

تقييم استجابة عدة أصناف من الكينوا (*Chenopodium quinoa Willd.*) للإجهاد المائي تحت الظروف المخبرية والحقلية

فادي عباس* (1) وثامر الحنيش (2) وانتصار الجبوي (3) ومنال عثمان (2)

(1) مركز بحوث حمص، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية.

(2) إدارة بحوث المحاصيل، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية.

(3) مديرية الإرشاد الزراعي، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، سورية.

(*المراسلة: فادي عباس، البريد الإلكتروني: fadiab77@gmail.com)

الملخص

نفذت تجربة مخبرية وأخرى حقلية في مركز بحوث حمص، خلال الأعوام 2019، 2020، 2021، حيث استخدم في التجربة المخبرية مركب بولي إيتيلين غليكول (PEG₆₀₀₀) لإحداث عدة جهود حلولية (0، -2، -4، -6، -8، -10 بار) في وسط إنبات خمسة أصناف من الكينوا، وفي التجربة الحقلية تم تعريض الأصناف للإجهاد المائي بعدم ريه خلال كامل موسم نموه، بالإضافة إلى شاهد تم ريه طيلة موسم النمو حسب الحاجة. هدفت هذه التجارب إلى غربلة أصناف الكينوا مخبرياً بالاعتماد على مؤشرات تحمل الجفاف النسبي، وتقييم استجابة بعض مؤشرات النمو والغلة للجفاف حقلياً. صممت التجربة المخبرية وفق التصميم التام العشوائية بستة مكررات واستخدم تصميم القطاعات الكاملة العشوائية في التجربة الحقلية بثلاثة مكررات. أظهرت نتائج التجربة المخبرية وجود تباين بين الأصناف المدروسة، في استجابتها لتغيرات الإجهاد الحلولي، فقد حقق الصنفان NSL106398 و Giza1 أعلى المعدلات في نسبة الإنبات وسرعته بفروق معنوية واضحة عن باقي الأصناف، وأمكن من خلال دراسة مؤشري تحمل الجفاف النسبي RDTI1 و RDTI2 تحديد الاختلافات بين الأصناف، واعتبار الصنفين السابقين متحملين للإجهاد الحلولي في مرحلة الإنبات حيث حققا أعلى القيم بفروق معنوية عن الأصناف الثلاثة (Titicaca و Q26 و Red Carina) التي اعتبرت حساسة. في التجربة الحقلية تراجع الزمن اللازم للنضج الفيزيولوجي لدى جميع الأصناف، كما لوحظ تأثير الإجهاد المائي في تراجع ارتفاع النبات وحقق الصنفان NSL106398 و Giza1 أقل المعدلات في هذا التراجع (7.69، 7.08%) على التوالي، بفروق معنوية عن الأصناف الأخرى التي تراجع ارتفاعها بين (17.70-22.82%). كذلك حقق هذان الصنفان أقل المعدلات في تراجع الغلة الحبية (16.19، 14.75%) على التوالي بفروق معنوية عن الأصناف (Titicaca و Red Carina و Q26) التي بلغت معدلات التراجع في غلتها الحبية (35.28، 39.34، 46.18%) على التوالي.

الكلمات المفتاحية: الإجهاد المائي، PEG₆₀₀₀، مؤشر تحمل الجفاف النسبي، الغلة الحبية، الكينوا.

المقدمة:

يعد الكينوا (*Chenopodium quinoa Willd.*) من المحاصيل التابعة للفصيلة الرمامية (السرمةقية) *Chenopodiaceae*، ويزرع تجارياً على نطاق واسع من العالم منذ عدد كبير من السنوات (Stikic et al., 2015).

الكينوا نبات متوطن في جميع بلدان جبال الأنديز، من كولومبيا إلى شمالي الأرجنتين وجنوبي شيلي، وقد بدأ الاهتمام بالكينوا بشكل كبير في الثمانينيات، وقد احتلت الأمم المتحدة بالكينوا وخصصت عام 2013 كعام دولي للكينوا والإعلان عن أنه يمكن أن تصبح حليفاً رئيسياً في الحرب على الجوع في العالم. وتفيد قاعدة البيانات الإحصائية الخاصة بمنظمة الفاو (FAOSTAT) أن المساحة المزروعة والانتاج الإجمالي من الكينوا في البلدان المنتجة الرئيسية (بوليفيا والبيرو والإكوادور) خلال الفترة 1992-2010 قد زادت إلى الضعفين وإلى ثلاثة أضعاف على التوالي، وكانت المساحات المحصودة في كل من بوليفيا، الإكوادور والبيرو 118913، 2214، 64223 هكتار على التوالي، أما الإنتاج الكلي فكان بالترتيب : 65548، 3903، 79269 طن (FAO, 2016). عموماً فإن زراعة الكينوا حالياً أنتشرت بشكل واسع، حيث باتت تزرع الآن في ما يزيد على 70 بلداً، فقد وصلت إلى فرنسا وإنجلترا والسويد والدنمارك وهولندا وإيطاليا والولايات المتحدة وكندا، كما تم تسجيل غلة بذرية عالية في كينيا (4 طن. ه⁻¹)، وفي عام 2012 تم تسجيل نحو 800.000 هكتار مزروعة بالكينوا، معظمها في منطقة جبال الأنديز (FAO, 2013). ويعود الفضل في زيادة إنتاج الكينوا مؤخراً إلى حملات الاعلانات والتسويق العالمية والتي تضمنت إعلان الأمم المتحدة للعام 2013 عاماً للكينوا. وقد شهد الطلب على الكينوا انتشاراً واسعاً تجاوز أمريكا الجنوبية. وفي حين تبقى البيرو وبوليفيا المنتجين الأساسيين للكينوا، تهافت العديد من الشركات والمزارع حول العالم على الدخول في ميدان إنتاجه حيث وصل الإنتاج العالمي للكينوا إلى 228870 طن في العام 2015 بعد أن كان 74353 طن في العام 2009 (FAO, 2016).

