دراسة تأثير بعض معاملات ما بعد القطاف في نوعية الأزهار لصنفين من الجربيرا

حنان شرابي* **محمد رياض المهدي***

الملخص

نُفذ البحث في مزرعة أبي جرش بكلية الزراعة جامعة دمشق، خلال الموسم 2017–2018 بهدف دراسة تأثير المعاملة بمادة نتروبروسيد الصوديوم (SNP) بتركيزين 10 و20 مغ/ل وتأثير التخزين المُبرد في إطالة عمر الأزهار والمحافظة على صفات الجودة لصنفين من الجربيرا شمرا وليزا. شملت مؤشرات نتائج البحث الوزنين الرطب والجاف للبتلات (غ)، تقدير المحتوى من المالونيل داي ألدهيد(MDA) لقياس أكسدة الليبيدات في بتلات الأزهار والسوق الزهرية، تقدير النشاط المضاد للأكسدة وفق طريقة الجذر الحر 1،1–ثنائي فينيل–2–بيكريل–هيدرازيل (DPPH%) في بتلات الأزهار والسوق الزهرية، وتقدير درجة انحناء الساق الزهرية (º). أظهرت النتائج زيادة معنوية للوزن الرطب لبتلات الأزهار المعاملة بـ SNP بتركيز 20 غ/ل تحت ظروف التخزين المُبرد في الصنف ليزا (6.43غ)، وكذلك الامر في التركيز 10 و20 مغ/ل في الصنف شمرا (5.93 و5.07غ، على التوالي) بالمقارنة مع ازهار الشاهد. كما سجلت المعاملة بـSNP بتركيز

* قسم علوم البستنة، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

20 مغ/ل المُبردة تفوقاً معنوياً في الوزن الجاف للبتلات مقابل الشاهد غير المبرد والمبرد ولكلا الصنفين ليزا وشمرا. اشارت النتائج الى انخفاض محتوى البتلات والسوق الزهرية من الـ MDA وازدياد النشاط المضاد للأكسدة عند المعاملة بـSNP تركيز 10 و20، وكان للخزن المُبرد تأثير إيجابي في الحفاظ على جودة الأزهار مقابل المعاملات غير المبردة.

الكلمات المفتاحية: جربيرا، التخزين المبرد، SNP، الوزن الرطب والجاف للبتلات، مالونيل داي ألدهيد MDA، النشاط المضاد للأكسدة DPPH.

Study of the effect of some post-harvest factors on the quality of flowers for two cultivars of Gerbera

Hanan Sharabi* **M. Riad Al Mahdi***

Abstract

This research was carried out at Abu Jarash farm, faculty of agriculture, university of Damascus during the 2017-2018 season in order to study the effect of sodium nitroprusside (SNP) at concentrations of 10 and 20 mg/L in addition to the effect of cold storage on flower life and their qualities characteristics of two cultivars of Gerbera, Shamra and Lisa. Research parameters included fresh and dry weights of petals, determination of 1, 1-DINPHYL-2-BICYCLYL-HERRAZYL (DPPH%), content of melonyl dehydealdehyde (MDA) for measurement of lipid oxidation in petals and flower stem, and the stem curvature. The results showed a significant increase in fresh weight of flower treated with SNP at 20 g/L under cold storage conditions in Liza cult (6.43 g) and with SNP at 10 and 20 mg/L in the Shamra cult (5.93 and 5.07 g, respectively) compared to flower in control treatment.

The SNP treatment with concentration of 20 mg/L and cold storage resulted in significant increase in the dry weight of petals compared to the non-cooled and cooled control in both cultivars Lisa and Shamra. The petal and flower stem content of MDA decreased and antioxidant activity increased with SNP

* Horticulture Department, Faculty of Agriculture, Damascus University.

concentration of 10 and 20 mg/L, and cold storage had a positive effect on maintaining the quality of flowers compared to non-cold treatment.

Keywords: Gerbera, cold storage, SNP, fresh and dry petals weight, MDA, antioxidant activity, stalk curvature.

المقدمة:

تنتمي الجربيرا الى الفصيلة المركبة Asteraceae، وهي نبات عشبي معمر، تخرج الأزهار على ساق زهرية مفردة طويلة ورفيعة أعلى مستوى الأوراق البسيطة المفصصة، والأزهار عبارة عن نورة مركبة لها ألوان متعددة الأصفر والبرتقالي والوردي والقرمزي والأحمر والأرجواني والأبيض (البطل، 2010؛ Sil وزملاؤه، 2017) وهي من بين أكثر أزهار القطف تداولاً في جميع أنحاء العالم (Emongor، 2004). تضم هذه المجموعة 45 نوعاً، الموطن الأصلي آسيا وإفريقيا، تم تسجيل حوالي سبعة أنواع في الهند موزعة في مناطق الهيمالايا المعتدلة من كشمير إلى نيبال على ارتفاع 1300 إلى 3200 متر، وتعتبر أزهار الجربيرا واحدة من الأزهار الجميلة بسبب الشكل الرائع والحجم الكبير والألوان النابضة بالحياة، يمكن زراعتها في الحدائق المنزلية، والحدائق الصخرية، كما تُستخدم على نطاق واسع كأزهار قطف، وتعد من الأزهار التي تُستخدم في كافة أنواع التنسيقات (Manaswita وزملاؤه، 2017).

يعد ذبول الأزهار وشحوبها أحد أهم المشاكل التي تعاني منها الجربيرا أثناء التسويق كأزهار قطف والتي تحد من نقلها لمسافات بعيدة. إن الحفاظ على جودة الأزهار ما بعد القطاف مؤشر هام لتقييم نوعية أزهار القطف لغرض التسويق المحلي أو التصدير، وإن تقانات إطالة عمر ما بعد القطف ستُشكل عامل مُساعد للمزارعين والمُصدرين والمُستهلكين (Nair وزملاؤه، 2003).

في دراسة لـ Shabanian وزملاؤه (2018) كان للتطبيق الخارجي لـ 150 ميكرومول من نيترو بروسيد الصوديوم (SNP) المانح لأكسيد النيتريك (NO) على صنفين من الجربيرا " Bayadère و Sunway" أثر في إطالة حياة ما بعد القطاف وزيادة في المحتوى الكلي من الفينولات والنشاط المضاد للأكسدة (DPPH) في الأزهار والسوق الزهرية.

