مراجعة لبعض مضادات الاكسدة وأدوارها الفسيولوجية في أشجار نخيل التمر

Phoenix dactylifera L.

حسن عبد الامام فيصل **عبد الصمد عبود عبد الله**

مركز أبحاث النخيل / جامعة البصرة

الخلاصة

تتعرض النباتات لانواع مختلفة من الاجهادات الحيوية واللاحيوية طول دورة حياتها، تشمل الاجهادات اللاحيوية الملوحة والجفاف والحرارة (ارتفاع او انخفاض) والمعادن الثقيلة ونفص المغذيات والاشعة فوق البنفسجية.

يؤدي التعرض الى هذه الاجهادات الى زيادة انتاج وتراكم انواع الاوكسجين التفاعلية (ROS) التي تكون شديدة التفاعل وتسبب بتلف البروتينات والدهون والكربوهيدرات والاحماض النووية، الا ان النباتات تمتلك اليات دفاعية انزيمية وغير انزيمية فعالة وتسمى مجتمعه مضادات الاكسدة Antioxidant.

تستعرض هذه المراجعة اهم مضادات الاكسدة التي تمتلكها شجرة نخيل التمر *Phoenix dactylifera* L. المعرضة للإجهادات الحيوية المختلفة سيما انها من تتميز بطول دورة حياتها، كذلك استعرضت الدراسات التي تناولت تأثير الاضافة الخارجية لبعض مضادات الاكسدة في تحسين مقاومة نخيل التمر للاثار السلبية للاجهادات اللاحيوية.

كلمات مفتاحية: اجهاد لا حيوي، انواع الاوكسجين التفاعلية، اليات دفاعية، مضادات الاكسدة.

المقدمة Introduction

تعرف مضادات الأكسدة Antioxidants أنها أي مادة تقلل أو تخفض الضرر الناتج من أنواع الاوكسجين الفعالة (ROS) Reactive oxygen species وهي عدد من الجزيئات التي تشتق من الاوكسجين الجزيئي (O_2)، مثل الايون السالب من الاوكسجين O_2^- وبيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 وجذر الهيدروكسيل OH^- (Turrens,2003) ، وتنتج هذه الجزيئات ثانوياً في الخلايا غير المعرضة للإجهاد عند اختزال الاوكسجين الى ماء أثناء عملية التنفس (Chen *et al.*,2012) ، وتبدء العملية باختزال الاوكسجين بواسطة اليكترون مفرد يؤدي الى أنتاج O_2^- الذي يعَد المركب البادي' لمعظم جزيئات ROS (Borisova *et al.*,2012) ، يكون هذا الانيون قصير العمر وغير ثابت كيميائياً يمثل بسرعة الى بيروكسيد الهيدروجين بواسطة أنزيم (SOD) dismutase Superoxid (Bhatt and Tripathi, 2011) ، الذي يتحول بوجود الحديد وعبر تفاعل Haber– Weiss إلى جذر الهيدروكسيل OH^- ، الذي يعد أكثر أنواع ROS فعالية والمسؤول عن معظم سمية ROS في النبات(Jones *et al.*, 2011). يحافظ النبات على المستويات المثلى من أنواع ROS من خلال اليات دفاع معقدة تتكون من نظام أنزيمي مثل أنزيمات (SOD) Superoxide dismutase و (CAT) Catalase و (POD) Peroxidase و (APX) peroxidase Ascorbit و Glutathion Peroxidas (GPX) و (GR) Glutathion Reductase ونظام غير أنزيمي ويشمل (فيتامين C) Ascorbic acid و (فيتامين E) Tocopherol والكاروتينويدات Carotenoids والفلافونيدات (Flavonoids) والكلوتاثيون (Glutathione) وحامض الستريك (Citric acid) والفينولات (Phenols) (Yadav *et al.*, 2014) . إلا أنَ زيادة تراكيز هذه المركبات ROS عن حدود معينة بسبب الاجهادات الحيوية وغير الحيوية ومنها الملوحة التي تفوق قدرة النبات على إزالة Scavening هذه المركبات لذا فأن النبات يتعرض الى حالة من الاجهاد تسمى الاجهاد التأكسدي (Oxidative Stress) وهي حالة عدم توازن بين محفزات ومضادات الاكسدة لصالح محفزات الاكسدة (Seis, 2015) .

يسبب الاجهاد التأكسدي أضراراً بالمكونات الخلوية والعمليات الحيوية والفسيولوجية داخل الخلايا من خلال تأثيرها على الجزيئات الحيوية الكبرى مثل البروتينات والدهون والكربوهيدرات وDNA فضلاً عن تثبيط عمل العديد من الانزيمات والتأثير في صفات الاغشية ومن ثم موت الخلية (Carol and Dolan , 2006)، وتعَد زيادة انتاج ROS داخل الخلايا النباتية استجابة أولية لتعرض النبات للشد. تحت الظروف الطبيعية يقوم نظام الحماية من خلال النظام المضاد للأكسدة بحماية النظام الخلوي من جذور الاوكسجين النشطة ، ولكن عند التعرض الى المستويات العالية من الملوحة فأن كمية ونشاط جذور الاوكسجين الفعالة ROS تزداد بدرجة عالية جداً لا يستطيع النظام الدفاعي مقاومته والتغلب علية كما هو الحال في ظروف الشد Stress والشيخوخة (Senescence) لذا فأن الشد التأكسدي يظهر بوضوح (Alscher *et al.* 2002) ، وأن محتوى الخلايا من الجذور الفعالة تحت الظروف الطبيعية يكون واطئاً وعند تعرض النبات الى الشد البيئي تبدأ بالزيادة وعند زيادة ROS أول عمل يقوم به النبات للحد من تأثير الجذور الحرة هو توجيه أنزيم SOD بتحويل جذور(O_2^-) Superoxide radical الى جزيئة ماء وبيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 ثم يقوم الانزيم APX والانزيم GP بتحويل بيروكسيد الهيدروجين الى ماء واوكسجين ، لذا تعد الانزيمات

المضادة للأكسدة المفتاح العضوي التي تؤدي دوراً فعالاً في النظام الحامي للنبات وزيادة تحملة للشد الملحي أو الشدود البيئية الاخرى (Ashraf , 2009) . وان زيادة نشاط مضادات الاكسدة يقلل من اجهاد الاكسدة ويزيد الضغط الأسموزي وزيادة اختيارية امتصاص الايونات المفيدة ويمنع تراكم الايونات السامة الزائدة وبذلك يساعد النبات في تحمل الاجهاد الملحي (صقر، 2012).

مضادات الاكسدة الانزيمية Enzymatic antioxidant

1 – أنزيم (SOD: EC. 1.15.1.1) Superoxide Dismutase

يُعد انزيم SOD من ضمن البروتينات المعدنية ، عزل لأول مرة من قبل (Markowitz *et al.* 1959) ، وصف بأنه بروتين معدني حاوي على عنصر النحاس ، وقد عرف الفعل الأنزيمي لهذ الانزيم لأول مرة من قبل Mccord and Fridorich (1969) وقام بتسميته بهذا الاسم . يُعد هذا الانزيم الخط الدفاعي الاول ضد تأثيرات ROS ، وان محتوى الخلايا النباتية من الجذور الفعالة ROS تحت الظروف الاعتيادية تكون واطئة وعند تعرض النبات الى الشد تبدأ بالزيادة وعند زيادة ROS اول عملية يقوم بها النبات للحد من تأثير الجذور الحرة هي توجيه انزيم SOD بتحويل جذور (O_2^-) Superoxide radical الى جزيئة ماء وبيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2) ، ثم يقوم انزيم (APX) وانزيم (GP) بتحويل بيروكسيد الهيدروجين الى ماء واوكسجين (Cai– Hong *et al.*,2005) . ويوجد هذا الانزيم بثلاثة اشكال حسب موقعة في النظام الخلوي إذ يوجد (Mn–SOD) في المايتوكوندريا والبيروكسيسوم ، ويوجد انزيم (Cu/Zn SOD) و (Fe– SOD) في الكلوروبلاست (Clua *et al.*, 2009) . إذ تعمل جميعها على تحويل جذر الاوكسجين الى بيروكسيد الهيدروجين وجزيئة ماء . وجد (AL– Mayahi (2016 عند معاملة نبيتات نخيل التمر صنف النيرسي بحامض السالسليك بتركيز 75 ملغم . لتر$^{-1}$ وحامض الاسكوربيك بتركيز 100ملغم. لتر$^{-1}$ عن طريق اضافتهما الى وسط النمو تحت تأثير ملوحة قدرها 150ملي مول ادى الى حصول زيادة في فعالية أنزيم SOD في الاوراق.