الكينوا هو محصول متعدد الأغراض، يزرع أساساً لخلوه من الغلوتين وللحصول على بذوره ذات القيمة الغذائية المرتفعة والغنية بالبروتين والعناصر الأساسية. وترجع القيمة الغذائية العالية للكينوا إلى احتوائها على نسب عالية من البروتينات والأحماض الدهنية الأساسية إضافة لعدد كبير من العناصر المعدنية والفيتامينات، حيث أظهرت التحاليل أن بذور الكينوا كانت ذات محتوى أعلى من معظم الأحماض الأمينية الأساسية، وخاصة الليسين، من دقيق القمح (Stikic et al., 2012). كما تحتوي بذور الكينوا أيضاً على مركبات البولي فينولات والفلافونيدات الضرورية لصحة الإنسان (Repo-Carrasco-Valencia et al., 2010) كما تعد بذور الكينوا من المواد الخام التي يمكن استخلاص الزيت منها، وتتراوح نسبة الزيت في بذور الكينوا بين 8.5 – 9 % ويستخدم في الغذاء الآدمي، وهذا الزيت غني بحمض اللينوليك (أوميغا 6) وهو مماثل لزيت الذرة بتركيبه من الأحماض الدهنية، ويفوقه في قدرته على البقاء دون ترنخ فترة أطول كما لا توجد به النسبة المتعكسة بين كمية المحصول ونسبة الزيت كما في الحبوب الزيتية الأخرى. فضلاً عن ذلك تحتوي بذور الكينوا على نسبة كبيرة من الألياف الغذائية ذات التأثير الإيجابي على الصحة كتخفيض مستوى الكوليسترول وتحسين الهضم (Repo-Carrasco et al., 2003). ويؤمن الخبراء بأن إدخال حبوب الكينوا إلى الزراعة وإضافتها إلى قائمة الحبوب المحلية المغذية من شأنه أن يحد من سوء التغذية، فهو ذو أهمية خاصة عند الأشخاص الذين يعانون من الاضطرابات الهضمية (حساسية الغلوتين) كبديل لمحاصيل الحبوب الحاوية على الغلوتين. أما أوراق الكينوا فهي ذات طعم جيد وتستخدم كغذاء خضر ورقي مثل السبانخ مع ملاحظة أنه يتفوق على السبانخ من حيث محتوى الكربوهيدرات والبروتين والأملاح المعدنية، وتشير الدراسات إلى وجود تأثير طبي مفيد لبعض الأمراض (أمراض المعدة والحمى) ولكنها تحتاج لدراسة طبية مستفيضة. كما أن محتوى البذور من الصابونين له العديد من احتمالات الاستخدام سواء كمبيد حشري وفطري أو في التطبيقات الصيدلانية (Jacobsen, 2003).

يشهد الطلب على الكينوا ارتفاعاً كبيراً ومنتزاعاً وخاصة في قطاع الأغذية الصحية، ولكن المعروض منه حالياً لا يستطيع تلبية كل هذه الطلبات، وإضافة إلى استخدامه للاستهلاك البشري، فإن حبوب الكينوا لها استخدامات أخرى كغذاء للماشية والدواجن. كما يُستخدم النبات بأكمله كعلف أخضر في حين تُستخدم بقايا الحصاد كعلف للحوانات.

زاد الاهتمام بنبات الكينوا في الفترة الأخيرة على مستوى العالم بصفته أحد المحاصيل الزراعية الصناعية المتعددة الاستخدامات حيث يمكن زراعته في ظروف قاسية للغاية من التربة والمناخ. يعد الكينوا أحد النباتات الملحية الاختيارية حيث يمتاز بقدرات تحمل هائلة نظراً لقدرته على التكيف مع مستويات الملوحة التي تصل إلى ملوحة مياه البحر. ويمكن زراعة هذا النبات في التربة الفقيرة

بما في ذلك التربة الرملية تماماً وفي البيئات التي لا يزيد معدل الهطول السنوي فيها عن 200 ملم. كلك أثبتت العديد من الدراسات التي أجريت حول العالم إمكانية زراعة الكينوا كمحصول بديل في المناطق التي تعاني من الجفاف وارتفاع درجة الحرارة والظروف الملحية (Choukra-Allah et al., 2016).

هناك عدد من الميزات التي يتصف بها نبات الكينوا تجعله صالحاً للزراعة في المناطق السورية التي تعاني من الجفاف وارتفاع درجة الحرارة والظروف الملحية والتربة الفقيرة، حيث يمتلك قدرة طبيعية هائلة تجعله يتغلب على مشاكل نقص المياه بسبب متطلباته المائية المنخفضة، وقابليته السريعة لاستعادة مستوى التمثيل الضوئي السابق والمساحة الورقية النسبية بعد تعرضه لفترة من الإجهاد، مما يجعله صالحاً للزراعة في المناطق شبه الجافة. كما يتميز الكينوا بمجموعه الجذري العميق والمتفرع والذي يصل إلى 1.5 م في التربة الرملية، و بوجود الأوعية الورقية الحاوية على أوكزالات الكالسيوم التي تخفف من معدل تنفس الأوراق وبالتالي تخفيف النتح. كما أنه في بعض ظروف الإجهاد الشديدة فإن الكينوا يتخلص من هذه الظروف بتقصير دورة حياته والتبكير بالنضج وهي صفة هامة خاصة في المناطق التي تمتد فيها فترة الجفاف حتى نهاية موسم نمو النبات (Bhargava et al., 2006).

إن الدراسات حول قدرة نبات الكينوا على البقاء حياً ومنتجاً تحت ظروف الإجهاد قليلة ونتائجها ليست نهائية. وبسبب تعرض سورية في الأعوام الأخيرة لموجات حادة من الجفاف أدت إلى العديد من المشاكل الزراعية تمثلت بتراجع إنتاج الحبوب في سورية، ومنع زراعة بعض المحاصيل في بعض المناطق، وتضرر بعض المحاصيل العلفية الضرورية لتغذية الماشية مما تسبب في ارتفاع أسعار الغذاء المحلي (عباس، 2009). كان لزاماً علينا البحث عن محاصيل جديدة ودراسة تأقلم أصنافها المدخلة مع الظروف البيئية السائدة وإمكانية غرلة بعض الطرز المتحملة للإجهاد واعتمادها. وفي سورية مازالت الدراسات حول محصول الكينوا في الطور التجريبي حيث بدأت الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية في الفترة الأخيرة بالاهتمام بهذا المحصول والنتائج الأولية مبشرة ومشجعة.

في الظروف السورية وجد أنه يمكن اتباع الري الناقص (60% من الاستهلاك المائي) وتوفير 31.5% من الاستهلاك المائي 100% دون أن يؤثر ذلك في إنتاجية محصول الكينوا الحبية والبيولوجية (Al-Jbawi et al., 2018).

إذاً في ظل ظروف قلة الموارد المائية المتاحة للزراعة في سورية والكميات التي يتم استيرادها من القمح حالياً لسد الفجوة الغذائية فإن الاهتمام بزراعة الكينوا يمثل أحد الحلول المناسبة، حيث تقدم الكينوا رديفاً ملائماً لتوفير الأمن الغذائي وللتغلب على العديد من المشاكل التي تواجه البلد ريثما يتم التعافي من الأزمة الحالية وعودة الاكتفاء الذاتي من محصول القمح، والمساهمة في تقليل فاتورة استيراد الحبوب واستغلال الأراضي الهامشية وزيادة المساحة المزروعة.

بالنظر إلى الإمكانيات المحدودة في مجال التنمية الإيجابية للموارد المائية في سورية، فإن الانتقال إلى التنمية السلبية يصبح ضرورة ملحة. فترشيد استعمالات المياه، وخصوصاً الانتقال من طرق الري التقليدية إلى الطرق الحديثة، ومن شبكات نقل المياه المكشوفة إلى الشبكات المغطاة، والأهم من ذلك البحث في إمكانية تغيير التركيبة المحصولية بالعلاقة مع المياه، عن طريق إدخال أنواع جديدة متكيفة مع الجفاف واستنباط أصناف نباتية جديدة موفرة للمياه، أو تستطيع النمو في المياه المالحة، يمكن أن توفر كميات هامة من المياه مع المحافظة على إنتاج جيد.

