

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة الأخوة منتوري قسنطينة 1

كلية علوم الطبيعة و الحياة

قسم البيولوجيا و علم البيئة النباتية

تخصص: الأسس البيولوجية للإنتاج النباتي

أطروحة لنيل شهادة الدكتوراه في العلوم

الموضوع

أثر التداخل بين التغذية المعدنية الكاتيونية للعناصر الغذائية الصغرى على
بنية الجذر الخلوية لنبات الفول *Vicia faba* L. النامي تحت ظروف الري
بالمياه المالحة

إعداد المترشح:

الأعوج حسن

28/03/2022

لجنة المناقشة:

أستاذ التعليم العالي	جامعة الأخوة منتوري قسنطينة 1	رئيسا	أ.د باقة مبارك
أستاذ التعليم العالي	جامعة الأخوة منتوري قسنطينة 1	مشرفا	أ.د شوقي سعيدة
أستاذ التعليم العالي	جامعة فرحات عباس سطيف 1	ممتحنا	أ.د لعور حسين
أستاذ محاضر «أ»	جامعة الأخوة منتوري قسنطينة 1	ممتحنا	د.بولعسل معاذ
أستاذ محاضر «أ»	جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي	ممتحنا	د. شمس أحمد خليفة
أستاذ محاضر «أ»	جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي	ممتحنا	د. رزق الله شفيقة

السنة الجامعية 2022

إهداء

إلى كل عالم و متعلم و باحث عن العلم أو مستمعا له
امتثالا لما نزل من قوله عزّ و جل بصيغة الأمر

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ « اقْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِي خَلَقَ
(1) خَلَقَ الْإِنْسَانَ مِنْ عَلَقٍ (2) اقْرَأْ وَرَبُّكَ الْأَكْرَمُ (3)
الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ (4) عَلَّمَ الْإِنْسَانَ مَا لَمْ يَعْلَمْ (5)...»

سورة العلق

شكرو عرفان

الحمد لله الذي أكرمنا بعطفه وهدانا إلى خير سببه وأنار بصائرنا بالعلم وفتح لنا
خزائن حكمته ورحمنا برحمته

الحمد لله الذي وفقنا لإتمام هذه الأطروحة و الحمد لله الذي نبداً به و نستعين
لتقديم شكرنا الجزيل و امتنانا الكبير إلى:

للأستاذة المشرفة شوقي سعيدة التي لم تبخل علينا بمجهوداتها و نصائحها طيلة هذا
العمل. والشكر موصول للأستاذ باقة مبارك لقبوله رئاسة لجنة المناقشة. و بجزيل
الشكر للأستاذة المناقشين: بولعسل معاذ ، شمسه أحمد خليفة، رزق الله شفيقة
و لعور حسين على قبولهم أعضاء للجنة. و الشكر للأستاذة الزملاء: غمام إعمارة
الجيلاني، خالد خراز، زيد عليا على المساعدة. كما نشكر كل من ساعدنا من قريب
أو من بعيد.

المحتويات

10	مقدمة.....
	الفصل الأول: الدراسة النظرية
	الجزء الأول (أثر الملوحة على نمو النبات)
14	1- الإجهاد الملحي.....
14	1-1- تأثير الإجهاد الملحي على النبات.....
15	أ- أثر الملوحة على الإجهاد الأسموزي.....
15	ب- أثر الملوحة على التغذية المعدنية.....
15	1-2- أثر الإجهاد الملحي على النمو الخضري والجذري.....
16	1-3- تأثير الإجهاد الملحي على النشاط الفيزيولوجي.....
17	1-4- القواعد الرئيسية لسمية كلوريد الصوديوم NaCl.....
17	1-5- أثر الملوحة على الجدار الخلوي.....
18	1-6- أثر الملوحة على السيليلوز و الهيميسليلوز و اللجنين.....
19	2- أثر الملوحة على إنبات و نمو البقوليات.....
20	3- تأثير الملوحة على نبات الفول <i>Vicia faba</i> L.....
21	4- ملوحة التربة.....
22	5- ملوحة مياه الري.....
23	6- الجدار الخلوي.....
24	6-1- الجدار الأولي.....
24	6-2- الجدار الثانوي.....
25	6-3- التركيب الكيميائي للجدار الأولي.....
25	6-4- دور الأغشية و الجدر في مقاومة الملوحة.....
26	6-5- أهمية التركيب الكيميائي لغشاء خلايا الجدر.....
	الجزء الثاني (أهمية عنصري الحديد و الموليبدان للنباتات)
28	1- عنصر الحديد (Fe).....
28	1-1- تواجد عنصر الحديد في التربة.....
29	1-2- تواجد عنصر الحديد في النبات.....
30	1-3- أعراض نقص الحديد عند البقوليات.....
30	أ- أعراض نقص الحديد في تكوين العقد الجذرية.....

