
الشاهد		11.50	0.45	52.30	18.10	10.30	113	1.35	0.14	2.35
حمض السيليسيك	25 ملغ/كغ	12.20	0.51	57.70	18.50	11.00	124	1.37	0.15	2.43
	50 ملغ/كغ	13.00	0.57	62.50	19.00	11.90	135	1.40	0.16	2.55
سيليكات البوتاسيوم	25 ملغ/كغ	11.80	0.48	56.90	18.30	10.80	119	1.39	0.14	2.40
	50 ملغ/كغ	12.30	0.53	61.30	18.60	11.30	125	1.45	0.15	2.45
الدراسة الإحصائية										
طريقة الإضافة	اختبار t	<0.05	n.s	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.001	<0.05	<0.05
نوعية مركبات السيليكون	اختبار t	n.s	<0.001	n.s	<0.05	<0.05	<0.05	<0.001	n.s	<0.05
تركيز مركبات السيليكون	اختبار t	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

يلاحظ من الجدول 18، وجود فروق معنوية في متوسط تركيز الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم والحديد والنحاس والزنك والسيليكون في ثمار أشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران بين طريقتي إضافة مركبات السيليكون، حيث تفوقت معاملات الإضافة الأرضية على معاملات الرش الورقي.

كما يلاحظ من الجدول 18، وجود فروق معنوية في متوسط تركيز الآزوت والبوتاسيوم والحديد والنحاس والزنك، بينما لا توجد فروق معنوية في متوسط تركيز الفوسفور والسيليكون، في ثمار أشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران بين نوعي مركبات السيليكون المستخدمين في الدراسة، حيث تفوقت معاملات حمض السيليسيك على معاملات سيليكات البوتاسيوم.

كما يلاحظ من الجدول 18، وجود فروق معنوية جداً $p<0.01$ في متوسط تركيز الآزوت والفوسفور والبوتاسيوم والحديد والنحاس والزنك والسيليكون في ثمار أشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران بين تراكيز السيليكون المضافة.

أما بالنسبة لمؤشرات النوعية، فيلاحظ من الجدول 18، وجود فرق معنوي في متوسط النسبة المئوية لمحتوى المواد الصلبة الذائبة، بينما لا يوجد فرق معنوي في متوسط النسبة المئوية للحموض القابلة للمعايرة، في ثمار أشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران بين طريقتي إضافة مركبات السيليكون.

كما يلاحظ من الجدول 18، وجود فرق معنوي في متوسط النسبة المئوية للحموض القابلة للمعايرة، بينما لا يوجد فرق معنوي في متوسط النسبة المئوية لمحتوى المواد الصلبة الذائبة، في ثمار أشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران بين نوعي مركبات السيليكون المستخدمين في الدراسة.

كما يلاحظ من الجدول 18، وجود فروق معنوية جدا $p<0.01$ في متوسط النسبة المئوية للحموض القابلة للمعايرة والنسبة المئوية لمحتوى المواد الصلبة الذائبة في ثمار أشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران بين تراكيز السيليكون المضافة.

المناقشة:

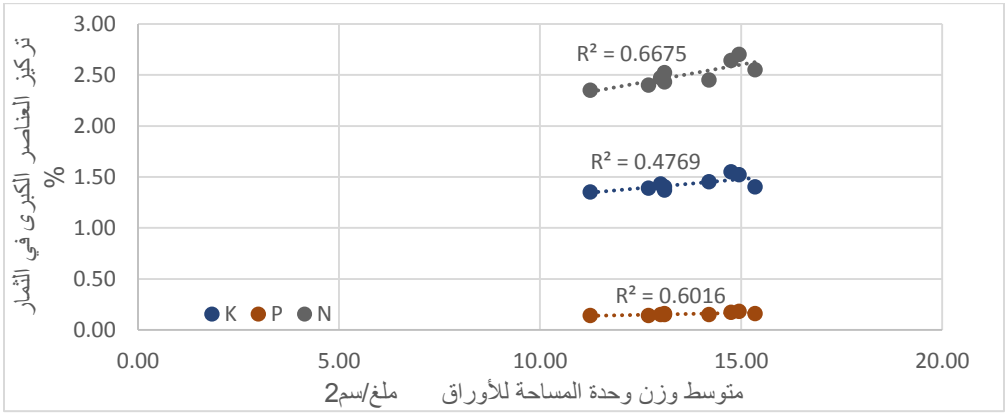
عززت جميع معاملات السيليكون تركيز العناصر الغذائية وبعض مؤشرات النوعية لثمار أشجار التفاح في كلا نوعي التفاح وفي منطقتي الدراسة، وذلك بسبب أدوار السيليكون التي يلعبها داخل النبات، المذكورة سابقا، وهذا يتوافق مع كثير من الدراسات السابقة (على سبيل المثال: Saleem and Joody, 2019; Ahmed et al, 2012; Al-Wasfy, 2014 ; Bhavya et al., 2011; Greger et al, 2018).

لقد تفوقت معاملات الإضافة الأرضية على معاملات الرش الورقي لمركبات السيليكون في تركيز العناصر الغذائية والنسبة المئوية لمحتوى المواد الصلبة الذائبة في ثمار أشجار التفاح لكلا نوعي التفاح في منطقتي الدراسة.

