جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة ديالى

تقدير البعد الوراثي والمعالم الوراثية لصفات نمو وحاصل الطماطة بالتضريب التبادلي النصفي تحت تأثير الإجهاد المائي

أطروحة تقدم بها
غسان جعفر حمدي

إلى مجلس كلية الزراعة – جامعة ديالى
وهي جزء من متطلبات درجة دكتوراه فلسفة في العلوم الزراعية
البستنة وهندسة حدائق (فاكهة وخضر)

بإشراف
أ.د. عزيز مهدي عبد الشمري

1443 هـ 2022 م

بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

﴿ أَفَرَءَيْتُم مَّا تَحْرُثُونَ ﴿٦٣﴾ ءَأَنتُمْ تَزْرَعُونَهُۥٓ أَمْ نَحْنُ ٱلزَّٰرِعُونَ

﴿٦٤﴾ لَوْ نَشَآءُ لَجَعَلْنَٰهُ حُطَٰمًا فَظَلْتُمْ تَفَكَّهُونَ ﴿٦٥﴾ إِنَّا لَمُغْرَمُونَ

﴿٦٦﴾ بَلْ نَحْنُ مَحْرُومُونَ ﴿٦٧﴾ أَفَرَءَيْتُمُ ٱلْمَآءَ ٱلَّذِى تَشْرَبُونَ ﴿٦٨﴾ ءَأَنتُمْ

أَنزَلْتُمُوهُ مِنَ ٱلْمُزْنِ أَمْ نَحْنُ ٱلْمُنزِلُونَ ﴿٦٩﴾ لَوْ نَشَآءُ جَعَلْنَٰهُ أُجَاجًا

فَلَوْلَا تَشْكُرُونَ ﴿٧٠﴾ ﴾

الواقعة: ٦٣ ــ ٧١

قائمة المحتويات

التسلسل	المحتويات	الصفحة
	الملخص	أ
1	المقدمة	1
2	استعراض المراجع	4
1.2	الدراسات الوراثية	4
1.1.2	المؤشرات الجزيئية	4
2.1.2	البعد الوراثي	5
1.2.1.2	تقانة التتابعات الترادفية البسيطة Simple Sequence Repeats (SSR)	6
2.2.1.2	دراسات البعد الوراثي للطماطة باستعمال تقانة الـ SSR	7
2.2	التضريب التبادلي	11
3.2	القابلية الائتلافية	11
1.3.2	تأثير قابليتي الائتلاف الخاصة والعامة في تحسين نمو وحاصل الطماطة	12
4.2	قوة الهجين	18
1.4.2	تأثير قوة الهجين في تحسين نمو وحاصل الطماطة	18
5.2	الإجهاد المائي	23
1.5.2	تأثير الاجهاد المائي في نمو وحاصل الطماطة	24
2.5.2	كفاءة استعمال المياه لحاصل الطماطة	29
3	المواد وطرائق العمل	30
1.3	الدراسة الوراثية المختبرية	30
1.1.3	موقع تنفيذ التجربة	30
2.1.3	تحديد التباعد الوراثي بين الخطوط النقية للطماطة	30
3.1.3	استخلاص الـ DNA من الخطوط النقية للطماطة	30

4.1.3	نقاوة الحامض النووي الـ DNA	32
5.1.3	تطبيق تقانة تفاعلات الـ PCR-SSR باتباع الخطوات التالية	32
1.5.1.3	البادئات المستخدمة في التفاعل	32
.2.5.1.3	استعمال تقانة تفاعل البلمرة المتسلسل (PCR) لتضخيم الـDNA	32
3.5.1.3	تحضير خليط التفاعل	33
6.1.3	الترحيل الكهربائي لنواتج PCR باستعمال هلام الأكاروز	34
1.6.1.3	تحضير جهاز الترحيل الكهربائي	35
2.6.1.3	تحضير العينة للترحيل الكهربائي	35
7.1.3	المعلم النموذجيKAPA Universal DNA	36
8.1.3	تقدير الأحجام الجزيئية للقطع الناتجة	36
9.1.3	تحليل نتائج مؤشرات الـ SSR احصائياً	36
10.1.3	تقدير النسبة المئوية للتعددية الشكلية للبادئات Polymorphism	37
11.1.3	المسافة الجينية وتقدير العلاقة	37
2.3	موسم 2020 التضريب التبادلي النصفي بين خطوط الطماطة	38
3.3	موسم 2021، تجربة مقارنة الخطوط النقية وهجنها عند مستويي الري	39
4.3	الاحتياج المائي لمحصول الطماطة وجدولة الري	41
5.3	الصفات المقاسة	43
1.5.3	صفات النمو الخضري والزهري	43
1.1.5.3	ارتفاع النبات	43
2.1.5.3	قطر الساق	43
3.1.5.3	عدد الافرع الكلية	43
4.1.5.3	عدد الأوراق الكلية	43
5.1.5.3	المساحة الورقية الكلية للنبات	43

6.1.5.3	تركيز الكلوروفيل في الأوراق	43
7.1.5.3	محتوى الأوراق من البرولين	44
8.1.5.3	التبكير بالتزهير	44
9.1.5.3	نسبة العقد في الازهار	44
2.5.3	صفات الحاصل ومكوناته	44
1.2.5.3	عدد الأيام الازمة لنضج أول ثمرة	44
2.2.5.3	عدد الثمار في النبات	44
3.2.5.3	معدل وزن الثمرة	45
4.2.5.3	حاصل النبات	45
5.2.5.3	الحاصل الكلي	45
3.5.3	الصفات النوعية لثمار الطماطة	45
1.3.5.3	صلابة الثمار	45
2.3.5.3	نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية في الثمار	45
3.3.5.3	الحموضة الكلية القابلة للتسحيح	45
4.3.5.3	محتوى الثمار من فيتامينC	45
5.3.5.3	تقدير محتوى الثمار من صبغة اللايكوبين والبيتا كاروتين	46
6.3.5.3	تقدير نسبة الكربوهيدرات والسكريات الكلية في عصير الثمار	46
7.3.5.3	كفاءة استعمال الماء	47
8.3.5.3	الاستهلاك المائس	47
3.6	التحليل الإحصائي الوراثي	47
1.6.3	التحليل الإحصائي	47
2.6.3	تقدير قوة الهجين	48
3.6.3	التحليل الوراثي للهجن الفردية	49