أدت معاملة ازهار الجلاديول صنف " Oscar" بعد القطاف بتراكيز متعدده SNP 0.1، 1، 10 مغ/ل إلى زيادة معنوية في وزن بتلات الأزهار الرطب وعمر الأزهار ومعدل الامتصاص ونفاذية الأغشية وزيادة في البروتين الكلي والأنتوسيانينات، كما خفضت المعاملة من المحتوى من malondialdehyde (MDA) أي إنخفاض في أكسدة الليبيدات (Meena وزملاؤه، 2016).

درس Anonymous (2002) تأثير ظروف التخزين المبرد عند 4 درجة والمحاليل الحافظة (سكروز 4% ونترات الفضة) في عمر ما بعد القطاف لأزهار *Dendrobium Sonia* حيث ازداد عمرها إلى 21.33 يوماً.

أكد Mwangi و Bhattacharjee (2003) أن معاملة أزهار الورد بثيوسلفات الفضة STSبعد القطاف مباشرة وتخزينها عند درجة حرارة 4سْ حسّن من عمر ما بعد القطاف، وحافظ على جودة الأزهار لفترة زمنية أطول. كما بيّن Singh و Patel (2009) التأثير المعنوي الإيجابي للتخزين المُبرد في إطالة عمر أزهار الجربيرا بعد القطاف.

ينتج التأثير السلبي لمختلف أنواع الإجهادات البيئية، إما بشكل مباشر أو غير مباشر، عن طريق تَشكل الأنواع النشطة من الأكسجين (ROS)، وهذا مرتبط بخلل وظيفي لأنظمة نقل الالكترون الأمر الذي يؤدي لأكسدة البروتينات والليبيدات والأحماض النووية (Asada، 2006). وهنا يأتي دور مضادات الأكسدة وهي عبارة عن مكونات تعيق أكسدة الجزيئات البيولوجية المختلفة من خلال إعاقة سلسلة تفاعلات الأكسدة (Velioglu وزملاؤه، 1998)، بتعبير أخر، هي كوابح للجذور الحرة المتولدة خلال تفاعلات الأكسدة المُخربة (Andallu و Varadachryulu، 2003). وتتصف مضادات الأكسدة بقدرتها على منح بروتون (H^+) للجذور الحرة فتُرجع إلى مركبات ثابتة في حين تتحول مضادات الأكسدة إلى جذور غير فعالة (Gordon، 2001). من الاختبارات التي تقدر فيها النشاط المضاد للأكسدة طريقة الـ DPPH.

يرتبط طول حياة ما بعد القطاف في أزهار الجربيرا بانحناء الساق الزهرية والتي قد تسبق ذبول البتلات الشعاعية بشكل عام، (Steinitz،1983؛Marousky ،1986). قد يتعلق انحناء الساق الزهرية بنقص الدعم الميكانيكي، خاصة في نسيج الخشب. تمت الإشارة في الدراسة لـ Aung وزملاؤه (2017) أثر المعاملة بـ SNP في حياة ما بعد القطاف للجربيرا المقطوفة في إمكانية التأخر والحد من ظاهرة انحناء الساق الزهرية.

أشارت العديد من الأبحاث أن التعداد البكتيري المرتفع في مياه المزهرية وأوعية الساق، يؤدي إلى انسداد في النسيج الوعائي للزهرة، وأن التثبيط القوي للعدوى البكتيرية، يُمكن أن يؤدي إلى التأخير في انحناء الساق الزهرية في الجربيرا، في حين لم يناقش دور الإثيلين في ثني الساق لأن الجربيرا غير حساسة للإثيلين. كما أثبتت الدراسات السابقة أن لوجود الليغنين ارتباطًا إيجابيًا بقوة الساق الزهرية (Steinitz، 1983؛ Marousky، 1986).

أهمية البحث وأهدافه:

هدف هذا البحث إلى دراسة تأثير استخدام احدى أحدث المواد المستخدمة في معاملات ما بعد القطاف لغرض تخزين الحاصلات البستانية وهي مادة نترو بروسيد الصوديوم SNP كمصدر لغاز أكسيد النيتريك NO والمستخدمة في تحسين القدرة التخزينية ومضادات الأكسدة لأزهار القطف تحت ظروف التخزين المبرد. تجدر الإشارة إلى أنه هناك القليل من الدراسات التي تناولت العوامل المؤثرة في إطالة عمر الأزهار بعد القطف ودورها الإيجابي من الناحية الاقتصادية في عملية التسويق والحفاظ على جودة الأزهار. لذلك تمحور هدف البحث هنا حول دراسة تأثير نتروبروسيد الصوديوم والتخزين المبرد في عمر أزهار الجربيرا وجودتها بعد القطاف، بالإضافة لدراسة التأثير في النشاط المضاد للأكسدة وقيم الـ MDA الدال على أكسدة الليبيدات وثبات وحيوية نسيج الزهرة. ودراسة

تأثيرات نتروبروسيد الصوديوم (SNP) والتخزين المبرد في ظاهرة انحناء الساق الزهرية التي تَحدث خلال فترة الحياة ما بعد القطاف والتي تُعد مشكلة رئيسية في الجربيرا.

مواد البحث وطرائق:

المادة النباتية: تم استخدام صنفين من الجربيرا:

- الصنف شمرا: لون الزهرة أحمر، لون مركز الزهرة أسود، طول الساق الزهرية 55–65سم، قطر الزهرة 7–8 سم.
- الصنف ليزا: لون الزهرة أبيض، لون مركز الزهرة أخضر، طول الساق الزهرية 50 – 60 سم، قطر الزهرة 6–7 سم.

مكان تنفيذ البحث: تمت الزراعة في البيت البلاستيكي بمزرعة أبي جرش بكلية الهندسة الزراعية/جامعة دمشق خلال الموسم 2017–2018، وتم تخزين الأزهار في غرفة التخزين المبرد في مخبر أبحاث التخزين، قسم علوم البستنة بكلية الهندسة الزراعية/جامعة دمشق.