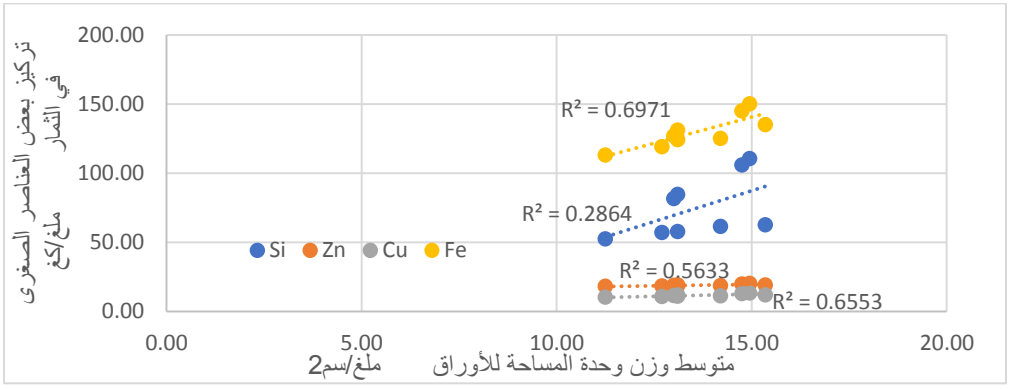
كما تفوقت معاملات حمض السيليسيك على معاملات سيليكات البوتاسيوم في تركيز بعض العناصر الغذائية والنسبة المئوية للحموض القابلة للمعايرة في ثمار أشجار التفاح لكلا نوعي التفاح في منطقتي الدراسة.

كما أن تركيز العناصر الغذائية وبعض مؤشرات النوعية لثمار أشجار التفاح في كلا نوعي التفاح وفي منطقتي الدراسة، يزداد مع زيادة تركيز السيليكون المضاف سواء بالرش الورقي أو عن طريق الإضافة الأرضية، حيث انعكست هذه الزيادة من خلال الزيادة في وزن وحدة المساحة لأوراق أشجار التفاح والتي لوحظت من خلال علاقات الارتباط العالية بين متوسط وزن وحدة المساحة للأوراق مع تركيز العناصر الغذائية وبعض مؤشرات النوعية لثمار أشجار التفاح في كلا نوعي التفاح وفي منطقتي الدراسة، وعرضت هذه العلاقات في الأشكال من 3 حتى 14.

الشكل 3: العلاقة بين متوسط وزن وحدة المساحة للأوراق
مع تركيز العناصر الكبرى في الثمار لأشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران.

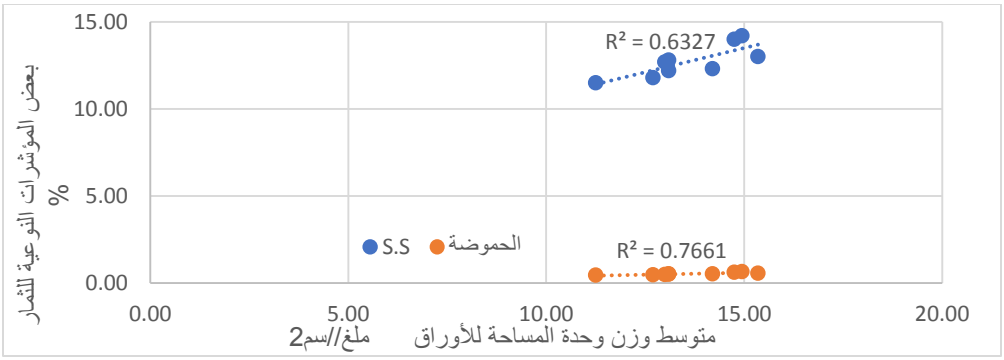


الشكل 4: العلاقة بين متوسط وزن وحدة المساحة للأوراق
مع تركيز بعض العناصر الصغرى في الثمار لأشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران.



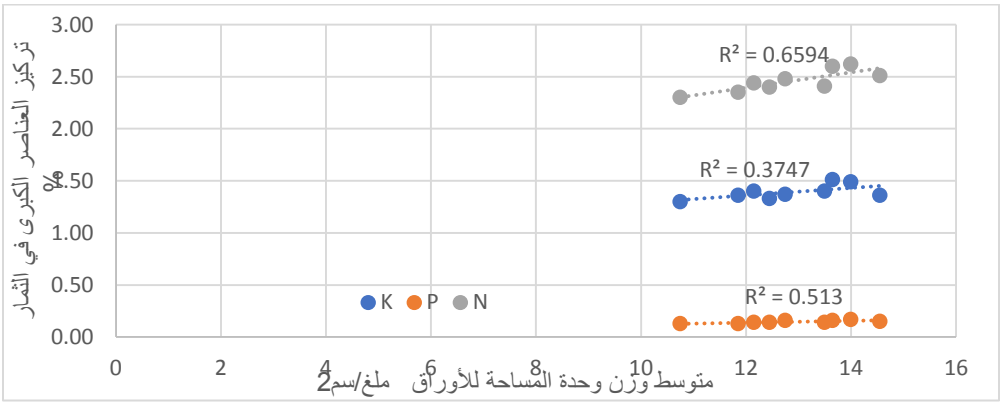
الشكل 5: العلاقة بين متوسط وزن وحدة المساحة للأوراق

مع بعض مؤشرات النوعية في الثمار لأشجار التفاح الأحمر في منطقة أم حوران.



