Journal of Education and Science (ISSN 1812-125X), Vol: 32, No: 01, 2023 (31-37)

First record of *Potato virus s* (PVS) and detect ordinary strain PVS° in Nineveh Governorate

Ali Walid Ali, Nabel Aziz Qasem, Juhina idrees Ali

[1]* Nineveh Agriculture Directorate, Mosul, Iraq
[2], [3] Department of Plant Protection/College of Agriculture and Forestry-University of Mosul, Iraq

(Received October 15, 2022; Accepted January 08, 2023; Available online March 01, 2023)

DOI: 10.33899/edusj.2023.136313.1284, © 2023, College of Education for Pure Science, University of Mosul.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Abstract

The results of a field survey of some potato growing areas in Nineveh Governorate showed the presence of Potato virus s PVS, which was detected by the Double Antibody Sandwich Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay DAS-ELISA test.

This record is the first in the governorate. Through the absorbance readings using the Elisa reader, highest value was recorded in the Sherikhan area samples, which amounted to 1.190 nm, while lowest value was recorded in the Rabia area samples with a value of 0.756 nm, while absorbance value of the negative standard sample was 0.300 nm. The frequency of virus in the Sherikhan area was 53.3%, while frequency of the virus in the Rabia area was 28.8%.

As a result of mechanical inoculation with virus isolates diagnosed by DAS-ELISA test, spread of the common strain PVS^{O} through symptoms on *Chenopodium quinoa*, which was in the form of small chlorotic spots on the inoculated leaves, and new leaves were devoid of any disease symptoms.

Keywords: potato virus s (pvs),pvs^{o}, DAS-ELISA.

التسجيل الأول لفايروس إس البطاطا *Potato virus s* (PVS) وكشف السلالة الشائعة في محافظة نينوى

علي وليد علي[1]* ,نبيل عزيز قاسم[2] ,جهينة إدريس محمد علي[3]

[1]* وزارة الزراعة/مديرية زراعة نينوى
[2،3] قسم وقاية النبات/كلية الزراعة والغابات- جامعة الموصل

الخلاصة:

أظهر المسح الحقلي لبعض مناطق زراعة البطاطا في محافظة نينوى وجود فايروس إس البطاطا *Potato virus S* (PVS) والذي تم الكشف عنه باختبار اليزا الاحتواء المزدوج DAS–ELISA .ويعد هذا التسجيل هو الاول في المحافظة. ومن خلال قراءات الامتصاصية بجهاز قارئ الاليزا اذ سجلت اعلى قيمة في عينات منطقة الشريخان اذ بلغت 1.190 نانومتر فيما سجلت ادنى قيمة في عينات منطقة ربيعة بقيمة 0.756 نانومتر,اما قيمة امتصاصية العينة القياسية السالبة اذ بلغت 0.300 نانومتر. ونسب تكرارية الفايروس في منطقة الشريخان 53.3% ونسب تكرارية الفايروس في منطقة وانة 40 % فيما كانت نسبة تكرارية الفايروس في منطقة ربيعة 28.8%.

بينت نتيجة التلقيح الميكانيكي بعزلات الفايروس التي تم تشخيصها باختبار اليزا الاحتواء المزدوج, انتشار السلالة الشائعة PVS^{O} من خلال الاعراض التي ظهرت على نبات الرغيلة والتي كانت بهيئة بقع موضعية صغيرة على الاوراق الملقحة وخلو الاوراق الحديثة من اية اعراض مرضية.