4	النتائج والمناقشة	51
1.4	تجربة الوراثة الجزيئية	51
1.1.4	استخلاص الدنا وتقدير الكمية والنقاوة	51
2.1.4	تفاعلات التتابعات الترادفية البسيطةSSR	52
3.1.4	تحديد البعد الوراثي بين الخطوط النقية للطماطة	61
2.4	التهجين التبادلي	64
1.2.4	تقويم التراكيب الوراثية	64
1.1.2.4	ارتفاع النبات (سم)	64
2.1.2.4	قطر الساق (سم)	64
3.1.2.4	عدد الأفرع الكلية في النبات (فرع نبات$^{-1}$)	68
4.1.2.4	عدد الأوراق الكلية في النبات (ورقة نبات$^{-1}$)	68
5.1.2.4	المساحة الورقية الكلية في النبات (دسم^{2})	71
6.1.2.4	نسبة المادة الجافة في المجموع الخضري (%)	71
7.1.2.4	تركيز الكلوروفيل في الأوراق (ملغم غم$^{-1}$)	74
8.1.2.4	تركيز البرولين في الأوراق (ملغم غم$^{-1}$)	74
9.1.2.4	طول المجموع الجذري (سم)	77
10.1.2.4	الوزن الجاف للمجموع الجذري (سم)	79
11.1.2.4	التبكير بالإزهار (يوم)	79
12.1.2.4	نسبة العقد (%)	82
13.1.2.4	التبكير بالنضج (يوم)	82
14.1.2.4	عدد الثمار في النبات (ثمرة نبات$^{-1}$)	85
15.1.2.4	معدل وزن الثمرة في النبات (غم)	85
16.1.2.4	حاصل النبات (كغم)	88

17.1.2.4	الحاصل الكلي (طن هكتار$^{-1}$)	88
18.1.2.4	صلابة الثمار (كغم سم$^{-2}$)	91
19.1.2.4	نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية في عصير ثمار الطماطة(TSS)	91
20.1.2.4	نسبة الحموضة الكلية القابلة للتسحيح (%)	94
21.1.2.4	محتوى الثمار من فيتامين C (ملغم 100 غم$^{-1}$)	94
22.1.2.4	محتوى الثمار من اللايكوبين (ملغم 100 غم$^{-1}$)	97
23.1.2.4	محتوى الثمار من البيتا كاروتين (ملغم 100 غم$^{-1}$)	97
24.1.2.4	نسبة الكربوهيدرات (%)	100
25.1.2.4	نسبة السكريات (%)	100
26.1.2.4	كفاءة استعمال الماء (كغم م$^{-3}$)	103
27.1.2.4	الاستهلاك المائي لمحصول الطماطة (مم)	103
3.4	قوة الهجين	108
1.3.4	قوة الهجين على أساس انحراف الجيل الأول عن أفضل الأبوين عند مستويي الري	108
2.3.4	قوة الهجين لمتوسط مستويي الري المحسوبة من انحراف الجيل الأول عن أفضل الأبوين	122
3.3.4	قوة الهجين على أساس انحراف الجيل الأول عن الهجين التجاري (Bobcat) عند مستويي الري (50 و100 % من تبخر نتح المحصول)	130
4.3.4	معدل قوة الهجين على أساس انحراف الجيل الأول عن الهجين التجاري (للمشترك)	142
4.4	**متوسطات المربعات لمكونات التباين الوراثي**	150
1.4.4	تأثير المقدرة العامة على الإتحاد	153
2.4.4	تأثير المقدرة الخاصة على الإتحاد	156
3.4.4	تباين تأثيرات المقدرتين العامة والخاصة على الإتحاد	166

5.4	مكونات التباين المظهري وبعض المعلمات الوراثية عند مستويي الري	169
5	الاستنتاجات والتوصيات	177
6	المصادر	179
7	الملاحق	202
	Abstract	a-d

قائمة الجداول

التسلسل	العنوان	الصفحة
1	عدة استخلاص الـ DNA	30
2	مكونات عدة تفاعل البلمرة المتسلسل	33
3	تركيز مكونات خليط تفاعل الـ PCR	33
4	برنامج ظروف تفاعل البلمرة المتسلسل PCR- SSR	34
5	المحاليل الكيميائية المستخدمة في التجربة	35
6	التضريبات التبادلية بين الخطوط النقية للطماطة	39
7	الصفات الفيزيائية والكيميائية لتربة الحقل	40
8	تحليل تباين التهجينات التبادلية على وفق الطريقة الثانية من النموذج الأول	49
9	نقاوة وتركيز الدنا المستخلص من أوراق خطوط الطماطة النقية المستخدمة في التجربة	51
10	نواتج البادئات من الحزم الكلية والمتباينة مع نسب كفاءتها وقدرتها التمييزية لعينات خطوط الطماطة النقية	52
11	البعد الوراثي بين الخطوط النقية للطماطة الـ 24 المدروسة في التجربة	62
12	نتائج تحليل التباين للتراكيب الوراثية ومستوى الري للصفات المدروسة	65
13	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في ارتفاع النبات (سم)	66