2 – أنزيم (CAT: EC. 1.11.1.6) Catalase

وهو من الانزيمات الواسعة الانتشار في جميع الكائنات هوائية التنفس، يتكون هذا الانزيم من جزء بروتيني وجزء غير عضوي Prosthetic الحاوي على الحديد بهأة مجموعة الهيم Heme في الموقع الفعال للأنزيم (المظفر، 2009). ومن العضيات الرئيسية التي يتواجد فيها هذا الانزيم هي البيروكسيسومات (ياسين، 2001)، وهو مهم في التخلص من التأثير السام لبيروكسيد الهيدروجين الذي ينتج في البيروكسيسومات من خلال أكسدة الاحماض الدهنية والتنفس الضوئي وهدم البيورين (Gill and Tuteja,2010) ، كما يعمل هذا الانزيم على ازالة الالكترونات التي تقود لإنتاج جذر(O_2^-) Superoxide radical (Abassi *et al.*, 1988) . ويعد من الانزيمات المهمة في تحليل بيروكسيد الهيدروجين المتولد اثناء الاجهاد وهو يمثل المرحلة الثانية من النظام الدفاعي في الخلايا والانسجة النباتية بعد انزيم SOD حيث يستلم بيروكسيد الهيدروجين ويحوله الى جزيئة ماء واوكسجين ، وهو يتكون من اربع سلاسل من الببتيدات والتي تضم كل واحدة منها أكثر من 500 حامض أميني (Seidlitz et al., 2004) . وجد Darwash (2013)

بأن زيادة مستويات الملوحة في وسط النمو لنبيتات نخيل التمر صنف بارتمودا قد ادى الى زيادة فعالية انزيم الكاتليز في الاوراق خلال موسمي النمو الاول والثاني على التوالي . أظهرت الدراسة التي قام بها (2013) ,.Haider *et al* لثلاثة اصناف من نخيل التمر (Deglet noor ، Aseel ، Dhaki) وجد أن تلك الاصناف اختلفت في فعاليتها الانزيمية حسب الصنف ومرحلة النضج فقد سجلت اعلى فعالية انزيمية لمرحلة الخلال لأنزيم الكاتليز للاصناف الثلاثة على التوالي ثم بدأت بالانخفاض لتصل الى اقل قيمة لها في مرحلة التمر . اشار عباس واخرون (2014) بأن زيادة تركيز الملح في وسط النمو للكالس الجنيني لنخيل التمر صنف البرحي ادى الى زيادة فعالية انزيم الكاتليز. أوضح Joseph *et al*.،(2015) الى ان تعرض النباتات الى اجهاد معين مثل الاجهاد الملحي والمائي سبب زيادة في فعالية انزيم الكاتليز كنظام دفاعي وكاستجابة لكبح التأثير الضار للإجهاد .

3 – أنزيم Peroxidase enzyme (POD:1.11.1.7)

وهو احد أنزيمات النظام الدفاعي في النبات ضد أنواع ROS، والذي يعمل على ازالة جذور الاوكسجين الحرة وحماية دهون الأغشية من الأكسدة (He *et al*., 2011)، وأن وظيفته الرئيسة هي اختزال بيروكسيد الهيدروجين الى جزيئة وماء واوكسجين، فضلاً عن وظائف فسلجيه أخرى مثل الاسهام في عملية البناء الضوئي والتنفس وايض الاوكسينات ومقاومة الإصابة بالفايروسات (Lin and Kao , 2001) . فضلاً عن دور هذا الأنزيم كمضاد اكسدة يمكن ان يستخدم في تحديد جنس النخيل في مرحلة مبكرة حيث يستخدم هذا الانزيم كدليل موثق لتميز جنس النخيل الذكري والانثوي من خلال وجود أنماط إسموزية مختلفة التراكيب الوراثية لنخيل التمر المذكر والمؤنث (AL–Fredan, 2013). اوضح Darwash (2013) عند معاملة نبيتات نخيل التمر صنف بارتمودا الى الأجهاد الملحي بأن هناك علاقة إيجابية بين الأجهاد الملحي والأنزيمات المضادة للأكسدة كالبيروكسيديز. بين عباس واخرون (2014) بأنه عند زيادة تركيز الاملاح في وسط النمو للكالس الجنيني لنخيل المر صنف البرحي ادى الى إنخفاض في نشاط فعالية أنزيم البيروكسيديز. أوضحت الدراسة التي اجراها Shareef (2016) بحصول زيادة في فعالية انزيم البيروكسيديز في أوراق فسائل نخيل التمر صنفي الساير والبرحي عند رشها بحامض الستريك بتركيز 500 ملغم.لتر$^{-1}$. لاحظت عاتي (2016) عند رش أشجار نخيل التمر صنف الحلاوي بحامض الاسكوربيك بتركيز 1000 ملغم.لتر$^{-1}$ أدت الى زيادة في فعالية انزيم البيروكسيديز في الأوراق. وجد الجابري (2017) بأن هناك زيادة في فعالية أنزيم البيروكسيديز في أوراق فسائل نخيل التمر النسيجي صنف البرحي عند تعرضها لأجهاد المعادن الثقيلة. أوضح فيصل (2019) في دراستة عند رش فسائل نخيل التمر النسيجي صنف البرحي تحت اجهاد الملوحة بالتوكوفيرول بتركيز 450 ملغم.لتر$^{-1}$ أدى الى زيادة فعالية أنزيم البيروكسيديز في الاوراق.

4 – أنزيم Glutathion Peroxidase (GPX: 1.11.1.9)

اكتشف هذا الانزيم من قبل Gordan (1957) وهو من عائلة البيروكسيديز الذي يدخل في تركيب الكلوتاثيون ، له دور في حماية الخلايا والبلاستيدات إذ تكمن فعاليته في اختزال مركبات الهيدروبروكسيديز الدهنية السامة الى الكحولات واختزال بيروكسيد الهيدروجين السام الى ماء ومن ثم حماية الخلايا من الاجهاد التأكسدي Roy *et*

(*al.*,2005)، ويدخل عنصر السلينيوم بدلا من الكبريت في الكلوتاثيون إذ يصبح هذا الانزيم اكثر كفاءة في حماية النبات واثبتت الدراسات ان له دور في اطالة عمر الخلايا والمحافظة على عدم شيخوختها بتأثير الاجهادات Locato (*et al.*, 2009) . وهو من الأنزيمات التي تحتوي على مجموعة Thiolتساعد على على تحفيز تفاعل اختزال H_2O_2 الى الماء والكحول (Passaia and Margis – Pinheiro, 2015). هذا الانزيم يتواجد في الخميرة والنباتات البرية والحيوانات (Izawa *et al.*, 1996).

5 – أنزيم Galutathione reducatase (GR: 1.6.4.2)

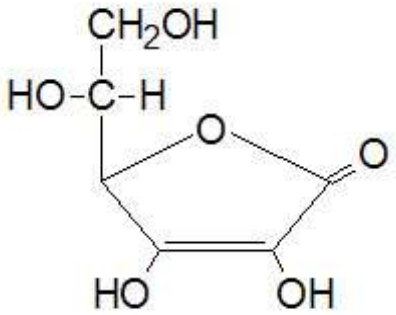
وهو أحد انواع انزيمات الكلوتاثيون، يحفز هذا الانزيم تفاعل الكلوتاثيون ثنائي الكبريت GSSH الى الكلوتاثيون GSH إذ يحتاج كل مول من الكلوتاثيون المتأكسد الى مول من NADPH لأختزالة الى GSH يعمل هذا الأنزيم على تحفيز النبات الى مسلك بديل للطاقة عند الأجهاد (Locato *et al.*,2009).

مضادات الاكسدة غير الأنزيمية Non-Enzymatic Antioxidant

تعرف مضادات الاكسدة غير الانزيمية على انها مركبات موجودة بصورة طبيعية او قد يقوم النبات بإنتاجها، تعمل هذه المركبات على تثبيط او تأخير عملية الاكسدة من خلال فعلها كمانح للهيدروجين او الكترون ومن ثم تتداخل مع الجذور الحرة والمادة المؤكسدة من خلال تكوين مركبات غير حاوية على جذور حرة، تحتوي الخلايا على انواع مختلفة من مضادات الاكسدة غير الانزيمية التي تعمل على منع التأثيرات الضارة والمتلفة لأنواع الاوكسجين الفعال ومن هذه المضادات :

1 – حامض الاسكوربك (فيتامين C) Ascorbic acid

يعد حامض الاسكوربيك من الفيتامينات الذائبة في الماء وهو واسع الانتشار في العديد من النباتات ، السبب في كونه حامضياً نتيجة لوجود مجموعة Enediol التي تقع بين ذرتي الكاربون رقم 3 وهذه المجموعة تسلك سلوك الحامض احادي الكاربوكسيل ولها قوة اختزالية كبيرة ولحامض الاسكوربيك وظائف متعددة فهو يعمل للمحافظة على سلامة الانسجة الرابطة ومقاومة الاكسدة وذلك لقدرته على اخذ الاوكسجين من المحاليل المائية وأكسدته بسهولة مكونه مركب Dihydro ascorbic acid ويحفز هذا التفاعل بواسطة ايونات المعادن ، كما يعمل بميكانيكية تعتمد على قدرة الحامض على منح الهيدروجين لوقف التفاعل المتسلل للجذور الحرة من خلال تكوين جذور حرة خاصة به غير نشيطة (Shigeoka *et al.*, 2002) . حامض الاسكوربيك او فيتامين C ذو الصيغة الكيميائية $C_6 H_8 O_6$ وهو من الأحماض السكريه تركيبه البنائي



