

تحليل الارتباط والمكونات الأساسية لبعض المؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية والإنتاجية لنباتات الخيار المعاملة بحمض الساليسيليك تحت مستويات مختلفة من ماء الري

كوثر أبو عسلي * (1) ورولا بايرلي (2) وبسام العطا الله (1)

(1). مركز البحوث العلمية الزراعية بالسويداء، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية.

(2). قسم علوم البستنة، كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق، دمشق، سورية.

(*للمراسلة: كوثر أبو عسلي، البريد الإلكتروني: kawtharaboassaly@gmail.com، هاتف: 0936407535)

تاريخ القبول: 2024/03/27

تاريخ الاستلام: 2024/01/10

الملخص

نفذ البحث في محطة بحوث عرى التابعة لمركز البحوث العلمية الزراعية في السويداء، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية في سورية للموسم الزراعي 2021 وفقاً لتصميم القطع المنشقة وبثلاثة مكررات. حيث زُرعت بذور الخيار المعاملة مسبقاً بحمض الساليسيليك (0، 1، 50 و 150 مغ/ل)، ثم عُرضت لمستويات مختلفة من الري (60، 80 و 100% من السعة الحقلية). تم دراسة الارتباط البسيط وتحليل المكونات الأساسية على البيانات الناتجة بهدف تحديد العلاقة بين مؤشر الإنتاجية وبعض المؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية تحت مستويات الري المقدمة لتحديد أهم الصفات المرتبطة بالغلة، بالإضافة إلى تحديد التركيز الأفضل من حمض الساليسيليك بالنسبة لهذه المؤشرات والإنتاجية. أظهرت نتائج تحليل الارتباط وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين مؤشر الإنتاجية والمؤشرات المورفولوجية كافة وبين الإنتاجية و كل من محتوى الماء النسبي (0.985) ومؤشر تركيز الأزوت (0.965) تحت مستوى 100% من السعة الحقلية. بالإضافة إلى ارتباط موجب للإنتاجية مع عدد الثمار ووزن الثمار. استمرت علاقة الارتباط الموجبة المعنوية بين الإنتاجية والمؤشرات المورفولوجية والإنتاجية الأخرى تحت مستويي الإجهاد المائي المستخدمين، حيث لوحظ ارتباط الإنتاجية بشكل إيجابي تام مع عدد الأوراق وعدد الثمار ووزن الثمار تحت مستوى 80% من السعة الحقلية، ومع طول الساق وعدد الثمار ووزن الثمار تحت مستوى 60% من السعة الحقلية، كما أشارت النتائج أيضاً إلى وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين الإنتاجية وبعض المؤشرات الفيزيولوجية (البرولين، السكريات الذائبة، الكلوروفيل a، الكلوروفيل b وتركيزي الأزوت والبوتاسيوم) تحت تأثير الإجهاد المتوسط (80% من السعة الحقلية) وعلاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين الإنتاجية والبرولين (0.995) تحت مستوى الري 60% من السعة الحقلية. أما بالنسبة لتحليل المكونات الأساسية، فقد أظهرت النتائج أن المكونين الأساسيين (PC1 و PC2) قد عبرا عن النسبة الأكبر من التباين الكلي تحت جميع مستويات الري، وكانت معظم المؤشرات المدروسة مرتبطة إيجاباً مع الإنتاجية (زاوية حادة بين محور الإنتاجية ومحاور معظم المؤشرات) وبنفس الاتجاه تحت مستويات الري كافة. كما توضع

المعاملة بالتركيز 50 مغ/ل من حمض الساليسيليك في الاتجاه نفسه، وذلك ضمن الربع الموجب.
الأمر الذي يدل على تفوق هذا التركيز في قيم المؤشرات المذكورة.
الكلمات المفتاحية: خيار، إنتاجية، معامل الارتباط، مكونات أساسية.

المقدمة

يُصنف الخيار (*Cucumis sativus* L.) من بين محاصيل الخضار الأكثر زراعةً حول العالم (Abdel-Salam et al., 2020)، حيث ازداد العرض والطلب عليه بشكل متسارع خلال السنوات الأخيرة (Gosai et al., 2020)، وسجل إجمالي الإنتاج العالمي منه لعام 2022 ما يقارب 94.7 مليون طن (FAOSTAT, 2022)، بينما حقق إنتاجه على مستوى سورية 125.5 ألف طن، بمساحة 8283 هكتاراً (المجموعة الإحصائية السنوية الزراعية، 2022). يتبع الخيار لعائلة *Cucurbitaceae*، والتي تشمل أكثر من 800 نوعاً (Boualem et al., 2014)، تُستهلك ثماره الطرية إما طازجة كسلطات أو مطبوخة كخضروات أو مخللة في مرحلتها غير الناضجة (Khan et al., 2015)، حيث يُعد مصدراً غنياً بالكربوهيدرات والبروتينات والمعادن والبوتاسيوم والزنك والكالسيوم والحديد والمغنيزيوم والفوسفور (Khan et al., 2021). بالإضافة إلى احتوائه على كميات صغيرة من الفيتامينات (A، C، K)، والألياف (Chakraborty and Rayalu, 2021). وغناه بمضادات الأكسدة والسرطان والميكروبات والديدان الطفيلية. هذا ويحتوي الخيار على العديد من النواتج الاستقلابية الثانوية الهامة كالفلافونيدات والفلافونويد والصابونين والعفص والمركبات الفينولية (Khan et al., 2021). الأمر الذي شجع إدخاله في العديد من التطبيقات الطبية والحيوية المختلفة. يتسبب تزايد الاحتباس الحراري والهطول غير المنتظم للأمطار، في زيادة نسبة الأراضي المنكوبة بالجفاف في جميع أنحاء العالم (Prathyusha and Chaitanya, 2019). لاسيما منطقة البحر الأبيض المتوسط (Lipan et al., 2020). الأمر الذي يؤثر في وظائف النبات ويمنع نمو وإنتاجية المحاصيل بالشكل الأنسب (Huang et al., 2018) خاصةً عند النباتات الحساسة للإجهاد المائي مثل الخيار (Zhang et al., 2017).

يُعد حمض الساليسيليك (SA) مركباً واعداً في زيادة تحمل النبات للإجهاد المائي، كونه يؤثر في العديد من العمليات المورفولوجية والفيزيولوجية (Khalvandi et al., 2021) عن طريق تأثيره الإيجابي في نظام الدفاع المضاد للأكسدة، ومعدلات النتح، ومعدل انفتاح الثغور، ومعدل التمثيل الضوئي في النبات (Nazar et al., 2015). كما يعمل SA على تنشيط التعبير الجيني غير الحيوي المستجيب للإجهاد (Li et al., 2013)، ويحث على التعبير عن الإنزيمات والبروتينات الحيوية في النباتات تحت الإجهادات البيئية (Nazar et al., 2015; Wang et al., 2019). أظهرت الدراسات التأثير الإيجابي للمعاملة بحمض الساليسيليك (SA) في تحسين نمو وإنتاجية العديد من النباتات تحت ظروف الإجهاد المائي مثل دراسة Prabha وNegi (2014) على الفليفلة، ودراسة Aires وآخرون (2022) على البندورة، ودراسة Biyare وآخرون (2020) على اليقطين.

تُعد معرفة درجة ارتباط غلة المحصول بالعديد من المؤشرات المساهمة في النمو والغلة أمراً بالغ الأهمية، فغلة المحصول ليست مؤشر مستقل، إنما هو نتيجة التفاعل بين عدد كبير من المؤشرات المكونة فيما بينها، حيث يعتمد التعبير المظهري لكل منها على النمط الجيني والبيئة ومدى التفاعل بينهما (Sharma et al., 2018).