نستنتج مما سبق أن محصول الكينوا عالي القيمة الغذائية، ويتميز بقلة الاحتياجات المائية، ويتحمل ملوحة الأرض، وقلة الاحتياج للسماد، لذلك يعتبر محصولاً واعداً في الأراضي الهامشية، التي لا تمكن زراعتها بالمحاصيل التقليدية. فيمكن أن يدخل كشريك للقمح في إنتاج الخبز، حيث تعتمد عليها العديد من الدول كمصدر للغذاء، ونحن هنا في سورية ما زلنا نخطو الخطوات الأولى في زراعة هذا النبات، فنحن بحاجة إلى بذل المزيد من الدراسات التي تساعدنا على فهم طبيعة البيئة التي يتكيف فيها هذا النبات ومدى ملاءمته للزراعة لما له من فوائد اقتصادية وغذائية كبيرة.

بناءً على ما سبق يهدف هذا البحث إلى غربلة خمسة أصناف مدخلة من الكينوا للإجهاد الجفافي من خلال دراسة تأثير الإجهاد الحلوي المصطنع مخبرياً بمركب البولي ايتيلين غليكول في مؤشرات الإنبات، ودراسة ملائمة محصول الكينوا للزراعة بعلاً في ظروف منطقة الاستقرار الأولى في محافظة حمص من خلال تقييم أداء هذه الأصناف حقلياً تحت ظروف الري والإجهاد المائي.

مواد البحث وطرقه:

نفذ البحث في الأعوام 2019، 2020، 2021 في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، مركز بحوث حمص، حيث استخدم خمسة أصناف من الكينوا، الجدول (1).

الجدول (1). أصناف الكينوا ومصدرها

م	الصنف	المصدر
1	Giza1	معهد تحسين المحاصيل بإيران
2	Titicaca	
3	Red Carina	
4	Q26	
5	NSL-106398	المركز الدولي للزراعة الملحية

تضمن هذا البحث تنفيذ تجربة مخبرية وأخرى حقلية كالتالي:

أولاً: غربلة خمسة أصناف من الكينوا لتحمل الإجهاد الحلوي المستحدث خلال مرحلة الإنبات: حيث عقت كمية كافية من بذار الأصناف سطحياً باستخدام محلول كلوريد الزئبق $HgCl_2$ بتركيز 0.1% لمدة دقيقة واحدة، ثم غسلت البذور بعد ذلك بالماء المقطر عدة مرات، وزرعت في أطباق بتري فوق أوراق ترشيح Whatman paper، بمعدل 30 بذرة في الطبق، وبسنة مكررات. استعمل المركب بولي ايتيلين غليكول (PEG-6000) لإحداث عدة جهود حلوية Osmotic potential في وسط النمو (0، -2، -4، -6، -8، -10 بار)، ورطبت أوراق الترشيح بهذه المحاليل بمعدل 8 ميليلتر لكل طبق، بالإضافة إلى أطباق احتوت على ماء مقطر فقط، اعتبرت كشاهد، وتم تغطية الأطباق منعاً لفقد الماء بالتبخّر، وتم تحضين الأطباق على درجة حرارة 23 ± 2 م. واعتبرت البذرة نابتة عند اختراق الجذير لغللاف البذرة بمقدار 2 ملم (Mokhberdoran et al., 2009). وأخذت القراءات التالية:

1. النسبة المئوية للإنبات: بتعداد البذور النابتة إنباتاً طبيعياً بعد 2، 3، 4، 5 يوماً .

2. سرعة الإنبات: تم تحديدها باستخدام مؤشر النشاط Vigor index (Pezzani and Montana, 2006).

حيث: $VI = \sum(NX / DX)$
 NX: عدد البذور المنبئة حتى اليوم X، DX: عدد الأيام من بداية اختبار الإنبات وحتى اليوم X.

3. نسبة الإنبات المسترد من الإجهاد: تم غسل البذور غير المنبئة في جميع المستويات الحلوية المدروسة بعد انتهاء مدة الاختبار باليوم، ثم نقلت للإنبات في أطباق احتوت على ماء مقطر فقط وأعيدت للحاضنة. وبعد خمسة أيام تم عد البذور المنبئة وذلك لحساب النسبة المئوية للإنبات المسترد.

ثانياً: تقييم استجابة أصناف الكينوا للإجهاد الجفافي حقلياً: زرعت الأصناف الخمسة في تجربتين منفصلتين باستخدام تصميم القطاعات الكاملة العشوائية ويقطع تجريبية مساحتها 6 م² (المسافة بين الخطوط 50 سم، و20 سم ما بين النباتات على نفس الخط) وبثلاثة مكررات بتاريخ 2019/2/19 في الموسم الأول، و2020/2/16 في الموسم الثاني، و2021/2/14 في الموسم الثالث. في التجربة الشاهد تم ري النبات طيلة موسم النمو حسب حاجته، وفي تجربة الإجهاد تم الاعتماد على مياه الأمطار فقط، ويبين الجدول (2) المعطيات المناخية لموقع الزراعة خلال فترة الدراسة.

الجدول (2) المعطيات المناخية السائدة خلال مواسم الزراعة

العام	الشهر	متوسط درجة الحرارة العظمى م°	متوسط درجة الحرارة الصغرى م°	كمية الهطول المطري (مم)	الرطوبة النسبية العظمى %	الرطوبة النسبية الدنيا %
2019	شباط	13.67	5.26	121.7	95.14	62.07
	آذار	16.52	7.82	51.5	91.42	56.00
	نيسان	19.68	9.38	27.5	91.33	53.13
	أيار	30.51	15.94	0	77.48	29.03
	حزيران	32.32	20.67	0	74.67	35.00
	تموز	32.62	21.97	0	81.77	33.84
2020	شباط	12.34	4.66	69.7	93.41	60.93
	آذار	18.10	8.52	59.2	93.19	54.90
	نيسان	21.31	11.14	47.3	89.87	48.10
	أيار	27.29	14.64	3.1	81.87	36.48
	حزيران	30.01	18.07	0	82.67	33.57
	تموز	34.40	22.20	0	85.68	34.90
2021	شباط	16.08	4.81	24.2	94.32	51.29
	آذار	16.78	6.80	32.9	90.32	49.23
	نيسان	23.62	10.35	53.6	87.53	45.77
	أيار	30.10	16.38	0	83.94	32.13
	حزيران	30.24	18.36	0	86.03	36.30
	تموز	33.63	22.27	0	81.13	36.21

تم الحصاد بعد 120-150 يوماً من الزراعة وذلك لاختلاف الأصناف في موعد نضجها. وفي كلتا التجريبتين تم تسجيل المؤشرات التالية: ارتفاع النبات (سم)، وعدد الأيام حتى النضج الفيزيولوجي، وعدد العتاكيل على النبات، والغلة الحبية (كغ/هـ).

التحليل الإحصائي:

حللت النتائج بعد تبويبها ببرنامج Excel باستخدام البرنامج الحاسوبي GeneStat v12 واستخدم اختبار أقل فرق معنوي LSD للمقارنة بين المتوسطات عند مستوى معنوية 0.01 للتجربة المخبرية و 0.05 للتجربة الحقلية.