14	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في قطر الساق (سم)	67
15	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في عدد الأفرع في النبات (فرع نبات$^{-1}$)	69
16	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في عدد الأوراق في النبات (ورقة نبات$^{-1}$)	70
17	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في المساحة الورقية الكلية في النبات (دسم^{2})	72
18	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في نسبة المادة الجافة في المجموع الخضري (%)	73
19	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في محتوى الكلوروفيل في النبات (ملغم غم$^{-1}$)	75
20	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في تركيز البرولين في النبات (ملغم غم$^{-1}$)	76
21	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في طول الجذر في النبات (سم)	78
22	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في الوزن الجاف الجذر في النبات (غم)	80
23	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في التبكير بالأزهار (يوم)	81
24	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في نسبة العقد في الأزهار (يوم)	83
25	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في التبكير بالنضج (يوم)	84
26	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في عدد	86

	الثمار في النبات (ثمرة نبات$^{-1}$)	
27	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في معدل وزن الثمرة في النبات (غم)	87
28	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في حاصل النبات الواحد في النبات (كغم)	89
29	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في الحاصل الكلي (طن هكتار$^{-1}$)	90
30	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في الصلابة (كغم سم$^{-2}$)	92
31	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في نسبة الـ TSS في الثمار (%)	93
32	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في نسبة الحموضة الكلية القابلة للتسحيح في ثمار الطماطة (%)	95
33	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في فيتامين C في الثمار (ملغم 100 غم$^{-1}$)	96
34	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في محتوى الثمار من صبغة الليكوبين (ملغم غم$^{-1}$)	98
35	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في البيتا كاروتين في النبات (ملغم غم$^{-1}$)	99
36	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في الكربوهيدرات في الثمار (ملغم غم$^{-1}$)	101
37	تأثير التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في نسبة السكريات في الثمار (%)	102
38	تأثير التداخل بين التراكيب الوراثية (للآباء وهجنها الفردية) ومستويات الري في كفاءة استعمال الماء (م^3 هـ$^{-1}$)	104

39	معدلات الاستهلاك المائي اليومي تحت نظام الري بالتنقيط اعتماداً على برنامج Crop wat	104
40	قوة الهجين على أساس انحراف الجيل الأول عن أفضل الأبوين للصفات المدروسة عند مستويي الري 50 و100 % من تبخر نتح المحصول	109
41	قوة الهجين لمتوسط مستويي الري المحسوبة من انحراف الجيل الأول عن أعلى الأبوين	123
42	قوة الهجين على أساس انحراف الجيل الأول عن الهجين القياسي(Bobcat) للصفات المدروسة عند مستويي الري 50 و100 % من تبخر نتح المحصول	131
43	قوة الهجين لمتوسط مستويي الري على أساس انحراف الجيل الأول عن الهجين القياسي	143
44	متوسطات المربعات لمكونات التباين الوراثي للصفات المدروسة عند مستويي الري 50 و100 % من تبخر نتح المحصول	151
45	تقدير تأثير قابلية الائتلاف العامة للآباء في مؤشرات النمو الخضري والزهري والحاصل لنباتات الطماطة عند مستويي الري 50 و100 %	154
46	تقديرات تأثيرات المقدرة الخاصة على الإتحاد للهجن الفردية للصفات المدروسة كافة عند مستويي الري 50 و100 %.	157
47	تقدير تباين تأثير المقدرة العامة والخاصة على الإتحاد للصفات المدروسة كافة	167
48	تقدير مكونات التباين المظهري والخطأ القياسي والتوريث ومعدل درجة السيادة والتحسن الوراثي المتوقع للصفات المدروسة كافة عند مستويي الري 50 و100 % من تبخر نتح المحصول.	172

قائمة الاشكال

التسلسل	العنوان	الصفحة
1	الدليل القياسي للحامض النووي الـ DNA	36
2	المعدل اليومي لدرجات الحرارة العظمى والصغرى والرطوبة النسبية ومدة الاشعاع اشمسي والتبخر نتح لموقع التجربة	40
3	نافذة بيانات معدل درجة الحرارة العظمى والصغرى الرطوبة النسبية والرياح والاشعاع الشمسي والاحتياج المائي الأساسي باستخدام برنامج Crop Wat بالاعتماد على معدل البيانات المناخية للعشرة سنوات متتالية.	41
4	حُزم الـ DNA المستخلصة من عينات الدراسة المُرحلة على هُلام الأكاروز 1 % لمدة ساعة ونصف	51
5	نواتج تضاعف البادئ A1486387.1 المرحلة في هلام الأكاروز والأرقام تمثل الخطوط النقية للطماطة الـ 24	53
6	نواتج تضاعف البادئ LE-TAT002 المرحلة في هلام الأكاروز والأرقام تمثل خطوط الطماطة النقية الـ 24	53
7	نواتج تضاعف البادئ SLM-6-7 المرحلة في هلام الأكاروز والأرقام تمثل الخطوط النقية للطماطة الـ 24	54
8	نواتج تضاعف البادئ SSR-47 المرحلة في هلام الأكاروز والأرقام تمثل خطوط الطماطة النقية الـ 24	54
9	نواتج تضاعف البادئ SSR-63 المرحلة في هلام الأكاروز والأرقام تمثل الخطوط النقية للطماطة الـ 24	55
10	نواتج تضاعف البادئ SSR-111 المرحلة في هلام الأكاروز والأرقام تمثل خطوط الطماطة النقية الـ 24	55
11	نواتج تضاعف البادئ SSR-248 المرحلة في هلام الأكاروز والأرقام تمثل خطوط الطماطة النقية الـ 24	56
12	نواتج تضاعف البادئ SSR-304 المرحلة في هلام الأكاروز والأرقام تمثل الخطوط النقية للطماطة الـ 24	56