الكلمات المفتاحية : فايروس إس البطاطا (PVS), فايروس إس البطاطا السلالة الشائعة, اختبار الاليزا المباشرة

1.المقدمة

يعد محصول البطاطا *Solanum tuberosum* L. التابع للعائلة الباذنجانية من المحاصيل الرئيسة المهمة عالمياً والتي تزرع في العراق بالعروتين الربيعية والخريفية, تحتل البطاطا المركز الرابع عالمياً بعد محاصيل القمح والرز والذرة (Alhudaib, 2018). بلغت المساحة الكلية المزروعة بالبطاطا في الموصل 36.253 دونم للعروة الربيعية وبانتاجية 253.771 طن, فيما بلغت المساحة المزروعة في العروة الخريفية 7.937 دونم وبانتاجية 23.811 طن (Nineveh Agriculture Directorate,2021).علماً بأن بلغ الانتاج العالمي للبطاطا لعام 2021 (370.436.581 طن) (FAO ,2021).

تصاب البطاطا بالعديد من الامراض الفايروسية التي تؤثر على انتاجيتها في جميع مناطق زراعتها عالمياً حيث تسبب تدهور وتشوه الدرنات وخفض الانتاج، وتنتقل معظم هذه الفايروسات عبر الدرنات المستعملة كتقاوي التي تشكل المستودع الرئيس لهذه الفايروسات فضلاً عن دورها المهم في وبائية الامراض الفايروسية. بلغ عدد الفايروسات المسجلة على البطاطا ما يزيد عن 50 نوعاً فايروسياً واهمها فايروس واي البطاطا *Potato virus Y* وفايروس إكس البطاطا *Potato virus X* وفايروس التفاف اوراق البطاطا *Potato leaf roll virus* وفايروس إم البطاطا *Potato virus M* وفايروس إس البطاطا *Potato virus S* (Salariواخرون,2011 و Ali ,2022).

يعد فايروس إس البطاطا من جنس *Carlavirus* وعائلة *Betaflexiviridae* من محدادت انتاج البطاطا اذ يسبب خسائر تتراوح بين 10–40 % من كمية الحاصل (Fauquet واخرون,2005). سجل المرض الذي يسببه الفايروس على البطاطا لأول مرة في هولندا عام 1948 بعدها سجل في اغلب مناطق زراعة البطاطا في العالم (Song واخرون,2017), كما سجل الفايروس في العراق والسعودية وسوريا وتركيا ومصر, وفي ايران سجل في ست محافظات بنسب تتراوح بين 10–35% ,في هولندا ادت الاصابة الى انخفاض في الغلة بنسبة 10 % , في الفلبين أدت الاصابة إلى انخفاض إنتاج الدرنات بنسبة تتراوح بين 11 و 20 % مقارنة مع تلك الموجودة في النباتات السليمة (Barbar,2014 و AL–Shahwan واخرون,1997 وHaj Qassem و1997, Abdel Latif وYardımc واخرون,2015 وEl–Saghir ,2017).

جينوم الفايروس من النوع الرايبي مفرد الخيط موجب التوجه ssRNA+ , يحتوي جينوم الفايروس على ستة هياكل تشفيرية مفتوحة Open reading frames (ORFs) , التنظيم الجينومي للفايروس بشكل حامض نووي بنسبة 5% من كتلة الجسيمة الفايروسية ويحاط الجينوم بغطاء بروتيني حيث يشكل البروتين 95% من كتلة الفايروس(Adams واخرون,2017).

تتباين أعراض الفايروس بين البقع النخرية البنية الصغيرة على الاوراق ، وخشونة الأوراق مع موزائيك طفيف وبعض الاصناف الحساسة تعطي اعراض شحوب الاوراق وتشوهات (Ristić واخرون,2019).

للفايروس سلالتين رئيسيتين الاولى سلالة الأنديز PVS^A ، والتي شخصت لاول مرة في أمريكا الجنوبية، والسلالة الشائعة (Ordenary) PVS^O ويمكن التعرف على السلالتين بيولوجيًا من خلال التلقيح على أوراق *Chenopodium* spp, حيث تسبب السلالة PVS^A أعراضًا جهازية على أوراق الرغيلة *C. amaranticolor* ، بينما تسبب السلالة PVS^O اعراض بقع موضعيةعلى الاوراق الملقحة .(Mukouk واخرون,2008 و El–Saghir,2017).