النتائج والمناقشة

أولاً: نتائج التجربة المخبرية:

1. تأثير الجهد الحلولي لوسط النمو في نسبة إنبات أصناف الكينوا المدروسة:

أثر الجهد الحلولي المنخفض لوسط الإنبات سلباً في نسبة إنبات بذور الكينوا، فقد تدنت هذه النسبة بصورة معنوية ($P \geq 0.05$)، لدى جميع الأصناف المختبرة، حيث بلغت نسبة الإنبات بالمتوسط لجميع الأصناف في الشاهد 74.50%، وانخفضت عند الجهود الحلولية (-2، -4، -6، -8، -10 بار) على التوالي بالقيم (72.56، 66.56، 63.11، 34.83، 8.67%) على التوالي، كما تباينت استجابة الأصناف وفقاً لمستوى الإجهاد الحلولي، فقد تفوق الصنفان NSL106398 و Ciza بفروق معنوية، في نسبة الإنبات بحدود 60.14، 58.59% على التوالي مقارنةً بالأصناف الأخرى التي كانت الفروق بينها ظاهرية، (الجدول 3). يلاحظ من الجدول (4) أن انخفاض الجهد الحلولي لوسط النمو قد أدى إلى تراجع ملحوظ في معدلات الإنبات، حيث بلغت نسبة الإنبات بعد يومين من التحضين 28.67% في الشاهد وتراجعت مع تراجع الجهد الحلولي لتصل إلى 9.78% عند الجهد -8 بار ولم تثبت أي بذرة عند الجهد -10 بار. وبعد خمسة أيام بلغت نسبة الإنبات عند الجهود 0، -2، -4 بار 100% ووصلت إلى ما بعد التحضين.

الجدول (3). تأثير الجهد الحلولي لوسط النمو في نسبة الإنبات (%) لأصناف الكينوا

متوسط (B)	الصنف (A)					الجهد الحلولي بار (B)
	Red Carina	Giza1	Q26	Titicaca	NSL- 106398	
74.50a	70.83	76.94	72.78	73.33	78.61	0
72.56b	70.28	73.61	71.39	72.22	75.28	-2
66.56c	65.28	68.06	64.17	66.39	68.89	-4
63.11d	63.06	63.06	62.50	62.78	64.17	-6
34.83e	18.89	55.83	20.28	20.00	59.17	-8
8.67f	4.17	15.83	4.17	4.44	14.72	-10
	48.75b	58.89a	49.21b	49.86b	60.14a	متوسط (A)
A = 1.238 B = 0.522 A*B = 1.168 CV = 5.4%						LSD _{0.01}
A = <.001** B = <.001** AB = <.001**						P

الجدول (4) تأثير الجهد الحلولي لوسط النمو في نسبة الإنبات بعد 2، 3، 4، 5 أيام من التحضين.

المتوسط	عدد الأيام بعد التحضين (A)				الجهد الحلولي بار (B)
	5	4	3	2	
74.50a	100.00	98.44	70.89	28.67	0
72.56b	100.00	97.11	65.56	27.56	-2
66.56c	100.00	88.44	57.11	20.67	-4
63.11d	98.44	83.11	51.56	19.33	-6
34.83e	58.67	44.44	26.44	9.78	-8
8.67f	21.55	10.67	2.44	0.00	-10
-	79.78a	70.37b	45.67c	17.67d	متوسط (A)
A = 1.107 B = 0.522 AB = 1.044 CV = 5.4%					LSD _{0.01}
A = <.001** B = <.001** AB = <.001**					P

2. تأثير الجهد الحلولي لوسط النمو في سرعة إنبات أصناف الكينوا المدروسة:

تأثرت سرعة إنبات الكينوا بشكل سلبي مع انخفاض الجهد الحلولي لوسط النمو، فقد تراجمت بشكل معنوي ($P \geq 0.05$) مع تراجع الجهد الحلولي، حيث كانت عند الشاهد 24.77، ثم انخفضت بصورة طردية بمعدلات 23.79، 21.45، 20.20، 10.96، 2.34، عند الجهود الحلولية (-2، -4، -6، -8، -10 بار) على التوالي، جدول (5). عند المقارنة بين الأصناف لوحظ تفوق الصنفين NSL106398 و Ciza في سرعة الإنبات في جميع مستويات الجهود الحلولية للوسط بحدود (19.67، 19.14) مقارنةً بالأصناف الأخرى وأبدى الصنفان Q26 و Red Carina أقل المعدلات في سرعة الإنبات بحدود (15.83، 15.58) على التوالي.

الجدول (5). تأثير الجهد الحلولي المحدث بالبولي إيثيلين غليكو في سرعة إنبات أصناف الكينوا المدروسة

متوسط (B)	الصنف (A)					الجهد الحلولي بار (B)
	Red Carina	Giza1	Q26	Titicaca	NSL- 106398	
24.77a	23.17	25.89	23.92	24.17	26.72	0
23.79b	22.83	24.56	23.36	23.81	25.31	-2
21.45c	20.81	22.08	20.36	21.45	22.53	-4
20.20d	20.03	20.30	20.07	20.24	20.33	-6
10.96e	5.56	17.71	6.17	6.24	19.14	-8
2.34f	1.11	4.32	1.11	1.18	3.96	-10
	15.58c	19.14a	15.83bc	16.18b	19.67a	متوسط (A)
A = 0.521 B = 0.570 AB = 1.275 CV = 3.4%						LSD _{0.01}
A = <.001** B = <.001** AB = <.001**						P

3. تأثير الجهد الحلولي لوسط النمو في نسبة الإنبات المسترد من الإجهاد لأصناف الكينوا المدروسة:

يلاحظ من الجدول (6) عدم وجود فروق معنوية في نسبة الإنبات المسترد من الإجهاد (استعادة النمو) مع انخفاض الجهد الحلولي للمحلول الذي وضعت فيه بذور الأصناف المختبرة بالأصل قبل غسلها ونقلها إلى الماء المقطر، كذلك كانت الفروق بين الأصناف في مقدرتها على استعادة النمو ظاهرة، مما يدل على أن معاملة بذور الكينوا لمدة 5 أيام بالمستويات المنخفضة من البولي إيثيلين غليكول لم تؤثر سلباً على جنين وحيوية البذور، حيث أن مركب PEG ذو الوزن الجزيئي العالي (6000) لا يمكنه دخول ثقب الخلايا النباتية بدرجة كبيرة، وليس له أية آثار سمية واضحة على الخلايا.