13	نواتج تضاعف البادئ SSR-603 المرحلة في هلام الأكاروز والأرقام تمثل الخطوط النقية للطماطة الـ 24	57
14	نواتج تضاعف البادئ STI-0012 المرحلة في هلام الأكاروز والأرقام تمثل الخطوط النقية للطماطة الـ 24	57
15	نواتج تضاعف البادئ STI-003 المرحلة في هلام الأكاروز والأرقام تمثل الخطوط النقية للطماطة الـ 24	58
16	نواتج تضاعف البادئ T-57 المرحلة في هلام الأكاروز والأرقام تمثل الخطوط النقية للطماطة الـ 24	58
17	نواتج تضاعف الباد TG12-13 المرحلة في هلام الأكاروز والأرقام تمثل الخطوط النقية للطماطة الـ 24	59
18	نواتج تضاعف البادئ TMS-9 المرحلة في هلام الأكاروز والأرقام تمثل الخطوط النقية للطماطة الـ 24	59
19	نواتج تضاعف البادئ TMS-42 المرحلة في هلام الأكاروز والأرقام تمثل الخطوط النقية للطماطة الـ 24	60
20	مخطط التحليل العنقودي (شجرة القرابة) الخطوط النقية المدروسة اعتماداً على مؤشرات SSR-PCR	63

قائمة الملاحق

التسلسل	العنوان	الصفحة
1	أسماء الخطوط النقية وبعض مواصفات نموها	197
2	الاجهزة المستعملة في التجربة	198
3	بادئات مؤشرات الـ SSR المستخدمة في الدراسة مع تتابعاتها	199
4	مواعيد الري ومعامل المحصول وتبخر نتح وكميات الري	200
5	جدول مواعيد الري والكميات المائية المضافة طيلة فترة اجراء التجربة	201
6	تأثير الضغط التشغيلي للمنظومة في معدل تصريف المنقطات ومعامل التجانس ونسبة التغاير في تصريف المنقطات للمستوى 100 %	202

7	تأثير الضغط التشغيلي للمنظومة في معدل تصريف المنقطات ومعامل التجانس ونسبة التغاير في تصريف المنقطات للمستوى 50 %	202
8	بعض الصفات الكيميائية لماء النهر المستخدم في الري	203
9	جدول أنوفا	203
10	الحزم المتباينة المنفردة وغير المتباينة مع أوزانها الجزيئية للبادئ	204
11	البعد الوراثي بين الخطوط النقية للطماطة الـ 24 المدروسة في التجربة	208
12	ملحق صور	209

المختصرات والمصطلحات العلمية التي وردت في الأطروحة

المختصر	باللغة الإنجليزية	تفسيره
$AFLP_S$	Amplified fragment length polymorphism	التعددية الشكلية للقطع المتضخمة
BA	Benzene Adenine	بنزايل أدنين
Bp	Base pairs	زوج قاعدة
PCV	phenotypic coefficient of variation	معامل التباين المظهري
PIC	Discrimination power	التعددية الشكلية للبادئ
PCR	Polymerase Chain Reaction	تفاعل البوليميريز المتسلسل
RFLP	Restriction fragment length polymorphism	تباين اطوال قطع التقييد
SSRs	Simple Sequence Repeats	المقاطع البسيطة المتكرر
Tm	Temperature Melting	حرارة الالتحام

الملخص

أجريت الدراسة في محطة أبحاث قسم البستنة وهندسة الحدائق التابعة لكلية الزراعة جامعة ديالى، خلال موسمي 2020 و2021 م، شملت الدراسة ثلاث مراحل رئيسة مرتبطة مع بعضها إذ تم في المرحلة الأولى تحديد درجة البعد الوراثي بين 24 خط نقي من الطماطة جُلبت من مركز المصادر الوراثية للطماطة في جامعة كاليفورنيا – ديفز بالولايات المتحدة الأمريكية CM Rick Tomato Genetics Center (TGRC), University of California in Davis, USA، تعود أصولها لبلدان مختلفة، باستخدام 15 بادئ من نوع التتابعات الترادفي البسيطة (SSR)، على ضوء نتائج فحص البصمة الوراثية وتقويم البعد الوراثي بينها تم اختيار 6 خطوط نقية وهي S.G وSan II وM.O وRed Pear وF.R وMarb، والمرحلة الثانية إدخال خطوط الطماطة المتباعدة وراثياً في برنامج للتضريب النصف تبادلي (Half diallel cross)، والثالثة تجربة مقارنة التراكيب الوراثية {6 آباء + 15 هجين + هجين تجاري شائع} تحت مستويين للري وهما 50 و100 % من تبخر- نتح المحصول على وفق تصميم RCBD بترتيب الألواح المنشقة Split – Plot Design وبثلاث مكررات وحللت النتائج احصائياً باستخدام برنامج SAS وقورنت البيانات حسب اختبار Tukey عند مستوى احتمال 0.05 وكانت النتائج كما يأتي.