تنتقل سلالات الفايروس بواسطة حشرات المَنْ بالطريقة غير الباقية وأهم الحشرات الناقلة هما مَنْ الخوخ الأخضر *Myzus persicae* ومَنْ *الفول Aphis fabae*، وقد وجد أن السلالة الإندنيزية (نسبةَ الى المنطقة التي سجلت فيها لأول مرة) تنقلها حشارت المنّ بكفاءة أعلى من السلالة الشائعة كما ينقل الفايروس بالاحتكاك مابين النباتات المصابة مع السليمة وينتقل عن طريق التكاثر

الخضري (عبر الدرنات) ويمكن أن ينتقل ميكانيكياً بواسطة الأدوات والجروح الملوثة ولم يسجل نقله عن طريق حبوب اللقاح أو البذور الحقيقية (Salazar, 1996 وKostiw,2004 و Cabi,2019).

تم الكشف عن الفايروس بالطريقة الحيوية باستخدام النباتات الكاشفة المشخصة بعد اجراء عدوى لها باستخدام مستخلص العصارة النباتية الحاملة واهمها:الزربيح *C. amaranticolor* والرغيلة *C. quinoa* اذ تعطي بقع موضعية, والتبغ *Nicotiana debneyi* الذي يعطي اعراض جهازية مثل الموزائيك ويمكن مشاهدة الاجسام الضامة التي يكونها الفايروس بالمجهر الضوئي داخل الخلايا النباتية المصابة بشكل حزم أو أجسام أبرية Needle-shaped inclusion bodies وهي عبارة عن تجمعات جسيمات الفايروس.

تستعمل الطرق المصلية للكشف عن الفايروس وأهمها الاليزا المباشرة (DAS– ELISA) والاليزا النقطية على أغشية النايتروسليلوز (Dot-ELISA) وتقنية النانو باستخدام جزيئات الضد IgG المرتبطة بالذهب المغلفة مسبقاً لحفر الطبق gold nanoparticles (AuNPs) (Masoudi واخرون ,2019). واستخدمت طرق الكشف الجزيئية وأهمها تفاعل البوليمريز المتسلسل بالنسخ العكسي Reverse Transcription _Polymerase chain reaction (RT-PCR) ايضا للكشف عن الفايروس وتقنية NGS (Next Generation Sequencing) (El-Saghir,2017 و Alferd واخرون,2020).

2. مواد العمل وطرائقه

الكشف عن الفايروس باختبار اليزا الاحتواء المزدوج:

اختيرت عدة حقول مزروعة بالبطاطا لجمع العينات في الموسم الربيعي 2021 في مناطق الشريخان وربيعة ووانة التابعة لمحافظة نينوى وبواقع ثلاثة حقول لكل منطقة تراوحت مساحتها بين 40–85 دونم. وبلغ عدد العينات الورقية المختارة 145 عينة والتي اظهرت اعراض تراوحت بين الموزائيك الطفيف ومتوسط الشدة واصفرار بين العروق واختزال النمو.

شخصت جميع العينات الورقية لنباتات البطاطا في المختبر المركزي التابع لكلية الزراعة والغابات بجامعة الموصل باستخدام اختبار الاليزا المباشرة Double Antibody Sandwich Enzyme-Linked ImmunoSorbent Assay.DAS(ELISA) تم استيراد طقم الاليزا لفايروس إس البطاطا من شركة Adgen Phytodiagnostics الانكليزية ونفذ الاختبار وفق طريقة Clark و Adams (1977),وحسب تعليمات الشركة النتجة وكالتالي:

أُضيف 100 ميكرولتر إلى حفر طبق الاليزا من محلول الاضداد النقية طراز IgG (الضد الاولي) المخفف في محلول التغطية باستعمال الماصة الدقيقة Micropippete. واضيف ماء مقطر الى الاعمدة 1 و 12 التي عادة يضاف اليها للحفاظ على رطوبة الطبق. ثم وضع الطبق داخل صندوق الرطوبة المبطن بالكامل من الداخل بورق الترشيح المرطب قليلاً بالماء وذلك لحفظ طبق الاليزا فيه منعاً لجفافه خلال فترات التحضين وحضن في درجة حرارة 37مْ في حاضنة لمدة اربع ساعات.غسل الطبق ثلاث مرات بالمحلول المنظم الفوسفاتي بوساطة قنينة غسل مع قلب الطبق وتفريغه من محلول الغسل ولمدة 5 دقائق بين غسلة وأخرى.