- ب- أعراض نقص الحديد على نمو بكتيريا *Rhizobium*..... 31
- ج- أعراض نقص الحديد على تكوين المادة الحمراء *léghémoglobine*..... 31
- 1-2-1-4- أثر الحديد على السيليلوز و الهيميسليلوز و اللجنين..... 31
- 1-2-1-5- أثر نقص الحديد على نمو نبات الفول *Vicia faba L.*..... 32
- 1-2-2-2- الموليبدان..... 33
- 1-2-2-1- تواجد عنصر الموليبدان في التربة..... 33
- 1-2-2-2- تواجد الموليبدان في النبات..... 33
- 1-2-2-3- أعراض نقص الموليبدان على البقوليات..... 34
- أ- أعراض نقص الموليبدان على تكوين العقد الجذرية..... 34
- ب- أعراض نقص الموليبدان على نمو بكتيريا الريزوبيوم *Rhizobium*..... 35
- ج- أعراض نقص الموليبدان على تكوين المادة الحمراء *léghémoglobine*..... 35
- 1-2-2-4- أثر نقص عنصر الموليبدان على نبات الفول *Vicia faba L.*..... 35
- الجزء الثالث (أثر فعل التداخل بين الملوحة و العناصر الصغرى)

- 1-3-1- أثر فعل التداخل بين الملوحة و عنصر الحديد..... 38
- 1-1-3-1- أثر فعل التداخل بين الملوحة و عنصر الحديد على فسيولوجية النبات..... 38
- 1-3-1-2- أثر فعل التداخل بين الملوحة و عنصر الحديد على التغذية المعدنية..... 39
- 1-3-1-3- أثر فعل التداخل بين الملوحة و عنصر الحديد على الجدر الخلوية..... 40
- 1-3-2-2- أثر فعل التداخل بين الملوحة و عنصر الموليبدان..... 40
- 1-2-3-1- أثر فعل التداخل بين الملوحة و عنصر الموليبدان على فسيولوجية النبات..... 40
- 1-2-3-2- أثر التداخل بين الملوحة و عنصر الموليبدان على التغذية المعدنية..... 41
- 1-3-2-3- أثر التداخل بين الملوحة و عنصر الموليبدان على الجدر الخلوية..... 42

الفصل الثاني: مواد و طرق البحث

- 1-2- الهدف من الدراسة..... 43
- 2-2- تصميم التجربة..... 43
- 3-2- جدول توزيع المعاملات..... 45
- 4-2- المادة النباتية..... 46
- 5-2- الدراسة المطبقة..... 46
- 2-5-1- التجربة الأولى (مرحلة الإنبات و نمو البادرة)..... 46
- 2-5-2- التجربة الثانية (المرحلة الخضرية)..... 48
- 2-6- طريقة تحضير المقاطع..... 51