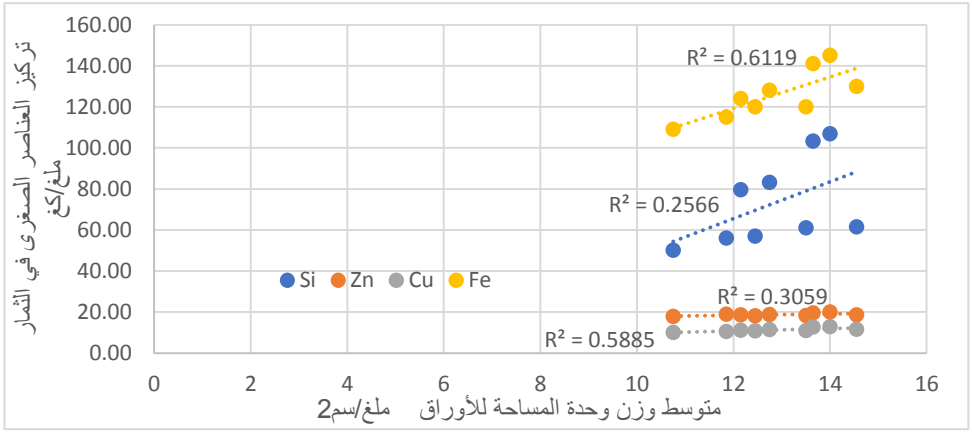
الشكل 6: العلاقة بين متوسط وزن وحدة المساحة للأوراق

مع تركيز العناصر الكبرى في الثمار لأشجار التفاح الأصفر في منطقة أم حوران.



الشكل 7: العلاقة بين متوسط وزن وحدة المساحة للأوراق

مع تركيز بعض العناصر الصغرى في الثمار لأشجار التفاح الأصفر في منطقة أم حوران.



النتيجة:

1- عززت جميع معاملات السيليكون المؤشرات الفيزيولوجية والإنتاجية لأشجار التفاح في كلا نوعي التفاح وفي منطقتي الدراسة.

2- تفوقت معاملات الإضافة الأرضية على معاملات الرش الورقي لسيليكات البوتاسيوم، بينما تفوقت معاملات الرش الورقي على معاملات الإضافة الأرضية لحمض السيليسيك، في متوسط وزن وحدة المساحة لأوراق أشجار التفاح في منطقتي الدراسة.

3- يزداد وزن وحدة المساحة لأوراق أشجار التفاح مع زيادة تركيز السيليكون المضاف سواء بالرش الورقي أو عن طريق الإضافة الأرضية، وانعكست هذه الزيادة على الإنتاجية لأشجار التفاح والتي لوحظت من خلال علاقة الارتباط العالية بين متوسط وزن وحدة المساحة للأوراق مع متوسط الإنتاجية لأشجار التفاح في كلا نوعي التفاح وفي منطقتي الدراسة.

4- تفوقت معاملات الإضافة الأرضية على معاملات الرش الورقي لمركبات السيليكون في متوسط وزن الثمرة والإنتاجية لأشجار التفاح في منطقتي الدراسة، بينما تفوقت معاملات الرش الورقي على معاملات الإضافة الأرضية لمركبات السيليكون في متوسط عدد الثمار لأشجار التفاح في منطقتي الدراسة.

5- عززت جميع معاملات السيليكون تركيز العناصر الغذائية وبعض مؤشرات النوعية لثمار أشجار التفاح في كلا نوعي التفاح وفي منطقتي الدراسة.

6- تفوقت معاملات الإضافة الأرضية على معاملات الرش الورقي لمركبات السيليكون في تركيز العناصر الغذائية والنسبة المئوية لمحتوى المواد الصلبة الذائبة في ثمار أشجار التفاح لكلا نوعي التفاح في منطقتي الدراسة.

7- تفوقت معاملات حمض السيليسيك على معاملات سيليكات البوتاسيوم في تركيز بعض العناصر الغذائية والنسبة المئوية للحموض القابلة للمعايرة في ثمار أشجار التفاح لكلا نوعي التفاح في منطقتي الدراسة.

8- يزداد تركيز العناصر الغذائية وبعض مؤشرات النوعية لثمار أشجار التفاح في كلا نوعي التفاح وفي منطقتي الدراسة، مع زيادة تركيز السيليكون المضاف سواء بالرش الورقي أو عن طريق الإضافة الأرضية، حيث انعكست هذه الزيادة من خلال الزيادة في وزن وحدة المساحة لأوراق أشجار التفاح والتي لوحظت من خلال علاقات الارتباط العالية بين متوسط وزن وحدة المساحة للأوراق مع تركيز العناصر الغذائية وبعض مؤشرات النوعية لثمار أشجار التفاح في كلا نوعي التفاح وفي منطقتي الدراسة.