أوضحت دراسة Akshata وآخرون (2023) على الخيار لمعرفة تأثير الرش الورقي بحمض الساليسيليك مع بعض العناصر الصغرى (البورون والزنك) في النمو والإنتاجية وجود علاقة ارتباط إيجابي معنوي بين الإنتاجية وكل من طول الساق وعدد الأفرع وعدد العقد على النبات. كما أبدت دراسة Nandi وآخرون (2019) لفهم العلاقة بين بعض المؤشرات في نبات الخيار وتأثيراتها المباشرة وغير المباشرة في المحصول وجود علاقة ارتباط إيجابي بين الإنتاجية وطول النبات وارتباط إيجابي معنوي بين الإنتاجية وعدد الثمار ووزنها. أشارت نتائج تحليل المكونات الأساسية في دراسة Ghahremani وآخرون (2023) على الفليفلة لتحديد الاستجابات المورفولوجية والفيزيولوجية للرش الورقي بالبوتريسين وحمض الساليسيليك تحت تأثير الإجهاد المائي إلى ارتباط مؤشر الإنتاجية بشكل إيجابي ومعنوي مع كل من محتوى الماء النسبي ومحتوى الكلوروفيل وعدد الثمار وطول الساق. توافق ذلك مع دراسة Prabha وNegi (2014) على الفليفلة لتحديد مدى تأثير حمض الساليسيليك على النمو تحت ظروف الإجهاد المائي،

حيث كان للإنتاجية (كغ/ نبات) علاقة ارتباط إيجابي مع كل من طول الساق وعدد الأوراق والوزن الجاف والرطب للمجموع الخضري ومحتوى البرولين. كما أظهرت نتائج تحليل المكونات الأساسية في دراسة Alotaibi وآخرون (2023) على القمح لتقييم تأثير معاملات مختلفة من SA والعناصر الكبرى والصغرى في المؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية والإنتاجية تحت مستويات مختلفة من الري وجود علاقة ارتباط إيجابي معنوي بين الإنتاجية (كغ/هـ) وكل من طول الساق ومحتوى الماء النسبي و الوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل تحت مستويات الري كافة.

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد علاقة الارتباط بين الإنتاجية وبعض المؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية في نبات الخيار المعاملة بحمض الساليسيليك تحت مستويات مختلفة من الري، بالإضافة إلى تحليل المكونات الرئيسة للمؤشرات المدروسة وتحديد التركيز الأفضل من SA والذي يساهم في تحسين الإنتاجية تحت ظروف الإجهاد المائي.

مواد البحث وطرقه

المادة النباتية وموقع تنفيذ الدراسة:

نُفذت الزراعة باستخدام بذور الخيار البلدي *C. Sativus* (مصدر البذور: الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية)، والذي يُعد صنف متوسط في إنتاجيته، ومتوسط إلى متأخر التبرير في النضج. حيث تمت الزراعة في موسم عام 2021 ضمن محطة بحوث عري/ مركز البحوث العلمية الزراعية في السويداء/ الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية/ سورية (محطة تقع على ارتفاع 1066 م عن سطح البحر، وعلى خط عرض 32.37، وخط طول 36.34، وهي تابعة لمنطقة الاستقرار الثانية، حيث أن معدل هطول الأمطار السنوي فيها 250 ملم).

أظهر تحليل التربة في موقع الزراعة احتوائها على 2.007% من المادة العضوية، و2.48% من كربونات الكالسيوم، و0.15% من الآزوت، و14.8 (ppm) من الفوسفور و630 (ppm) من البوتاسيوم، وكان قوام التربة مؤلف من 24% رمل و14% سلت و60% طين، بدرجة حموضة 7.71، وناقلية كهربائية 0.21 ديسي سيمينز/ م.

ظروف الزراعة:

تمت معاملة بذور الخيار (نقع لمدة 24 ساعة) بتركيز متباينة من حمض الساليسيليك (0، 1، 50، 150 مغ/ل). زُرعت البذور المعاملة بعد تجهيز الحقل بالطريقة المناسبة، وذلك على مسافة 40 سم بين النباتات، و2 م بين الخطوط. حُسبت مستويات الري المختلفة (60 و80 و100% من السعة الحقلية) باستخدام الطريقة الوزنية (Sutcliffe, 1968) وطُبق ذلك باستخدام طريقة الري بالتقريب (4 ل/ ساعة). تم التسميد بواقع 115 كغ/ هـ بإضافة السماد المعدني المتوازن (20:20:20).

تضمنت المعاملات المدروسة على معاملات نقع البذور بالتركيز 0 و1 و50 و150 مغ/ل من حمض الساليسيليك مع الري بكميات ري مختلفة (60 و80 و100% من السعة الحقلية).

المؤشرات المقاسة:

تم قياس بعض المؤشرات المورفولوجية (طول الساق (سم)، وعدد الأوراق في النبات (ورقة/ نبات)، والوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري (غ))، وبعض المؤشرات الفيزيولوجية كمحتوى الماء النسبي (%، والعجز المائي (% للأوراق تبعاً ل Turner (1981)، وتم حساب محتوى الكلوروفيل الكلي والكلوروفيل a و b (مغ/ غ وزن رطب) تبعاً ل Arnon (1949)، على طولي موجتين 645، 663 نانو متر باستخدام جهاز السبكتروفوتومتر، كما تم تقدير السكريات الذائبة (%) حسب طريقة Dubois وآخرون (1956)، واعتماد طريقة Bates وآخرون (1973) لتقدير البرولين الحر (ميكرو مول/ غ). تم تقدير الآزوت والفوسفور تبعاً ل Jackson (1985) بطريقة الهضم الرطب مع إجراء بعض التعديلات (استخدام الماء الأكسجيني كمعامل هضم عوضاً عن السلينيوم)، وذلك باستخدام كاشف نسلر بالنسبة للأزوت (Peech et al., 1947)، وكاشف بارثون (Reuter and Robinson, 1997) بالنسبة للفوسفور. كما قُدِّر محتوى البوتاسيوم على نواتج هضم العينات النباتية السابقة، وذلك باستخدام جهاز مطياف اللهب الطيفي (Tendon, 2005)، وتم أخذ القراءات الخاصة ببعض المؤشرات الإنتاجية (عدد الثمار/ نبات، ووزن الثمار/ النبات (غ)، والإنتاجية (كغ/ هـ)).

تصميم التجربة والتحليل الإحصائي:

تم تطبيق تصميم القطع المنشقة، حيث احتوت القطع الرئيسة على معاملات الري، بينما شملت القطع الثانوية على معاملات النقع بـ SA، فكان للتجربة 12 معاملة تفاعل، كررت كل منها 3 مرات بحيث احتوى كل مكرر على 5 نباتات. تم تنفيذ تحليل الارتباط البسيط وتحليل المكونات الأساسية على متوسطات قيم المؤشرات المقاسة كافة (أبو عسلي وآخرون، 2023^a؛ أبو عسلي وآخرون، 2023^b) باستخدام البرنامج الإحصائي Excelstat بهدف برمجة هذه النتائج وتقدير قيم مكونات التباين الأساسية PCA للمؤشرات المدروسة.

النتائج:

تحليل الارتباط للمؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية والإنتاجية لنبات الخيار تحت مستوى 100% من السعة الحقلية: يلخص الجدول (1) معاملات الارتباط (r) التي تصف درجة الارتباط بين مؤشر الإنتاجية وبعض المؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية والإنتاجية الأخرى المقاسة للنباتات المعاملة بتركيز مختلفة من SA عند مستوى 100% من السعة الحقلية. حيث سجل كل من مؤشري عدد ووزن الثمار علاقة ارتباط معنوي إيجابي تام مع الإنتاجية، كما سجلت الأخيرة علاقة ارتباط معنوية إيجابية قوية مع المؤشرات المورفولوجية المدروسة (طول الساق وعدد الأوراق والوزن الرطب الجاف للمجموع الخضري)، ومحتوى الماء النسبي ومحتوى الأوراق من عنصر الأزوت، بينما أبدت ارتباطاً سلبياً معنوياً مع مؤشر العجز المائي. من ناحية أخرى ظهر ارتباط إيجابي معنوي تام بين عدد الثمار ووزن الثمار، وبين مؤشر عدد الأوراق والوزن الجاف للمجموع الخضري وارتباط سلبى معنوي تام بين محتوى الماء النسبي والعجز المائي.

الجدول (1): تحليل الارتباط للمؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية والإنتاجية لنبات الخيار تحت مستوى 100% من السعة الحقلية.