الشكل (1) التركيب البنائي لحامض الاسكوربيك

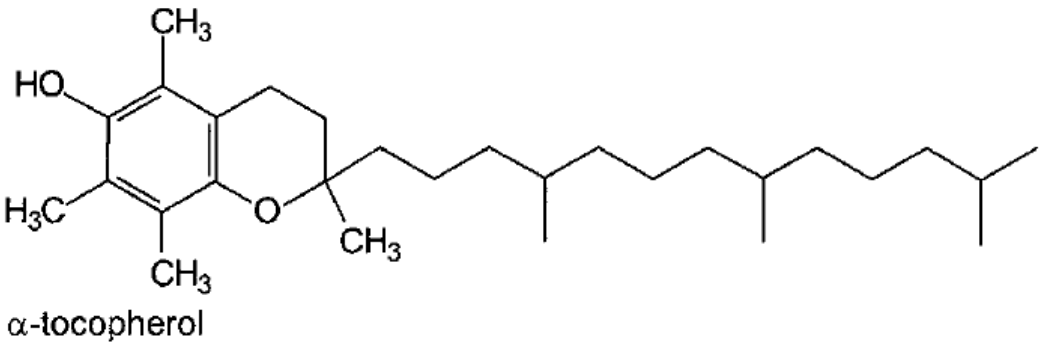
ويوجد في الخضروات والفاكهة بتركيز 50 – 75 ملغم.100غم $^{-1}$ وزن طازج (المريقي ،2005) وهو سكر سداسي يحتوي على اربعة مجاميع هيدروكسيل مع حلقة Furan (الغباشي،2005) ، ويصل تركيزه الى اكثر من 20 ملي مول في صبغة الكلوروفيل كما يوجد في جميع اجزاء النبات فضلا عن جدر الخلايا (Smirnoff and Wheeler , 2000) وله العديد من الادوار الفسيولوجية في النبات منها أنه يعمل على تحفيز تكوين الاحماض النووية والبروتين ويعمل كمانح قوي للإلكترون وهو بمثابة العامل المساعد في العديد من الانزيمات في النبات (Smirnoff , 1996 ; Mahalingam and Fedoroff , 2003) كما يعمل كمرافق انزيمي في التفاعلات الأنزيمية لأيض الكربوهيدرات والبروتين ويدخل في عمليتي التنفس والبناء الضوئي (Taiz and Zieger , 2006) ، كما انه يسهم في السيطرة على نمو الخلايا اذ أن له أثراً في استطالة وانقسام الخلايا و يقوم باختزال العديد من الجذور الحرة وبتالي تقليل الضرر المتسبب بواسطة الاجهاد التأكسدي (Smirnoff and Wheerler , 2000) ، ويلعب دورا في الحماية ضد انواع الاوكسجين النشطة الضارة التي تتكون في عمليتي التنفس والبناء الضوئي (Smirnoff , 1996) وحماية المكونات الحيه للخلية من الاجهادات البيئية غير الملائمة (Smirnoff and Wheerl , 2000 ; Palaniswamy *et al* ., 2003) وانه يشجع النمو الخضري لتأثيره المشابه لمنظمات النمو النباتية المشجعة للنمو (Ahmed *et al*., 1997) .

يُعد حامض الاسكوربيك كبادئ للعديد من الاحماض العضوية مثل حامض الاوكزاليك والتارترك (Debolt *et al*., 2007) ، ومن الادوار الفسيولوجية الاخرى لحامض الاسكوربيك هو حماية النبات من التأثيرات الضارة لارتفاع وانخفاض درجة الحرارة (Walker and Mckersie , 1993) والاجهاد الملحي (Khan *et al*., 2006) واجهاد الانجماد (Lie *et al*., 2007) والاجهاد الجفافي (Amin *et al*., 2008) ، وتحفيز عمليات التنفس وانقسام الخلايا كما يدخل في نظام نقل الالكترونات ويحافظ على الكلوروبلاست من الأكسدة (Foyer, 1993) . وان معاملة النبات بحامض الاسكوربيك خفف من التأثيرات الضارة للجفاف من خلال تحسين محتوى النبات من

الكربوهيدرات والبروتين وصبغة الكلوروفيل والسكريات الذائبة والكاروتينات وعناصر النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم (Hussein and Khursheed , 2014). الدراسة التي قام بها Ibrahim *et al.*, (2013) عند رش اشجار نخيل التمرصنف زغلول بحامض الأسكوربك بتركيز 2000 ملغم. لتر$^{-1}$ وجد بأن هناك زيادة معنوية في طول الورقة والمساحة الورقية وعدد الاوراق وزيادة في محتوى الاوراق من العناصر المعدنية النتروجين والفسفور والكالسيوم والمغنيسيوم والكالسيوم وزيادة في نسبة المواد الصلبة الذائبة والسكريات الكلية في الثمار وزيادة وزن العذق وكمية وحاصل الشجرة لكلا الموسمين. وجد Shareef (2015) عند معاملة فسائل نخيل التمر صنف الجبجاب عن طريق الحقن الارض (بالأسبرين) Acetyl salicylic acidبتركيز 2000 ملغم. لتر$^{-1}$ والرش بحامض الاسكوربيك بتركيز 600 ملغم. لتر$^{-1}$ بان هناك زيادة معنوية في ارتفاع النبات وعدد الاوراق والمحتوى المائي وتركيز الحامض الاميني البرولين وتركيز عنصر البوتاسيوم والبروتين الذائب ونسبة البوتاسيوم الى الصوديوم في الاوراق، في حين ادت المعاملة ذاتها الى انخفاض في تركيز عنصري الصوديوم والكلور في الاوراق. أوضحت الدراسة التي اجرتها عاتي (2016) عند رش اشجار نخيل التمر صنف الحلاوي تحت تأثير الملوحة بحامض الاسكوربيك بتركيز 500 ، 1000 ملغم. لتر$^{-1}$ تفوق التركيز 500 ملغم. لتر$^{-1}$ معنوياً في الوزن الطري للثمرة ووزن البذرة في الموسم الاول وطول الثمرة وقطرها في كلا الموسمين والمحتوى المائي للثمرة في الموسم الاول ونسبة المادة الجافة للثمرة في الموسم الثاني ونسبة البوتاسيوم الى الصوديوم وسمك طبقة الميزوكارب الداخلي للثمرة. في حين سجلت معاملة حامض الاسكوربيك بتركيز 1000ملغم. لتر$^{-1}$ زيادة معنوية في نسبة الحموضة الكلية القابلة للتعادل في الثمرة للموسم الثاني وتركيز صبغة الكلوروفيل الكلي وتركيز الحامض الاميني البرولين في الاوراق وسمك طبقتي الاكسوكارب والميزوكارب للثمرة ووزن العذق وكمية الحاصل في مرحلة التمر. أشار فيصل (2019) في دراسة حول معاملة فسائل نخيل التمر النسيجي صنف البرحي تحت تأثير البيئة الملحية عن طريق الرش بحامض الاسكوربك بتركيز 450 ملغم. لتر$^{-1}$، تفوقت المعاملة معنوياً في تركيز كلوروفيل a و b والكلوروفيل الكلي والكربوهيدرات الكلية والبروتين الذائب وفيتامين C وعنصر النتروجين والاوكسين IAA في الاوراق لكلا الموسمين، وكذلك تفوقت المعاملة ذاتها في الزيادة في ارتفاع الفسيلة وعدد الاوراق المتكونة والمساحة الورقية وتركيز عنصر البوتاسيوم ونسبة البوتاسيوم الى الصوديوم للموسم الثاني، وعلى أعلى عدد للثغور على سطح الورقة السفلي لبشرة الورقة. في حين إنخفضت المعاملة ذاتها معنوياً في تركيز الاحماض الامينية الحرة وحامض الابسيسك ABA في الاوراق لكلا الموسمين، وانخفاض معنوي في تركيز عنصر الصوديوم في الاوراق للموسم الثاني فقط.

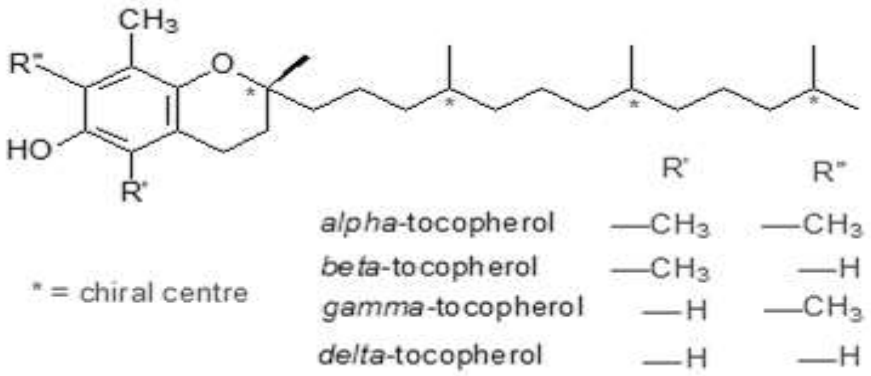
2 – التوكوفيرول (فيتامين E) Tocopherol

Alpha –Tocopherol او α–Tocopherol أو(TCP) ويسمَّى فيتامين E صيغته الجزيئية $C_{29}H_{50}O_2$ واسمه الكيميائي 2, 5, 7, 8–Tetramethyl–2–(4,8,12–trimethyltridecyl)–6–chromanol ووزنه الجزيئي 430.71 غم.مول$^{-1}$ وهو سائل لزج لونه أصفر مائل الى البني وهو مركَّب يذوب في الدهون وعديم الرائحة وتركيبه البنائي (Bender,2003)



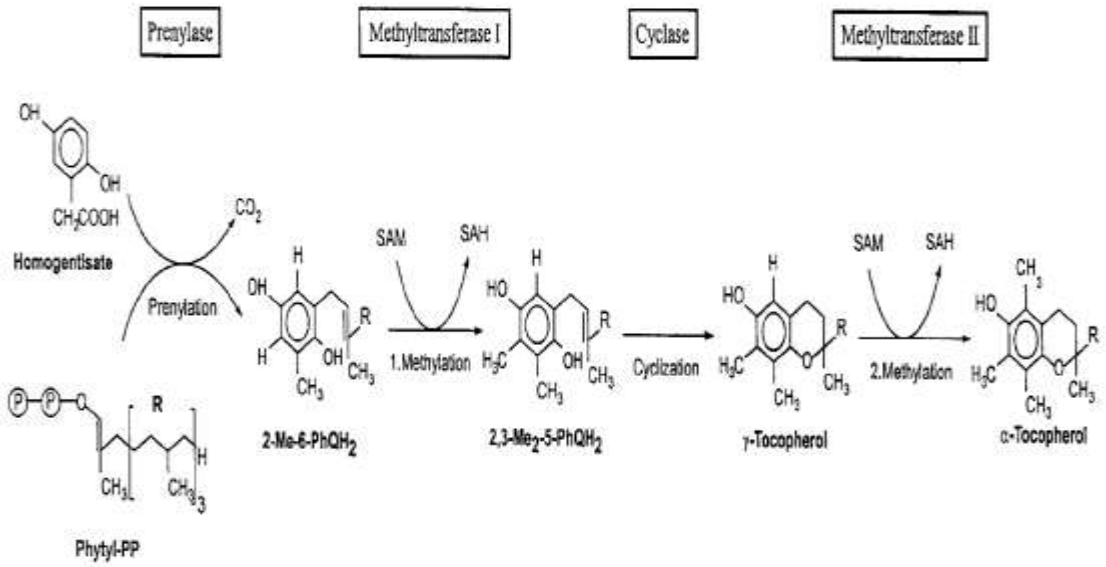
الشكل (2) التركيب البنائي للتوكوفيرول

كما انه احد مضادات الاكسدة المحبة للدهون(lipophilic antioxidant) سواء في النبات او الانسان (Munne – Bosh and Alegre ,2002) الا انه يصنع في النبات فقط (Hincha, 2008) . والتوكوفيرول (α– Tocopherol) هو احد صور التوكوفيرولات والتي تتضمن اربعة مركبات لها سلسلة Phytyl chain