4. تقييم استجابة أصناف الكينوا للجهد الحلولي خلال مرحلة الإنبات:

تظهر نتائج تحليل مؤشر تحمل الجفاف الأول (RDTI1) وجود فروق معنوية ($P \geq 0.01$) بين مستويات الجهد الحلولي لجميع الأصناف، حيث انخفضت قيم هذا المؤشر مع زيادة الجهد من -2، -4، -6، -8، -10 بار على الترتيب كما يلي: 1.00، 0.98، 0.59، 0.22. كما تم الحصول على فروق معنوية بين الأصناف تحت مختلف مستويات الجهد الحلولي، وامتلك الصنفان NSL106398 و Ciza أعلى القيم للمؤشر المدروس (0.86، 0.85) مقارنةً ببقية الأصناف، تلاها الأصناف، أما أقل الأصناف بالنسبة لهذا المؤشر فكانت Titicaca (0.96)، الجدول (7). كذلك تظهر نتائج تحليل مؤشر تحمل الجفاف الثاني RDTI2 (الجدول، 8)، وجود فروق معنوية بين مستويات الجهد الحلولي لجميع الأصناف، حيث انخفضت قيم هذا المؤشر مع زيادة الجهد من -2، -4، -6، -8، -10 بار على التوالي كما يلي: 0.97، 0.87، 0.82، 0.43، 0.09. كما تم الحصول على فروق معنوية بين الأصناف تحت مختلف مستويات الجهد الحلولي، وامتلك الصنفان NSL106398 و Ciza أعلى القيم للمؤشر المدروس (0.68، 0.69) مقارنةً ببقية الأصناف، أما أقل الأصناف بالنسبة لهذا المؤشر فكان Q26 (0.59).

الجدول (6). تأثير الجهد الحلولي لوسط النمو في نسبة الإنبات المسترد من الإجهاد (%).

متوسط (B)	الصنف (A)					الجهد الحلولي بار (B)
	Red Carina	Giza1	Q26	Titicaca	NSL-106398	
96.9	98.2	91.7	98.2	96.6	100.0	-8
95.3	95.0	94.8	97.5	92.5	96.7	-10
-	96.6	93.2	97.9	94.5	98.3	متوسط (A)
A=9.24 B=5.84 AB=13.07 CV=5.9%						LSD _{0.01}
A=0.480ns B=0.428ns AB=0.794ns						P

الجدول (7). معدل عدد البذور النابتة RDTI1 لطرز الكينوا تحت مستويات مختلفة من الجهد الحلولي

الترتيب	متوسط (B)	مستوى الجهد الحلولي (A)					الصنف (B)
		-1.0	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	
1	0.86a	0.36	0.92	1.00	1.00	1.00	NSL-106398
5	0.69b	0.12	0.36	0.97	1.00	1.00	Titicaca
3	0.70b	0.11	0.39	0.99	1.00	1.00	Q26
2	0.85a	0.38	0.90	0.97	1.00	1.00	Giza1
4	0.70b	0.11	0.37	1.00	1.00	1.00	Red Carina
-	-	0.22d	0.59c	0.98b	1.00a	1.00a	متوسط (A)
A=0.025 B=0.025 AB=0.057 CV=3.4%						LSD _{0.01}	
A=<.001** B=<.001** AB=<.001**						P	

الجدول (8). معدل سرعة الإنبات DTI2 لطرز الكينوا تحت مستويات مختلفة من الجهد الحلولي

الترتيب	متوسط (B)	مستوى الجهد الحلولي (A)					الصنف (B)
		-1.0	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	
2	0.68a	0.15	0.72	0.76	0.84	0.95	NSL- 106398
4	0.60b	0.05	0.26	0.84	0.89	0.99	Titicaca
5	0.59b	0.05	0.26	0.84	0.85	0.98	Q26
1	0.69a	0.17	0.68	0.78	0.85	0.95	Giza1
3	0.61b	0.05	0.24	0.87	0.90	0.99	Red Carina
-	-	0.09e	0.43d	0.82c	0.87b	0.97a	(A) متوسط
A=0.030 B=0.030 AB=0.69 CV=5.0%							LSD _{0.01}
A=<.001** B=<.001** AB=<.001**							P

إن دراسة مؤشري تحمل الجفاف السابقين تمكنا من تحديد الاختلافات بين الأصناف المدروسة، حيث يمتلكان ميزة المقارنة على أساس نسبي بين نسبة الإنبات وسرعته تحت الظروف المجهد والشاهدة، لاسيما أن هذين المؤشرين مرتبطين بقوة ($r=0.979^{**}$) وذلك من خلال تحليل الارتباط للجدولين (7 و 8)، مما يشير إلى إمكانية استخدامهما في تقدير التحمل للجفاف خلال مرحلة الإنبات.

أظهرت النتائج السابقة تراجع نسبة الإنبات وسرعته مع انخفاض الجهد الحلولي لوسط النمو، وحافظت الأصناف على قدرة عالية على استعادة النمو بعد زوال ظروف الإجهاد وذلك بسبب عدم تأثير مادة البولي ايتيلين غليكول على حيوية البذور. كما أظهر تحليل مؤشري الجفاف المدروسين اختلاف الأصناف المدروسة في تحملها للإجهاد خلال مرحلة الإنبات. وأمكنا تصنيفها تبعاً لتحملها للإجهاد الجفافي في مرحلة الإنبات على النحو الآتي:

1. الأصناف المتحملة للجفاف: وهي الأصناف التي أبدت أعلى نسبة وسرعة إنبات، وأعطت أعلى القيم في مؤشري تحمل الجفاف النسبي وهي: NSL106398 و Giza1 .
2. الأصناف الحساسة للجفاف: وهي الأصناف التي أبدت أقل نسبة، وسرعة إنبات، وأقل القيم في مؤشري تحمل الجفاف النسبي وهي: Red Carina و Titicaca و Q26.

ثانياً: نتائج التجربة الحقلية:

تباينت أصناف الكينوا في صفة ارتفاع النبات ضمن ظروف الشاهد المروي والإجهاد، وهي صفة وراثية خاصة بالصنف. في ظروف الشاهد بلغ ارتفاع الصنف Red Carina (189.0 سم) وتوق معنوياً على باقي الأصناف، تلاه الصنف Q26 (167.9 سم)، ثم الصنف Titicaca (155.0 سم) على التوالي، ثم الصنف NSL106398 (154.6 سم)، في حين كان الصنف Giza1 هو الأقصر (114.9 سم). ولوحظ تناقص ارتفاع النبات ضمن ظروف الإجهاد بمتوسط السنوات 2019-2021 بحدود 15.10%، وتباينت الأصناف في هذا التناقص، إذ سجل الصنفين NSL106398 و Giza1 أقل المعدلات في تراجع الارتفاع بحدود (7.69، 7.08 %) على التوالي، دون وجود فروق معنوية بينهما، في حين تراجع طول الأصناف الباقية بمعدلات تراوحت بين (17.70- 22.82 %)، (الجدول، 9).

تباينت الأصناف في صفة الباكورية، حيث تراوح عدد الأيام حتى النضج الفيزيولوجي في ظروف الشاهد المروي بين 116.9 يوم في الصنف Giza1 و 148.1 يوم في الصنف Red Carina (متوسط السنوات 2019-2021)، وفي ظروف الإجهاد تراجع عدد

الأيام حتى النضج الفيزيولوجي بالمتوسط لجميع الأصناف بنسبة 9.40%. وحقت الأصناف NSL106398 و Titicaca و Giza1 أقل معدلات التراجع وكانت الفروق بينها غير معنوية في تناقص عدد الأيام حتى النضج، (الجدول، 10). تراوح عدد العناكيل على النبات في ظروف الشاهد بين 7.8 في الصنفين Titicaca و Q26 و 8.7 الصنف Red Carina (دون وجود فروق معنوية بينه وبين الصنفين NSL106398 و Giza1)، وتراجع عددها في ظروف الإجهاد بالمتوسط لجميع الأصناف بمقدار 13.98%، إلا أن الفروق بين الأصناف في معدلات التراجع تحت ظروف الإجهاد مقارنةً بالشاهد المروي كانت غير معنوية (الجدول، 11).