TCH	PRO	SU	K%	P%	N%	DW	HI	VW	Y	WF	NF	SL	LN	CHb	Cha	WD	RWC	Variables
																	1	RWC
																1	-1.000	WD
															1	-0.826	0.826	Cha
														1	0.886	-0.478	0.478	CHb
													1	0.617	0.888	-0.972	0.972	LN
												1	0.999	0.601	0.870	-0.964	0.964	SL
											1	0.996	0.999	0.598	0.882	-0.981	0.981	NF
										1	1.000	0.995	0.998	0.588	0.879	-0.985	0.985	WF
									1	1.000	1.000	0.995	0.998	0.588	0.879	-0.985	0.985	Y
								1	0.994	0.994	0.996	0.999	0.999	0.626	0.885	-0.961	0.961	VW
							1	0.568	0.653	0.653	0.637	0.576	0.604	0.056	0.477	-0.772	0.772	HI
						1	0.598	0.999	0.998	0.998	0.999	0.999	1.000	0.610	0.881	-0.971	0.971	DW
					1	0.962	0.615	0.960	0.965	0.965	0.966	0.953	0.966	0.754	0.971	-0.937	0.937	N%
				1	0.268	0.089	-0.433	0.114	0.053	0.053	0.068	0.084	0.096	0.835	0.486	0.084	-0.084	P%
			1	0.312	0.760	0.577	0.709	0.562	0.613	0.613	0.606	0.546	0.591	0.647	0.798	-0.647	0.647	K%
		1	0.811	0.544	0.950	0.843	0.440	0.847	0.840	0.840	0.844	0.830	0.850	0.913	0.997	-0.782	0.782	SU
	1	0.815	0.861	0.746	0.622	0.388	0.254	0.390	0.397	0.397	0.399	0.362	0.402	0.864	0.772	-0.354	0.354	PRO
1	0.815	0.997	0.775	0.594	0.933	0.827	0.372	0.833	0.819	0.819	0.824	0.816	0.833	0.938	0.992	-0.748	0.748	TCH

تشير الأرقام الغامقة إلى المعنوية على المستوى 5%.

حيث RWC: محتوى الماء النسبي (%)، WD: العجز المائي (%)، Cha: الكلوروفيل a (مغ/ غ وزن رطب)، CHb: الكلوروفيل b (مغ/ غ وزن رطب)، LN: عدد الأوراق (ورقة/ نبات)، SL: طول الساق (سم)، NF: عدد الثمار (ثمرة/ نبات)، WF: وزن الثمار (غ)، Y: الإنتاجية (كغ/ هـ)، VW: الوزن الرطب للمجموع الخضري (غ)، HI: دليل الحصاد، DW: الوزن الجاف للمجموع الخضري (غ)، N: محتوى الأوراق من الآزوت (%)، P: محتوى الأوراق من الفوسفور (%)، K: محتوى الأوراق من البوتاسيوم (%)، SU: السكريات الذائبة (%)، PRO: البرولين (ميكرو مول/ غ)، TCH: الكلوروفيل الكلي (مغ/ غ وزن رطب).

تحليل الارتباط للمؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية والإنتاجية لنبات الخيار تحت مستوى 80% من السعة الحقلية:

بينت نتائج تحليل الارتباط الموضحة في الجدول (2) ارتباط الإنتاجية بشكل معنوي إيجابي مع طول الساق والوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري والسكريات الذائبة والبرولين الحر والكلوروفيل الكلي و a و b وعنصري الآزوت والبوتاسيوم، كما أظهرت ارتباطاً معنوياً إيجابياً تاماً بين الإنتاجية وكل من عدد الأوراق والثمار ووزن الثمار. في حين سجل محتوى الماء النسبي ارتباطاً معنوياً سلبياً تاماً مع العجز المائي، في حين كان الارتباط معنوي إيجابي تام بين عدد الأوراق ومؤشري عدد ووزن الثمار وبين عدد الثمار ووزن الثمار وبين الوزن الجاف والوزن الرطب للمجموع الخضري وبين الكلوروفيل الكلي والكلوروفيل a و b.

الجدول (2): تحليل الارتباط للمؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية والإنتاجية لنبات الخيار تحت مستوى 80% من السعة الحقلية.

TC H	PR O	SU	K %	P %	N %	D W	HI	V W	Y	W F	NF	SL	LN	CH b	Ch a	W D	R W C	Variables
																	1	RWC
																1	-1.000	WD
															1	-0.826	0.826	Cha
														1	0.999	-0.831	0.831	CHb
													1	0.970	0.965	-0.936	0.936	LN
												1	0.999	0.977	0.972	-0.925	0.925	SL
											1	0.999	1.000	0.970	0.964	-0.932	0.932	NF
										1	1.000	0.999	1.000	0.966	0.960	-0.937	0.937	WF
									1	1.000	1.000	0.999	1.000	0.966	0.960	-0.937	0.937	Y
								1	0.989	0.989	0.991	0.994	0.990	0.994	0.991	-0.881	0.881	VW
							1	-0.080	0.065	0.065	0.053	0.017	0.047	-0.188	-0.215	-0.301	0.301	HI
						1	-0.094	1.000	0.986	0.986	0.989	0.993	0.988	0.995	0.992	-0.875	0.875	DW
					1	0.927	0.279	0.932	0.976	0.976	0.973	0.965	0.972	0.887	0.876	-0.975	0.975	N%
				1	0.648	0.846	-0.513	0.840	0.779	0.779	0.784	0.806	0.793	0.880	0.898	-0.664	0.664	P%
			1	0.615	0.995	0.893	0.340	0.899	0.955	0.955	0.951	0.941	0.951	0.847	0.837	-0.988	0.988	K%
		1	0.979	0.762	0.985	0.954	0.145	0.957	0.986	0.986	0.984	0.981	0.987	0.925	0.921	-0.980	0.980	SU
	1	0.993	0.986	0.710	0.996	0.956	0.192	0.960	0.991	0.991	0.989	0.984	0.989	0.924	0.915	-0.969	0.969	PRO

1	0.9 17	0.9 22	0.8 39	0.8 94	0.8 79	0.9 93	- 0.2 09	0.9 92	0.9 62	0.9 62	0.9 65	0.9 74	0.9 66	1.0 00	1.0 00	- 0.8 28	0.8 28	TCH
---	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	----------------	-----------	-----

تشير الأرقام الغامقة إلى المعنوية على المستوى 5%.

حيث RWC: محتوى الماء النسبي (%)، WD: العجز المائي (%)، Cha: الكلوروفيل a (مغ/ غ وزن رطب)، Chb: الكلوروفيل b (مغ/ غ وزن رطب)، LN: عدد الأوراق (ورقة/ نبات)، SL: طول الساق (سم)، NF: عدد الثمار (ثمرة/ نبات)، WF: وزن الثمار (غ)، Y: الإنتاجية (كغ/ هـ)، VW: الوزن الرطب للمجموع الخضري (غ)، HI: دليل الحصاد، DW: الوزن الجاف للمجموع الخضري (غ)، N: محتوى الأوراق من الأزوت (%)، P: محتوى الأوراق من الفوسفور (%)، K: محتوى الأوراق من البوتاسيوم (%)، SU: السكريات الذائبة (%)، PRO: البرولين (ميكرو مول/ غ)، TCH: الكلوروفيل الكلي (مغ/ غ وزن رطب).

تحليل الارتباط للمؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية والإنتاجية لنبات الخيار تحت مستوى 60% من السعة الحقلية:

تبين وجود ارتباط إيجابي معنوي تام بين الإنتاجية وكل من طول الساق وعدد الثمار ووزن الثمار. كما ارتبطت الإنتاجية بشكل إيجابي معنوي قوي مع الوزن الرطب والجاف للمجموع الخضري والبرولين الحر وعدد الأوراق، وظهرت علاقة ارتباط إيجابي تام بين الوزن الرطب للمجموع الخضري وعدد الأوراق وبين طول الساق وعدد ووزن الثمار وبين وزنها وبين الوزن الجاف والرطب للمجموع الخضري وبين محتوى الماء النسبي والسكريات الذائبة وعلاقة ارتباط سلبي تام بين السكريات الذائبة والعجز المائي وبين محتوى الماء النسبي والعجز المائي (جدول 3).

الجدول (3): تحليل الارتباط للمؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية والإنتاجية لنبات الخيار تحت مستوى 60% من السعة الحقلية.