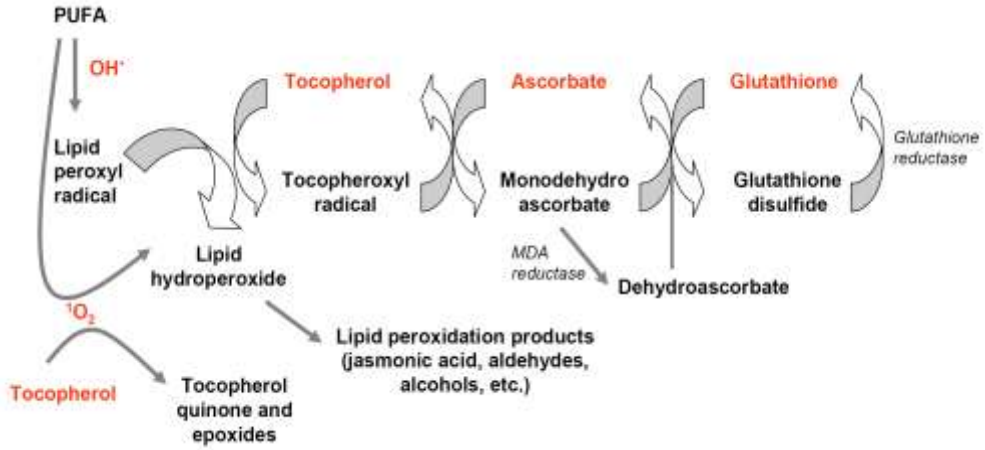
الشكل (3) صور مركبات التوكوفيرولات الاربعة (Bender,2003)

ويعد α–Tocopherol المركب الاكثر فعالية فيها مقارنة مع الصور الاخرى ربما لطبيعة بنائه الحيوي، أما الصور الاخرى فربما تكون المركبات البادئة للتوكوفيرول Precursors . ان البناء الحيوي لهذه المركبات biosynthesis يعتمد على توفر البادئات وهي Phytyl و geranylgeranyl . يحدث البناء في البلاستيدات مع وجود الحلقة الأروماتي aromatic ring بواسطة مسلك Shikimik acid وسلسلة phytyl الناتجة من geranylgeranyl pyrophosphate خلال مسلك terpenoid في plastid envelop (Fryer , 1992) . والبناء الحيوي للتوكوفيرول موضح في المخطط التالي



الشكل (4) البناء الحيوي للتوكوفيرول (Arango and Heise, 1988)

يعد α–Tocopherol (vitamin E) من المركبات المهمة للنبات ، اذ يعد من مضادات الأكسدة (Hess, 1983) لدوره في زيادة ثباتية الأغشية والتخلص من الجذور الحرة وكنسها Scavengers .كما ان التوكوفيرول بالاشتراك مع مضادات الأكسدة الاخرى يؤدي دورا في الحد من ROS في أغشية الكلوروبلاست مما يحد من اكسدة الدهون وذلك بالحد من جذر lipid peroxyl (Munne Bosch, 2005)



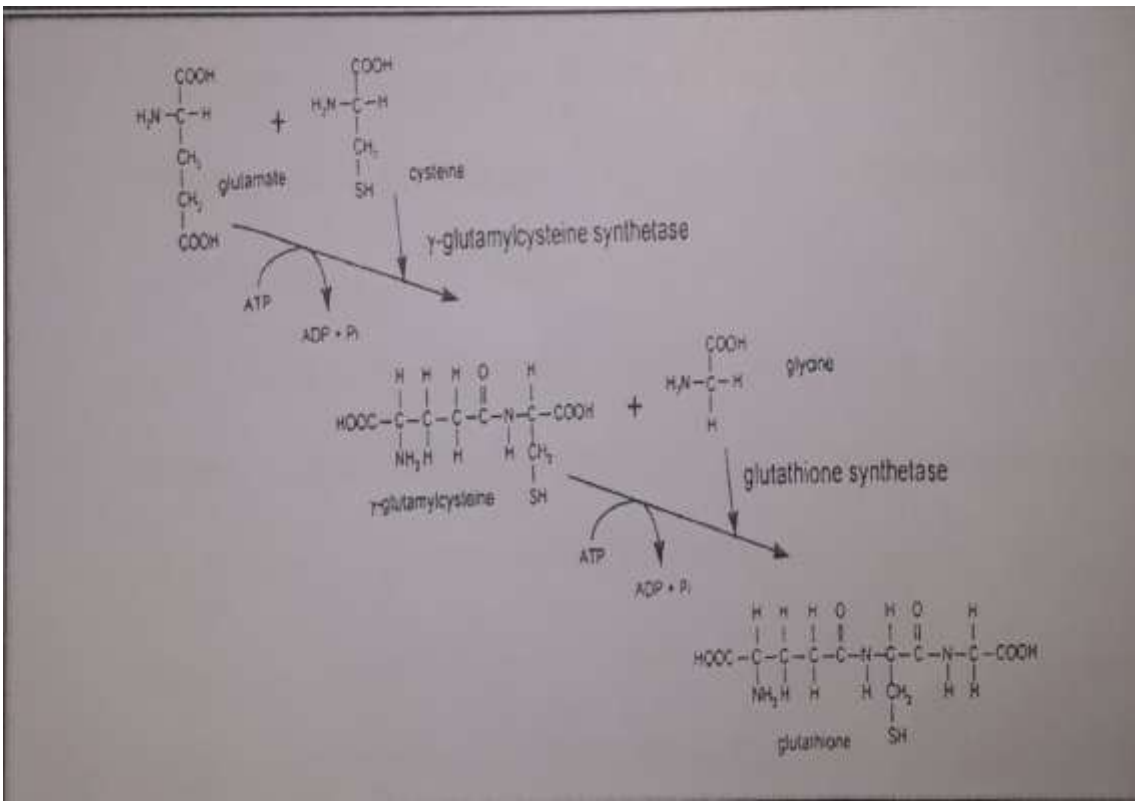
الشكل (5) رسم تخطيطي يبين أزالة ROS بواسطة التوكوفيرول والتفاعل بين التوكوفيرول والاسكوربات والجلوتاثين في الحد من بيروكسيد الدهون في الكلوروبلاست .

توجد التوكوفيرولات في الكائنات الحيه التي تقوم بعملية البناء الضوئي (النباتات ، الطحالب alge وبعض الطحالب الخضراء المزرقة cyanobacteria) (Mokrosnop,2014), فضلاً عن ذلك فأنَّها تعد مكوِّنا لاغشية البلاستيدات الخضر التي تكون غنية جدا بالحوامض الدهنية غير المشبعة polyunsaturated fatty acids. ودورها هو حماية أغشية البلاستيدات من الإجهاد التأكسدي من خلال تكوين مضادات أكسدة دهنية ذائبة –Munne ;1992 ,Fryer) Bosch and Alegre, 2002) .كما أنَّها تعمل على حماية النبات من الإجهاد الناتج عن الأكسدة الضوئية، كما أنَّ للتوكوفيرولات ادواراً فسيولوجية عديدة منها حماية النبات من درجات الحرارة المنخفضة ;Maeda *et al*., 2006) (2008 والجفاف (Cela *et al*.,2011) والعناصر الثقيلة (Collin *et al*.,2008) كما لها دور في سكون البذور وانباتها (Sattler *et al*.,2006) والإشارات الخلوية cell signaling (Cela *et al*,2011). إذ أنَّ التوكفيرولات تؤدّي دورا مهما في الإشارات بين الخلايا intracellular signaling من خلال تنظيم كميات حامض Jasmonic acid في الأوراق عن طريق تعديل أكسدة الدهون والتعبير الجينيlipid peroxidation and gene expression ممَّا يؤثر في تطور النبات واستجابته للشد والسيطرة على درجة أكسدة الدهون في البلاستيدات الخضر وتحديد تراكم Lipid hydroperoxides اللازمة لتخليق حامضJasmonic acid الذي ينظِّم التعبير الجيني الذي يؤثّر في الاستجابة للشد فضلا عن ذلك فأن التوكوفيرولات ضرورية لتطور جدار الخلية في الخلايا الناقلة في اللحاء تحت ظروف الشد . وقد وجد أنها تعمل بوصفها منظّما للجينات ومنظما للحامض النووي mRNA او تنظّم تخليق البروتين الذي ينتج من الاستنساخ الجينيGene transcription وثباتية mRNA وترجمة البروتين Protein translation وزيادة ثباتية البروتين. ولوحظت التأثيرات أيضا في الجينات المرتبطة بهدم التوكوفيرول Tocopherol catabolism وامتصاص الدهون وتخليق Collagen والتماسك الخلوي Cellular adhesion ونقل الإشارات الخلوية cell signaling، إذ أنَّ التوكوفيرول يزيد من فعالية الانزيمات ومنها المسؤولة عن نقل الإشارات Signal transduction من خلال التأثير في بروتينات الاغشية, وهناك اعتقاد بأنَّ التوكوفيرول ربَّما يؤثر في عملية العبور الخلوي Cellular trafficking وخصوصاً عبور الانزيمات بين الخلايا والانتشار خلال الاغشية (Fryer, 1992) . وجد فيصل (2019) في دراسته عند معاملة فسائل نخيل التمر النسيجي صنف البرحي تحت تأثير البيئة الملحية عن طرق الرش بالتوكوفيرول بالتراكيز 150، 300، 450 ملغم. لتر$^{-1}$، تفوق التركيز 300 ملغم. لتر$^{-1}$ معنوياً في عدد الاوراق المتكونة للموسم الاول وتركيز عنصر الفسفور للموسم الثاني وانخفضت المعاملة ذاتها معنوياً في تركيز عنصر الصوديوم في الاوراق للموسم الاول ، في حين سجلت معاملة الرش بالتوكوفيرول بتركيز 450 ملغم. لتر$^{-1}$ زيادة معنوية في ارتفاع النبات للموسم الاول وتركيز الجبرلينات لكلا الموسمين، وسجلت المعاملة ذاتها إنخفاضاً معنوياً في تركيز الحامض الاميني البرولين وعنصر الكلور في الاوراق لكلا الموسمين الاول والثاني على التوالي.