بلغت الغلة الحبية لأصناف الكينوا في ظروف الشاهد المروي بالمتوسط 1913.0 كغ/هـ/تراجمت في الظروف المجهد إلى 1366.0 كغ/هـ وبلغت نسبة التراجع بالمتوسط 30.35%. وتشير النتائج إلى تباين الأصناف في غلتها الحبية في كل من ظروف الري (الشاهد) والإجهاد. حيث تفوق الصنفان NSL106398 و Giza1 تحت الظروف المجهد (1715.2، 1750 كغ/هـ) على التوالي، وحققت أقل المعدلات في تراجع الغلة الحبية في الظروف المجهد مقارنةً بالشاهد (16.19، 14.75%) على التوالي، وتفوقا معنوياً على باقي الأصناف، تلاهما الصنف Q26 (32.28%)، ثم الصنف Red Carina (39.34%)، وأخيراً الصنف Titicaca الذي أظهر أعلى المعدلات في تراجع الغلة الحبية (46.18%)، (الجدول، 12).

الجدول (9) ارتفاع النبات في تجربتي الزراعة المروية (الشاهد) والإجهاد المائي في مواسم الزراعة الثلاثة

الموسم	الصنف	NSL 106398	Titicaca	Q26	Giza1	Red Carina	المتوسط	LSD 0.05	P
2019	شاهد مروي	147.0	163.3	163.4	122.9	187.6	156.8	14.57	<.001**
	مجهد	134.8	130.5	131.4	114.1	150.1	132.2	11.45	<.001**
	التراجع %	8.20	20.02	19.56	7.14	19.81	14.95	7.21	0.003*
2020	شاهد مروي	157.0	151.7	171.7	109.3	191.7	156.3	5.72	<.001**
	مجهد	146.3	125.7	134.7	103.0	142.7	130.5	6.11	<.001**
	التراجع %	6.75	17.14	21.56	5.80	25.55	15.36	3.98	<.001**
2021	شاهد مروي	159.7	150.0	168.7	112.3	187.7	155.7	6.58	<.001**
	مجهد	146.7	126.0	135.7	103.0	144.3	131.1	7.80	<.001**
	التراجع %	8.13	15.95	19.55	8.31	23.11	15.01	2.05	<.001**
المتوسط	شاهد مروي	154.6c	155.0c	167.9b	114.9d	189.0a	156.3	5.62	<.001**
	مجهد	142.6a	127.4b	133.9b	106.7c	145.7a	131.3	6.51	<.001**
	التراجع %	7.69c	17.70b	20.22ab	7.08c	22.82a	15.10	3.82	<.001**

الجدول (10) عدد الأيام حتى النضج الفيزيولوجي في تجربتي الزراعة المروية (الشاهد) والإجهاد المائي في مواسم الزراعة الثلاثة

الموسم	الصنف	NSL 106398	Titicaca	Q26	Giza1	Red Carina	المتوسط	LSD 0.05	P
2019	شاهد مروي	124.3	122	145.7	117.3	146.7	131.2	2.35	<.001**
	مجهد	114.7	111.7	128.3	107.3	130.7	118.5	4.86	<.001**
	التراجع %	7.76	8.46	11.88	8.52	10.89	9.5	4.39	0.241 ns
2020	شاهد مروي	126.0	125.0	148.3	115.3	149.3	132.8	1.99	<.001**
	مجهد	116.5	115.3	130.5	106.5	131.3	120.0	2.14	<.001**
	التراجع %	7.50	7.73	12.00	7.67	12.06	9.39	1.31	<.001**

<.001**	2.25	132.4	148.3	118.0	148.0	123.0	124.7	شاهد مروى	2021
<.001**	2.30	119.9	131.3	108.3	131.7	113.0	115.0	مجهد	
0.003*	1.95	9.31	11.46	8.19	11.04	8.13	7.74	التراجع %	
<.001**	1.70	132.1	148.1a	116.9c	147.3a	123.3b	125.0b	شاهد مروى	المتوسط
<.001**	1.94	119.5	131.1a	107.4c	130.2a	113.3c	115.4b	مجهد	
<.001**	1.75	9.40	11.47a	8.13b	11.64a	8.11b	7.67b	التراجع %	

الجدول (11) عدد العناكيل على النبات في تجريبي الشاهد والإجهاد المائي في مواسم الزراعة الثلاثة

P	LSD 0.05	المتوسط	Red Carina	Giza1	Q26	Titicaca	NSL 106398	الصنف	الموسم
0.452 ns	0.94	8.1	8.3	8.3	8.0	8.0	8.3	شاهد مروى	2019
0.152 ns	0.94	7.1	7.0	7.3	6.7	6.7	7.7	مجهد	
0.769 ns	12.49	12.87	15.74	11.57	16.67	16.67	7.87	التراجع %	
0.066*	0.94	8.0	8.7	8.0	7.7	7.3	8.3	شاهد مروى	2020
0.014*	0.94	6.8	6.7	7.3	6.3	6.0	7.7	مجهد	
0.048*	11.08	14.89	23.15	8.33	17.26	17.86	7.87	التراجع %	
<.001**	0.47	8.5	9.0	8.3	8.0	8.0	9.0	شاهد مروى	2021
0.034*	0.94	7.3	7.3	7.7	6.7	6.7	8.0	مجهد	
0.256ns	11.28	14.17	18.52	7.87	16.67	16.67	11.11	التراجع %	
0.006*	0.51	8.2	8.7a	8.2ab	7.8b	7.8b	8.6a	شاهد مروى	المتوسط
0.002*	0.58	7.0	7.0bc	7.4ab	6.6cd	6.4d	7.8a	مجهد	
0.076ns	8.53	13.98	19.14	9.26	15.48	17.06	8.95	التراجع %	

الجدول (12) الغلة الحبية (كغ/هـ) في تجريبي الشاهد والإجهاد المائي في مواسم الزراعة الثلاثة