Variable	RWC	WD	Cha	Chb	LN	SL	NF	WF	Y	VW	HI	DW	N%	P%	K%	SU	PRO	TCH
RWC	1																	
WD	-1.000	1																
Cha	0.998	-0.998	1															
Chb	0.970	-0.970	0.983	1														
LN	0.937	-0.937	0.932	0.914	1													
SL	0.945	-0.945	0.944	0.932	0.999	1												
NF	0.943	-0.943	0.940	0.928	0.999	1.000	1											
WF	0.940	-0.940	0.938	0.928	0.999	1.000	1.000	1										
Y	0.940	-0.940	0.938	0.928	0.999	1.000	1.000	1.000	1									

								1	0.9 99	0.9 99	0.9 99	0.9 99	1.0 00	0.9 22	0.9 42	- 0.9 47	0.9 47	V W
							1	0.5 69	0.6 11	0.6 11	0.6 02	0.6 06	0.5 83	0.6 32	0.4 96	- 0.4 52	0.4 52	HI
						1	0.5 71	1.0 00	0.9 99	0.9 99	0.9 99	0.9 99	0.9 99	0.9 25	0.9 44	- 0.9 49	0.9 49	D W
					1	0.7 96	0.7 87	0.7 91	0.8 12	0.8 12	0.8 09	0.8 16	0.7 86	0.9 49	0.8 76	- 0.8 44	0.8 44	N %
				1	0.4 88	0.8 90	0.4 76	0.8 94	0.8 91	0.8 91	0.8 90	0.8 84	0.9 04	0.6 56	0.6 96	- 0.7 15	0.7 15	P %
			1	0.5 85	0.9 92	0.8 65	0.7 64	0.8 60	0.8 77	0.8 77	0.8 75	0.8 81	0.8 56	0.9 77	0.9 22	- 0.8 97	0.8 97	K %
		1	0.8 96	0.6 98	0.8 45	0.9 41	0.4 42	0.9 39	0.9 32	0.9 32	0.9 35	0.9 37	0.9 28	0.9 70	0.9 98	- 1.0 00	1.0 00	SU
	1	0.8 95	0.8 70	0.9 08	0.8 06	0.9 90	0.6 67	0.9 90	0.9 95	0.9 95	0.9 94	0.9 94	0.9 93	0.9 06	0.9 05	- 0.9 05	0.9 05	PR O
1	0.9 08	0.9 95	0.9 37	0.6 90	0.8 94	0.9 43	0.5 26	0.9 40	0.9 39	0.9 39	0.9 40	0.9 44	0.9 31	0.9 90	0.9 99	- 0.9 95	0.9 95	TC H

تشير الأرقام الغامقة إلى المعنوية على المستوى 5%.

حيث RWC: محتوى الماء النسبي (%)، WD: العجز المائي (%)، Cha: الكلوروفيل a (مغ/ غ وزن رطب)، Chb: الكلوروفيل b (مغ/ غ وزن رطب)، LN: عدد الأوراق (ورقة/ نبات)، SL: طول الساق (سم)، NF: عدد الثمار (ثمرة/ نبات)، WF: وزن الثمار (غ)، Y: الإنتاجية (كغ/ هـ)، VW: الوزن الرطب للمجموع الخضري (غ)، HI: دليل الحصاد، DW: الوزن الجاف للمجموع الخضري (غ)، N: محتوى الأوراق من الأزوت (%)، P: محتوى الأوراق من الفوسفور (%)، K: محتوى الأوراق من البوتاسيوم (%)، SU: السكريات الذائبة (%)، PRO: البرولين (ميكرو مول/ غ)، TCH: الكلوروفيل الكلي (مغ/ غ وزن رطب).

تحليل المكونات الأساسية للمؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية والإنتاجية لنبات الخيار تحت مستويات الري المقدمة:

تم تمثيل استجابة المؤشرات المدروسة في شتلات الخيار للمعاملة بحمض الساليسيليك (0، 1، 50، 150 مغ/ ل) تحت ظروف الري الكامل (100% من السعة الحقلية) والإجهاد المائي المطبق (60، 80% من السعة الحقلية) عن طريق الرسوم البيانية الخاصة بتحليل المكونات الرئيسية (الأشكال 1، 2، 3). حيث أظهرت نتائج تحليل المكونات الرئيسية (PCA) بالاعتماد على بيانات عام 2021، ثلاث مكونات أساسية، تم الاعتماد على اثنين منها فقط (PC1 و PC2) لتحليل التباين، لأن القيمة الذاتية (Eigen value) لهما كانت أكبر من الواحد. مثل هذان المكونان محورين شرحا التباينات الكلية في التراكيز المستخدمة بناءً على المتغيرات المدروسة، وذلك عند مستويات الري المقدمة كافة.

أعطى المكونان الأول والثاني عند مستوى 100% من السعة الحقلية تفسيراً بنسبة 65، 29%، على التوالي من التباينات الكلية (شكل 1)، حيث ارتبط المكون الأول إيجابياً مع جميع المؤشرات ما عدا مؤشري الفوسفور والعجز المائي، بينما ارتبط المكون الثاني إيجابياً مع المؤشرات كافة ما عدا مؤشري دليل الحصاد والعجز المائي. أبدى مستوى 100% من السعة الحقلية تحت تأثير المعاملة بحمض الساليسيليك تفاوتاً في قيم المكون الأول، حيث أعطى أعلى قيمة له عند المعاملة بالتركيز 150 مغ/ ل، تلاه التركيز 50

مغ/ل، بينما أظهر أقل قيمة له عند تركيز 1 مغ/ل، في حين تراوحت قيم المكون الثاني بين أقل قيمة للشاهد وأعلى قيمة للتركيز 50 مغ/ل.

شكل المكونان الأول والثاني التابعان للنباتات المجهدة مائياً قيماً مناظرة لما سبق، بلغت 87.85، 11.04% من التباينات الكلية عند مستوى 80% من السعة الحقلية (الشكل 2)، حيث سجل المكون الأول ارتباطاً إيجابياً مع جميع المؤشرات ما عدا العجز المائي، في حين سجل المكون الثاني ارتباطاً إيجابياً مع جميع المؤشرات ما عدا محتوى الماء النسبي والسكريات الذائبة والبرولين وتركيزي N و K ودليل الحصاد.

حقق المكونان الأول والثاني عند مستوى 60% من السعة الحقلية تفسيراً بنسبة 61.85، 33.49%، على التوالي من التباينات الكلية (الشكل 3). حيث أبدى كلا منهما ارتباطاً إيجابياً مع المؤشرات المدروسة كافة فيما عدا مؤشر العجز المائي.

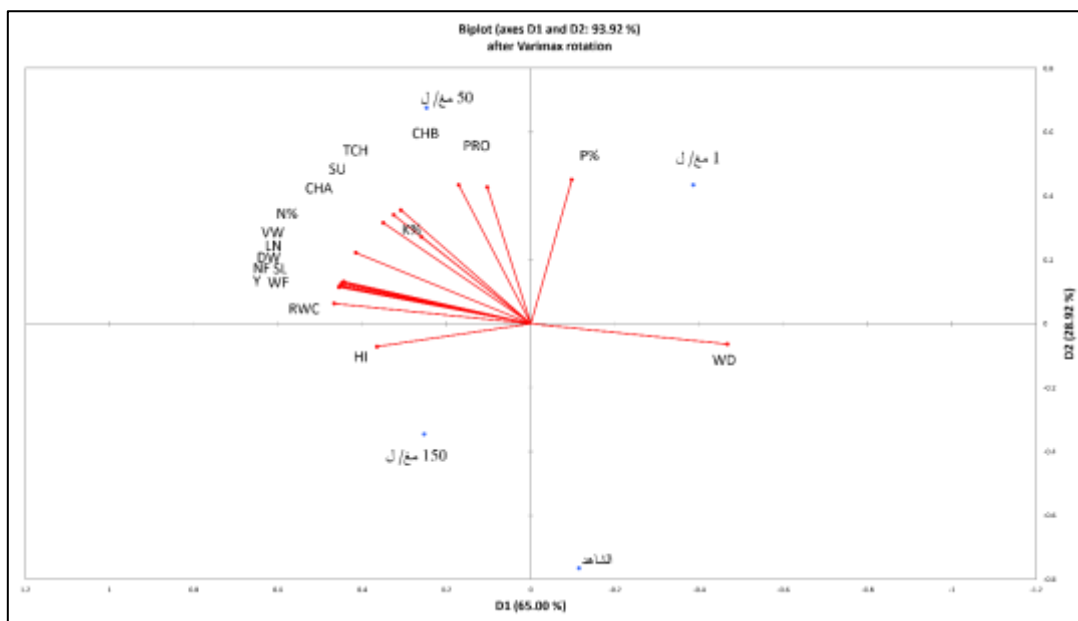
تراوحت قيم المكون الأول عند كلا المستويين 80 و 60% من السعة الحقلية بين أعلى قيمة لها عند التركيز 50 مغ/ل وأقل قيمة عند معاملة الشاهد. بينما أظهر المكون الثاني أعلى قيمة له عن المعاملة 50، 150 مغ/ل من SA وأقل قيمة له عند 1، 150 مغ/ل تحت مستويي الري 80 و 60%، على التوالي. ووفقاً للقيم المذكورة كافة توزعت تراكيز SA المستخدمة في ثلاث مجموعات بالنسبة لمستويات الري كافة (الشكل 1 و 2 و 3):