نتائج الدراسة الوراثية المختبرية

بينت نتائج تفاعلات SSR-PCR ان جميع البوادئ المستخدمة أظهرت فعالية في إعطاء تعددية شكلية بين الخطوط النقية قيد الدراسة ونتج عن استخدامها 65 حزمة كلية، أعطى البادئ SSR-63 أكبر عدد من الحُزم المتباينة بلغت 7 حزم وأعلى كفاءة للبوادئ (10.769 %) وأعلى قدرة على التمييز بين الخطوط النقية (10.937 %)، وميزت الحزم الفريدة الخطوط النقية والتي يمكن اعتبارها بصمة وراثية؛ إذ تميز الخط Rose بحزمتين فريدتين في البادئ SLM6-7 عند الحجم الجزيئي 300 و500 bp، وتميز الخط San II بحزمة فريدة ظاهرة في البادئ SSR47 عند الحجم الجزيئي 1000 bp، والخط Glacier بغياب حزمة ارتباط في البادئ TMS-42 عند الحجم الجزيئي 100 bp؛ أظهرت نتائج التحليل العنقودي أن الخطوط النقية الـ 24 توزعت بين مجموعتين رئيستين ومجاميع ثانوية ومجاميع فرعية وتحت فرعية، بلغ أكبر بعد وراثي 0.888 بين الخطين Wis 55 وC.C Orange والخطين San II وC.C Orange؛ أما أقل بعد وراثي بلغ 0.020 بين الخطين Red P.t وSan II.

نتائج تجربة الخطوط النقية للطماطة عند مستويي الري 50 و100 % من تبخر – نتح المحصول

1. التراكيب الوراثية: وُجد تأثير معنوي للتراكيب الوراثية (الآباء والهجن)، إذ تفوق الأب S.G (1) بأعلى ارتفاع للنبات (97.59 سم) وعدد الثمار (30.37 ثمرة) ومحتوى الثمار من الليكوبين والبيتا كاروتين والسكريات (6.006 و9.015 و15.52 ملغم 100 غم$^{-1}$ على التوالي) وصلابة الثمار (7.47 كغم سم$^{-2}$، تفوق الاب San II (2) بنسبة الحموضة الكلية (0.663 %)، تفوق الأب Red Pear (4) بمحتوى الثمار من الكربوهيدرات (5.910 %).

وتفوق الأب Marb (6) بأعلى عدد للأفرع (24.20 فرع نبات$^{-1}$) وعدد الأوراق (115.96 ورقة نبات$^{-1}$) والمساحة الورقية الكلية (156.76 دسم^{2}) ونسبة المادة الجافة في المجموع الخضري (21.62 %) وتركيز الكلوروفيل والبرولين في الأوراق (14.70 و2.305 ملغم غم$^{-1}$ على التوالي) ووزن الجذر الجاف (33.39 %) والتبكير بالإزهار والنضج (16.57 و61.79 يوم على التوالي) ونسبة العقد (20.85 %) ووزن الثمرة (147.43 غم) وحاصل النبات (3.94 كغم) والحاصل الكلي (82.08 طن هـ$^{-1}$) ونسبة الـ TSS (6.11 %) وفيتامين C (23.76 ملغم 100 غم$^{-1}$). تفوق الأب F.R (5) بطول الجذر (66.73 سم).

وتفوق الهجين 6×1 معنوياً على هجين المقارنة (Bobcat) بارتفاع النبات وقطر الساق (119.01 و1.96 سم) ونسبة المادة الجافة (29.28 %) والتبكير بالإزهار والنضج (10.23 و556.48 يوم على التوالي) وعدد الثمار (44.19 ثمرة) ونسبة السكريات (17.79 %). تفوق الهجين 6×5 بعدد الأفرع والأوراق الكلية (31.88 فرع نبات$^{-1}$ و182.90 ورقة نبات$^{-1}$ على التوالي) وتركيز الكلوروفيل والبرولين في الأوراق (19.28 و 1.630 ملغم غم$^{-1}$ على التوالي) ونسبة العقد (30.85 %). تفوق الهجين 6×4 بطول الجذر (77.13 سم) ووزن الثمرة (176.06 غم) ومحتوى الثمار من فيتامين C (29.75 ملغم 100 غم$^{-1}$). تفوق الهجين 5×1 بالوزن الجاف للجذر (44.64 غم). تفوق الهجينين 6×1 و6×5 بحاصل النبات (6.75 و6.48 كغم على التوالي) والحاصل الكلي (140.65 و142.60 طن هـ$^{-1}$ على التوالي) ومحتوى الثمار من البيتا كاروتين (11.416 ملغم 100 غم$^{-1}$) وصلابة الثمرة (8.66 كغم سم$^{-2}$). تفوق الهجينان 5×1 و6×5 بنسبة الـ TSS (7.58 و7.50 %). تفوق الهجين 2×1 بنسبة الحموضة الكلية (0.891 %). تفوقت الهجن 5×1 و6×1 و6×5 بمحتوى الثمار من الليكوبين (7.998 و7.736 و7.800 ملغم 100 غم$^{-1}$ على التوالي). تفوق الهجين 4×1 ونسبة الكربوهيدرات (9.217 %).

2. **مستوى الري:** أدى ري النباتات بالمستوى 100 % من تبخر – نتح المحصول إلى زيادة معنوية في ارتفاع النبات وقطر الساق (91.21 و1.51 سم) وعدد الأفرع والأوراق الكلية (28.12 فرع نبات$^{-1}$ و133.44 ورقة نبات$^{-1}$ على التوالي) والمساحة الورقية الكلية (167.39 دسم^{2}) وتركيز الكلوروفيل والبرولين في الأوراق (17.08 و1.634 ملغم غم$^{-1}$) ونسبة العقد (24.85 %) وعدد الثمار (35.72 غم) وحاصل النبات (4.61 كغم) والحاصل الكلي (96.16 طن هكتار$^{-1}$) ومحتوى الثمار من فيتامين C (26.69 ملغم 100 غم$^{-1}$).