المادة المستعملة وطريقة العمل: استخدمت مادة نتروبيروسيد الصوديوم (SNP) $2H_2O$ $(Na_2(Fe[CN]_5NO)$، وزنه الجزئي 297.95 غ/ مول، باعتباره مانحاً لأكسيد النيتريك(NO)، قُطفت الأزهار في الصباح مع مراعاة التجانس بالحجم وخلو الأزهار من الإصابات والأضرار الميكانيكية وبمرحلة القطاف المناسبة (تفتح حلقتين من الاسدية) (البطل، 2010)، تم المعاملة بعد القطاف مباشرة بـ تركيزين من الـ SNP 10 و20 مغ/ل ضمن دورق سعة 1000 مل لمدة 24 ساعة كـ pulse treatment تم تغليف الدوارق برقائق المنيوم منعاً من تأثر المركب بالإضاءة. في اليوم التالي نُقلت الأزهار المعاملة بـ SNP وأزهار الشاهد غير المعامل الى محلول حافظ preservative solution احتوى على 4% سكروز و20 ppm من نترات الفضة (Nair وزملاؤه، 2003؛ Bayatوزملاؤه، 2017). ثم قسمت الأزهار لقسمين الأول تم حفظه في جو المخبر (متوسط

درجة الحرارة 25 درجة مئوية ورطوبة النسبية 60%) والقسم الثاني تم حفظه في غرفة التبريد (حرارة 12 درجة مئوية ورطوبة 70%).

مؤشرات الدراسة:

- **الوزنين الرطب والجاف للبتلات (غ)**

تم تقدير الوزن الرطب للبتلات في اليوم السادس من التخزين بفصل بتلات الأزهار ووزنها بميزان حساس ثم تجفيفها عند درجة حرارة 70 درجة مئوية مدة 24 ساعة، ثم تم الوزن الجاف للبتلات وذلك بمعدل 9 زهرات موزعة على 3 مكررات من كل معاملة ولكل صنف (Zakieh وزملاؤه، 2015).

- **تقدير المحتوى من المالونيل داي ألدهيد (MDA):**

في اليوم السادس من عمر ما بعد القطاف لأزهار التجربة تم أخذ 2 زهرة عشوائياً من كل معاملة ولكل صنف، تم فصل البتلات وحفظها بالسائل الأزوتي، ومن ثم تقدير المحتوى من الـ المالونيل داي ألدهيد (MDA) لقياس أكسدة الليبيدات كناتج نهائي لأكسدة الليبيدات في بتلات الأزهار والساق الزهرية (Velikova وزملاؤه، 2000). ويفيد قياس المحتوى من MDA لتقدير الضرر الحاصل في الغشاء الخلوي ضمن النسيج الزهري أثناء حياة ما بعد الحصاد.

- تقدير النشاط المضاد للأكسدة وفق طريقة الجذر الحر 1، 1 – ثنائي فينيل–2–بيكريل–هيدرازيل: (DPPH%) :

تُعَرف جزيئة DPPH كيميائياً بأنها جذر حر ثابت، ذو فعالية عالية عندما يتحرر من مداره، يتميز بلون بنفسجي غامق، يذوب في الميثانول بسهولة. استخدمت طريقة الـ DPPH لمعرفة قدرة المواد الفعالة على كبح الجذور الحرة، أو بتعبير آخر لتعيين القدرة المضادة للأكسدة في المادة النباتية. المحلول الميتانولي لـ DPPH بنفسجي اللون. يتفاعل الجذر الحر DPPH بشكل مباشر وسريع مع المركبات

المضادة للأكسدة، وعندما يتلقى جذر DPPH الحر البروتون من المركبات المضادة الأكسدة يتحول إلى جذر غير فعال ويزول اللون البنفسجي لمحلوله الميثانولي ويصبح أصفر شاحب. تم تحضير المستخلص الكحولي للعينات بوضع 0.5 غ من العينة النباتية في 50 مل ميثانول ثم التثقيل بمثقلة بسرعة 15000 دورة/دقيقة، لمدة 15 دقيقة، ثم تم إضافة الحجم نفسه من محلول DPPH (60 ميكرومول في الميثانول)، وبعد المزج الجيد والانتظار لمدة 30 دقيقة، تم قياس الامتصاص على طول موجة 517 نانومتر. ويعبر عن النشاط الكابح للجذور الحرة بحساب النسبة المئوية لتثبيط الأكسدة Radical Scavenging Activity (RSA) من المعادلة (Wang وزملاؤه، 2005):

$$\textbf{النسبة المئوية لتثبيط الأكسدة\%} = \frac{\text{امتصاص الشاهد} - \text{امتصاص العينة}}{\text{امتصاص الشاهد}} \times 100$$

- **انحناء الساق الزهرية (º)**

حسب (VARUNA، 2012) تم قياس درجة انحناء الساق الزهرية باستخدام المنقله خلال مدة التجربة والتخزين المبرد وغير المبرد وتم التصنيف إلى خمس درجات (1–5) من الجيد وحتى السيء كالتالي :

{من 0 º -15º (الدرجة **1**)، ومن 16 º -25 º (الدرجة **2**)، ومن 26–65 º (الدرجة **3**)، ومن 66 – 90 º (الدرجة **4**)، واكبر من 90 درجة (الدرجة **5**)}.

التحليل الاحصائي:

صممت التجربة وفق تصميم القطاعات المنشقة ضمن ثلاثة مكررات وتم تحديد الفروقات المعنوية باستخدام تحليل التباين (ANOVA) عند درجة ثقة 95 % ($p<0.05$) بواسطة برنامج XLSTAT.

النتائج والمناقشة:

- **تأثير معاملات ما بعد القطاف في متوسط الوزن الرطب والجاف للبتلات (غ) Fresh and dry weight of petals:**

تشير النتائج في الجدول (1) إلى تأثير المعاملة بنتروبروسيد الصوديوم والتخزين المبرد في الوزنين الرطب والجاف ما بعد القطاف لأزهار الجربيرا صنف ليزا. تفوقت المعاملة بـ SNP20 غير المُبرد والمُبرد معنوياً في الوزن الرطب للبتلات (5.68 و6.43 غ، على التوالي) والمعاملة بـ SNP 10 المُبرد (5.64 غ) بالمقارنة مع ازهار نباتات الشاهد غير المبرد والمبرد (2.05 و3.83غ، على التوالي).