اضيف 100 مايكروليتر من راشح العصير الفايروسي وبواقع حفرتين لكل عينة مع اضافة عصير نباتي سليم الى الحفرة قبل الاخيرة للعمود الحادي عشر والتي تمثل المقارنة السالبة وفي الحفرة الاخيرة من نفس العمود العصير الفايروسي المجهز من الشركة المنتجة كمقارنة موجبة للفايروس. حضن الطبق عند درجة حرارة 4 مْ لمدة 20 ساعة. غسل الطبق ثلاث مرات بالمحلول المنظم الفوسفاتي بوساطة قنينة غسل مع قلب الطبق وتفريغه من محلول الغسل ولمدة 5 دقائق بين غسلة وأخرى

اضيف لكل حفرة مستعملة 100 ميكروليتر من المحلول المترابط والمكون من محلول الاضداد النقية طراز IgG (الضدالثانوي) المرتبطة بانزيم الفوسفاتيز القاعدي .حضن الطبق عند درجة حرارة 37 م لمدة ساعة واحدة.بعدها غسل ثلاث مرات. ثم اضيف لكل حفرة مستعملة 100 ميكروليتر من محلول المادة الاساس وترك الطبق في الصندوق الرطب عند حرارة الغرفة لمدة ساعة.

أوقف التفاعل باضافة 50 ميكروليتر من محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH عيارية 3 مولر إلى الحفر المستعملة واستحصلت النتائج بملاحظة اللون ظهور اللون الاصفر ثم اخذت قراءات قيم الامتصاصية الضوئية لكافة العينات عند الطول الموجي nm

405باستعمال جهاز قارئ الاليزا ELISA reader والتي تعطي مؤشراً على تركيز الفايروس في العينة. وحسبت نسبة تكرارية الفايروس بقسمة عدد العينات المختبرة الموجبة على عدد العينات الكلية الماخوذة من الحقل مضروبة في مئة.

تشخيص السلالة الشائعة PVS^O:

لغرض تحديد سلالة الفايروس التي تم تشخيصها باختبار اليزا الاحتواء المزدوج DAS-ELISA على نباتات البطاطا, تم تلقيح اوراق عشرة نباتات رغيلة *Chenopodium quinoa* L. ميكانيكياً وفق الطريقة التي استخدمها Qassem و Ali (2012) حيث حفظت كافة نباتات الاختبار في الظل لمدة 24 ساعة قبل اجراء عملية التلقيح الميكانيكية لزيادة حساسيتها للاصابة, عفرت الاوراق المراد تلقيحها بمسحوق الكاربورانديم 600 مش ولقحت انصال الاوراق بالعصير النباتي الخام الحاوي على الفايروس بطريقة مسح الاصبع على الورقة من النصل باتجاه نهاية الورقة ثم غسلت الاوراق الملقحة بعد عملية التلقيح بتيار مائي وحفظت في البيت البلاستيكي لمتابعة ظهور الاعراض لغاية شهر من التلقيح.

3. النتائج والمناقشة

الكشف عن فايروس إس البطاطا:

أظهرت نتائج التشخيص باستعمال اختبار اليزا الاحتواء المزدوج لاوراق نباتات البطاطا التي جمعت خلال الزيارات الحقلية وجود فايروس إس البطاطا في حقول المناطق الثلاث التي تم مسحها (الشريخان,ربيعة, وانة) وذلك بدلالة ظهور اللون الاصفر في حفر العينات الموجبة كذلك ظهوره في الحفر المخصصة للمقارنة الموجبة وعدم ظهوره في العينات الحقلية غير الحاوية على الفايروس ولم يظهر ايضا في عينة المقارنة السالبة المجهزة من قبل الشركة المصنعة.