P	LSD 0.05	المتوسط	Red Carina	Giza1	Q26	Titicaca	NSL 106398	الصنف	الموسم
<.001**	250.9	1810.5	2027	1813b	1190.7	2109.3	1912.7	شاهد مروى	2019
<.001**	159.6	1180.1	1267	1463.7	583.7	1038.7	1547.3	مجهد	
<.001**	9.37	35.41	37.52	19.18	51.09	50.48	18.80	التراجع %	
0.024*	161.8	1915.9	1929.0	2053.3	1848.7	1772.3	1976.0	شاهد مروى	2020
<.001**	265.0	1459.0	1084.8	1894.1	1384.5	1132.5	1799.1	مجهد	
<.001**	8.95	27.67	36.81	12.45	29.28	45.64	14.17	التراجع %	
0.017*	182.6	2012.5	1942.0	2166.3	1861.0	1960.7	2132.7	شاهد مروى	2021
<.001**	265.0	1459.0	1084.8	1894.1	1384.5	1132.5	1799.1	مجهد	
<.001**	13.58	27.96	43.68	12.62	25.48	42.41	15.59	التراجع %	
<.001**	128.9	1913.0	1966.0a	2010.9a	1633.4b	1947.4a	2007.1a	شاهد مروى	المتوسط
<.001**	194.4	1366.0	1145.6b	1750.6a	1117.6b	1101.2b	1715.2a	مجهد	
<.001**	7.62	30.35	39.34ab	14.75c	35.28b	46.18a	16.19c	التراجع %	

المناقشة:

تتوافق النتائج التي توصلنا إليها مع العديد من الدراسات (Farzaneh *et al.*, 2008 ; Nayer and Heidari, 2008)، حيث أن الإجهاد الجفافي يؤدي إلى قلة كمية المياه الممتصة من قبل البذور، وإطالة الزمن اللازم لاكمال مرحلة التشرب water imbibition وبدء مرحلة الإنبات الفيزيولوجي، كما يتراجع فرق التدرج في الجهد المائي water potential gradient بين البذور ووسط الامتصاص فيتراجع معدل امتصاص الماء من قبل البذور، وذلك بسبب الدور السلبي الذي يلعبه وجود مادة البولي إيثيلين

غليكول والتي تؤدي إلى تخفيض الجهد الحلولي للوسط وقلة الماء المتاح للبذور لكي تنتشر بصورة طبيعية (Imanparast and Hassanpanah, 2009).

تعد سرعة الإنبات من المؤشرات التي تستخدم لتقييم تحمل الإجهاد، فالطرز التي تتميز بسرعة إنبات أعلى تتميز بقوة البادرة ويزداد احتمال نموها بشكل أفضل، وتكون سرعة الإنبات في الطرز المحتملة للإجهاد أعلى من سرعة الإنبات عند الطرز الحساسة (Misra et al., 2002; Farzaneh et al., 2008). وعموماً نستنتج أن الأصناف التي تحملت الجهود الحولية المنخفضة وكانت نسبة إنباتها أعلى فإنه بالضرورة تكون سرعة إنباتها أعلى، وهذا يشير إلى قوة الصنف ونشاطه حتى تحت تأثير مستوى إجهاد عالي بالمقارنة مع بقية الأصناف المختبرة.

تعد صفة القدرة على استعادة النمو من الصفات البيولوجية المرتبطة بتحمل الإجهاد، والمحافظة على الإنتاجية عند انقضاء العامل البيئي المحدد للنمو. وتعكس هذه الصفة كفاءة الطراز الوراثي في المحافظة على حياة الخلايا النباتية خلال فترة الإجهاد (للحام وآخرون، 2006). وفي هذا الصدد تشير النتائج السابقة إلى أن معاملة بذور الكينوا لمدة خمسة أيام بالمستويات المختلفة من البولي إيثيلين غليكول لم تؤثر سلباً على جنين وحيوية البذور، حيث أن مركب PEG ذو الوزن الجزيئي العالي (6000) لا يمكنه دخول ثقب الخلايا النباتية بدرجة كبيرة، وليس له أية آثار سمية واضحة على الخلايا. وتتفق النتائج التي توصلنا لها مع العديد من نتائج الدراسات السابقة، وفي محاصيل مختلفة (Ahmad وزملاؤه، 2009، kaya وزملاؤه، 2006).

تشير النتائج الحالية إلى تراجع ارتفاع الكينوا تحت ظروف الجفاف، وها يتفق مع نتائج (Sun et al., 2014) الذي توصل إلى فروق معنوية واضحة في صفة ارتفاع النبات تحت ظروف الجفاف، في حين وجد Stikie et al., (2015) أن ارتفاع النبات لم يتأثر بظروف الجفاف، ويمكن تفسير التباين في النتائج بسبب اختلاف الظروف البيئية وتباين شدة الإجهاد واختلاف الطرز الوراثية المستخدمة.

تباينت الأصناف المدروسة في صفة الباكورية، وهي صفة وراثية خاصة بالصنف، وفي ظروف الإجهاد تراجع عدد الأيام حتى النضج الفيزيولوجي بالمتوسط لجميع الأصناف بنسبة 9.50%. وكانت الفروق بين الأصناف معنوية في تراجع عدد الأيام حتى النضج، وهي صفة تكيفية لنبات الكينوا يبيدها في ظروف نقص المياه حيث يختصر دورة حياته للهروب من الآثار السلبية لطول فترة الإجهاد (Bhargava et al., 2006).

تباينت الأصناف المدروسة في غلتها تحت ظروف الجفاف، ولوحظ أن تأثير الغلة كان محدوداً في الصنفين NSL106398 و Giza1، وقد عزا Gamez et al., (2019) ذلك إلى أن أصناف الكينوا المحتملة للجفاف تحافظ على غلة جيدة بسبب امتلاكها على بعض الآليات والتحورات مثل زيادة تعمق المجموع الجذري وتفرعه بشكل كبير، وصغر حجم المسام في الأوراق وانغلاقها مما يقلل من التنفس والحفاظ على معدل تمثيل ضوئي جيد، بينما بعض الأصناف الحساسة ستخفض غلتها بشكل كبير فيما لو تعرضت للإجهاد خلال فترة امتلاء البذور.

الاستنتاجات:

– تأثرت نسبة الإنبات وسرعته سلباً مع تراجع الجهد الحلولي لوسط النمو وتباينت الأصناف في تحملها، وأمكن من خلال دراسة مؤشر تحمل الجفاف النسبي بدلالة نسبة الإنبات وسرعته من إيجاد حدود واضحة بين هذه الأصناف وبالتالي تم اعتبار الصنفين NSL106398 و Giza1 متحملين للإجهاد الحلولي خلال مرحلة الإنبات، كما خلصت النتائج الحقلية إلى أن الصنفين السابقين قد حققا أقل المعدلات في تراجع الغلة مقارنةً بالأصناف الأخرى، في حين أن الأصناف التي أبدت حساسية للإجهاد في مرحلة

الإنبات أبدت أعلى المعدلات في تراجع الغلة، وبالتالي يمكن اعتبار طريقة الغريلة المخبرية المستخدمة كأداة سريعة وفعالة في تقييم استجابة الطرز الأصناف المختلفة من الكينوا للإجهاد الحلوي.

– لابد من إجراء مزيد من الدراسات على أصناف الكينوا وفي ظروف البيئات السورية المتباينة كون النتائج الأولية مشجعة بسبب توفر التباين الوراثي بين الأصناف المتوفرة والمدروسة. وفي حال عدم توفر مصدر مائي يمكن زراعة الصنفين NSL106398 و Giza1 بعلماً ضمن ظروف منطقة الدراسة.