الجدول(1) تأثير المعاملة بـ SNP والتخزين المبرد في الوزنين الرطب والجاف (غ) بتلات ازهار الجربيرا صنف ليزا

الصنف	المعاملة		وزن رطب للبتلات /غ	وزن جاف للبتلات /غ
ليزا	شاهد	غير مبرد	2.78 C	0.41 C
		مبرد	3.83 ABC	0.53 BC
	SNP 10	غير مبرد	4.07 BC	0.7 ABC
		مبرد	5.64 AB	0.95 AB
	SNP 20	غير مبرد	5.68 AB	0.81 AB
		مبرد	6.43 A	1.03 A
	L.S.D 0.05		2.13	0.4

تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروقات معنوية ($P< 0.05$).

أثر التخزين المُبرد إيجاباً في الوزن الرطب للبتلات فلم يُلحظ فرق معنوي بين أزهار الشاهد المُبرد (3.83غ) وبين المعاملة بـ SNP 10 و20 مغ/ل غير المبرد (4.07 و5.68 غ، على التوالي).

يُلاحظ تفوق معنوي في الوزن الجاف للبتلات للمعاملة بـ SNP 10 غير المبرد والمبرد (0.7 و0.95 غ، على التوالي) وتفوق معنوي للمعاملة بـ SNP 20 غير المبرد والمبرد (0.81 و1.03، على التوالي) مقابل ازهار الشاهد غير المبردة والمبردة (0.31 و0.53 غ، على التوالي).

الجدول(2) تأثير المعاملة بـ SNP والتخزين المُبرد في الوزنين الرطب والجاف (غ) لبتلات ازهار الجربيرا صنف شمرا

الصنف	المعاملة		وزن رطب للبتلات /غ	وزن جاف للبتلات /غ
شمرا	شاهد	غير مبرد	1.68 ^{C}	0.26 ^{D}
		مبرد	3.8 ^{B}	0.37 ^{CD}
	SNP 10	غير مبرد	3.82 ^{AB}	0.51 ^{BC}
		مبرد	5.93 ^{A}	0.63 ^{AB}
	SNP 20	غير مبرد	3.32 ^{AB}	0.54 ^{ABC}
		مبرد	5.07 ^{A}	0.68 ^{A}
L.S.D $_{0.05}$			2.13	0.16

تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروقات معنوية ($P< 0.05$).

يظهر التأثير الإيجابي المعنوي للتخزين المُبرد والمعاملة بنتروبروسيد الصوديوم تركيز 10 و20 مغ/ل في الوزن الرطب لبتلات أزهار الصنف شمرا (5.93 و5.07غ، على التوالي) مقابل أزهار الشاهد غير المبرد والمبرد (1.68 و3.8غ، على التوالي). لم تظهر فروقات معنوية بين أزهار الشاهد المُبرد (3.8غ) وبين المعاملات من الـ 20, 10 SNP غير المبردة (3.82 و3.32 غ، على التوالي).

بالنسبة **للوزن الجاف**، تفوقت المعاملة بـ SNP20 غير المبرد والمبرد (0.68 و0.54 غ، على التوالي) والأزهار المعاملة بـ SNP 10 المبرد (0.63غ) على ازهار الشاهد غير المبرد والمبرد (0.26 و0.37غ، على التوالي).

نستنتج مما سبق أن حفظ الأزهار تحت ظروف التبريد (12 سْ ورطوبة نسبية 70%) أدى لإطالة عمر ما بعد القطاف والحفاظ على المحتوى الرطوبي للبتلات ومحتواها من المادة الجافة، وأن المعاملة بنتروبروسيد الصوديوم وخاصة تركيز 20 مغ/ل أدى للمحافظة على حيوية الأزهار وإطالة عمرها ايضاً، وقد تعود الزيادة في الوزن الرطب كنتيجة للزيادة في الماء الذي تمتصه الأزهار بالإضافة لانخفاض الفاقد المائي من خلال عملية النتح من النسيج الزهري، وهذا ما يحسن بدوره التوازن المائي في النسيج الزهري floral tissue الأمر الذي ينعكس إيجابا على عمر ما بعد القطاف، نتيجة مطابقة على الورد أشار لها Bhattacharjee (1998)، وعلى أزهار الجربيرا (Prashanth 2006؛ Dwivedi وزملاؤه 2016؛ Hema وزملاؤه 2018؛Shabanian ، 2018) و Byczyńska(2018) على أزهار *Ornithogalum saundersiae*.

إن التخزين المُبرد لأزهار الجربيرا حسّن من جودة الأزهار ووزنها الرطب والجاف مما أدى إلى إطالة عمر الزهرة ، وقد يعود ذلك إلى انخفاض العمليات الفيزيولوجية الحيوية بانخفاض درجة الحرارة، توافقت هذه النتيجة مع Singh (2009).

- **تأثير معاملات ما بعد القطاف في المحتوى من المالونيل داي ألدهيد (MDA):**

تُبيّن النتائج الواردة في الجدول (3) تأثير المعاملة بـ SNP والتخزين المُبرد في المحتوى من المالونيل داي ألدهيد (MDA) كناتج نهائي لأكسدة الليبيدات والذي يدل على تقدير الضرر الحاصل في الغشاء الخلوي ضمن النسيج الزهري أثناء التخزين وثبات وحيوية نسيج الزهرة (Dwivedi

وزملاؤه، 2016). وبالتالي كلما زادت قيمته ازداد الضرر الذي لحق بالبتلات والساق الزهرية الأمر الذي ينعكس سلباً على القيمة المظهرية والتسويقية لأزهار الجربيرا.

يُلاحظ في الصنف **شمرا** تدهور أزهار الشاهد لارتفاع وبفروق معنوية في محتوى البتلات من MDA (226.52 F.W. g/µm)، كذلك الحال في الساق الزهرية (109.46 F.W. g/µm) بالمقارنة بباقي المعاملات، تلتها أزهار الشاهد المُبرد (159.85 F.W. g/µm).

تميزت المعاملة بـ SNP10 وSNP20 المُبردة بانخفاض بفروق معنوية لمحتوى البتلات من MDA (93.01 و71.81 F.W. g/µm، على التوالي) وانخفاض بفروق معنوية للمحتوى MDA في الساق الزهرية (60 و47.74 F.W. g/µm، على التوالي).

لوحظ في الصنف **ليزا** سلوك مماثل، حيث ازدادت وبفروق معنوية قيم الـMDA مع بتلات أزهار الشاهد غير المبرد والمبرد (126.55 و98.38 F.W. g/µm، على التوالي) وكما ازداد المحتوى في الساق الزهرية (102.78 بـF.W. g/µm) بالمقارنة مع باقي معاملات الدراسة (جدول 3).