وبلغت نسبة تكرارية الفايروس في العينات الكلية المختبرة (145 عينة) 53.1% توزعت بنسبة 53.3% في حقول الشريخان و 28.8% في حقول ربيعة و 40% في حقول وانة و كما مبين في الجدول (1).

الجدول 1. نسب تكرارية فايروس إس البطاطا في عينات اوراق البطاطا خلال الموسم الربيعي 2021.

المنطقة	مساحة الحقل/دونم	عدد العينات المختبرة	عدد العينات المصابة	% نسب لتكرارية الفايروس
الشريخان	85	75	40	53.3
ربيعة	70	45	13	28.8
وانة	40	25	10	40
المجموع	195	145	63	43.1

تدل هذه النتائج على ارتفاع نسبة وجود الفايروس في الحقول حيث زادت عن 53% مما يدل على خطورة هذا الفايروس على انتاجية البطاطا في حقول المحافظة وكذلك رداءة نوعية التقاوي المستعملة في الزراعة حيث ان المعدل الرئيس للاصابات الاولية في الحقول هي الدرنات ثم تقوم حشرات المَنْ لاحقا بنقل الفايروس وزيادة نسبة انتشاره في الحقول وحدوث الاصابات الثانوية (Kolychikhina واخرون,2020).

قياس تركيز الفايروس في العينات المختبرة:

تباينت قيم الامتصاصية الموجبة في العينات الحقلية التي شخصت باختبار الاليزا وقرأت امتصاصيتها عند الطول الموجي 405 نانومتر علماً بان هذه القيم دالة لتركيز الفايروس في العينات التي اعطت تفاعلا موجبا في اختبار الاليزا.

تباينت قيم الامتصاصية في العينات المختبرة والتي يبينها الجدول (2) حيث سجلت سجلت اعلى قيمة في عينات منطقة الشريخان حيث بلغت 1.190 نانومتر فيما سجلت ادنى قيمة في احدى عينات منطقة ربيعة وبلغت 0.756 نانومتر.

الجدول 2. قيم الامتصاصية للعينات التي اظهرت نتيجة موجبة مع فايروس إس البطاطا باختبار الإليزا.

المنطقة / الامتصاصية		الشريخان		ربيعة		وانة	
قيم الامتصاصية		0.968	0.900	0.811	0.783	0.900	0.890
		0.845	0.919	0.810	0.775	0.901	0.927
		1.101	0.969	0.799	0.954	0.890	0.989
		1.190	0.903	0.848	0.810	0.910	1.008
		0.885	1.019	0.756	1.027	1.007	0.969
		0.798	0.968	0.889	0.991	-	-
المقارنة السالبة	0.300	0.941	0.877	0.819	0.811	-	-
المقارنة الموجبة	1.020	0.921	0.878	0.830	0.866	-	-

يمثل كل من: المربع الاحمر اعلى قيمة امتصاصية، الاخضر المقارنة الموجبة, الازرق المقارنة السالبة.

يدل هذا التباين في قيم الامتصاصية على تباين تركيز الفايروس في العينات النباتية التي جلبت من الحقول خلال الموسم الربيعي 2021 والتي اعطت اعراض موزائيك متوسط الشدة وشحوب واختزال نمو الاوراق على نباتات البطاطا كما مبينة في الشكل (1),ويعود هذا التفاوت الى الاختلاف في رد فعل النباتات تجاه الاصابة بسبب التباينات الوراثية فيها وكذلك الى اختلاف مواعيد الاصابة حيث ان الاصابات المبكرة تسبب عادة زيادة في شدة الاصابة وفي تريكز الفايروس في النبات(Steinger واخرون,2015).