تفوقت النباتات المروية بالمستوى 50 % بنسبة المادة الجافة (25.24 %) وطول الجذر ووزنه الجاف (71.25 سم و38.56 غم على التوالي) والتبكير بالإزهار والنضج (13.76 و58.12 يوم) ووزن الثمرة (163.99 غم) ونسبة الـ TSS (6.92 %) والحموضة الكلية (0.771 %) واللايكوبين (7.162 ملغم 100 غم$^{-1}$) والبيتا كاروتين (10.376 ملغم 100 غم$^{-1}$) والكربوهيدرات (7.371 %) والسكريات (17.31 %) وصلابة الثمرة (8.10 كغم سم$^{-2}$).

التحليل الوراثي:

1. أظهرت الهجن 5×1 و6×1 و6×4 و6×5 عند كلا المستويين للري قوة هجينية مرغوبة ومعنوية لأكبر عدد من الصفات قياساً لأفضل الأبوين أو للهجين التجاري Bobcat.
2. أظهرت الآباء S.G وRed Pear وF.R وMarb مقدرة عامة معنوية على الاتحاد بالاتجاه المرغوب لأكبر عدد من الصفات عند كلا المستويين للري ومن ضمنها صفات الحاصل وبعض مكوناته. وأظهرت الهجن 5×1 و6×1 و6×4 و6×5 تأثيراً خاصاً على الإتحاد معنوياً ومرغوباً عند كلا المستويين للري لأكثر عدد من الصفات المدروسة بضمنها حاصل النبات وبعض مكوناته.
3. أختلف التباين الإضافي والسيادي عن الصفر لمعظم الصفات عند كلا المستويين للري، وكانت قيم التباين الوراثي السيادي أكبر من تلك العائدة للإضافي للصفات جميعها ما عدا ارتفاع النبات ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية في كلا المستويين للري، وقطر الساق والمساحة الورقية الكلية والتبكير بالنضج وعدد الثمار في النبات المروية بالمستوى 50 % من تبخر - نتح المحصول. في حين كانت قيم التباين الوراثي الإضافي الكلي أكبر من قيم التباين الوراثي السيادي الكلي في صفات عدد الأفرع والأوراق الكلية وطول الجذر ومعدل وزن الثمرة ونسبة الحموضة الكلية في الثمار ومحتوى الثمار من فيتامين C والبيتا كاروتين وصلابة الثمار في النباتات المروية بالري الكامل. وكانت قيم التباين الوراثي أكبر من قيم التباين البيئي للصفات المدروسة كافة عند كلا المستويين للري.

4. كانت قيم التوريث بالمعنى الواسع عالية للصفات المدروسة جميعها عند كلا المستويين للري، وكانت قيم التوريث بالمعنى الضيق واطئة لأغلب الصفات عند كلا المستويين للري.
5. كان معدل درجة السيادة أكبر من واحد صحيح لمعظم الصفات المدروسة عند كلا المستويين للري، وكان التحسين الوراثي المتوقع كنسبة مئوية للهجن المستنبطة عند كلا المستويين للري واطئاً للصفات باستثناء ارتفاع النبات ونسبة العقد في الأزهار وعدد الثمار في النبات وحاصل النبات عند مستوى الري 50 %، ونسبة الـ TSS ونسبة الحموضة الكلية ونسبة الكربوهيدرات في النباتات المروية بالري الكامل وصفتي عدد الأوراق الكلية والحاصل الكلي عند كلا المستويين للري.

1. المقدّمة Introduction

الطماطة *Solanum Lycopersicon* L. هو النوع الشائع المزروع والذي يتبع العائلة الباذنجانية Solanaceae وهو نبات عشبي ذاتي التلقيح ثُنائي المجموعة الكروموسومية (2n = 24) وتعد من أهم محاصيل الخضر شيوعاً في العالم ومن ضمنها العراق بسبب قيمته الغذائية العالية إذ تُعد غذاءً رئيساً ووقائياً لما تحويه من مغذيات ومضادات أكسدة وفيتامينات مثل C وE وعناصر غذائية كالكالسيوم وتحتوي على بعض الصبغات كالكاروتين والليكوبين وبعض المركبات الفينولية (Thapa وآخرون 2014 وErika وآخرون 2020).

وتستوطن الطماطة مناطق الإكوادور وبيرو وبوليفيا وكولمبيا وتشيلي وأنها تنمو في بيئات متنوعة من المناطق الجافة إلى المناطق الرطبة فضلاً عن نموها في تُرب مختلفة بحسب موطنها الأصلي، فقد وجدت إنها تُزرع في مناطق يصل ارتفاعها إلى 3300 م فوق سطح البحر وإن هذا المدى الواسع من التغاير البيئي أدى إلى التنوع في شكل النبات الخارجي والفسيولوجي والجيني وحتى على المستوى الجزيئي للنبات (Belew وآخرون 2012).

ولطالما كان البعد الوراثي هو محور التفكير لمربي النبات في تنفيذ أبحاثهم لاستنباط الهُجن المتميزة بالتضريب بين السُلالات المُنتخبة النقية المتباعدة وراثياً (Genetic Diversity)، لذلك فإن تقييم البعد الوراثي يرتبط باستنباط الهُجن لتحقيق الهدف الأساس الذي يسعى إليه مربوا النبات (Kumar، 2015 وKulus، 2022) وإن معرفة التنوع الوراثي للمصادر والعلاقات الوراثية فيما بينها توفر معلومات أساسية وجوهرية لمربي النبات لفائدتها في تصميم برامج التربية والتحسين الوراثي، وفي تحسين عمليات إدارة الأصول الوراثية في المحاصيل والخضراوات والفاكهة كافة وجعلها أكثر إنتاجية ومقاومة للعدد المتزايد من الآفات الزراعية وظروف الشد البيئي المختلفة والحفاظ عليها من الانجراف الجيني (Liu وآخرون 2019 وKumari وآخرون 2020).