كان للخزن المُبرد تأثير إيجابي في الحفاظ على جودة الأزهار المعاملة بـSNP تركيز 10 و20 المبرد وأيضاً أزهار الشاهد المُبرد فانخفض محتوى البتلات بفروق معنوية من 26.92) MDA و63.9 و98.32 F.W. g/µm، على التوالي) مقابل المعاملات غير المبردة (جدول 3)، وفي الساق الزهرية أيضاً حيث سجلت (62.2 و49.7 و69.12 F.W. g/µm، على التوالي).

الجدول(3) تأثير المعاملة بـ SNP والتخزين المبرد في المحتوى من المالونيل داي ألدهيد (MDA)

الصنف	المعاملات		MDA (µm/g .F.W)	
			بتلات الأزهار	الساق الزهرية
شمرا	شاهد	غير مبرد	226.52 A	109.46 A
		مبرد	159.85 B	97.36 AB
	SNP 10	غير مبرد	128.94 C	78.41 BC
		مبرد	93.01 D	60.34 DE
	SNP 20	غير مبرد	128.97 C	72.08 DC
		مبرد	71.81 D	47.74 E
	L.S.D 0.05		22.21	17.9
ليزا	شاهد	غير مبرد	126.55 A	102.78 A
		مبرد	98.38 B	69.12 C
	SNP 10	غير مبرد	30.11 C	81.72 B
		مبرد	26.92 E	62.20 C
	SNP 20	غير مبرد	49.16 D	77.12 B
		مبرد	63.90 E	49.70 D
	L.S.D 0.05		3.62	6.67

تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروقات معنوية ($P< 0.05$).

نتائج مماثلة أشار لها MADHAVI (2007). نستنتج مما سبق التأثير الإيجابي للمعاملة بـ SNP والتخزين المبرد كمعاملات ما بعد القطاف لإطالة عمر أزهار الجربيرا والحفاظ عليها بالجودة المطلوبة، وربما يفسر ذلك بدور أكسيد النيتريك المتحرر من نتروبروسيد الصوديوم SNP في تنظيم مختلف العمليات الفيزيولوجية والمورفولوجية (Chakraborty و Acharya، 2011)، وتأثيره في نمو وتطور النباتات والأزهار، وتنظيم عملية التمثيل الغذائي، بالإضافة إلى أنه يحث على مقاومة

الأمراض والإجهادات المختلفة (Salachna وزملاؤه، 2016؛ Fancy وزملاؤه، 2017) ومنها دور الـ SNP في حماية الأزهار ما بعد القطاف ضد الإجهاد الناتج عن نقص الماء وعمل الاثيلين (Byczyńska، 2018).

توافقت نتائجنا حول تأثير نتروبروسيد الصوديوم (SNP) في إطالة عمر ما بعد القطاف مع ما توصلت اليه دراسات مماثلة على ازهار الجلاديول (Sharma، 2017) والجربيرا (Shabanian وزملاؤه، 2018). والكريزانتيم (Hakimeh، 2012). وتطابقت نتائجنا مع ما أكده Shabanian وزملاؤه، (2018) حيث انخفض تراكم malondialdehyde (MDA) في بتلات وسوق أزهار الجربيرا المعاملة بـ SNP صنف "Sunway" و"Bayadère"، ويعود ذلك إلى الأداء الأفضل للأنظمة المضادة للأكسدة نتيجة المعالجة بـ SNP والتي قللت من الآثار الضارة للإجهاد التأكسدي فأعطت المعاملة نتائج إيجابية لتحسين جودة أزهار الجربيرا وإطالة عمر ما بعد القطاف.

- **تأثير معاملات بعد القطاف بـ SNP والتخزين المُبرد في النشاط المضاد للأكسدة %DPPH:**

يعد محتوى المادة النباتية من مضادات الأكسدة المختلفة من مؤشرات الجودة الأساسية، والتي يتم الكشف عنها بعدة طرق منها النشاط المضاد للأكسدة باستخدام الجذر الحر DPPH. فكلما كانت القيم مرتفعة للنشاط المضاد للأكسدة كلما كان النسيج النباتي بجودة أفضل.

يمكن للأنشطة المضادة للأكسدة أن تكون أكثر فعالية في ضبط عمليات الأكسجة، والتي يمكن أن تضر بأغشية الخلايا النباتية وتسبب تدهور النبات. وقد تم التنويه عن الارتباط بين ازدياد الأنشطة المضادة للأكسدة وطول عمر الزهرة في عدد من أزهار القطف (Chakrabarty وزملاؤه، 2007؛ Ezhilmathi وزملاؤه، 2007؛ Kumar وزملاؤه، 2008).

يُلاحظ في الصنف شمرا انخفاض بفروقات معنوية للنشاط المضاد للأكسدة في بتلات أزهار الشاهد غير المبرد والمبرد (67.67 و87.31%، على التوالي) والسوق الزهرية (71.67 و86.49%) بالمقارنة مع باقي المعاملات المدروسة المبردة وغير المبردة (جدول4).

الجدول (4) تأثير معاملة الأزهار بعد القطاف بـ SNP والتخزين المُبرد في النشاط المضاد للأكسدة DPPH %

الصنف	المعاملات		DPPH %	
			بتلات الأزهار	الساق الزهرية
شمرا	شاهد	غير مبرد	67.67 C	71.67 C
		مبرد	87.31 B	86.49 B
	SNP 10	غير مبرد	92.12 A	94.44 A
		مبرد	91.61 A	96.85 A
	SNP 20	غير مبرد	92.84 A	93.78 A
		مبرد	94.54 A	95.29 A
	$L.S.D_{0.05}$		2.67	4.2
ليزا	شاهد	غير مبرد	71.6 C	85.87 B
		مبرد	87 B	89.5 AB
	SNP 10	غير مبرد	94.44 A	93.69 A
		مبرد	97.2 A	94.79 A
	SNP 20	غير مبرد	94.59 A	93.04 A
		مبرد	97.98 A	95.31 A
	$L.S.D_{0.05}$		4.02	6.67

تشير الأحرف المختلفة ضمن العمود الواحد إلى وجود فروقات معنوية ($P< 0.05$).