51	1-6-2-1	مرحلة التثبيت
51	2-6-2-2	مرحلة التعديل
51	3-6-2-3	مرحلة التلوين
52	7-2	طريقة تحليل كمية السيليلوز و الهيمسيليلوز و اللجنين
52	1-7-2-1	تقدير اللجنين (QL%)
52	2-7-2-2	تحديد الهلوسيليلوز (تقدير السيليلوز و الهيمسيليلوز QC et QH)
53	8-2	الدراسة الإحصائية المستعملة
الفصل الثالث: تفسير للنتائج		
55	1-3-1	مرحلة الإنبات
55	1-1-3-1	نسبة الإنبات GP
56	2-1-3-2	سرعة الإنبات GR
57	3-1-3-3	مؤشر توتر الإنبات GSI
58	4-1-3-4	مؤشر توتر الملوحة STI
59	5-1-3-5	مؤشر توتر المادة الجافة DMSI
60	6-1-3-6	قوة نشاط البذور SV
61	2-3-2	مرحلة النمو الخضري
61	1-2-3-1	صفات الثغور
61	1-1-2-3-1	عدد ثغور البشرة العلوية NUES
62	2-1-2-3-2	مساحة ثغور البشرة العلوية بـ μm^2 UES
63	3-1-2-3-3	محيط ثغور البشرة العلوية بـ μm CUE
64	4-1-2-3-4	عدد ثغور البشرة السفلية NLES
65	5-1-2-3-5	مساحة ثغور البشرة السفلية بـ μm^2 LES
66	6-1-2-3-6	محيط ثغور البشرة السفلية بـ μm CLE
67	2-2-3-2	صفات الجذر
67	1-2-2-3-1	مساحة أكبر خلية بشرية للجذر بـ μm^2 SLREC
68	2-2-2-3-2	محيط أكبر خلية بشرية للجذر بـ μm CLREC
69	3-2-2-3-3	سمك أكبر خلية بشرية للجذر بـ μm
70	4-2-2-3-4	مساحة اصغر خلية بشرية للجذر بـ μm^2 SSREC
71	5-2-2-3-5	محيط اصغر خلية بشرية للجذر بـ μm CSREC
72	6-2-2-3-6	سمك اصغر خلية بشرية للجذر بـ μm TSREC

- 73.....-7-2-2-3 مساحة اكبر وعاء خشبي في الجذر بـ μm^2 SLXR
- 74.....-8-2-2-3 محيط اكبر وعاء خشبي في الجذر بـ μm CLXR
- 75.....-9-2-2-3 سمك اكبر وعاء خشبي في الجذر بـ μm TLXR
- 76.....-10-2-2-3 مساحة اصغر وعاء خشبي في الجذر بـ μm^2 SSXR
- 77.....-11-2-2-3 محيط اصغر وعاء خشبي في الجذر بـ μm CSXR
- 78.....-12-2-2-3 سمك اصغر وعاء خشبي في الجذر بـ μm TSXR
- 79.....-3-2-3 صفات للساق
- 79.....-1-3-2-3 مساحة اكبر خلية بشرية في الساق بـ μm^2 SLSEC
- 80.....-2-3-2-3 محيط أكبر خلية بشرية للساق بـ μm CLSEC
- 81.....-3-3-2-3 سمك أكبر خلية بشرية للساق بـ μm SSSEC
- 82.....-4-3-2-3 مساحة اصغر خلية بشرية للساق بـ μm^2 TLSEC
- 83.....-5-3-2-3 محيط اصغر خلية بشرية للساق بـ μm CSSEC
- 84.....-6-3-2-3 سمك اصغر خلية بشرية للساق بـ μm TSSEC
- 85.....-7-3-2-3 مساحة اكبر وعاء خشبي في الساق بـ μm^2 SLXS
- 86.....-8-3-2-3 محيط اكبر وعاء خشبي في الساق بـ μm CLXS
- 87.....-9-3-2-3 سمك اكبر وعاء خشبي في الساق بـ μm TLXS
- 88.....-10-3-2-3 مساحة اصغر وعاء خشبي في الساق بـ μm^2 SSXS
- 89.....-11-3-2-3 محيط اصغر وعاء خشبي في الساق بـ μm CSXS
- 90.....-12-3-2-3 سمك اصغر وعاء خشبي في الساق بـ μm TSXS
- 91.....-4-2-3 نتائج صفات اللجنين و السليلوز و الهيمسيلوز في الجذر و الساق
- 91.....-1-4-2-3 كمية اللجنين في الجذر بملغ/100 ملغ مادة نباتية QLR
- 92.....-2-4-2-3 كمية السليلوز في الجذر بملغ/100 ملغ مادة نباتية QCR
- 93.....-3-4-2-3 كمية الهيمسيلوز في الجذر بملغ/100 ملغ مادة نباتية QHR
- 94.....-4-4-2-3 كمية اللجنين في الساق بملغ/100 ملغ مادة نباتية QLS
- 95.....-5-4-2-3 كمية السليلوز في الساق بملغ/100 ملغ مادة نباتية QCS
- 96.....-6-4-2-3 كمية الهيمسيلوز في الساق بملغ/100 ملغ مادة نباتية QHS