وإن هذا لا يعني إغفال أثر العوامل البيئية من حرارة وإضاءة وعوامل داخلية وتغذوية من حيث تأثيرها المباشر والمتداخل مع الجوانب الوراثية مما يجعل من الصعب على مربي النبات تمييز الصفة الوراثية المطلوب دراستها وغربلتها عند الاعتماد على الصفات المظهرية لتقييم التباعد الوراثي لتلك السُلالات (Kande وآخرون 2019)، لكن التطور الكبير الذي حصل في مجال علم الوراثة الجزيئية Molecular Genetics الذي يعتمد على دراسة الحامض النووي DNA، انعكس بشكل إيجابي على برامج التربية التقليدية (Ahmad وآخرون 2020).

وبظهور التقانات الإحيائية أصبحت دراسة البعد الوراثي أكثر دقة للتوصل إلى أفضل النتائج وبأقصر مدة زمنية مُمكنة مما أدى إلى توفير الجهد والمال بعدما كانت تُستنزف بطرائق التربية التقليدية (Cappetta وآخرون 2022)، إذ أدى ذلك إلى فتح آفاق جديدة في علم تربية النبات الجزيئي باستخدام ما يعرف بالانتخاب بمساعدة المعلمات الجزيئية (Glaszmann وآخرون 2010، Kaur، 2016).

وتُعد تقانة التتابعات الترادفية البسيطة Simple Sequence Repeats (SSR) من المؤشرات الجزيئية الدقيقة والسريعة ذات المصداقية العالية، تُعطي حُزماً ذات تعددية شكلية عالية، وتستخدم بشكل واسع في مجال تحديد السُلالات الأكثر تباعداً ورسم الخرائط الوراثية والتنوع الوراثي (Scarano وآخرون 2015)، ولهذا سُخرت هذه التقانات في تربية العديد من محاصيل الخُضر ذات الأهمية الاقتصادية وتحسينها.

وبالرغم من أن العراق يمتلك ظُروفاً بيئية ملائمة لزراعة هذا المحصول إلا أن حساسيته للإجهاد المائي واحتياجه إلى متطلبات ري عالية وعدم استخدام تقنيات ري حديثة جعل إنتاجيته لاتزال منخفضة بوحدة المساحة.

تتعرض الطماطة المنتجة في الحقول في كثير من الأحيان لظروف بيئية غير مواتية مثل الجفاف الذي يُعد سبباً رئيساً لخسارة الحاصل، ويُعد الإجهاد المائي أكثر حالات الإجهاد شيوعاً وهو مصدر قلق متزايد في أنحاء العالم جميعها (Patane وآخرون 2011).

وإن محدودية الموارد المائية وزيادة الطلب على المياه بين المنشآت الصناعية والعمرانية، فضلاً عن التغير المناخي وارتفاع درجات الحرارة وانخفاض واردات نهري دجلة والفرات نتيجة إنشاء السدود الكثيرة من قبل تركيا ستسبب في انخفاض كمية المياه من 68.54 مليار م^3 عام 2009 إلى 17.61 مليار م^3 عام 2025 كما هو متوقع، جعل لابد من التفكير في وضع إدارة جيدة تشترك في ترشيد المياه وتزيد كفاءة استعمالها بهدف الاستغلال الأمثل لها. وإحدى هذه التقانات المستدامة هي الري الناقص وخصوصاً المنظم Regulated Deficit Irrigation (RDI) وهو نهج مبتكر لتوفير المياه، تتعرض بموجبه المحاصيل لمستوى معين من الإجهاد المائي خلال مرحلة معينة أو طوال موسم النمو (Li وآخرون 2022). فضلاً عن تحسين صفات التحمل للإجهاد البيئي وخاصة الإجهاد المائي بتطبيق طرائق التربية والتحسين بوساطة استنباط هُجن مقاومة متحملة للإجهاد المائي الذي يُعد هو محور دراستنا.

ونتيجة لما تقدم هدفت هذه الدراسة إلى

1. تشخيص التباين الوراثي بين خطوط نقية من الطماطة مستوردة من الخارج وتحديد بعدها الوراثي باستخدام تقانة التتابعات الترادفية البسيطة SSR لاستخدامها كآباء متميزة لإنتاج هُجن ذات قوة هجين عالية.
2. استنباط هُجن متميزة والتعرف على أدائها الحقلي ولآبائها وتقدير قابلية الائتلاف العامة والخاصة والتعرف على نوع الفعل الجيني وتقدير المعلمات الوراثية والتعرف على طريقة التحسين المناسبة لكل صفة تحت الري الكامل والنصف كامل.
3. تحديد أفضل الهُجن من الطماطة المتحملة لإجهاد المائي من دون الإضرار بكمية الحاصل ونوعيته والمتكيفة مع البيئة العراقية.