ازدادت القيم في **الصنف ليزا** مع المعاملات بـ SNP معنوياً فتراوحت في البتلات (بين 94.44 و97.98%) وانخفضت معنوياً مع أزهار الشاهد (جدول4). وتميزت معاملات السوق الزهرية غير المبردة والمبردة والمعاملة بـ SNP 10 و20 مغ/ل بارتفاع وبفروق معنوية للنشاط المضاد للأكسدة تراوحت القيم بين (93.04 و95.31%) بالمقارنة مع السوق الزهرية للشاهد غير المبرد (85.87%).

حسّن التخزين المبرد والمعاملة بأوكسيد النيتريك (NO) الناتج من نتروبروسيد الصوديوم (SNP)من عمر أزهار الجربيرا بعد القطاف وحافظت على جودتها وزادت من النشاط المضاد للأكسدة، توافقت هذه النتيجة مع Shabanian وزملاؤه (2018) على أزهار الجربيرا و Naing وزملاؤه (2017) على أزهار القرنفل، وDwivedi وزملاؤه (2016) على الزنبق، وLiao وزملاؤه(2013) على الورد.

- **انحناء الساق الزهرية (º) The stem curvature:**

تُوضح النتائج الواردة في الجدول (5) التأثير الإيجابي للمعاملة بنتروبروسيد الصوديوم والتخزين المبرد (12º مئوية ورطوبة نسبية 70%) في الحد من ظاهرة انحناء الساق الزهرية لأزهار الجربيرا.

الجدول (5) تأثير معاملات ما بعد القطاف بـSNP والتخزين المُبرد في درجة انحناء الساق الزهرية لصنفين من الجربيرا

الصنف	المعاملات		زاوية الانحناء	درجة تصنيف الانحناء
شمرا	شاهد	غير مبرد	25-65º	3
		مبرد	15-25º	2
	SNP 10	غير مبرد	15-25º	2
		مبرد	0 -15º	1
	SNP 20	غير مبرد	25-65º	2
		مبرد	0 -15º	1
ليزا	شاهد	غير مبرد	25-65º	3
		مبرد	0 -15º	1.73
	SNP 10	غير مبرد	0 -15º	1.25
		مبرد	0 -15º	1
	SNP 20	غير مبرد	0 -15º	1.25
		مبرد	0 -15º	1

{من 0 º -15º (الدرجة 1)، ومن 16 º -25 º (الدرجة 2)، ومن 26–65 º (الدرجة 3) ، ومن 66 – 90 º (الدرجة 4)، واكبر من 90 درجة (الدرجة 5)}.

يُلاحظ زيادة زاوية الميل مع أزهار الشاهد غير المبرد في صنفي الدراسة شمرا وليزا ليتم تصنيفه بالدرجة 3، حيث تراوحت زاوية الميل بين المدى (25–65º). بينما خفضّت المعاملة بـ SNP والتبريد من زاوية الميل ليتم تصنيف الأزهار المعاملة بالدرجة 1، حيث لم تتجاوز زاوية الانحناء (المدى من 0–15º) في كلا الصنفين (جدول5). نتائج مطابقة على الجربيرا أشار لها Ferrante وزملاؤه (2014). كما أكد Aung وزملاؤه (2017) النتيجة ذاتها عند دراسة تأثير الـ

SNP في ظاهرة انحناء الساق الزهرية على 23 صنف من الجربيرا، فكانت ردود الفعل تعتمد على التركيز المستخدم والصنف دليل وجود عوامل متأثر بالنمط الجيني، وأشاروا أن SNP بتركيز 20 مغ /ل هو الأفضل لتأخير الانحناء، وهذا ما توصلنا له في هذه الدراسة. من جهة أخرى قد يعود دور SNP في تأخير انحناء الساق الزهرية، إلى أن المعاملة بـ SNP تثبط نمو البكتيريا وانسداد الخشب والحفاظ على الأنشطة المضادة للأكسدة. وتم الإشارة إلى وجود علاقة بين تأخر انحناء الساق والتركيز البكتيري المنخفض في المحلول الحافظ (Perik وزملاؤه، 2014).

ينتهي عمر ما بعد القطاف لأزهار الجربيرا عندما تبدو السوق الزهرية بحالة منحنية أو مكسورة، وعلى الرغم من أن الآلية التي تسبب الانحناء للساق الزهرية لا تزال غير واضحة، فقد أثبتت الدراسات السابقة أن العديد من العوامل تؤثر في هذه الظاهرة: مثل فقدان النضارة، وإنتاج الإثيلين، وانسداد نسيج الخشب، ومحتوى اللغنين، والتركيب الوراثي للصنف (Werett وزملاؤه، 1994؛ Ferrante وزملاؤه، 2007؛ Li وزملاؤه، 2009).

درس VARUNA (2012) تخزين 23 هجين من الجربيرا ودراسة درجة تقوس الساق الزهرية والفراغات الكلية المتشكلة اثناء التخزين وبعد القطاف مباشرة، وعليه تم تقسيم هذه الهجن على مجموعات اعتماداً على درجة انحناء الساق الزهرية، تم اعتماد هذا التصنيف في هذه الدراسة.

قد تعود أحد أسباب ظاهرة انحناء الساق الزهرية إلى انسداد الاوعية الخشبية الناقلة نتيجة لتكاثر البكتريا مما يؤدي لفقد مائي ونقص في الضغط الاسموزي ونقص في صلابه جدر الخلايا (Perika وزملاؤه، 2014). وقد استنتج أن انحناء الساق الزهرية يرجع إلى فقدان الماء، خاصة في منطقة الانحناء، وإلى القوة الميكانيكية المنخفضة في الجزء العلوي من السوق الزهرية، والتي تفتقر إلى أسطوانة متصلبة، حيث وجد تجويف مركزي كبير في الساق الزهرية للجربيرا، يبدأ من حوالي 5 سم من تقاطع الجذر، وينتهي بحوالي 10 سم تحت رأس الأزهار (René وزملاؤه،

2012) ، ونقص خلايا السكليرانشيم في أسفل الساق الحاملة للزهرة (Perik وزملاؤه، 2012). هذا وتجدر الإشارة إلى أن زاوية تقوس الساق الزهرية تزداد مع زيادة مدة التخزين (VARUNA، 2012)

الاستنتاجات:

– تفوقت المعاملة SNP تركيز 20 غ/ل تحت ظروف التخزين المُبرد في الصنف ليزا معنوياً (6.43غ) على باقي المعاملات بأعلى وزن رطب للبتلات. كما أثر التخزين المبرد إيجابياً والمعاملة بنتروبروسيد الصوديوم تركيز 10 و20 مغ/ل في الوزن الرطب لبتلات أزهار الصنف شمرا (5.93 و5.07غ، على التوالي) مقابل ازهار الشاهد غير المبرد والمبرد (1.68 و3.8غ، على التوالي).