3 – الكلوتاثيون Glutathione

الاسم النظامي هو Glutathion والصيغة الجزيئة له هي $C_{10}H_{17}N_3O_6S$ والكتلة المولية له 307.32 $g.mol^{-1}$ ويذوب في الماء بسهولة وغير قابل للذوبان في المذيبات العضوية مثل الميثانول ، وهو من مجموعة Glutamate Ketogloglutarate (Moat *et al*.,2002) ، وهو عبارة عن ببتيد ثلاثي يتكون من ثلاثة احماض

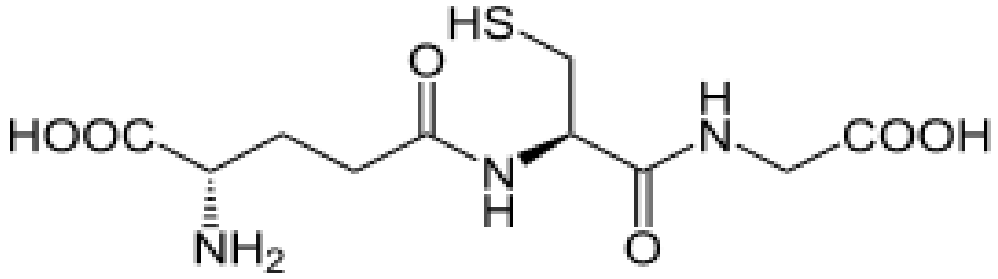
امينية هي glutamic ، glycine , cycteine شكل (7) (Balavandy *et al.*,2014) ، ويوجد في عدد كبير من الخلايا بدائية النواة وقد وجد في السنوات الاخيرة في الخلايا حقيقية النواة (Kunert and Foyer,1993) . يتواجد الكلوتاثيون بحالتين (GSH) مختزلة و (GSSH) مؤكسدة ، فضلاً عن منعه الاكسدة وازالة السموم في الخلايا له دور في مسارات Glutathione ascorbate و Jasmonic acid والهرمونات النباتية (Noctor,2006) . للكلوتاثيون دور في عملية التمثيل الغذائي لبيروكسيد الهيدروجين في البلاستيدات الخضراء (Foyer and Hallawell,1976) ، وله دور في مقاومة الاجهاد (Touz *et al.*,2004) كما يقوم بتنظيم الجين ويساهم في تكوين مادة Phytochetation ويعمل كمادة اساس ل glutathione–S– transferas ، وهو بذلك يساعد في حماية الخلية كما انه يعمل على تنظيم دورة الخلية وحمايتها من الاكسدة وان مستوى الكلوتاثيون يتذبذب في الخلية (Noctor *et al.*,2011) . والبناء الحيوي للكلوتاثيون يحتاج الى انتاج ATP وهذا يؤدي الى تكوين y– (Y–EC glutamylcysteine) من L–glutamate ، L–cystine يتبع ذلك تكوين الكلوتاثيون باضافة glycine الى النهاية الطرفية Y–EC (Meister,1988) . كما موضح في الشكل (6) .



الشكل (6) البناء الحيوي للكلوتاثيون (Noctor and Mills,1988)

يتواجد الكلوتاثيون في الخلايا النباتية وهو منخفض الوزن الجزيئي ، يعمل على ازالة انواع الاوكسجين التفاعلية (ROS) وتخفيف الاجهاد عن طريق ارتباط الكلوتاثيون مع الجزيئات ثم تقوم الانزيمات بالارتباط بالسطح الخارجي ل glutathione (Roubier *et al.*,2008)، كما ان الكلوتاثيون يشارك في مرحلة النمو وبناء DNA (G1/S) من دورة الخلية ، وله دور في المرحلة قبل الجنينية لتطور الجذر (Vernoux *et al.*,2000) ، ويعمل ايضاً على تجميع anthocyanin (Xiang *et al.*,2001) ، كما يمثل دوراً في عملية الموت المبرمج للخلايا ومقاومة

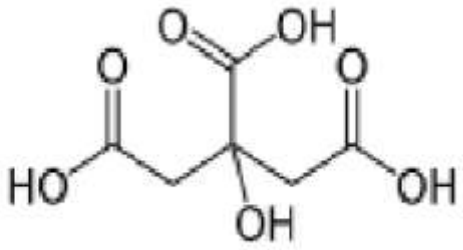
الامراض (Foyer and Nocter,2005) وله دور في تمايز الخلايا (Henmi *et al.*,2005) . وآلية عمل الكلوتاثيون كمضاد اكسدة انه يتفاعل مع الاوكسجين الذري والسوبر اوكسيد والهيدروكسيد وبذلك يعمل بطريقة غير مباشرة على اسر الجذيرات الحرة، ويعمل على زيادة ثبات تركيبة أغشية النبات بواسطة ازالة Acycleperoxide المتكون من تفاعل Lipid peroxidation، وعامل مختزل الذي يعيد دورة الاسكوربك من الشكل المتأكسد الى الشكل المختزل بواسطة أنزيم ascorbate reductase dehydro، وال GSH يختزل dehydro ascorbate بوساطة عملية غير انزيمية عند PH_7 (صقر، 2006).



الشكل (7) التركيب البنائي للكلوتاثيون (Balavandy *et al.*, 2014)

4 – حامض الستريك Citric acid

حامض الستريك يسمى بالانكليزية (**Citric acid**) وصيغة الجزيئية $C_6H_8O_7$ ويسمى ايضاً بحامض الليمون أو ملح الليمون، وهو عبارة عن حامض ثلاثي الكربوكسيل. ان حامض الستريك يوجد طبيعياً بتراكيز عالية في عصير ثمار الحمضيات والفواكه الطازجة وبعض الخضر، ويحضر صناعياً من السكر بمساعدة البكتيريا والخمائر ، وهو وسيط مهم من اجل اكمال دورة كربس Krebs cycle التي تعد واحدة من المسارات المهمة من مجموعة التفاعلات التي يتأكسد السكر الى ثاني اوكسيد الكاربون والماء المصاحب لتوليد الطاقة على شكل مركب ATP لذا فهو يؤدي دوراً مهماً في تحفيز عمليات البناء الضوئي في النبات (Faton,2009) . ويعد حامض الستريك احد مضادات الاكسدة غير الانزيمية، إذ يعمل مادة كانسة للتخلص من الجذور الحرة الناتجة من الاجهادات غير الحيوية التي يتعرض لها النبات والتي تؤثر على التحولات الغذائية المضطربة والتأثير في سلسلة نقل الالكترون وزيادة هدم الاغشية البلازمية وزيادة في بيروكسيد الهيدروجين (صقر ، 2012) ، ومن تلك الاجهادات الاجهاد الملحي والقلوي والملوثات وغيرها ، كما يحمي حامض الستريك النباتات من الاجهادات الحيوية ومنها المرضية . كما ان فعالية حامض الستريك الذي يعد من المواد المضادة للأكسدة غير الانزيمية والتي ترتبط مع الجذور الحرة وتحفظ النبات من الاضرار الناتجة من تأثيرات الملوحة والسمية (Rao *et al.*,2000) .



الشكل (8) التركيب البنائي لحامض الستريك

وجد (2013) EL–khawaga في دراسته لتقيم تأثير الملوحة والمواد المضادة للملوحة في التخفيف من اثار الملوحة السلبية في النمو والاثمار في اصناف نخيل التمر (زغلول ، حياني) إذ أظهرت النتائج إن استعمال مضاد للملوحة مثل حامض الستريك كان فعال في التخفيف من تأثير الملوحة السلبي في مساحة الورقة والمحصول وجودة الثمار مقارنة مع معاملة المقارنة . بين طعيمة (2015) عند معاملة أشجار نخيل التمر صنف الساير الارضية بحامض الستريك بتركيز 200 غم.نخلة$^{-1}$ تحت تأثير الملوحة أدت المعاملة الى زيادة معنوية في طول الثمرة ومحتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة والسكريات الكلية وانخفاض في نسبة السكروز في الثمرة ، وزيادة نسبة البوتاسيوم الى الصوديوم في الاوراق ، وزيادة في وزن العذق والحاصل الكلي للشجرة . أوضح Shareef (2016) عند رش فسائل نخيل التمر صنف البرحي والساير بحامض الستريك بهدف تخفيف ملوحة التربة بالتركيز 500 ، 1000 ملغم . لتر$^{-1}$ ، أعطى التركيز 500 ملغم . لتر$^{-1}$ زيادة معنوية في محتوى الاوراق من الكلوروفيل الكلي وعنصر البوتاسيوم ونسبة البوتاسيوم الى الصوديوم والهرمون النباتي IAA، وسجلت المعاملة ذاتها إنخفاضاً معنوياً في محتوى الاوراق من عنصر الصوديوم وحامض الابسيسك ABA في الاوراق. في حين سجلت معاملة الرش بحامض الستريك بتركيز 1000 ملغم.لتر$^{-1}$ زيادة معنوية في ارتفاع الفسائل والمساحة الورقية وعدد الاوراق ومحيط الفسيلة ولكلا الموسمين وكذلك سجلت المعاملة ذاتها زيادة معنوية في محتوى الاوراق من الحامض الاميني البرولين والكربوهيدرات الذائبة الكلية.