المقترحات:

1- إضافة حمض السيليسيك في التربة دفعة واحدة حول الشجرة على بعد 1 م من مركز الشجرة وعلى عمق 15 سم في نهاية آذار بتركيز 50 ملغ/كغ، أي حوالي 28 غ سيليكون.

2- في حال قلة المال، يقترح رش أشجار التفاح بحمض السيليسيك بتركيز 50 ملغ/ل أربع رشات بفاصل زمني أسبوعين وبكميات تتناسب مع المجموع الخضري للشجرة، تبدأ الرشة الأولى بعد شهر من بداية ظهور الأوراق.

3- متابعة موضوع الدراسة لموسم آخر لتأكيد النتائج.

4- دراسة تأثير استخدام حمض السيليسيك وسيليكات البوتاسيوم معا، وتضافر الإضافة الأرضية مع الرش الورقي على أشجار التفاح.

المراجع:

1. Abd El-Rahman M. M. A., 2015: Relation of spraying silicon with fruiting of Keitel Mango trees growing under upper Egypt conditions. Stem Cell. 6, 1–5.

2. Ahmed F. F., Mansour A. E. M., Mohamed A. Y., Mostafa E. A. M., Ashour N. E., 2012: Using silicon and salicylic acid for promoting production of Hindi Bisinnara mango trees grown under sandy soil. Middle East J. Agric. Res. 2, 51–55.

3. Alexand G. B., W. M. Heston and R. K. Iler, 1954: The solubility of amorphous silica in water. J. Phys. Chem. 58 (6):453–455.

4. Alexander A., 1985: First International Symposium on Foliar Fertilization. Martinis Nijhoff Publishers: Leiden, The Netherlands.

5. Alexandre A., Meunier J. D., Colin F., Koud J. M., 1997: Plant impact on the biogeochemical cycle of silicon and related weathering processes. Geochimica et Cosmochimica Acta. 61(3):677–682.

6. Al-Wasfy, M.M. Response of Sakkoti date palms to foliar application of royal jelly, silicon and vitamins B. J. Am. Sci. 2013, 9, 315–321.

7. Al-Wasfy, M.M.M. The synergistic effects of using silicon with some vitamins on growth and fruiting of flame seedless grapevines. Stem Cell 2014, 5, 8–13.

8. Arkadiusz Artyszak, 2018: Effect of Silicon Fertilization on Crop Yield Quantity and Quality. A Literature Review in Europe. Plants, 54.

9. Barcelo, J., P. Guevara, and C. Poschenrieder. 1993. Silicon amelioration of aluminum toxicity in teosinte (Zea mays L. ssp. Mexicana). Plant Soil 154:249–255.

10. Bartoli F (1985) Crystallochemistry and surface—properties of biogenic opal. Journal of Soil Science 36:335–350.

11. Berner EK, Berner RA (1996) Global environment: water, air, and geochemical cycles. Prentice Hall, New Jersey.

12. Bhavya, H.K.; Nache Gowda, V.V.; Jaganath, S.; Sreenivas, K.N.; Prakash, N.B. Effect of foliar silicic acid and boron acid in Bangalore blue grapes. In Proceedings of the 5th International Conference on Silicon in Agriculture, Beijing, China, 11–19 September 2011; pp. 7–8.

13. Birchall, J.D., C. Exley, J.S. Chappell, and M.J. Philips. 1989. Acute toxicity of aluminum to fish eliminated in silicon-rich acid waters. Nature 338:146–148.

14. Bityutskii, N., J. Pavlovic, K. Yakkonen, V. Maksimovi, and M. Nikolic. 2014. Contrasting effect of silicon on iron, zinc and manganese status and accumulation of metal mobilizing compounds in micronutrient deficient cucumber. Plant Physiol. Biochem. 74:205–211.

15. Blecker SW, McCulley RL, Chadwick OA, Kelly EF (2006) Biological cycling of silica across a grassland bioclimosequence. Global Biogeochemical Cycles 20:1–11.

16. Bowen, P., J. Menzies, D. Ehret, L. Samuels, and A.D.M. Glass. 1992. Soluble silicon sprays inhibit powdery mildew development on grape leaves. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 117:906–912.