ضمت المجموعة الأولى التراكيز ذات القيم الموجبة للمكونين الأساسيين الأول والثاني (التركيز 50 مغ/ل)، بينما شملت المجموعة الثانية التراكيز ذات القيمة السالبة لأحد المكونين والموجبة للمكون الثاني (1 و 150 مغ/ل)، في حين احتوت المجموعة الثالثة على التراكيز ذات القيم السالبة للمكونين الأول والثاني (الشاهد).

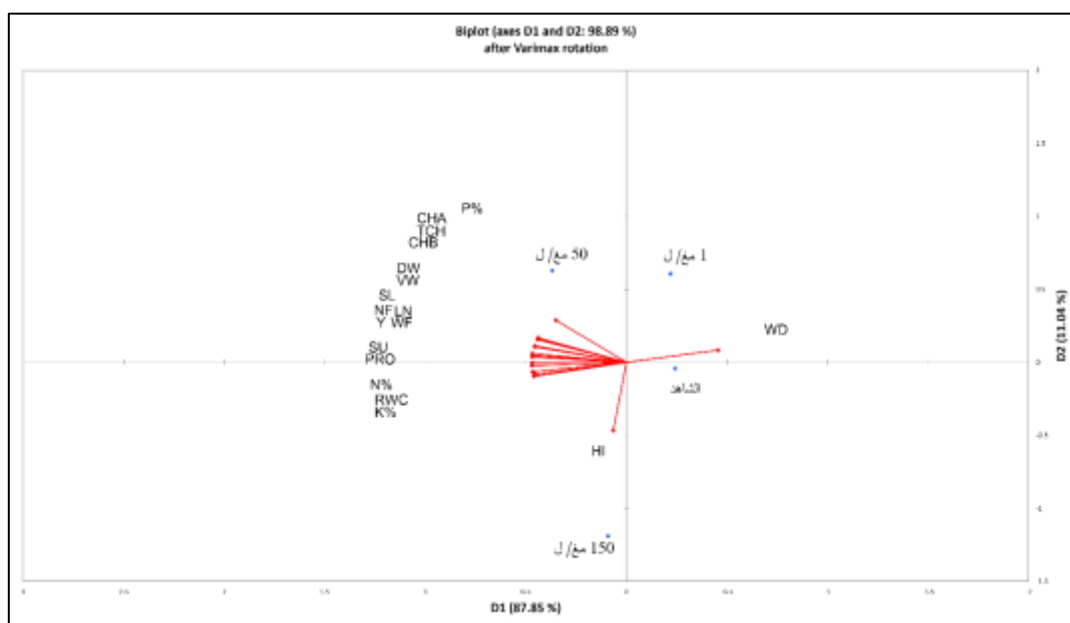
لُوحظ من الأشكال الثلاثة (1 و 2 و 3) أن التركيز 50 مغ/ل من SA كان الأفضل بالمقارنة مع باقي التراكيز المستخدمة. حيث تميز بقيمة موجبة للمكونين الأول والثاني تحت ظروف الري الكامل والإجهاد المائي المقدم.

عكست الزاوية بين المحاور في تحليل المكونات الرئيسية قيمة معامل الارتباط بين المؤشرات المختلفة. أظهر محور الإنتاجية ارتباطاً معنوياً مع باقي المحاور في المستوى 100% من السعة الحقلية (الزاوية حادة بين محور الإنتاجية وباقي محاور المؤشرات) ما عدا مؤشر الفوسفور (أظهر ارتباط معنوي أقل مع الإنتاجية (زاوية قائمة مع محور الإنتاجية))، ومؤشر العجز المائي (شكل زاوية منفرجة مع محور الإنتاجية).

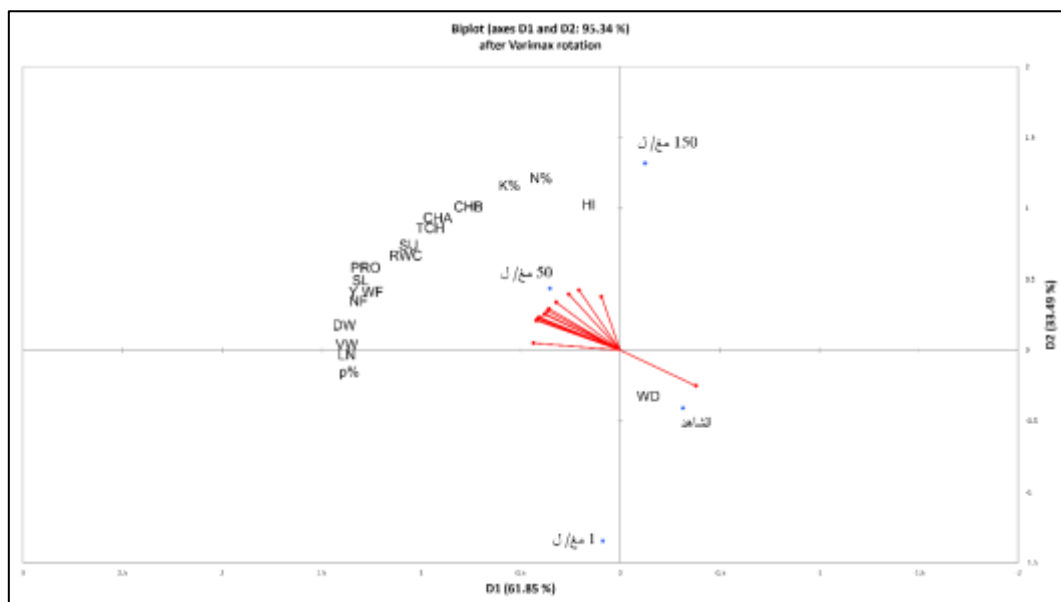
شكلت الإنتاجية ارتباطاً معنوياً (زاوية حادة) مع المؤشرات كافة ما عدا مؤشر العجز المائي تحت المستويين 60 و 80% من السعة الحقلية (الشكل 2 و 3).



الشكل (1): تحليل المكونات الأساسية للمؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية والإنتاجية لنبات الخيار تحت مستوى الري 100% من السعة الحقلية.



الشكل 2: تحليل المكونات الأساسية للمؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية والإنتاجية لنبات الخيار تحت مستوى الري 80% من السعة الحقلية.



الشكل 3: تحليل المكونات الأساسية للمؤشرات المورفولوجية والفيزيولوجية والإنتاجية لنبات الخيار تحت مستوى الري 60% من السعة الحقلية.