– يجب الاهتمام بصفة الباكورية كون التباين في هذه الصفة موجوداً بين الأصناف المدروسة، لكي لا يشغل المحصول فترة طويلة في الدورة الزراعية، كذلك بسبب أهمية هذا المحصول في إمكانية زراعته إسعافياً في حال تعرض المحصول الرئيس المزروع في الدورة الزراعية لبعض الجائحات التي تسبب خسارات كبيرة في الغلة. وفي هذا الصدد فإن الصنف Giza1 امتلك أقصر موسم نمو (107.4، 116.9 يوم) تحت ظروف الزراعة البعلية والمروية على التوالي.

المراجع:

- عباس، فادي (2009). الجفاف وتحديات الأمن الغذائي في سورية. ندوة المحاصيل الحقلية في جامعة البعث 2009/7/30. كتاب الأبحاث الكاملة ص: 86-103.
- اللحام، غسان وصبوح، محمود وإبراهيم، أبو الحسن صالح (2006). دراسة تحمل طرز وراثية من الذرة البيضاء لمستويات مختلفة من الملوحة [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] في مراحل النمو الأولية. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. 270-255: (1)22
- Ahmad, A., R. Ahmad., M.Y. Ashraf, M. Ashraf and E.A. Waraich (2009). Sunflower (*Helianthus annuus* L.) response to drought stress at germination and seedling growth stages. Pak. J. Bot., 41(2): 647-654.
- Al-Jbawi, E., R. Danoura and A. Yaacoub (2018). Effect of Deficit Irrigation and Manure Fertilizer on Improving Growth and Yield of Quinoa in Syria. Open Acc J Agri Res: OAJAR-100007.
- Bhargava, A., S. Shukla and O. Deepak (2006). Chenopodium quinoa. An Indian perspective. Industrial Crops and Products, 23:73-87.
- Choukr-Allah, R., N.K. Rao, A. Hirich, K.U.B. Shahid, A. Alshankiti, K. Toderich, S. Gill and K.U.R. Butt (2016). Quinoa for marginal environments: toward future food and nutritional security in MENA and Central Asia regions. Frontiers in Plant Science, 7, 346,
- FAO (2013). Statistics of Food and Agriculture Organization. Year book of production. FAOSTAT. 2013.
- FAO (2016). Statistics of Food and Agriculture Organization. Year book of production. FAOSTAT. 2016.
- Farzaneh, S., R.S. Sarifi and F.A. Gjadari (2008). *In vitro* study of the effect of drought stress on germination and seedling growth of suger beet cultivars. Agric. Sci., 18: 81-93
- Gamez A.L., D. Soba, A.M. Zamarreño, J.M. García-Mina, I. Aranjuelo and F. Morales (2019). Effect of Water Stress during Grain Filling on Yield, Quality and Physiological Traits of Illpa and Rainbow Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Cultivars. Plants 2019, 8, 173; doi:10.3390/plants8060173.
- Imanparast, L. and D. Hassanpanah (2009). Response of onobrychis genotypes to PEG 10000 induced osmotic stress. Biotechnology, 8: 365-369.
- Jacobsen, S.E (2003). The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Rev. Intern. 19: 167-177.
- Kaya, M.D, G. Okcu, M. Atak, Y. Cıkılı and O. Kolsarıcı (2006). Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Eur. J. Agron., 24: 291-295.

- Misra, A.N., A.K. Biswal and M. Misra, (2002). Physiological, biochemical and molecular aspects of water stress responses in plants and their biotechnological applications. Proc. Nat. Acad. Sci. India, 72(BII): 115-134.
- Nayer, M. and R. Heidari (2008). Water stress induced by polyethylene glycol 6000 and sodium chloride in two maize cultivars. Pakistan journal of Biological Sciences. 11(1):92-97.
- Repo-Carrasco, R.; C. Espinoza; and S.E. Jacobsen (2003). Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Food reviews international, 19(1-2), pp.179-189.
- Repo-Carrasco-Valencia, R., J.K. Hellström, J.M. Pihlava and P.H. Mattila (2010). Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). Food Chem. 120: 128-133.
- Stikic, R., Z. Jovanovic, M. Marjanovic and D. Slavisa (2015). The Effect of Drought on Water Regime and Growth of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Ratar. Povrt. 52,2: 80-84.
- Stikic, R., D.J. Glamoclija, M. Demin, B. Vucelic-Radovic, Z. Jovanovic, D. Milojkovic-Opsenica, S.E. Jacobsen and M. Milovanovic (2012). Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. J. Cereal Sci. 55: 132-138.
- Sun, Y., F. Liu, M. Bendevis, S. Shabala and Jacobsen, S.E (2014). Sensitivity of two quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) varieties to progressive drought stress. J. Agron. Crop Sci. 200: 12-23.

Evaluation of Some Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Genotypes of Water Stress under Lab and Field Conditions

Fadi Abbas⁽¹⁾ Thamer AlHunish⁽²⁾ Entessar Al-Jbawi⁽³⁾ Manal Osman⁽²⁾

(1) Scientific Agriculture Research Center of Homs, General Commission for Scientific Agricultural Research (GCSAR), Syria.

(2) Crops Research Administration, General Commission for Scientific Agricultural Research (GCSAR).

(3) Ministry of Agrarian Reform, Syria.

(*Corresponding author: Dr.Fadi Abbas. E-Mail: fadiab77@gmail.com)

Abstract

Lab and field experiments were conducted at Homs Agriculture Research Station, during 2019. In the lab experiment, PEG₆₀₀₀ was applied to the germination medium with low osmotic potentials (OP) i.e. 0, -2, -4, -6, -8 and -10 bar. In the field experiment, the varieties were subjected to water stress (no irrigation during the growing season) in addition to the irrigated control. Those experiments aimed to screen the quinoa varieties based on the relative drought tolerance indexes (RDTI), and to assess the response of some growth and yield indicators to drought in the field. The lab trial was designed according to the completely randomized design (CRD) with six replicates while Randomized Completely Block Design (RCBD) which arranged according to split plot design was used for the field experiment with three replicates. The lab experiment results showed variation between the varieties regarding the response to the application of PEG₆₀₀₀ in the medium. The two varieties NSL106398 and Giza1 achieved the highest rates in germination

percent and speed, with significant differences compared to other varieties. The drought tolerance indexes were studied to determine the differences between the varieties and the previous two varieties were considered drought tolerant at the germination stage, where they achieved the highest values with significant differences compared to other varieties (Titicaca, Q26, and Red Carina) which considered drought sensitive. In the field experiment, the time required for physiological maturity decreased significantly, and the effect of water stress on plant height was also negatively observed, so the two varieties NSL106398 and Giza1 achieved the lowest rates (7.69, 7.08%) respectively, with significant differences compare to the other varieties which decreased by 17.70 to 22.82%. In term of grain yield, the same two varieties NSL106398 and Giza1 achieved the lowest rates of decline (16.19, 14.75%) respectively, with significant differences compare to the other varieties (Titicaca, Red Carina , and Q26) which decreased by (46.18, 39.34, 35.28%) respectively.

Key words: Water stress, PEG₆₀₀₀, Relative drought tolerance index, Grain yield, Quinoa.