17. Boyton, D. Nutrition by foliar penetration of solutions. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 1954, 5, 31–54.
18. Brogowski, Z. 2000. Silicon in soil and its role in plant nutrition. Post. Nauk Rol. 6: 9-16.
19. Brunetto, G.; Ceretta, C.A.; Melo, G.W.B.; Kaminski, J.; Trentin, G.; Girotto, E.; Ferreira, P.A.; Miotto, A.; Trivelin, P.C.O. Contribution of nitrogen from agricultural residues of rye to Niagara Rosado grape nutrition. Scientia Horticultural, Amsterdam, v.169, p.66-70, 2014a.
20. Canny, M.J. What becomes of the transpiration stream? New Phytol. 2006, 114, 341–368.
21. Cocker, K.M., D.E. Evans, and M.J. Hodson. 1998. The amelioration of aluminum toxicity by silicon in higher plants: Solution chemistry or an in-planta mechanism? Physiol. Plant. 104:608–614.
22. Conley DJ (2002) Terrestrial ecosystems and the global biogeochemical silica cycle. Global Biogeochemical Cycles 16:1121.
23. Cornelis JT, Ranger J, Iserentant A, Delvaux B (2010) Tree species impact the terrestrial cycle of silicon through various uptakes. Biogeochemistry 97:231–245.
24. Cornelis, J.T., B. Delvaux, R. B. Georg, Y. Lucas, J. Ranger and S. Opfergelt. 2011. Tracing the origin of dissolved silicon transferred from various soil-plant systems towards rivers: a review. Bio geosciences. (8): 89-112.
25. Côté-Beaulieu, C., F. Chain, J.G. Menzie, S.D. Kinrade, and R.R. Bélanger. 2009. Absorption of aqueous inorganic and organic silicon compounds by wheat and their effect on growth and powdery mildew control. Environ. Exp. Bot. 65:155–161.
26. Coulibaly, K. 1990. Influence of nitrogen and silicon fertilization on the attack on sugarcane by the stalk borer (Eldana saccharina Walker). Sugarcane spring supplement cucumber roots infected by Pythium spp. Phytopathology 84:236–242.
27. CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10.ed. Porto Alegre: SBCS – Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400p.
28. Datnoff, L.E., F.A. Rodrigues, and K.W. Seebold. 2007. Silicon and plant disease. In L.E. Datnoff, W.H. Elmer, and D.M. Huber (eds.), Mineral Nutrition and Plant Disease, pp. 233–246.
29. Datnoff, L.E.; Deren, C.W.; Snyder, G.H. Silicon fertilization for disease management of rice in Florida. Crop Prot. 1997, 16, 525–531.
30. De Saussure NT (1804) Recherches chimiques sur la végétation. Chez la veuve Nyon, Paris.
31. Debona, D., Rodrigues, F. A., and Datnoff, L. E. (2017). Silicon's role in abiotic and biotic plant stresses. Annu. Rev. Phytopathol. 55, 85–107.
Deren CW (2001) Plant genotype, silicon concentration, and silicon related responses. In: Datnoff LE, Snyder GH, Korndorfer GH (eds) Silicon in agriculture.
32. Studies in plant science, 8. Elsevier, Amsterdam, pp 149–158.

33. Deshmukh, R.K.; Ma, J.F.; Bélanger, R.R. Editorial: Role of silicon in plants. Front. Plant Sci. 2017, 8, 1858.
34. Du Jardin, P. Plant bio stimulants: Definition, concept, main categories and regulation. Sci. Hortic. 2015, 196, 3–14.
35. Epstein E (1994) The anomaly of silicon in plant biology. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 91:11–17
36. Epstein E (1999) Silicon. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 50:641–664.
37. Epstein, E. 2009. Silicon: Its manifold roles in plants. Ann. Appl. Biol. 155:155–160.
38. Epstein, E. and A.J. Bloom. 2005. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. 2nd ed. Sinauer Associates, Inc., Sunderland. pp: 390.
39. Fang, J. Y., and X. L. Ma. 2009. Progress of silicon improving plant resistance to stress. Chinese Agricultural Science Bulletin. 11(21):304–6.
40. Fauteux, F.; Rémus-Borel, W.; Menzies, J.G.; Bélanger, R.R. Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi. FEMS Microbiol. Lett. 2005, 249, 1–6.
41. Ferguson, I., Volz, R., and Woolf, A. (1999). Preharvest factors affecting physiological disorders of fruit. Postharvest Biol. Technol. 15, 255–262.
42. Fu FF, Akagi T, Yabuki S (2002) Origin of silica particles found in the cortex of Matteuccia roots. Soil Science Society of America Journal 66:1265–1271.
43. Gao, X., C. Zou, L. Wang, and F. Zhang. 2004. Silicon improves water use efficiency in maize plants. J. Plant Nutr. 27:1457–1470.
44. Gao, X., C. Zou, L. Wang, and F. Zhang. 2006. Silicon decreases transpiration rate and conductance from stomata of maize plants. J. Plant Nutr. 29:1637–1647.
45. Gérard F, Mayer KU, Hodson MJ (2008) Modelling the biogeochemical cycle of silicon in soils: application to a temperate forest ecosystem. Geochimica et Cosmochimica Acta 72: A304–A304.
46. Gonzalo, M.J., J.J. Lucena, and L. Hernández-Apaolaza. 2013. Effect of silicon addition on soybean (Glycine max) and cucumber (Cucumis sativus) plants grown under iron deficiency. Plant Physiol. Biochem. 70:455–461.
47. Greger Maria, Tommy Landberg and Marek Vaculík, 2018: Silicon Influences Soil Availability and Accumulation of Mineral Nutrients in Various Plant Species. Plants. 7, 41.
48. Guntzer, F., C. Keller, J.D. Meunier (2012). Benefits of plant silicon for crops: a review. Agronomy for Sustainable Development. 32:201-213.
49. Hall AD, Morison CGT (1906) On the function of silica in the nutrition of cereals—Part I. Proceedings of the Royal Society (B) 77:455–477.
50. Haynes, R. J. (2014). A contemporary over view of silicon availability in agricultural soils. J. PlantNutr. SoilSci. 177, 831–844.
51. Henriet C, Draye X, Oppitz I, Swennen R, Delvaux B (2006) Effects, distribution and uptake of silicon in banana (Musa spp.) under controlled conditions. Plant and Soil 287:359–374.