المناقشة:

أشارت النتائج إلى ارتباط معنوي إيجابي واضح بين المؤشرات المورفولوجية المدروسة وبين الإنتاجية في نباتات الخيار المعاملة بتركيزات مختلفة من حمض الساليسيليك تحت مستويات الري المقدمة كافة. يمكن أن يعود ذلك تحت المستوى 100% من السعة الحقلية إلى توافر الكمية الكافية من الماء للقيام بجميع العمليات الحيوية في النبات بدءاً من مرحلة إنبات البذور وظهور الشتلات، وما يتبعه من تحسن في النمو الخضري، مما ينعكس بدوره على الإنتاج النهائي. في حين تتراجع عمليات التمثيل الضوئي تحت تأثير الإجهاد المائي نتيجة لإنغلاق المسام والامتصاص المحدود من CO_2 ، الأمر الذي يؤثر سلباً في النمو والإنتاج الطبيعي للنبات. كما لوحظ ارتباط إيجابي تام بين مؤشري عدد الثمار ووزن الثمار مع الإنتاجية. يعود ذلك إلى دخول قيم هذه المؤشرات ضمن المعادلة الخاصة بالإنتاجية. توافق ذلك مع دراسة Ene وآخرون (2016) على الخيار، حيث بينت وجود ارتباط معنوي إيجابي لكل من طول الساق وعدد الأوراق ووزن الثمار وعدد الثمار مع الإنتاجية (طن/هـ)، ومع دراسة Manisha و Pal (2021) على الخيار والتي أظهرت ارتباط إيجابي معنوي بين مؤشري عدد الثمار/نبات ومتوسط وزن الثمار ومؤشر الإنتاجية. أظهرت العلاقة بين محتوى الماء النسبي والإنتاجية والعلاقة بين عنصر الأزوت والإنتاجية ارتباطاً إيجابياً معنوياً تحت مستوى 100% من السعة الحقلية واستمر هذا الارتباط الإيجابي مع الإنتاجية تحت مستوى 80% من السعة الحقلية. حيث تدل قيم محتوى الماء النسبي إلى محتوى الأوراق المائي (جهد الامتلاء)، والمحافظة على مستوى جيد منها تعني المحافظة على عملية انقسام واستطالة الخلايا وعلى عملية التمثيل الضوئي من خلال انفتاح المسام بالشكل المناسب، مما يساهم في تصنيع كمية كافية من المادة الجافة اللازمة للنمو. توافق ذلك مع دراسة Keyvan (2010) على القمح تحت تأثير الإجهاد المائي، حيث ارتبط مؤشر الإنتاجية بشكل معنوي وإيجابي مع محتوى الماء النسبي ومع دراسة Das وآخرون (2023) على القمح، والتي بينت وجود علاقة ارتباط إيجابي معنوي بين مؤشر الإنتاجية وكل من محتوى الماء النسبي وطول الساق وعدد الثمار تحت ظروف الجفاف. علاوةً على ذلك، يساهم وجود تركيز مرتفع من الأزوت في تأمين مجموع خضري كافٍ لتحقيق إنتاج ثمرى أعلى. كما يمكن أن يكون لمعاملة النقع بحمض الساليسيليك أثراً هاماً في الارتباط الإيجابي المذكور نظراً لدوره في تنظيم مجموعة كبيرة ومتنوعة من العمليات الفيزيولوجية، والكيميائية الحيوية (Biochemical) في النباتات المختلفة (Soni et al., 2021)، مما يساهم في إعطاء شتلات قوية ذات نمو جيد، الأمر الذي

ينعكس بدوره على عدد الثمار والإنتاجية. هذا وتحفز معاملة نقع البذور عموماً التعبير عن الكثير من المورثات التي تُسرّع من عملية الإنبات وتجعله متجانساً (Wojtyla *et al.*, 2016)، مما يحسن نموها الخضري، وينعكس إيجابياً على الإنتاجية.

قد يرجع الارتباط الإيجابي المعنوي بين البرولين والإنتاجية تحت مستويي الإجهاد المائي (60 و80% من السعة الحقلية) إلى الدور التعديلي المهم لهذا المواد الحلولية تحت ظروف الجفاف، حيث يقوم البرولين بتعديل الجهد الحولي وإزالة أنواع الأكسجين التفاعلية (ROS) لتنشيط وظائف جينية محددة تعتبر ضرورية لتعافي النبات من الإجهاد (Nikzad *et al.*, 2023)، وقد أشارت إلى ذلك أيضاً دراسة Buhroy وآخرون (2017) على البنندورة حيث ارتبط مؤشر إنتاجية الثمار لكل نبات (كغ) ارتباطاً معنوي إيجابي مع كل من طول النبات ومحتوى الماء النسبي والبرولين تحت تأثير الإجهاد المائي. كما أفادت دراسة Nikzad وآخرون (2023) على الجرجير بوجود ارتباط إيجابي معنوي بين مؤشر البرولين وإنتاج البذور تحت تأثير الإجهاد المائي.

لُوحظت علاقة ارتباط إيجابي معنوي بين الإنتاجية وتركيز كل من الكلوروفيل الكلي والكلوروفيل a والكلوروفيل b تحت مستوى 80% من السعة الحقلية. يمكن أن يؤدي تراجع قيم أصباغ التمثيل الضوئي كالكلوروفيل نتيجة التحلل السريع للكلوروفيل تحت ظروف نقص الماء إلى تقليل معدل صرف ثاني أكسيد الكربون وإتلاف بنى البلاستيدات الخضراء (Zhang *et al.*, 2020)، مما يؤثر بشكل مباشر في عملية التمثيل الضوئي، وبالتالي تقليل الإنتاج. توافقت ذلك مع دراسة Nikzad وآخرون (2023) على الجرجير التي أشارت إلى علاقة ارتباط إيجابي معنوي بين الإنتاجية ومحتوى كل من الكلوروفيل a والكلوروفيل الكلي تحت تأثير الجفاف، ومع دراسة Keyvan (2010) على القمح والتي حققت ارتباطاً إيجابياً معنوي بين الإنتاجية وكل من الكلوروفيل a والكلوروفيل b والكلوروفيل الكلي تحت ظروف الإجهاد المائي.

شُهدت علاقة ارتباط معنوي إيجابي بين الكلوروفيل الكلي وكل من الكلوروفيل a والكلوروفيل b تحت مستوى 80% من السعة الحقلية وقد توافقت ذلك مع دراسة Keyvan (2010) على القمح والتي أظهرت ارتباطاً معنوي إيجابياً بين الكلوروفيل الكلي وكل من الكلوروفيل a والكلوروفيل b وبين كل من الكلوروفيل a والكلوروفيل b تحت تأثير الإجهاد المائي.

ظهرت علاقة ارتباط معنوي إيجابي بين مؤشر السكريات الذائبة والإنتاجية تحت مستوى الري 80% من السعة الحقلية. قد يعود ذلك إلى تأثير مؤشر الإنتاجية بتوافر الكربون الذي يؤثر في عدد الخلايا وحجمها والماء اللاحق لهذه الخلايا (Brinton and Uauy, 2019)، وقد توافقت ذلك مع دراسة Farshadfar وآخرون (2008) على القمح، والتي أظهرت ارتباطاً إيجابياً معنوياً بين تركيز السكريات الذائبة والإنتاجية تحت تأثير الإجهاد المائي.

ارتبط مؤشر محتوى الأوراق من البوتاسيوم مع مؤشر الإنتاجية ارتباطاً إيجابياً معنوياً تحت مستوى إجهاد مائي 80% من السعة الحقلية. قد يُعزى ذلك إلى دور عنصر البوتاسيوم في تنظيم العديد من العمليات الكيميائية الحيوية المتعلقة بتخليق البروتين واستقلاب الكربوهيدرات وتنشيط الأنزيمات، واعتماد العديد من العمليات الفيزيولوجية على البوتاسيوم مثل عملية انفتاح وانغلاق المسام وعملية التمثيل الضوئي (Hasanuzzaman *et al.*, 2018) وما تلاها من نقل الكربوهيدرات والتمثيل الغذائي، الأمر الذي ينعكس بدوره على المجموع الخضري والجذري للنبات ويؤثر على إنتاجية النبات في نهاية الأمر، بالإضافة إلى الدور المباشر لحمض الساليسيليك في امتصاص العناصر وخاصةً تحت ظروف الإجهاد المائي (Per *et al.*, 2017). الأمر الذي يساهم بدوره في تحسين إنتاجية النبات.

الاستنتاجات:

- ارتباط الإنتاجية بشكل واضح ومعنوي مع جميع المؤشرات الموفولوجية والإنتاجية الأخرى لنبات الخيار تحت مستويات ري مختلفة.
- ترافق التحسن في قيم معظم المؤشرات الفيزيولوجية مع تحسن معنوي في قيم الإنتاجية تحت مستوى الإجهاد الجفافي المتوسط (80% من السعة الحقلية).
- وجود تأثير إيجابي لارتفاع قيم مؤشر البرولين تحت مستويي الإجهاد الجفافي المقدم في إنتاجية المحصول.
- إعطاء المعاملة بالتركيز 50 مغ/ل من حمض الساليسيليك أفضل النتائج في معظم المؤشرات المدروسة.