الشكل 1. أ- اعراض موزائيك متوسط الشدة. ب- شحوب واختزال الاوراق على نباتات البطاطا في الزيارات الحقلية للحقول المختارة والمتسببة عن فايروس إس البطاطا.

أكدت الدراسة وجود فايروس إس البطاطا في مناطق الزيارات الحقلية والتي جمعت منها عينات البطاطا في كل من الشريخان وربيعة ووانة, مع اختلاف تركيز الفايروس ونسب تكراريته في تلك الحقول.

يشكل فايروس إس البطاطا تهديداً لانتاجية محصول البطاطا وتزداد خطورته كلما اشترك بالاصابة مع فايروس اخر مثل فايروس واي البطاطا وفايروس إكس البطاطا (Hameed واخرون, 2014 و Yardımcı واخرون,2018).

إن زراعة درنات بطاطا غير معتمدة ودرنات من الموسم السابق من قبل المزراعين انفسهم وانتشار حشرات المَنْ في حقول البطاطا والتي تنقله الى الادغال العائلة للفايروس فترة غياب العائل الرئيس ساعدت على دخول الفايروس وانتشاره خصوصا انه سجل في كل مناطق المسح.

أوضحت نتائج التلقيح الميكانيكي لنبات الرغيلة بعزلة فايروس إس البطاطا ظهور اعراض بقع موضعية على الاوراق الملقحة بعد اسبوع من التلقيح ولم تعطي اعراض جهازية على الاوراق الحديثة كما في الشكل(2) وهي تشير الى ان السلالة من النوع الشائع PVS^O وهو ما اتفق مع (Stevenson واخرون,2001 و Salari واخرون,2011 و Barbar،2014).

الشكل 2. اعراض بقع موضعية على نبات الرغيلة نتيجة تلقيحه ميكانيكيا بالسلالة الشائعة لفايروس إس البطاطا.

4. التوصيات

إجراء دراسات مستفيضة تتعلق بوبائية فايروس إس البطاطا من خلال برامج تنبؤية في رصد حركة حشرات المَنْ للحد من انتشاره في الحقل خلال الموسم وغربلة اصناف البطاطا الشائع زراعتها في المحافظة.

5. الشكر والتقدير

أشكر جامعة الموصل/ كلية الزراعة والغابات/قسم وقاية النبات على تذليل صعوبات البحث وتسهيل الامور الادارية والفنية لانجازه كما اشكر كادر المختبر المركزي التابع لكلية الزراعة والغابات.

6. المصادر

1. A. Hameed, Z. Iqbal, and S. M. Shaheen Asad, " Detection of multiple potato viruses in the field suggests synergistic interactions among potato viruses in Pakistan," *The plant pathology journal*, 30(4), pp. 407,2014.
2. A. N. Barbar," Biological, serological and molecular characterization of *Potato virus S* isolated from potato (*Solanum tuberosum* L.)," *Journal of Kerbala University*, 12(3),2014.
3. Alhudaib, Khalid," Serological and Molecular Detection of *Alfalfa Mosaic Virus* in the Major Potato Growing Areas of Saudi Arabia," Scientific Journal of King Faisal University, 20 (1):pp. 31-40. 2018.
4. Ali, Ali Walid," Serological diagnosis of some potato and pepper viruses and the role of aphids in their transmission," PhD thesis, College of Agriculture and Forestry, University of Mosul. 2022.
5. C. M. Fauquet, M. A. Mayo, J. Maniloff, U. Desselberger, and L. A. Ball " *Virus Taxonomy,Classification and Nomenclature of Viruses. Eighth ICTV Report*," Academic Press, Elsevier, London.2005.