52. Hernandez-Apaolaza, L. Can silicon partially alleviate micronutrient deficiency in plants? A review. Planta. 2014, 240, 447–458.
53. Hodson MJ, White PJ, Mead A, Broadley MR (2005) Phylogenetic variation in the silicon composition of plants. Ann Bot 96:1027– 1046.
54. Huber, D., Römheld, V., and Weinmann, M. (2012). "Relationship between nutrition, plant diseases and pests," in Marschner's mineral nutrition of higher plants. Ed. P. Marchner (USA: Elservier Ltd), 283–298.
55. Huber, D.M.; Jones, J. The role of magnesium in plant disease. Plant and Soil, Dordrecht, v.368, p.73-85. 2013.
56. Huber, D.M.; Thompson, L.A. Nitrogen and plant disease. In: DATNOFF, L. E.; ELMER, W. H.; HUBER, D. M. (Ed.). Mineral nutrition and plant disease. Washington: The American Phytopathological Society Press, 2007. p.31-44.
57. Islam, A.; Saha, R.C. Effects of silicon on the chemical composition of rice plants. Plant Soil 1969, 30, 446–458.
58. Javaid K. and F.A. Misgar. 2017. Effect of foliar application of orthosilicic acid on leaf and fruit nutrient content of apple cv. "Red Delicious".; Advance Research Journal of Multidisciplinary Discoveries. 20.0, C. 7: 30-32.
59. Kaya C., L. Tuna and D. Higgs. 2006. Effect of silicon on plant growth and mineral nutrition of maize grown under water-stress conditions. J. Plant Nutr. 29: 1469-1480.
60. Keller, C., M. Rizwan, J.C. Davidian, O.S. Pokrovsky, N. Bovet, P. Chaurand, and J.D. Meunier. 2015. Effect of silicon on wheat seedlings (Triticum turgidum L.) grown in hydroponics and exposed to 0 to 30 μM Cu. Planta 241:847–860.
61. Knight, C.T.G. and S.D. Kinrade. 2001. A Primer on the Aqueous Chemistry of Silicon. In:Datnoff, L.E., Snyder, G.H., Korndorfer, G.H. (Eds.), Silicon in Agriculture. Elsevier Science BV, sterdam, pp: 57-84.
62. Kong, A. K., and L. B. Kong. 2012. Application of silicon fertilizer science and technology. Modern Agricultural Science and Technology 6: 321-23.
63. Kong, D., K. Li, and X. L. Jiang. 2001. Silicon Fertilizer Effects on Apple Tree Vegetative Growth. Yantai Fruits 1:73.
64. Koski-Vähälä, J.; Hartikainen, H.; Tallberg, P. Phosphorus mobilization from various sediment pool in response to increase pH and silicate concentration. J. Environ. Qual. 2001, 30, 546–552.
65. Kostic, L.; Nikolic, N.; Bosnic, D.; Samardzic, J.; Nikolic, M. Silicon increases phosphorus (P) uptake by wheat under low P acid soil conditions. Plant Soil 2017, 419, 447–455.
66. Kovda, V.A. 1973. The Bases of Learning about Soils. 2 vols. Moscow: Nayka.
67. Laane Henk-Maarten, 2018: The Effects of Foliar Sprays with Different Silicon Compounds. Plants, 7, 45.
68. Laane HM (2011: Foliar silicic acid technology for plants. Proc. 5th Int. Conf. on Silicon in Agriculture, Beijing, China, 99–100.
69. Laane, H. M. The Effects of the application of foliar sprays with stabilized silicic acid: An overview of the results from 2003–2014. Silicon 2017, 9, 803–807.