– سجلت المعاملة بـSNP تركيز 20 مغ/ل المبردة تفوقا معنويا في الوزن الجاف للبتلات مقابل الشاهد غير المبرد والمبرد ولكلا الصنفين ليزا وشمرا.

– كان للخزن المُبرد تأثير إيجابي في الحفاظ على جودة الأزهار المعاملة بـSNP تركيز 10 و20 المبرد وأيضًاً أزهار الشاهد المُبرد فانخفض محتوى البتلات معنوياً من MDA (26.92 و63.9 و98.32 F.W. g/µm، على التوالي) مقابل المعاملات غير المبردة.

– حسّن التخزين المبرد والمعاملة بأوكسيد النيتريك (NO) الناتج من نتروبروسيد الصوديوم (SNP) من عمر أزهار الجربيرا بعد القطاف وحافظت على جودتها وزادت من النشاط المضاد للأكسدة.

المقترحات:

- اعتماد حفظ الأزهار بعد القطاف مباشرة بجو مبرد عند درجة حرارة 12 درجة مئوية ورطوبة نسبية 80%±5 لما لها من فائدة كبيرة ملحوظة أثناء التجربة في الحد من تدهور الأزهار واطالة عمر ما بعد القطاف مقارنة بأزهار الشاهد غير المبرد.

- المعاملة بنتروبروسيد الصوديوم بتركيز 10 و20 مغ/ل لمدة 24 ساعة بعد القطاف لما لها من أثر ايجابي في الحد من انحناء الساق الزهرية واطالة عمر الزهرة ما بعد القطاف.

– العمل على استخدام مواد أخرى وبتراكيز مختلفة تضاف للمحلول المغذي الحافظ للأزهار ما بعد القطاف.

المراجع:

1. البطل، نبيل. 2010. الزراعة المحمية التزينية. مطبعة الروضة. جامعة دمشق: 220 صفحة.
2. Andallu, B. and N. Varadacharyulu. 2003. Antioxidant role of mulberry (*Morus indica L. cv. Anantha*) leaves in streptozotocin- diabetic rats. Clinica Chimica Acta, 338: 3-10.
3. Anonymous, E. 2002, Effect of conditioning and pulsing on vase life of *Dendrobium Sonia* inflorescences, J. Orna. Hort., New Series 5 (1): 80-81.
4. Asada, K. 2006. Production and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts and their functions. Plant Physiology, 141: 391-396.
5. Aung H. Naing., Kyoungsun Lee., Kyoung-Ook Kim., Trinh N. Ai and Chang K. Kim . 2017. Involvement of Sodium Nitroprusside (SNP) in the Mechanism That Delays Stem Bending of Different Gerbera Cultivars. Front. Plant Sci., 28 November 2017.
6. Bhattacharjee, S. K. 1998. Effect of different chemicals in the holding solution on postharvest life and quality of cut roses. Annals of Plant Physiology, 12 (8): 161-63.
7. Byczyńska, A. 2018. Effect of nitric oxide on vase-life of giant chincherinchee (*Ornithogalum saundersiae Baker*). West Pomeranian University of Technology, Szczecin, Poland. World Scientific News. EIssn 2392-219. P:13-22.
8. Dwivedi, S. K., Arora, A., Singh, V. P., Sairama, R., and Bhattachary, R. C. 2016. Effect of sodium nitroprusside on differential activity of antioxidants and expression of SAGs in relation to vase life of *gladiolus* cut flowers. Sci. Hort. 210, 158–165.
9. Chakraborty, N., K. Acharya. 2017. "NO way"! Says the plant to abiotic stress. Plant Gene, 11:99-105.
10. Chakrabarty, D., Chatterjee, J., and Datta, S. K. 2007. Oxidative stress and antioxidant activity as the basis of senescence in chrysanthemum florets. Plant Growth Regul, 53: 107–115.

11. Emongor, V.E. 2004. Effects of gibberellic acid on postharvest quality and vase life of gerbera cut flowers (*Gerbera jamesonii*). Journal of Agronomy, 3:191-195.
12. Ezhilmathi, K., Singh, V. P., Arora, A., and Sairam, R. K. 2007. Effect of 5-sulfosalicylic acid on antioxidant activity in relation to vase life of Gladiolus cut flowers. Plant Growth Regul, 51: 99–108.
13. Fancy, N. N., A. K. Bahlmann, G. J. Loake, .2017. Nitric oxide function in plant abiotic stress. Plant Cell Environ, 40(4): 462-472.
14. Ferrante, A., Alberici, A., Antonacci, S., and Serra, G. 2007. Effect of promoter and inhibitors of phenylalanine ammonia-lyase enzyme on stem bending of cut gerbera flowers. Acta Hort, 775: 471–476.
15. Gordon, M. 2001. The development of axidative rancidity in foods. In: Pokorny, J., Yanishlieva, N. and Gordon, M. (eds). Antioxidants in food: practical applications. Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited, pp: 7-21.
16. Hakimeh Mansouri. 2012. Salicylic acid and sodium nitroprusside improve postharvest life of chrysanthemums. Scientia Horticulturae. 145(20): 29-33.
17. Hema, P., V. Vijaya Bhaskar., A.V.D. Dorajeerao and D.R.S. Suneetha. 2018. Effect of Post-Harvest Application of Biocides on Vase Life of Cut Gerbera (*Gerbera jamesonii Bolus ex. Hook*) cv. Alppraz . International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7 Number 03.
18. Kumar, N., Srivastava, G. C., and Dixit, K. 2008. Flower bud opening and senescence in roses (*Rosa hybrida L.*). Plant Growth Regul, 55: 81–99.
19. Li, X., Yang, Y., Yao, J., Chen, G., Li, X., Zhang, Q., *et al*. 2009. FLEXIBLE CULM 1 encoding a cinnamyl-alcohol dehydrogenase controls culm mechanical strength in rice. Plant Mol. Biol, 69: 685–697.
20. Liao WB, Zhang ML, Yu JH, *et al*. 2013. Role of nitric oxide in delaying senescence of cut rose flowers and its interaction with ethylene. Sci Hortic,(155):30–38.