الفصل الرابع: مناقشة النتائج

- 1-4- التحليل الوصفي لأثر الفعل النوعي لمعاملات الملوحة و أثر تداخلها مع مستويات
عنصر الحديد و الموليبيدات على أصناف نبات الفول.....98
- 98.....-1-1-4 صفات الإنبات

- أ- على مستوى معامل الارتباطات.....99
- ب- على مستوى حلقة الارتباطات.....100
- 4-1-2-1-4 مرحلة النمو الخضري.....102
- 4-1-2-1-4 صفات الثغور.....102
- أ- على مستوى معامل الارتباطات.....102
- ب- على مستوى حلقة الارتباطات.....102
- 4-1-2-2-2- صفات الجذور.....104
- أ- على مستوى معامل الارتباطات.....104
- ب- على مستوى حلقة الارتباطات.....104
- 4-1-2-3- صفات الساق.....106
- أ- على مستوى معامل الارتباطات.....106
- ب- على مستوى حلقة الارتباطات.....106
- 4-1-2-4- الصفات البيوكيميائية.....108
- أ- على مستوى معامل الارتباطات.....108
- ب- التحليل الوصفي على مستوى حلقة الارتباطات.....108
- 4-1-3- تحليل وصفي للمتغيرات الأكثر تمثيل أثناء مرحلة الإنبات و النمو الخضري.....110
- أ- على مستوى معامل الارتباطات.....110
- ب- على مستوى منحني توزيع الأفراد.....111
- 4-2- التحليل الاستدلالي لأثر الفعل الكمي لمعاملات الملوحة و أثر تداخلها مع مستويات عنصر الحديد و الموليبدان على الأصناف المدروسة.....114
- 4-2-1- أثر فعل التداخل بين معاملات الملوحة و مستويات عنصر الحديد على الأصناف المدروسة.....114
- 4-2-2- أثر مستويات عنصر الحديد بغض النظر على معاملات الملوحة على الأصناف المدروسة.....116
- 4-2-3- أثر معاملات الملوحة على الأصناف المدروسة بغض النظر عن مستويات الحديد.....117
- 4-2-4- أثر فعل التداخل بين الملوحة و عنصر الحديد و الأصناف المدروسة.....119
- 4-2-5- أثر فعل التداخل بين معاملات الملوحة و مستويات عنصر الموليبدان على الأصناف المدروسة.....120
- 4-2-6- أثر معاملات عنصر الموليبدان على الأصناف المدروسة بغض النظر على معاملات الملوحة..121
- 4-2-7- أثر معاملات الملوحة على الأصناف المدروسة بغض النظر عن مستويات عنصر الموليبدان ..122
- 4-2-8- أثر فعل التداخل بين الملوحة و عنصر الموليبدان و الأصناف المدروسة.....123
- 4-2-9- أثر فعل الملوحة على وجود و غياب عنصر الموليبدان.....124

4-2-10- مقارنة تأثيرات العناصر الصغرى (Mo, Fe) على استجابة الأصناف المدروسة تحت الظروف

125	الملحية.....
128	الخلاصة العامة و الآفاق المستقبلية.....
132	الملخص بالعربية.....
134	الملخص بالفرنسية.....
135	الملخص بالانجليزية.....
136	الفهرس.....