التوصيات:

- استخدام البذور المعاملة بالتركيز 50 مغ/ل من حمض الساليسيليك عند الزراعة لتحسين نمو وإنتاجية نبات الخيار تحت ظروف الإجهاد المائي.

المراجع:

- أبو عسلي، كوثر؛ بايرلي، رولا؛ العطالله، بسام. (2023^a). استجابة نبات الخيار للمعاملة بحمض الساليسيليك (SA) تحت ظروف الإجهاد المائي. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، قيد النشر. ISSN: 3710-1999.
- أبو عسلي، كوثر؛ بايرلي، رولا؛ العطالله، بسام. (2023^b). تأثير المعاملة بحمض الساليسيليك في بعض المعايير الفيزيولوجية لنبات الخيار تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية، قيد النشر. ISSN: 3710-1999.
- وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. (2022). المجموعة الإحصائية 2022، الباب الثالث: المحاصيل والخضار الصيفية. دمشق: سورية. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. ص-ص: 45-92.
- Abdel-Salam, E.; M. Faisal; A. Alatar; Q. Saquib and H. Alwathnani (2020). Comparative Analysis between Wild and Cultivated Cucumbers Reveals Transcriptional Changes during Domestication Process. *Plants*. 9(1): 1-15.
- Aggarwal, R. and P. Ranganathan (2016). Common pitfalls in statistical analysis: The use of correlation techniques. *Perspectives in Clinical Research*. 7:187-90. doi: 10.4103/2229-3485.192046.
- Aires, E. S.; A. K. L. Ferraz; B. L. Carvalho; F. P. Teixeira; F. F. Putti; E. P. De Souza; J. D. Rodrigues and E. O. Ono (2022). Foliar Application of Salicylic Acid to Mitigate Water Stress in Tomato. *Plants*. 11(13): 1-16. Basel: Switzerland. MDPI. <https://doi.org/10.3390/plants11131775>.
- Akshata; M. Shalini; B.G. Vasanthi and G. A. P. Mallikarjuna (2023). Effect of Foliar Application of Salicylic acid (SA) along with Micronutrients (Boron & Zinc) on Growth and Yield of Parthenocarpic Cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Biological Forum – An International Journal*, 15(11): 436-442.
- Alotaibi, M.; S. El-Hendawy; N. Mohammed; B. Alsamin; Y. Refay (2023). Appropriate Application Methods for Salicylic Acid and Plant Nutrients Combinations to Promote Morpho-Physiological Traits, Production, and Water Use Efficiency of Wheat under Normal and Deficit Irrigation in an Arid Climate. *Plants*, 12: 1-22. <https://doi.org/10.3390/plants12061368>.
- Arnon, D. (1949). Copper enzymes isolated chloroplasts, polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*. 24: 1-15.
- Bartholomew, D. J. (2010). Principal Components Analysis. In: Peterson, P.; E. Baker; and B. McGaw (Eds). *International Encyclopedia of Education (Third Edition)* (Pp 374-377). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044894-7.01358-0>.

- Bates, L. S.; R. P. Waldren and I. D. Teare (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant Soil*. 39: 205-207.
- Biyare, V.; F. Shekari; S. Seifzadeh; H. Zakerin and E. Hadidi (2020). Effect of Foliar Application of Salicylic Acid on Yield and Yield Components of Pumpkin under Different Water Deficiencies. *Journal of Crop Ecophysiology* 14(54(2)): 173-192. doi: 10.30495/jcep.2020.676137.
- Boualem, A.; S. Fleurier; C. Troadec; P. Audigier; A. P. K. Kumar; M. Chatterjee; A. A. Alsadon; M. T. Sadder; M. A. Wahb-Allah; A. A. Al-Doss and A. Bendahmane (2014). Development of a *Cucumis sativus* TILLinG Platform for Forward and Reverse Genetics. *Plos One*. 9(5): 1-8. www.plosone.org.
- Brinton, J. and C. Uauy (2019). A reductionist approach to dissecting grain weight and yield in wheat. *Journal of Integrative Plant Biology*. 61(3): 337–358.
- Buhroy, S.; T. Arumugam; N. Manivannan; P. I. Vethamoni and P. Jeyakumar (2017). Correlation and Path Analysis of Drought Tolerance Traits on Fruit Yield in Tomato (*Solanum Lycopersicum* L.) under Drought Stress Condition. *Chemical Science Review and Letters*. 6(23): 1670-1676.
- Chakraborty, S. and S. Rayalu (2021). Health Beneficial Effects of Cucumber. In: Wang, H. Cucumber Economic Values and Its Cultivation and Breeding. (Pp 1-228). United Kingdom. London. IntechOpen. <https://www.intechopen.com/books/9704>. doi: 10.5772/intechopen.87508.
- Das, D.; K. Bisht; A. Chauhan; S. Gautam; J. P. Jaiswal; P. Salvi and P. Lohani (2023). Morpho-physiological and biochemical responses in wheat foliar sprayed with zinc-chitosan-salicylic acid nanoparticles during drought stress. *Plant Nano Biology*, 4(5): 100034. DOI:10.1016/j.plana.2023.100034.
- Dubey, V.; D. K. Dwivedi; A. Singh; Rampreet and Chhavi (2018). Correlation and Path Coefficient Analysis of Yield Components in Rice under Drought Condition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7: 4116-4122.
- Dubois, M. K.; K. A. Gilles; J. K. Hamilton; P. A. Rebers and F. Smith (1956). Calorimetric method for determination of sugars and substances. *Anal. Chem*. 28(3): 350- 356.
- Ene, C. O.; P. E. Ogbonna; C. U. Agbo and U. P. Chukwudi (2016). Evaluation of Sixteen Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Genotypes in Derived Savannah Environment Using Path Coefficient Analysis. *Notulae Scientia Biologicae*. 8(1): 85-92. doi: 10.15835/nsb.8.1.9722.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2022). Crops and livestock products. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>. Accessed 14 October 2023.
- Farshadfar, E.; H. Ghasempour and H. Vaezi (2008) Molecular Aspects of Drought Tolerance in Bread Wheat (*T. aestivum*). *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 11: 118-122. doi: 10.3923/pjbs.2008.118.122.
- Ghahremani, Z.; B. Alizadeh; T. Barzegar; J. Nikbakht; M. E. Ranjbar and D. Nezamdoost (2023). The mechanism of enhancing drought tolerance threshold of pepper plant treated with putrescine and salicylic acid. *Plant Stress*, 9: 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2023.100199>.
- Gosai, S.; S. Adhikari; S. Khanal and P. B. Poudel (2020). Effects of plant growth regulators on growth, flowering, fruiting and fruit yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.): A review. *Archives of Agriculture and Environmental Science*. 5(3): 268-274. <https://dx.doi.org/10.26832/24566632.2020.050306>.
- Greenacre, M.; P. J. F. Groenen; T. Hastie; A. I. D'Enza; A. Markos and E. Tuzhilina (2022). Principal component analysis. *Nature Reviews Methods Primers*. 2: 1-24. doi:10.1038/s43586-022-00184-w.
- Hasanuzzaman, M.; M. H. M. B. Bhuyan; K. Nahar; Md. S. Hossain; J. Al Mahmud; Md. S. Hossen; A. A. C. Masud; Moumita and M. Fujita (2018). Potassium: A Vital Regulator of Plant Responses and Tolerance to Abiotic Stresses. *Agronomy*. 8(3): 1-29.