21. MADHAVI, B. 2007. STUDIES ON DRY COOL STORAGE AND PULSING TREATMENTS IN GERBERA (*Gerbera jamesonii Hook*.) CUT FLOWERS FOR EXPORT. Thesis MASTER OF SCIENCE. University of Agricultural Sciences, Dharwad. 68P.
22. Manaswita, Sil., Madhumita Mitra Sarkar., B. Raghupathi and Sourav Mondal. 2017. Varietal Evaluation of Gerbera (Gerbera jamesonii.) Grown in a Polyhouse. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences ISSN: 2319-7706, 6 (7): 810-814.
23. Marousky, F. J. 1986. Vascular structure of the gerbera scape. Acta Hort, 181: 399–406.
24. Meena, H. S.; Ahmad, M. A.; Pravin Prakash. 2016. Effect of sodium nitroprusside (NO donor) on postharvest life of gladiolus (*Gladiolus hybridus Hort*.). : Environment and Ecology, 34 (2): 502-505.
25. Mwangi, M. and Bhattacharjee, S.K., 2003, Influence of pulsing and dry cool storage on post harvest life and quality of 'Noblesse' cut roses. J. Orna. Hort, 6(2):126-129..
26. Naing, Aung Htay., Kyoungsun Lee., Muthukrishnan Arun., Ki Byung Lim and Chang Kil Kim. 2017. Characterization of the role of sodium nitroprusside (SNP) involved in long vase life of different carnation cultivars. BMC Plant Biology, 17:149-156.
27. Nair, S.A., V. Singh, T.V.R.S. Sharma. 2003. Effect of chemical preservatives on enhancing vase-life of gerbera flowers. Journal of Tropical Agriculture, 41:56-58.
28. Perik, R. R. J., Razé, D., Harkema, H., Zhong, Y., and van Doorn, W. G. 2012. Bending in cut Gerbera jamesonii flowers relates to adverse water relations and lack of stem sclerenchyma development, not to expansion of the stem central cavity or stem elongation. Postharvest Biol. Technol, 74: 11–18.
29. Perika, René R.J.., Dephine Razéa., Antonio Ferranteb., Wouter G. van Doorn. 2014. Stem bending in cut Gerbera jamesonii flowers: Effects of a

pulse treatment with sucrose and calcium ions. Postharvest Biology and Technology, 98: 7-13.

30. Prashant, P. 2006. Studies on the role of physiological and biochemical components with floral preservatives on the vase life of cut gerbera (*Gerbera jamesonii*) cv. Yanara. PhD thesis submitted to Acharya, N. G Ranga Agricultural University, College of Agriculture, Rajendranagar, Hyderabad.
31. René R.J.,PerikDephine.,RazéHarmannus.,HarkemaYuanZhong., Wouter G.van Doorn. 2012. Bending in cut Gerbera jamesonii flowers relates to adverse water relations and lack of stem sclerenchyma development, not to expansion of the stem central cavity or stem elongation. Postharvest Biology and Technology, 74: 11-18.
32. Salachna .P., A. Zawadzińska, Ł. Wierzbiński, W. Senderek .2016. Enhancing growth in *Eucomis autumnalis* (Mill.) Chitt. seedlings with exogenous application of nitric oxide. J. Hortic. Res., 24(2): 13-17.
33. Sharma, S. 2017. Effect of different chemicals on vase life of gladiolus varieties (*Gladiolus hybridus* Hort.). J. Pharmacogn. Phytochem, 6(6) : 498-501.
34. Shabanian, S., M. N. Esfahani, R. Karamian, L. S. P. Tran,.2018. Physiological and biochemical modifications by postharvest treatment with sodium nitroprusside extend vase life of cut flowers of two gerbera cultivars. Postharvest Biol. Technol, 137 :1-8.
35. Sil, M., M.M. Sarkar., B. Raghupathi and S. Mondal. 2017. Varietal Evaluation of Gerbera (Gerbera jamesonii.) Grown in a Polyhouse. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6(7): 810-814.
36. Singh, A., T. Patel. 2009. Effect of different Modified Atmosphere Packaging (MAP) films and cold storage temperatures (5, 10 and 15°C) on

keeping quality of gerbera (*Gerbera jamesonii*) flowers. Acta horticulturae, 847:353-358.

37. Steinitz, B. 1983. The influence of sucrose and silver ions on dry weight, fiber and lignin contents, and stability of cut gerbera flower stalks. Gartenbauwissenschaft, 48: 67–71.
38. VARUNA K. J. 2012. Evaluation of recent varieties of gerbera (*Gerbera jamesonii Bolus ex Hooker F*.) under naturally ventilated polyhouse condition and DNA fingerrrinting. Master Thesis, UNIVERSITY OF HORTICULTURAL SCIENCES, BAGALKOT. Pp:116.
39. Velikova, V.; I. Yordanove; A. Edreva .2000. Oxidative stress and some antioxidant systems in acid rain-treated bean plants Protection role of exogenous polyamines. Plant Science, 151: 59-66.
40. Velioglu, Y.S.; G. Mazza; L. Gao and B.D. Oomah. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and green products. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46: 4113- 4117.
41. Wang, Y.S. and Z.M. Yang .2005. Nitric oxide reduces aluminum toxicity by preventing oxidative stress in the roots of *cassia tora* L. Plant Cell Physiology, 461(12): 1915-1923.
42. Werett, H. C., Sheehan, T. J., Wilfret, G. J., Marousky, F. J., Lyrene, P. M., and Knauff, A. D. 1996. Postharvest longevity of cut gerbera. Response to selection for vase life components. J. Am. Soc. Hort. Sci., 121: 216–221.
43. Zakieh, S., D. Hashemabadi., B. Kaviani., N. Nikchi., M. Zarchni. 2015. Staduis on quality and vase life of cut "*Gerbera Jamesonii cv.Balance*" flowers by silver nanoparticles and chlorophenol. J. of Environmental Biology 36:425-431.