2. استعراض المراجع Literatures Review

1.2. الدراسات الوراثية

1.1.2. المؤشرات الجُزيئية Molecular Marker

أدى التطور السريع في تقنيات البيولوجيا الجزيئية في العقدين الماضيين إلى حدوث ثورة على مستوى التحليل الوراثي للنباتات، إذ كان هناك تقدماً جوهرياً في استخدام الطرائق الجزيئية في مجال تصنيف وتربية النبات، فضلاً عن استخدامها في مجالات أُخر مثل تمييز الجنس والبصمة الوراثية. لقد كان التوصيف المورفولوجي هو الطريقة الوحيدة المستخدمة منذ منتصف القرن التاسع عشر وحتى منتصف القرن العشرين، تلتها تقنيات التوصيف بالطرق البيوكيميائية التي كانت مقتصرة على استخدام تقانة الايزوانزيم (Iso enzymes) والهيئة البروتينية والتي فيها الكثير من العيوب منها انها تتأثر بالبيئة والعمر الزمني للجزء النباتي وضعف التشكل الوراثي الناتج منها، ومع ثمانينيات القرن الماضي كان التحول الكبير للتوصيف عن طريق استخدام المؤشرات الجزيئية لما تمتاز في إنها تظهر التغاير الذي يحدث على مستوى الدنا مباشرة، وكما هو معروف فإن الدنا هي المادة الوراثية المستقرة التي لا تتأثر بالبيئة بعكس المؤشرات المظهرية والبيوكيميائية، لذا امتازت هذه المؤشرات بالاستقرارية (Kaur، 2016) ومن المميزات الأُخر لمؤشرات الدنا هي قدرتها على كشف أعداد كبيرة من التباينات (Numerous Polymorphic) مما جعلها قادرة على إيجاد أي اختلاف مهما كان طفيفاً بين أقرب الأفراد، كما تبرز أهمية مؤشرات الدنا بوساطة تطبيقاتها الواسعة في شتى المجالات ومن أهمها في مجال إيجاد البصمة الوراثية (DNA Fingerprinting) والتمييز والتشخيص المبكر لأصناف وسُلالات لتحديد القرابة بينها والتمييز المبكر للجنس في النباتات ومساعدة مربي النبات في تسهيل مهمة التضريب والتهجين أو تطوير أصناف جديدة بوساطة تحديد مستوى التغايرات (Phan وSim، 2017 وCastellana وآخرون 2020).

وطُورت العديد من مؤشرات الدنا لاستخدامها في التحقق والتأكد من الثبات الوراثي للنباتات الناتجة من الزراعة النسيجية وخاصة النباتات المعمرة كالنخيل وأشجار الفاكهة وغيرها من النباتات واصدار شهادة التطابق الوراثي مع الأصل لضمان جودة المنتج ومنع الغش التجاري لحماية حقوق كل من المستثمر والمستهلك، لقد أدى تطور التقنيات الحيوية إلى ظهور عدد كبير من المؤشرات الجزيئية الهامة التي تتباين في نوع المعلومات التي تزودنا بها ومستواها، والتي بوساطتها تُنشأ خرائط الارتباط الوراثي وتقدير التنوع الوراثي وتحديد الجنس والبصمة الوراثية، والتي من أهمها تقانة التتابعات الترادفية البسيطة SSR (Zhou وآخرون 2015).

2.1.2. البعد الوراثي

هو مقدار التباين الوراثي بين المجتمعات الحية سواءً أكانت سلالات أم أصناف أم هجن نباتية ويحدث هذا التباين بسبب اختلافات في تسلسل القواعد النتروجينية في الدنا الخاص بتلك المجتمعات مما يؤدي إلى حُدوث اختلاف في الخصائص الكيموحيوية كحدوث اختلاف في تركيب البروتين أو قد يحدث اختلاف في خصائص المتشابهات الأنزيمية أو حدوث اختلاف في الخصائص الفسيولوجية كالمقاومة للأمراض أو وجود اختلاف في الخصائص المظهرية كأنواع الأوراق ولون الأزهار (Klee وResende، 2020)، فضلاً عن وجود عوامل أُخر كالانتخاب والطفرات والانجراف والتدفق الجيني التي تؤثر جميعها في إحداث التنوع الوراثي عن طريق اختلاف عمل اليلات هذه المجتمعات، لذا فإن لتربية النبات الكثير من الأهداف التي دأب العلماء والباحثون في شتى ميادين العلوم من أجل تحققها ومن ضمنها العلوم الزراعية كونها تُسهم في الحفاظ على استقرار البلدان اقتصادياً ومعيشياً، ومن هذا المنطلق قام الكثير من الباحثين بدراسة العوامل المؤثرة في النبات كالظروف الإحيائية واللاإحيائية التي تؤثر بشكل كبير على سلوك تلك النباتات نمواً وإنتاجاً (Sauvage وآخرون 2020 وKumari وآخرون 2020 وRazifard وآخرون 2020).

وهناك الكثير من الطرائق لتشخيص البعد الوراثي إذ أن الاعتماد على الصفات الكمية تعد من أولى الطرائق المستخدمة في دراسة أداء التراكيب الوراثية وقد حققت نتائج ملموسة، لكن يُعاب عليها تأثرها بالبيئة المحيطة، لذا أُدخلت في الوقت الحالي تقنيات جديدة تعتمد على دراسة التركيب الوراثي حصراً من دون التأثيرات البيئية، وتعرف بالمؤشرات الوراثية (Genetic Markers) أو مؤشرات الدنا (DNA Markers) وتعتمد على الدنا كمادة أساس والتي تعرف بأنها المادة الوراثية المستقرة التي لا تتأثر بالبيئة، إذ تمتاز هذه المؤشرات بالاستقرارية (Stability) بعكس المؤشرات الوراثية المعتمدة على الصفات المورفولوجية التي تتداخل مع البيئة، فضلا عن ذلك فإن الدنا موجود في جميع خلايا الكائن الحي وفي أي مرحلة عُمرية ويُمكن استخلاصه من أي جزء في النبات (Hao وآخرون 2019 وCappetta وآخرون 2020) وقد اندمج تحليل تفاعل البوليميريز المتسلسل (PCR) في الوراثة وبرامج التربية لتصنيف العلاقة بين مختلف السُلالات والأصناف أو الهجن فضلاً عن الأسلاف البرية والأنواع ذات الصلة في كثير من المحاصيل (Salgotra وStewart، 2020 وCastellana وآخرون 2020).