- Huang, H. J.; Z. Q. Yang; M. Y. Zhang; Y. X. Li; J. H. Zhang and M. Y. Hou (2018). Effects of water stress on growth, photosynthesis, root activity and endogenous hormones of *Cucumis sativus*. *Int. J. Agric. Biol.* 20: 2579–2589.
- Jackson, M. L. (1985). soil chemical Analysis-advanced course, 2nd edn. M. L. Jackson, Madison, Wi.
- Jolliffe, I. T. and J. Cadima (2016). Principal component analysis: a review and recent developments. *Phil. Trans. R. Soc. A*, 374: 1-16. <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>.
- Keyvan, S. (2010). The effects of drought stress on yield, relative water content, proline, soluble carbohydrates and chlorophyll of bread wheat cultivars. *Journal of Animal and Plant Sciences*. 8(3): 1051- 1060.
- Khalvandi, M.; A. Siosemardeh; E. Roohi and S. Keramati (2021). Salicylic acid alleviated the effect of drought stress on photosynthetic characteristics and leaf protein pattern in winter wheat. *Heliyon*. 7(1): 1-11.
- Khan, A.; A. Mishra; S. M. Hasan; A. Usmani; M. Ubaid; N. Khan and M. Saidurrahman (2021). Biological and medicinal application of *Cucumis sativus* Linn. – review of current status with future possibilities. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*. 19(4): 843-854.
- Khan, Z.; A. H. Shah; R. Gul; A. Majid; U. Khan and H. Ahmad (2015). Morpho-agronomic characterization of cucumber germplasm for yield and yield associated traits. *Int. J. Agron. Agric. Res.* 6 (1): 1-6.
- Li, G.; X. Peng; L. Wei and G. Kang (2013). Salicylic acid increases the contents of glutathione and ascorbate and temporally regulates the related gene expression in salt-stressed wheat seedlings. *Gene*. 529(2): 321-325.
- Lipan, L.; M. Cano-Lamadrid; F. Hernández; E. Sendra; M. Corell; L. Vázquez-Araújo; A. Moriana and Á. A. Carbonell-Barrachina (2020). Long-Term Correlation between Water Deficit and Quality Markers in HydroSOSustainable Almonds. *Agronomy*. 10(10): 1-22. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101470>.
- Manisha, A. K. S. and A. K. Pal (2021). Studies on correlation and path-coefficient analysis for yield and its contributing characters in Cucumber (*Cucumis sativus* L.). *The Pharma Innovation Journal*. 10(10): 551-556.
- Nazar, R.; S. Umar; N. A. Khan and O. Sareer (2015). Salicylic acid supplementation improves photosynthesis and growth in mustard through changes in proline accumulation and ethylene formation under drought stress. *South Afr. J. Bot.* 98: 84-94.
- Nikzad, S.; S. A. M. M. Maibody; M. H. Ehtemam; P. Golkar and S. A. Mohammadi (2023). Response of seed yield and biochemical traits of *Eruca sativa* Mill. to drought stress in a collection study. *scientific reports*. 13: 1-15. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38028-6>.
- Peech, M.; L. T. Alexander; L. A. Dean and J. F. Reed (1947). Methods of soil analysis for soil fertility investigations. U.S. Dept. Agr. C.757. P.25.
- Per, T. S.; F. Mehar; M. Asgher; S. Javied and N. A. Khan (2017). Salicylic Acid and Nutrients Interplay in Abiotic Stress Tolerance. In Nazar, R.; Noushina Iqbal; Nafees A. Khan. *Salicylic Acid: A Multifaceted Hormone*. (Pp: 221-237). Doi: 10.1007/978-981-10-6068-7_11.
- Prabha, D. and Y. K. Negi (2014). Seed Treatment with Salicylic Acid Enhance Drought Tolerance in Capsicum. *World Journal of Agricultural Research*. 2(2): 42-46. Science and Education Publishing. doi:10.12691/wjar-2-2-2.
- Prabha, D. and Y. k. Negi (2014). Seed Treatment with Salicylic Acid Enhance Drought Tolerance in Capsicum. *World Journal of Agricultural Research*, 2(2): 42-46. DOI:10.12691/wjar-2-2-2.
- Prathyusha, I. V. S. N. and K. V. Chaitanya (2019). Effect of water stress on the physiological and biochemical responses of two different *Coleus (Plectranthus)* species. *Biologia Futura*. 70: 312–322. doi: 10.1556/019.70.2019.35.
- Reuter, D. J. and J. B. robinson (1997). Plant analysis: an interpretation manual (2nd edition). CSIRO publ., Australia.
- Sharma, S.; R. K. Bhardwaj; S. Chatterjee and H. Sharma (2018). Correlation and path analysis studies for yield and its attributes in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *International Journal of Chemical Studies*. 6(2): 2045-2048.

- Soni, P.; R. Nair; S. Jain and R. Sahu (2021). Salicylic acid induced drought tolerance and yield stability under water deficit stress condition in pea (*Pisum sativum* L. var. *Kashi Nandni*). The Pharma Innovation Journal. 10(10): 701-705.
- Sutcliffe, J. (1968). Plants and water. Studies in biology, London. Edward Arnold. pp:1-81.
- Tendon, H. L. S. (2005). Methods of analysis of soils, plants, waters, fertilizers and organic manures. New Delhi: India. Fertiliser Development and Consultation Organization.
- Turner, N. C. (1981). Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. Plant and Soil. 58(1): 339-366. doi:10.1007/BF02180062.
- Wang, Y. Y.; Y. Wang; G. Z. Li and L. Hao (2019). Salicylic acid-altering Arabidopsis plant response to cadmium exposure: underlying mechanisms affecting antioxidation and photosynthesis-related processes. Ecotoxicol. Environ. Saf. 169: 645-653.
- Wojtyla, Ł.; K. Lechowska; S. Kubala and M. Garnczarska (2016). Molecular processes induced in primed seeds-increasing the potential to stabilize crop yields under drought conditions. Journal of Plant Physiology. 203: 116-126. Elsevier GmbH. doi: 10.1016/j.jplph.2016.04.008.
- Zhang, M. Y.; Z. Q. Yang and M. Y. Hou (2017). Effects of soil water stress on photosynthetic characteristics and antioxidant enzyme system of cucumber leaves in greenhouse. Chin. J. Agrometeorol., 38: 21-30.
- Zhang, Y. B.; S. L. Yang; J. M. Dao; J. Deng; A. N. Shahzad; X. Fan; R. D. Li; Y. J. Quan; S. A. H. Bukhari and Z. H. Zeng (2020). Drought-induced alterations in photosynthetic, ultrastructural and biochemical traits of contrasting sugarcane genotypes. PLoS ONE, 15: e0235845. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235845>.

Correlation and principal component analyses of some morphological, physiological and productivity indicators of cucumber plants treated with salicylic acid under different levels of irrigation.

Kawthar Abou Assali ^{*(1)}, Roula Bayerli ⁽²⁾ and Bassam Al Atalah ⁽¹⁾

(1). Sewida Research Center, General Commission for Scientific Agricultural Research (GCSAR), Damascus, Syria.

(2). Horticulture Department, Faculty of Agricultural Engineering, Damascus University. Damascus, Syria.

(*Corresponding author: Kawthar Abou Assali. E-Mail: kawtharaboassaly@gmail.com).

Received: 10/01/2024

Accepted: 27/03/2024

Abstract

The research was carried out at Urah Research Station, Sewida Agricultural Scientific Research Center, General Commission for Scientific Agricultural Research in Syria for the 2021 agricultural season, using the split plot design with three replicates. Pre-treated Cucumber seeds with salicylic acid (0, 1, 50, 150 mg/l) were planted, then exposed to different irrigation levels (60, 80, 100% of field capacity). Simple correlation and principal component analyses of the resulting data were studied, in order to determine the relationship between productivity indicators and some morphological and physiological indicators under the irrigation levels presented to determine the most important indicators associated with yield. In addition to determine the best concentration of salicylic acid for each of these indicators and productivity. The correlation analysis results showed a significant positive correlation between productivity indicators and all morphological indicators, besides each of relative water content (0.985) and nitrogen concentration indicators (0.965) under 100% field capacity. In addition to a positive correlation of productivity with both the number and weight of fruits indicators. The significant positive correlation between productivity and other morphological and productivity indicators continued under the two levels of water stress applied. As it was observed that the number of leaves, fruits, and weight of the fruits were completely and positively correlated with productivity under 80% field capacity. While the length of stem, number and weight of fruits correlated with productivity under 60% field capacity. Results also indicated that there was a significant positive correlation between productivity and some physiological indicators (proline, soluble sugars, chlorophyll a, chlorophyll b, nitrogen and potassium concentrations) under the moderate stress influence (80% of field capacity), and a significant positive correlation between productivity and proline (0.995) under irrigation level 60% of field capacity. Results of principal component analysis showed that the first and second components expressed the largest proportion of the total variance under all field capacities, and most of the studied indicators were positively correlated with productivity (a sharp angle between the productivity axis and most indicators axes), and in the same direction under all irrigation levels.

Treatment with 50 mg/L concentration of SA was located in the same direction, within the positive quadrant, Therefore, 50 mg/L treatment was the best concentration considering all mentioned indicators.

Keywords: Cucumber, productivity, correlation coefficient, principal component.