5 – المركبات الفينولية Phenolic compounds

تعد المركبات الفينولية احد النواتج الثانوية لعملية التمثيل الغذائي في النبات ، وهي من المركبات الواسعة الانتشار في كل الانسجة النباتية توجد في معظم الانسجة النباتية وقد توجد بتراكيز عالية (Del Rio *et al.*,2010) ، وتصنف المركبات التي تمتلك مجموعة هيدوكسيل وظيفية او أكثر على حلقة عطرية على انها مركبات فينولية ، والتي تصل الى الالاف من المركبات يعرف منها إلى الأن 8000 مركباً (Tsao, 2010) . وتخلق الفينولات حيوياً عن طريق مسارين رئيسين هما Shikimic acid pathway ومسار حامض Malonic acid pathway ، والاخير هو المسار الرئيس في تخليق الفينولات في الفطريات والبكتريا ولكن أقل اهمية في النباتات ، إذ يسهم مسار حامض

Shikmic في تخليق معظم المركبات الفينولية في النبات (Arici *et al.*,2014) ، يعتمد مسار حامض ShiKimic على الكربوهيدرات البسيطة كمركبات بادئة في تخليق الفينولات وذلك بتحويلها الى ثلاثة احماض امينية عطرية هي Phenylalanine و Typtophan و Tyrosine ، وتخلق معظم الفينولية عن طريق تحويل Phenylalanine الى حامض Cinnamic بوجود انزيم Phenylalanine ammoia lyase ويختصر (PAL) . (Lattanzio, 2013)

تقسم الفينولات على اساس الوزن الجزيئي الى مركبات فينولية بسيطة Simple Phenolics Compounds وهي المركبات ذات الوزن الجزيئي المنخفض وعادة ما تتكون من حلقة واحدة ومن 1–4 ذرات كربون في السلسلة الجانبية مثل الفينول والحوامض الفينولية مثل Gallic و Salicylic Caffeic و Ferulic ، وهذه المجموعة لها دور دفاعي ضد الحيوانات العاشبة والبكتريا ، وبعضها مثل حوامض Caffeic و Ferulic لها نشاط Allelopathi (Anantharaju *et al.*,2016) ، والى مركبات فينولية معقدة Complex Phenolics Compounds وهي مركبات ذات اوزان جزيئية عالية مثل اللجنين Lignin ووظيفتة الرئيسية هي الدعم الميكانيكي للنبات والاوعية الناقلة سيما الخشب ، فضلاً عن دورة في حماية جدران الخلايا (Del Rio, 2010) ، والتانين Tannins والفلافونويد Flavonoids والتي تقسم الى ثلاث مجاميع هي : الانثوسيانين Anthocyanins والفلافونول Flavonols والايزوفلافونويد Isoflavonoids (Anantharaju *et al.*,2016) ، إذ تعَد المركبات الفينولية خط الدفاع الثاني في النبات وتعمل كمضادات اكسدة كاسرة للجذور الحرة ROS مانحة للهيدروجين ولها القدرة على تثبيط انزيم Liopoxygenase ، وتحفز انزيمات الكلوتاثيون والكاتليز عند تعرض النبات للاجهاد (Vitor *et al.*, 2004) . أشار Zouari *et al.* (2016)، عند معاملة فسائل نخيل التمر بالكادميوم ادت الى رفع مستوى المركبات الفينولية في الاوراق. وجد الجابري (2017) عند معاملة فسائل نخيل التمر النسيجي صنف البرحي بالمعادن الثقيلة ادى الى زيادة مستوى المركبات الفينولية في الاوراق.

6 – الكاروتينويدات Carotenoids

هي مجموعة من الايزوبيرنيدات Isoprenoids عادة عبارة عن صبغات ملونة منها الاحمر ، الاصفر ، البرتقالي ، الصبغات الحمراء عادة تظهر في البلاستيدات الملونة chromoplasts وموجودة في الجذور والسيقان والاوراق والازهار والثمار ، وتتكون الكاروتنويدات من اولاً الكاروتين الذي هو عبارة عن هيدروكربون نقي ، وثانياً الزانثوفيلات Xanthophylls والتي تحتوي على الاوكسجين من (2 – 4) ذرات اوكسجين للجزيئة الواحدة ، وكلا النوعين الكاروتين والزانثوفيل تتكون من ثمان وحدات من الايزوبرين (تركيب وحدة الايزوبرين C_5H_8) أي يحتوي كلا النوعين على 40 ذرة كاربون ، وكلاهما لايذوب في الماء وإنما يذوبان في المذيبات العضوية مثل الاسيتون Acetone . ومن وظائف الكاروتنويدات هي المساهمة في عملية البناء الضوئي بشكل مباشر مع الكلوروفيل ومنع الاكسدة الضوئية للكلوروفيل، وتعد الكاروتنويدات من مضادات الاكسدة غير الانزيمية القوية التي تتفاعل مع الاوكسجين الفعال إذ تتمكن جزيئة واحدة من الكاروتنويدات من قنص 250 – 1000 جزيئة من الاوكسجين الفعال، ولها دور في حماية النبات من تأثير اجهد الاشعة فوق البنفسجية Ultraviolate Ray stress

(Holt, *et al.*, 2005) . وجدت عاتي (2016) عند رش اشجار نخيل التمر صنف الحلاوي بحامض الاسكوربك بتركيز 1000 ملغم.لتر$^{-1}$ ادى الى زيادة تركيز صبغة الكاروتين في الاوراق. اوضح الجابري (2017) إن معاملة فسائل نخيل التمر النسيجي صنف البرحي بالمعادن الثقيلة ادت الى إنخفاض في تركيز صبغة الكاروتين في الاوراق. الدراسة التي أجراها فيصل (2019) عند رش فسائل نخيل التمر النسيجي صنف البرحي بحامض الاسكوربك بتركيز 450 ملغم.لتر$^{-1}$ سجلت زيادة معنوية في تركيز الكاروتينويدات في الاوراق.

جدول (1) يبين بعض الدراسات حول استعمال بعض مضادات الاكسدة في اشجار نخيل التمر

مضاد الأكسدة	نوع الأجهاد	المصدر
حامض الستريك	الاجهاد الملحي	El- Khawaga, 2013
حامض الستريك	الاجهاد الملحي	طعيمة ، 2015
حامض الاسكوربيك	الاجهاد الملحي	Shareef, 2015
حامض الاسكوربيك	الاجهاد الملحي	Al-Mayahi, 2016
حامض الاسكوربيك	الاجهاد الملحي	عاتي ، 2016
حامض الستريك	الاجهاد الملحي	Shareef, 2016
حامض الاسكوربيك	الاجهاد الملحي	فيصل ، 2019
التوكوفيرول	الاجهاد الملحي	فيصل ، 2019

المصادر **References**

الجابري ، خيرالله موسى عواد (2017) . التغاير الموسمي للتلوث بالمعادن الثقيله وتأثير معاملة الكادميوم والرصاص في بعض الصفات الكيميوحيويه والتشريحيه والوراثيه لنخيل التمر (*Phoenix dactylifera* L.) صنف البرحي . أطروحة دكتوراه – كلية العلوم جامعة البصره – العراق – 206 ص .

صقر، محمد طه (2006) . اساسيات كيميوحيوية وفسيولوجيا النبات، كلية الزراعة ، جامعة المنصورة .

صقر، محب طه (2012) . فسيولوجيا الاجهاد. كلية الزراعه – جامعة ال منصوره . http: // osp. mans. Edu / sakr / crsp/crse./ 17 / eg

طعيمه، محمد هادي (2015). تأثير الكبريت والكالسيوم وحامض الستريك في تحسين التحمل الملحي وصفات الثمار النوعيه والانتاجيه لنخيل التمر (*Phoenix dactylifera* L.) الساير. رسالة ماجستير – كلية الزراعه – جامعة البصره – العراق – 97 ص.

عاتي، منتهى عبدالزهره (2016) . تأثير الرش ببعض مضادات الاجهاد البيئي في بعض الصفات الفسيولوجيه والتشريحيه والانتاجيه لنخيل التمر (*Phoenix dactylifera* L.) صنف الحلاوي. اطروحة دكتوراه – كلية الزراعه – جامعة البصره –225 ص.

عباس، مؤيد فاضل وعباس مهدي جاسم واحمد دينار الاسدي (2014). تأثير كلوريد الصوديوم ومستخلص أوراق نبات الكبر (*Capparis spinose* L.) في فعالية أنزيمي البيروكيسديز والتاليز للكالس الجنيني لنخيل التمر *Phoenix dactylifera* L. صنف البرحي. مجلة الصرة لابحاث نخلة التمر 13 (1-2) : 64 – 66 .

الغباشي، رفعت السيد (2005). كيمياء وبيولوجيا الفيتامينات. دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة / جمهورية مصر العربية.