70. Laane, H.M. Silicon for humans: Beneficial or essential? In Proceedings of the 7th International Conference on Silicon in Agriculture, Natal, South Africa, 26–31 October 2008; p. 59.
71. Liang Y. 1999. Effects of silicon on enzyme activity and sodium, potassium and calcium concentration in barley under salt stress. Plant Soil, 209: 217-224.
72. Liang, Y.C.; Sun, W.C.; Zhu, Y.G.; Christie, P. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: A review. Environ. Pollut. 2007, 147, 422–428.
73. Lovering TS, Engel C (1959) Significance of accumulator plants in rock weathering. Bulletin of the Geological Society of America 70:781–800.
74. Lucas Y, Luizão FJ, Chauvel A, Rouiller J, Nahon D (1993) The relation between biological activity of the rain forest and mineral composition of soils. Science 260:521–523.
75. Luyckx, M., Hausman, J. F., Lutts, S., and Guerriero, G. (2017). Silicon and plants: current knowledge and technological perspectives. Front. Plant Sci. 8, 411.
76. Ma, J. F. (2004). Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. Soil Sci. Plant Nutr. 50 (1), 11–18.
77. Ma, J. F., and Takahashi, E. (2002). Soil, fertilizer and plant silicon research in Japan. Dordrecht: Elsevier Science.
78. Ma, J.F., and N. Yamaji. 2008. Functions and transport of silicon in plants. Cell Mol. Life Sci. 65:3049–3057.
79. Ma, J.F.; Higashitani, A.; Sato, K.; Tateda, K. Genotypic variation in Si content of barley grain. Plant Soil 2003, 249, 383–387.
80. Ma, J.F.; Yamaji, N. Silicon uptake and accumulation in higher plants. Trends Plant Sci. 2006, 11, 392–397.
81. Makabe S, Kakuda K, Sasaki Y, Ando T, Fujii H, Ando H (2009) Relationship between mineral composition or soil texture and available silicon in alluvial paddy soils on the Shounai Plain, Japan. Soil Science and Plant Nutrition 55:300–308.
82. Marchner, P. (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants. USA: Elservier Ltd.
83. Martín, P.; Delgado, R.; González, M.R.; Gallegos, J.I.: Colour of 'Tempranillo' grapes as affected by different nitrogen and potassium fertilization rates. Acta Horticultural, The Hague, v.652, p.153-159, 2004.
84. Matichenkov VV, Bocharnikova EA (2001) The relationship between silicon and soil physical and chemical properties. In: Datnoff LE, Snyder GH, Korndorfer GH (eds) Silicon in agriculture. Studies in plant science, 8. Elsevier, Amsterdam, pp 209–219.
85. Meena, V.D., M.L. Dotaniya, V. Coumar, S. Rajendiran, S. Kundu, and A.S. Rao. 2014. A case for silicon fertilization to improve crop yields in tropical soils. Proc. Indian Natl. Sci. Acad. B Biol. Sci. 84:505–518
86. Meharg, C.; Meharg, A.A. Silicon, the silver bullet for mitigating biotic and abiotic stress, and improving grain quality, in rice? Environ. Exp. Bot. 2015, 120, 8–17.

87. Mengel, K.; Kirkby, E.A. Principles of plant nutrition. Netherlands: Springer, 2001. 849p.
88. Meyer JH, Keeping MG (2001) Past, present and future research of the role of silicon for sugarcane in southern Africa. In: Datnoff LE, Snyder GH, Korndorfer GH (eds) Silicon in agriculture. Studies in plant science, 8. Elsevier, Amsterdam, pp 257–275.
89. Mitani N, Ma JF (2005) Uptake system of silicon in different plant species. J Exp Bot 56(414):1255–1261.
90. Moore, K.L., A.M.L. Chen, Y. van de Meene, L. Hughes, W.J. Liu, T. Geraki, F. Mosselmans, S.P. McGrath, C. Grovenor, and F.J. Zhao. 2014. Combined nano SIMS and synchrotron x-ray fluorescence reveals distinct cellular and subcellular distribution patterns of trace elements in rice tissues. New Phytol. 201:104–115.
91. More, S.S.; Gokhale, N.B.; Kasture, M.C.; Shinde, S.E.; Jain, N. Comparison of different sources of silica on the yield and quality of "Alphonso" mango in Kokan Region of Maharashtra. In Proceedings of the 7th International Conference on Silicon in Agriculture, Bengaluru, India, 24–28 October 2017; p. 140.
92. Morgan, P.W., D.M. Taylor, and H.E. Joham. 1976. Manipulations of IAA oxidase activity in and auxin deficiency symptoms in intact cotton plants with manganese nutrition. Physiol. Plant. 37:149–156.
93. Owino-Gerroh, C.; Gascho, G.J. Effect of Silicon on Low pH Soil Phosphorus Sorption and on Uptake and Growth of Maize. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 2004, 35, 2369–2378.
94. Pavlovic, J., J. Samardzic, V. Maksimovic, G. Timotijevic, N. Stevic, K.H. Laursen, T.H. Hansen, S. Husted, J.K. Schjoerring, Y. Liang, and M. Nikolic. 2013. Silicon alleviates iron deficiency in cucumber by promoting mobilization of iron in the root apoplast. New Phytol. 198:1096–1107.
95. Perry, C.C., and T. Keeling-Tuker. 1998. Aspects of the bioinorganic chemistry of silicon in conjunction with the bio metals calcium, iron and aluminum. J. Inorg. Chem. 69:181–191.
96. Ramteke, S.D.; Kor, R.J.; Bhanga, M.A.; Khot, A.P.; Zende, N.A.; Datir, S.S.; Ahire, K.D. Physiological studies on effects of Silicon on quality and yield in Thompson seedless grapes. Ann. Plant Physiol. 2012, 26, 47–51.
97. Raven, J.A., 1983. The transport and function of silicon in plants. Biol. Rev. (58): 179-207.
98. Raven JA (2001) Silicon transport at the cell and tissue level. In: Datnoff LE, Snyder GH, Korndorfer GH (eds) Silicon in agriculture. Studies in plant science, 8. Elsevier, Amsterdam, pp 41–55.
99. Rezanka T. and K. Sigler. 2008. Biologically active compounds of semi-metals. Phytochem. 69: 585-606.
100. Rizwan, M., J.D. Meunier, H. Miche, and C. Keller. 2012. Effect of silicon on reducing cadmium toxicity in durum wheat (Triticum turgidum L. cv. Claudio W.) grown in a soil with aged contamination. J. Hazard Mater. 209–210:326–334.
101. Sachs J (1862) Ergebnisse einiger neuerer Untersuchungen über die in

Pflanzen enthaltene Kieselsaüre. Flora 4:53–55.