الملاحق

فهرس الأشكال

- الشكل (1-1) رسم تخطيطي للجدار الخلوي.....24
- الشكل (2-1) التمثيل التخطيطي للربط البيني للمكونات الجدارية للنباتات ثنائية الفلقة.....25
- شكل (1-2) مخطط تصميم التجربة لصنف واحد.....44
- الشكل (1-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على نسبة الإنبات.....55
- الشكل (2-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على سرعة الإنبات.....56
- الشكل (3-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مؤشر توتر الإنبات.....57
- الشكل (4-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مؤشر توتر الملوحة.....58
- الشكل (5-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مؤشر توتر المادة الجافة.....59
- الشكل (6-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على قوة نشاط البذور.....60
- الشكل (7-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على عدد ثغور البشرة العلوية.....61
- الشكل (8-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مساحة ثغور البشرة العلوية.....62
- الشكل (9-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على محيط ثغور البشرة العلوية.....63
- الشكل (10-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على عدد ثغور البشرة السفلية.....64
- الشكل (11-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مساحة ثغور البشرة السفلية.....65
- الشكل (12-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على محيط ثغور البشرة السفلية.....66
- الشكل (13-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مساحة أكبر خلية بشرية للجذر.....67
- الشكل (14-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على محيط أكبر خلية بشرية للجذر.....68
- الشكل (15-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على سمك أكبر خلية بشرية للجذر.....69
- الشكل (16-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مساحة اصغر خلية بشرية للجذر.....70
- الشكل (17-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على محيط اصغر خلية بشرية للجذر.....71
- الشكل (18-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على سمك اصغر خلية بشرية للجذر.....72
- الشكل (19-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مساحة اكبر وعاء خشبي للجذر.....73
- الشكل (20-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على محيط اكبر وعاء خشبي للجذر.....74
- الشكل (21-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على سمك اكبر وعاء خشبي للجذر.....75
- الشكل (22-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مساحة اصغر وعاء خشبي للجذر.....76
- الشكل (23-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على محيط اصغر وعاء خشبي للجذر.....77
- الشكل (24-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على سمك اصغر وعاء خشبي للجذر.....78
- الشكل (25-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مساحة اكبر خلية بشرية للساق.....79
- الشكل (26-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على محيط اكبر خلية بشرية في الساق.....80

- الشكل (3-27) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على سمك اكبر خلية بشرية في الساق.....81
- الشكل (3-28) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مساحة اصغر خلية بشرية للساق.....82
- الشكل (3-29) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على محيط اصغر خلية بشرية للساق.....83
- الشكل (3-30) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على سمك اصغر خلية بشرية للساق.....84
- الشكل (3-31) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مساحة اكبر وعاء خشبي للساق.....85
- الشكل (3-32) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على محيط اكبر وعاء خشبي للساق.....86
- الشكل (3-33) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على سمك اكبر وعاء خشبي للساق.....87
- الشكل (3-34) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مساحة اصغر وعاء خشبي للساق.....88
- الشكل (3-35) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على محيط اصغر وعاء خشبي للساق.....89
- الشكل (3-36) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على سمك اصغر وعاء خشبي للساق.....90
- الشكل (3-37) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على كمية اللجنين في الجذر.....91
- الشكل (3-38) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على كمية السليلوز في الجذر.....92
- الشكل (3-39) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على كمية الهيمسيليلوز في الجذر.....93
- الشكل (3-40) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على كمية اللجنين في الساق.....94
- الشكل (3-41) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على كمية السليلوز في الساق.....95
- الشكل (3-42) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على كمية الهيمسيليلوز في الساق.....96
- الشكل (4-1) حلقة معامل ارتباطات المتغيرات المقدره على مرحلة الإنبات.....101
- الشكل (4-2) حلقة معامل ارتباطات المتغيرات المقدره على ثغور أصناف نبات الفول.....103
- الشكل (4-3) حلقة معامل ارتباطات المتغيرات المقدره على صفات جذور نبات الفول.....105
- الشكل (4-4) حلقة معامل ارتباطات المتغيرات المقدره على سيقان نبات الفول.....107
- الشكل (4-5) حلقة معامل ارتباطات المتغيرات المقدره على التحاليل البيوكيميائية لنبات الفول.....109
- الشكل (4-6) حلقة معامل ارتباطات المتغيرات المقدره على كل الصفات للإحصاء الشامل لأصناف الفول.....110
- الشكل (4-7) منحنى توزيع الأفراد.....113