المريقي، احمد جابر موسى (2005). كيمياء نباتات البساتين. الطبعة الاولى، دار الفجر للنشر

جمهورية مصر العربية، ص: 81 – 84.

فيصل، حسن بالأمام (2019). تأثير الرش بحامض الأسكوربيك والتوكوفيرول والسليكون في بعض صفات النمو لفسائل نخيل التمر صنف البرحي cv.Barhi (*Phoenix dactylifera* L.) النامية في بيئة ملحية – أطروحة دكتوراه – كلية الزراعة –جامعة البصرة – العراق – 210ص .

المظفر، سامي عبد المهدي (2009). كيمياء البروتينات الطبيعية. الطبعة الاولى، ادارة المسيرة للنشر والتوزيع، عمان، الاردن.

ياسين، بسام طه (2001). اساسيات فسيولوجيا النبات. لجنة التعريب، جامعة قطر، الدوحة.

Abassi, N. A.; Kushad , M.M . And Endress, A. G. (1998). Active oxygen scavengfing enzyme activities in fruits developing.Horticulturae 74 (3):183-194.

Ahmed, F.F.; Akl, A.M.; Gobora , A. A. and Mansour, A.E. (1997). Yield and quality of Anna apple trees (*Malus domestica* L.) in response to foliar application of ascorbine and citrine fertilizer. Eygpt J. Hort., 25(2): 120-139.

AL-Fredan, M.A.(2013). Peroxidase activity in male and female plants of date palm (Phenoix dactylifera L.) growing in AL-Hassa Saudi Arabia in vitro . EL-Minia Science Bulletin 24 (1). : 37-55.

Alscher, R.G.; Erturk, N. and Hoath, L. (2002) . Rol of super oxid Dismmatase (SOD) in controlling oxidative stress in plant . J.Exp. Bot., 53:133-1341.

Amin, A.A., Rashad, El-Sh. M.,and Gharib, F.A.E. (2008). Changes in morphological, physiological and reproductive characters of wheat plants as affected by foliar application with salicylic acid and ascorbic acid Australian J. Basic and Appl. Scis., 2(2): 252-261 .

Anantharaju P.G., Gowda P.C., Vimalambike M.G. and Madhunapantula. (2016). an overview on the role of dietary phenolics for the treatment of cancers. Nutrition J. 15:99-115.

Arango, Y. and P. Heise (1998). Localization of α-tocopherol synthesis in chromoplast envelope membranes of *Capsicum annuum* L. fruits. Journal of Experimental Botany, 49 (324):1259-1262.

Arici S.E., Kafkas E. and Kaymak S. (2014). Phenolic compounds of apple cultivars resistant or susceptible to *Venturia inaequalis*. Pharm Biol. 52 (7): 904-908.

Ashraf, M. (2009). Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. Biotechnology Advances 27: 84-93.

Balavandy, S. K.; Shameh, K.; Biak, D. R.B. and Abidin, Z. Z. (2014). Stirring time effect of silver nanopartides prepared in glutathione mediated by green method.C hemistry Central Journal.Vol 18: 1-11.

Bhatt I. and Tripathi B.N. (2011). Plant peroxiredoxins: catalytic mechanisms, functional significance and future perspectives. Biotechnol. Adv. 29:850-859.

Bender, D. A. (2003). Nutritional biochemistry of the vitamins. 2nd.ed. Cambridge University.

Borisova M.M., Kozuleva M.A., Rudenko N.N., Naydov I.A., Klenina I.B, and Ivanov B.N. (2012). Photosynthetic electron flow to oxygen and diffusion of hydrogen peroxide through the chloroplast envelope via aquaporins. Biochim. Biophys. Acta. 1817(8):1314-1321.

Cai- Haug, P.; Jun, G.Z. and Bao- shan, W.W. (2005). NaCl treatment markedly enhances H_2O_2 Scavenging system in leaves of halophytes *Suaeda salsa* Plant Physiol., 125: 490-499. 51

Carol R.J. and Dolan L. (2006).The role of reactive oxygen species in cell growth: lessons from root hairs. J. Exp. Bot. 57(8): 1829-1834.

Cela. J.; C. Chang and S. Munné-Bosch (2011). Accumulation of γ- rather than α-tocopherol alters ethylene signaling gene expression in the *vte4* mutant of *Arabidopsis thaliana.* Plant.

Chen W., Feng L., Huang Z. and Su H. (2012). Hispidin produced from *Phellinus linteus* protects against peroxynitrite-mediated DNA damage and hydroxyl radical generation. Chem. Bio. Interact. 199: Clua, A. ; Paez , M. ; Orsini , H. and Beltrano , J. (2009).Incidence of drought stress and dewatering on lotus lenis effect on cell membrane stability . Lotus newsletter, 39(1):21-27. 137-142.

Collin, V. C.; F. Eymery; B. Genty; P. Rey. And M. Havaux (2008). Vitamin E is essential for the tolerance of *Arabidopsis thaliana* to metal-induced oxidative stress. Plant Cell Environ., 31:244-257.

Darwesh , S. S . (2013). Improving growth of date palm plantlets grown under salt stress with yeast and amino acids applications. Annals of Agricultural Science 58(2): 247-256.

Debolt , S.; Melino,V. and Ford, C.M.(2007).Ascorbate as a biosynthetic precursor in plants. Annals of Botany: 3-8 .

Del Rio D., Borges G. and Crozier A. (2010). Berry flavonoids and phenolics: bioavailability and evidence of protective effects. Br. J. Nutr. 104: 67-90.

El-Khawaga,A.S.(2013). Effect of Anti-salinity Agents on growth and fruiting of Different Date Palm Cultivars. Asian J.of Crop science, 5(1): 65-80.

Foyer,C.H.,and Hallwell ,B. (1976).The Presence of glutathione reductase in chloro plasts ,aproposed role in ascorbic acid metabolism . Planta 133:21-25.

Foyer, C.H (1993). Ascorbic acid. In: Alscher R.G and H ess, J.L. eds. Antioxidants in higher plants. Boca Raton: CRC Press 31-58.

Foyer, C.H. and Nocter,G.(2005).Oxidants and antioxidants signaling in plants:are-evalaution of the concept of oxidative stress in a physiological context. Plant Cell Environ.28: 1056-1071.

Fryer, M. J. *(1992)* The antioxidant effects of thyllakoid vitamin E Gill , S. S. and Tuteja , N.(2010).Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants . Plant Physiol. and Biochem. 48: 909-930. (α-tocopherol). Plant Cell Environ. 15:381–392.

Gordon, M. (1957) . Hemoglobin catabolism. I. Glutathione peroxidase, an erythrocyte enzyme which protects hemoglobin from oxidative break down. The J. of Biol. chem. 229(1): 97 – 189.

Haider , M.S. ; Khan, I.A. ; Nagvi, S.A. ; Taskani , M.J. ; Khan , R.W.

Nafees, M. and Pasha, I. (2013) . Fruit development stages effects on Biochemical attributes in date palm . Pak.J. Agri. 50(4):577- 583.

He J., Yue X., Wang R. and Zhang Y. (2011). Ethylene mediates UV-B induced stomatal closure via peroxidase-dependent hydrogen peroxide Henmi,K.Demura,T.;Tsuboi,S.;Fukuda,H..; Iwabuchi ,M. and Ogawa,K.(2005). Change in the redox state of glutathione requlates differentiation of tracheary elements in Zinnia cells and Arabidopsis roots. Plant Cell Physiol 46: 1757-1765. Synthesis in *Vicia faba* L. J. Exp. Bot.62: 2657-2666.

Hess, J. L. (1983). Vitamin E, α-Tocopherol. In: Antioxidants in Higher Plants. R.G. Alscher and J. L. Hess (Eds.). CRC Press, Inc., Boca Raton.,:111-134.

Hincha, D. K. (2008). Effects of alpha-tocopherol (vitamin E) on the stability and lipid dynamics of model membranes mimicking the lipid composition of plant chloroplast membranes. FEBS Lett. 582 (25-26) :3687-3692.

Hussein .Z.K. and Khursheed .M.Q. (2014). Effect of Foliar Application of Ascorbic Acid on Growth, yield components and some chemical constituents of wheat under water stress condition. Jordan Journal of Agricultural Sciences 10(1): 1-14.

Ibrahim, H. I. M.; Ahmed, F. F.; Akl, A. M .M. A. and Rizk, M. N. S. (2013). Improving Yield Quantitively and Qualitatively of Zaghloul Date Palms by Using some Antioxidants. Stem Cell, 4 (2): 35-40.

Izawa, S.; Inoue, Y. and Kimura , A. (1996). Importance of catalase in the adaptive response to hydrogen peroxide: analysis of acatalasaemic saccharomyces cerevisiae. Biochem . J. 320, 61 – 67.

Jones G.C., Corin K.C., van Hille R.P. and Harrison S.T.L. (2011). The generation of toxic reactive oxygen species (ROS) from mechanically activated sulphide concentrates and its effect on thermophilic bioleaching. Miner. Eng. 24:1198-1208.

Joseph, **E.A**.; Mohanan ,K.V. and Radhakrishnan , V.V. (2015). Effect salinity variation on the quantity of Antioxidant Enzymes in some Rice cultivars of North Kerala, India. Universal Journal of Agricultural Research 3(3):89-105.

Kunert , K . J. and Foyer , C. H. (1993). Thiol/disulphide exchange in plants. In: De Kok LJ, ed sulfur nutrition and assimilation in higher plants . The Hague, The Netherlands SPB Academic publishing bv,139-151.

Khan,M.A.; Ahmad, M.S.;Athar, H.R. and Ashraf ,M.(2006).Interactive effect of foliarly applid ascorbic acid salt stress on wheat (Triticum Aestivum L.) at the seedling stage . Pak.J.Bot. 38(5): 1407-1414 .