6. CABI,“ Datasheet potato virus S. Available online: https://www-cabi-org/cpc/datasheet/43662,” Accessed 13,2019.
7. D. Ristić, I. Vučurović, S. Kuzmanović, E. Pfaf-Dolovac, G. Aleksić, A. Vučurović, and M. Starović, “ The incidence and genetic diversity of *Potato virus S* in Serbian seed potato crops,” *Potato Research, 62*(1),pp. 31-46.2019.
8. FAO, “ Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO) Viale delle Terme di Caracalla,” 00153 Rome, Italy. T: (+39) 06 570 55303 faostat@fao.org 2021.
9. Haj Qassem, Amin and Mohamed Abdel Latif,“ A field survey of viral infections on potatoes in northern Syria during their different breeding stages,” *Aleppo University Research Journal, Agricultural Sciences Series*, (28):pp. 95-110. 1997.
10. I. M. Al-Shahwan, O. A. Abdalla, and M. A. Al-Saleh, “Viruses in the northern potato-producing regions of Saudi Arabia,” Plant Pathology 46(1), pp.91-94,1997.
11. K. Salari, H. Massumi, J. Heydarnejad, A. Hosseini Pour, and A. Varsani, “Analysis of Iranian Potato virus S isolates,” *Virus Genes, 43*(2),pp. 281-288.2011.
12. K.A. Alfred, K. O. Patrick, O. Rose, D. Read, O. M. John.," Next generation sequencing platforms for potato virus hunting, surveillance and discovery"
13. L.F. Salazar, “ Potato Viruses and their Control. Lima, Peru: International Potato Center,” pp 214,1996.
14. M. F. Clark, and A. N. Adams, “Characteristics of the microplate method of enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses,” Journal of general virology, 34(3), pp. 475-483,1977.
15. M. J. Adams, E. J. Lefkowitz, M. A. King, B. Harrach, R. L. Harrison, N. J Knowles, and A. J. Davison, “50 years of the International Committee on Taxonomy of Viruses,” *Archives of virology*, *162*(5),pp. 1441-1446, 2017.
16. M. Kostiw, “ The effect of feeding time on *Potato virus S* transmission by *Myzus persicae* and *Aphis nasturtii* aphids,” *Potato Research* 46:pp. 129-136.2004.
17. M. S. Kolychikhina, O. O.Beloshapkina, & C. Phiri" Change in potato productivity under the impact of viral diseases".*In IOP Conference Series*: Earth and Environmental Science.Vol. 663, No. 1, p. 012035. 2020.
18. K. M. Mukouk, J. I. Fajla and S. G. Qamary“ Viral diseases of important agricultural crops in the Arab region,” Dar Al-Nahda Al-Arabiya, 631 p. 2008.
19. N. Masoudi, M. H. Assareh, A. Rouhibakhsh, R. Madani, M. Naderpour, T. Emami, and D. Koolivand, “ Rapid detection of Potato virus S using antibody-coated gold nanoparticles,” *Iranian Journal of Plant Pathology*, *55*(2),pp. 105-114.2019.
20. N. Yardımcı, H. Ç. Kılıç, and Y. Demir,“ Detection of PVY, PVX, PVS, PVA, and PLRV on Differ ent Potato Varieties in Turkey Using DAS-ELISA,” *Journal of Agricultural Science.Vol. 17:* pp. 757-764,2018.
21. Nineveh Agriculture Directorate/ Planning Department, Nineveh Agriculture Directorate statistics for the year 2021.
22. Qassem, Nabil Aziz and Hamid Hamoud Ali,“ Practical Plant Viruses,” University of Mosul, Mosul. 466 p. 2012.
23. S.El-Saghir, “ Incidence, serological and molecular characterization of *Potato virus S* from commercial potato in Egypt,” *Journal.of Virology Science*., Vol. 1, pp. 67-75,2017.
24. T.Steinger, G. Goy, H. Gilliand, T. Hebeisen, & J. Derron" Forecasting virus disease in seed potatoes using flight activity data of aphid vectors" *Annals of Applied Biology*, 166(3), 410-419.2015.
25. W. R. Stevenson, R. Loria, G. D. D. P. Franc Weingartner, “ *Compendium* of Potato Diseases,” 2th Edition. The American Phytopathological Society, St Paul, Minnesota, USA, pp.125, 2001.