102. Saleem Q. T. S., A. T. Joody, 2019: Effect of silicon, calcium and boron on apple leaf minerals content. Iraqi Journal of Agricultural Sciences –1029:50(1):192-102.

103. Sangster AG (1978) Silicon in roots of higher plants. Am J Bot 65:929–935

104. Sangster AG, Hodson MJ, Tubb HJ (2001) Silicon deposition in higher plants. In: Datnoff LE, Snyder GH, Korndorfer GH (eds) Silicon in agriculture. Studies in plant science, 8. Elsevier, Amsterdam, pp 85–113.

105. Savant NK, Datnoff LE, Snyder GH (1997a) Depletion of plant-available silicon in soils: a possible cause of declining rice yields. Communications in Soil Science and Plant Analysis 28:1245–1252.

106. Savant, N.K.; Snyder, G.H.; Datnoff, L.E. Silicon management and sustainable rice production. Adv. Agron. 1997, 58, 151–199.

107. Savva, D., and Ntatsi, G. (2015). Bio stimulant activity of silicon in horticulture. Sci. Hortic. 196, 66–81.

108. Sawant, A.S, V.H. Patil, and N.K. Savant. 1994. Rice hull ash applied to Seibold reduces dead hearts in transplanted rice. Int. Rice Res. Notes 19:21–22.

109. Singh, R., N. Gautam, A. Mishra, and R. Gupta. 2011. Heavy metal and living systems: An overview. Ind. J. Pharmacol. 43:246–253.

110. Smyth, T.J., and P.A. Sanchez. 1980. Effects of lime, silicate, and phosphorus applications to an oxisol on phosphorus sorption and ion retention. Soil Sci. Soc. Am. J. 44:500–505.

111. Takahashi, E.; Ma, J.F.; Miyake, Y. The possibility of silicon as an essential element for higher plants. Comments Agric. Food Chem. 1990, 2, 99–102.

112. Thangavelu, S.; Chiranjivirao, K. Sulphur uptake by sugarcane genetic stocks and its relationship with the uptake of other nutrients, and sugar productivity. Sugar Tech 2006, 8, 143–147.

113. Tripathi, D.K., V.P. Singh, D. Kumar, and D.K. Chauhan. 2012a. Impact of exogenous silicon addition on chromium uptake, growth, mineral elements, oxidative stress, antioxidant capacity, and leaf and root structures in rice seedlings exposed to hexavalent chromium. Acta Physiol. Plant. 34:279–289.

114. Tripathi, D.K., V.P. Singh, D. Kumar, and D.K. Chauhan. 2012b. Rice seedlings under cadmium stress: Effect of silicon on growth, cadmium uptake, oxidative stress, antioxidant capacity and root and leaf structures. Chem. Ecol. 28:281–291.

115. Tripathi, D.K., V.P. Singh, S.M Prasad, D.K. Chauhan, N.K. Dubey, and A.K. Rai. 2015. Silicon-mediated alleviation of Cr (VI) toxicity in wheat seedlings as evidenced by chlorophyll florescence, laser induced breakdown spectroscopy and anatomical changes. Ecotoxicol. Environ. Saf. 113:133–144.

116. Tubana, B. S., Babu, T., and Datnoff, L. E. (2016). A review of silicon in soils and plants and its role in US agriculture: history and future perspectives. Soil Sci. 181 (9/10), 393–411.

117. Tubaña, B.S.; Heckman, J.R. Silicon in Soils and Plants. In Silicon and Plant

Diseases; Springer Int. Publ.: Basel, Switzerland, 2015; pp. 7–51.
118. Tuna A.L., C. Kaya, D. Higgs, B. Murillo-Amador, S. Aydemir, and A.R. Girgin. 2008. Silicon impro-ves salinity tolerance in wheat plants. Environ. Exp. Bot., 62: 10-16.
119. Verma, V.; Goyal, V.; Bubber, P.; Jain, N. Effect of foliar spray of stabilized orthosilicic acid (OSA) on the fruit quality and quantity of Kinnow mandarin. In Proceedings of the 7th International Conference on Silicon in Agriculture, Bengaluru, India, 24–28 October 2017; p. 147.
120. Wada, S., and K. Wada. 1980. Formation, composition and structure of hydroxy-aluminosilicate ions. Eur. J. Soil Sci. 31:457–467.
121. Wang, M., Gao, L., Dong, S., Sun, Y., Shen, Q., and Guo, S. (2017). Role of silicon on plant–pathogen interactions. Front. Plant Sci. 8, 701.
122. Wiese, H.; Nikolic, M.; Römheld, V. The Apoplast of Higher Plants: Compartment of Storage, Transport and Reaction; Sattelmacher, B., Horst, W.J., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2007; pp. 33–47.
123. Wonisch H, Gérard F, Dietzel M, Jaffrain J, Nestroy O, Boudot J-P (2008) Occurrence of polymerized silicic acid and aluminum species in two forest soil solutions with different acidity. Geoderma 144:435–445.