Kunert , K . J. and Foyer, C. H. (1993). Thiol/disulphide exchange in plants. In: De Kok LJ, ed sulfur nutrition and assimilation in higher plants . The Hague, The Netherlands SPB Academic publishing Lattanzio V. (2013). Phenolic compound:

Introduction. **In**: Ramawat K.G. and Merillon J.M. (eds). Natural products. Springer verlag Berlin Heidelborg. pp. 1543-1580.bv, 139-151.

Lie, **L.**; Shan-zhi, L.; Hui-quan, Z.; Yang,L.Qian,Z. and Zhi-yi, Z. (2007). The role of antioxidant system in freezing acclimation induced freezing resistance of Populus suaveolens cuttings Forestry Studies in China 9(2):107-113.

Lin C.C. and Kao C.H. (2001). Cell wall peroxidase activity, hydrogen peroxide level and NaCl-inhibited root growth of rice seedlings. Plant and Soil, 230(1): 135-143.

Locato, V. ; Depint , M. C. and De Gara, L. (2009). Different involvement of Mitochondrial plastidial and cytosolic ascorbate – glutathione redox enzymesin heat shock responses Physiol. Plant, 135:296-306.

Maeda, H.; T. L. Sage; G. Isaac; R. Welti and D. DellaPenna (2008). Tocopherols modulate extraplastidic polyunsaturated fatty acid metabolism in *Arabidopsis* at low temperature. Plant Cell, 20:452-470.

Mahalingam, R. and Fedoroff, N. (2003). Stress response, cell death and signalling: the many faces of reactive oxygen species. Physiology Plant, 119:56-68.

Markowitz, H. ; Cartwrigh T. G. E. and Wintrobe , M.M.(1959).Studies on Copper MetabolismxxvII. The isolation and properties of an erythrocyte cuproprotein (erythrocuprein).J.Biol. Chem.234; 40-50.

Meister A. (1988).Glutathione metabolism and its selective modification. J. of Biol. Chem 263(33):17205- 17208.

McCord, J. M. and Fridorich .I. (1969).Super Oxide dismutase ; An enzymic function for erythrocuprein (chemo cuprein) .J.Biol. Chem.244; 6049 – 6055.

Moat, A. G. ; Foster , J. and Spector , M. (2002). Microbial physiology: Biosynthesis and Metabolism of amino acids. 4th edition. Copy right by wiley liss , Inc. ISBN: 0- 471 – 39483 -1.

Mokrosnop, V. M.(2014). Functions of tocopherols in the cells of plants and other photosynthetic organisms. Ukr. Biochem. J., 86 (5) :26- 36.

Munne-Bosch, S. and L. Alegre (2002). The function of tocopherols and tocofrienols in plants. Crit. Rev. Plant Sci., 21:31-57.

Munne Bosch, S. (2005). The role of alpha- tocopherol in plant stress tolerance. J. Plant Physiol., 162(7):743-748.

Noctor, G. (2006). Metabolic signaling in defence and stress: the central roles of soluble redox couples. Plant Cell Environ.29 (3) :409 – 425.

Noctor, G.; Queval, G. ;Mhamdi ,A. ;Chaouch, S. and Foyer, C. H.(2011).:Glutathione .The Araidopsis Book, 9:1-32.

Palaniswamy , U .R. ; McAvoy, R. J.; Bibie ,B.B. and Stuart ,j.D. (2003). Ontogentic variationsof ascorbic asid and phenethy iso-thiocyanate concentrations in water cress (Nasturtium officinale R.Br.) leaves. J. Agric. Food Chem .51(18) : 5504 -5509.

Passaia , G. and Margis – Pinheiro , M. (2015).Glutathione peroxidase as redox sensor proteins in plant cells . J. plant sci . 234:1010-1016.

Rao,M. V. ; J.R.Koch and K.R.Davis (2000).A tool Probing

programmed cell death in plants. Plant Mol. Biol. ,44:345- 358.

Rouhier , N. ; Lemaire , S. D. and Jacquot , J.P. (2008).The Role of Glutathione Photosynthetic organisms : emerging function for Glutaredoxins and Glutathionylation ." Annual Review of plant Biology 59,143-166.

Roy, G. ; Sarma , B.K. ; phadnis , P.P. and Mugesh , G. (2005).Selenium – containing enzymes in mammals ;chemical perspectives . J. Chem.Sci. 117,287-303.

Sattler, S. E.; L. Mène-Saffrane ; E. E. Farmer; M. Krischke; M. J. Mueller and D. DellaPenna (2006). Non enzymatic lipid peroxidation reprograms

gene expression and activates defense markers in *Arabidopsis* tocopherol-deficient mutants. Plant Cell, 18: 3706-3720.

Seidlitz,M. ; Zabeau,M. ;Vanmontagu, D. ; Inze, and vanbreusegem, F. (2004) .Catalase deficiency drastically affects gene expression incluced by high light in Arabidopsis thaliana.plant J.39:45-58.

Seis, H. (2015) .Oxidative stress : a concept in redox biology and Medicine. Redox Biol . 4:180-183 .

Shareef, H.J. (2015) Role of antioxidants in stress tolerant of date Palm offshoots (*Phoenix dactylifera* L.) femal and male cultiver International Journal of Current Agricultural Research , 3 (12):

182-186.

Shareef, H. J. (2016) Improving Salt Tolerance in Date Palm offshoots (*Phoenix dactylifera* L.) Berhi and Sayer cultivars using some Anti-salinity Compounds. Dissertation Doctorate College of Agriculture University of Basrah – Iraq .

Shigeoka, S. ; Ishikawa, T. ; Tamoi, M. ; Miyagawa, Y.; Takeda, T.; Yabuta, Y. and Yoshimura, K. (2002).Regulation and function of ascorbate peroxidase isoenzymes.J Exp Bot. 53(372):1305-1319.

Smirnoff, N. (1996). Antioxidant systems and plant responses to the environment. In: Smirnoff, N. (ed.) Environment and Plant Metabolism. Flexibility and Acclimation. Oxford: Bios Scientific Publishers, 217- 243.

Smirnoff, N. And Wheeler, G.L. (2000). Ascorbic acid in plant : Biosynthesis and Function. Biochem. Mol. Biol.,35(4):291-314.

Taiz L, and Zeiger, E. (2006). Plant Physiology. 4th ed . Sinauer Associates, Inc. , U.S.A.

Tauz , M. , Sircell , H. , and Grill , D. (2004). The glutathione system as a stress marker in plant ecophysiology is a stress – response concept valid J.Exp.Bot.55.1955-1962.

Tsao R. (2010). Chemistry and Biochemistry of Dietary Polyphenols. Nutrients. 2:1231-1246.

Turrens, J.F. (2003). Mitochondrial formation of reactive oxygen species. J. Physiol . 552: 335-344 .

Vernoux, T. ; Wilson , R. C. ; Seeley , K. A. ; Reichheld , J. P. and Muroy , S. ; Brown , S. ; Maughan , S. C. ; Cobbett , C. S. ; Montagu , M. V. ; Jnze , D. ; May , M. J. and Sung , Z. R. (2000). The Root Meristemless / Cadmium sensitive 2 gene defines a glutathione – dependent pathway involved in initiation and maintenance of cell division during postembryonic root development . Plant Cell 12: 97 – 110.

Vitor, R. F. ; Mota-filipe, H.; Teixeira, G.; Borges, C. ; Rodrigues , A.I. ; Teixeira , A. and Paulo, A.(2004) .Flavonoids of an showing extract of *pterospartum tridentatum* showing endotheh

Of protection against oxidative injury.J. Ethnopharmacol .93:363-370.

Walker,M.A.; and Mckersie, B.D.(1993). Role of ascorbate glutathione antioxidant system in chilling resistance of tomato. Journal of Plant Physiology 141:234- 239.

Xiang , C. ; Werner , B.L.; Christensen ; E. M. and Oliver ,D.J.(2001).

The biological functions of glutathione revisited in arabidopsis transgenic plants with altered glutathione levels. Plants Physiol.126: 74-5664.

Yadav, P.; Kumar, S. ; Reddy, K.P. and Murthy I.Y.L.N. (2104) . Oxdative stress and antioxidant defense system in plant. In: Kumar P.A.and Govil J.N. (Eds) . Biotechnology Vol. 2. Studium Press, LLS, USA. PP: 262-281.

Zouari M., Elloumi N., Ahmed C., Delmail D., Rouina B., Abdallah F. and Labrousse P. (2016). Exogenous proline enhance growth, mineral uptake, antioxidant defense and reduced cadmium-induced oxidative damage in young date palm *Phoenix dactylifera* L. Ecol. Eng. 86: 202-209.

A review of some antioxidants and their physiological roles in date palm trees

Phoenix dactylifera L.

Hassan A. Fasil **Abdulsamad A. Abdullah**

Date Palm Research Center - University of Basrah

Abstract

Plants are exposed to different types of biotic and abiotic stresses throughout their life cycle, abiotic stresses included salinity, drought, temperature (high or low), heavy metals, nutrient deficiencies, and ultraviolet rays.

Exposure to these stresses increases the production and accumulation of reactive oxygen species (ROS), which are highly reactive and cause damage to proteins, fats, carbohydrates and nucleic acids. However, plants possess effective enzymatic and non-enzymatic defense mechanisms, and together they are called antioxidants.

This review reviews the most important antioxidants possessed by the date palm tree, Phoenix dactylifera L., which is exposed to various biological stresses, especially as it is characterized by its long life cycle. It also reviews studies that dealt with the effect of exgenous of some antioxidants in improving the resistance of the date palm to the negative effects of abiotic stresses.

***Keywords*:** Abiotic stress, ROS, defense mechanisms, antioxidants..