فهرس الجداول

- جدول (1-1) تقسيم نوعيه المياه حسب تراكيز الأملاح.....23
- جدول (2-1) العلاقة بين كمية الحديد و تركيز الكلوروفيل و الإنزيمات المكونة له.....29
- جدول (1-2) تراكيز الملوحة لـ NaCl.....43
- جدول (2-2) تراكيز العناصر الغذائية (Mo, Fe).....43
- جدول (3-2) توزيع تكرارات و معاملات التجربة لصنف واحد.....45
- جدول (4-2) تعريف بالمادة النباتية.....46
- جدول (5-2) المعايير التشريحية المدروسة خلال المرحلة الخضرية.....49
- جدول (1-4) مصفوفة معامل الارتباطات لمختلف المتغيرات المقدره على صفات الإنبات والمعاملة
بـ (Fe, Mo) تحت تراكيز الملوحة.....100
- جدول (2-4) فاعلية المتغيرات المقدره على مرحلة الإنبات المعاملة بعنصري
(Fe, Mo) تحت تراكيز الملوحة.....101
- جدول (3-4) مصفوفة معامل الارتباطات لمختلف المتغيرات المقدره على الثغور والمعاملة بـ (Fe, Mo) تحت
تراكيز الملوحة.....102
- جدول (4-4) فاعلية المتغيرات المقدره على الثغور المعاملة بعنصري (Fe, Mo) في وجود تراكيز الملوحة.....103
- جدول (5-4) مصفوفة معامل الارتباطات لمختلف المتغيرات المقدره على الجذور والمعاملة بـ (Fe, Mo) تحت
تراكيز الملوحة.....104
- جدول (6-4) فاعلية المتغيرات المقدره على الجذور المعاملة بعنصري (Fe, Mo) في وجود تراكيز الملوحة.....105
- الشكل (7-4) مصفوفة معامل الارتباطات لمختلف المتغيرات المقدره على السيقان والمعاملة بـ (Fe, Mo) تحت
تراكيز الملوحة.....106
- جدول (8-4) فاعلية المتغيرات المقدره على السيقان المعاملة بعنصري (Fe, Mo) في وجود تراكيز الملوحة.....107
- جدول (9-4) مصفوفة معامل الارتباطات لمختلف المتغيرات المقدره على التحاليل البيوكيميائية والمعاملة بـ
(Fe, Mo) تحت تراكيز الملوحة.....108
- جدول (10-4) فاعلية المتغيرات المقدره على التحاليل البيوكيميائية المعاملة بعنصري (Fe, Mo) في وجود
تراكيز الملوحة.....109
- جدول (11-4) فاعلية المتغيرات المقدره على كل الصفات للإحصاء الشامل لأصناف نبات الفول.....110
- جدول (12-4) المجموعات التي تم فصلها أثناء تحليل التباين للأصناف المدروسة المعاملة
بعنصر الحديد تحت تأثيرات مختلفة من الملوحة.....116

- جدول (4-13) مقارنة (ف) البيانية بين المتغيرات الأكثر فاعلية أثناء الإنبات و النمو الخضري للأصناف
المعاملة رشا بالحديد تحت ظروف ملحية و التداخل بينهم.....119
- جدول (4-14) المجموعات التي تم فصلها أثناء تحليل التباين للأصناف المدروسة المعاملة
بعنصر الموليبدان تحت تأثيرات مختلفة من الملوحة.....121
- جدول (4-15) مقارنة (ف) البيانية بين المتغيرات الأكثر فاعلية أثناء الإنبات و النمو الخضري للأصناف
المعاملة رشا بالحديد تحت ظروف ملحية و التداخل بينهم.....124
- جدول (16) تحليل التباين ANOVA بين مجموعات معاملات عنصري الحديد و الموليبدان و الشاهد
في الصفات الخمسة.....126

فهرس الصور

صورة (1-2) جهاز المشراح المستعمل Thermo / Microm HM 325 Rotary Microtome50

صورة (2-2) جهاز التصوير المستعمل m-144 - Optika Microscopes50

قائمة المختصرات الواردة في المذكرة و ترجمتها

المختصر	المصطلح باللغة الأجنبية	المصطلح بالعربية
GP	Germination Percent	نسبة الإنبات
GR	Germination rate	سرعة الإنبات
GSI	Stress Index Germination	مؤشر توتر الإنبات
DMSI	Dry Matter Stressed Index	مؤشر توتر المادة الجافة
STI	Salt Tolerance Index	مؤشر توتر الملوحة
SV	Seeds vigor	قوة نشاط البذور
NUES	Number of stomata of upper epidermis	عدد ثغور البشرة العليا
UES	Space of upper epidermal stomata	مساحة ثغور البشرة العليا
CUE	Perimeter of upper epidermal stomata	محيط ثغور البشرة العليا
NLES	number of stomata of lower epidermis	عدد ثغور البشرة السفلى
LES	Lower epidermal stomata space	مساحة ثغور البشرة السفلى
CLE	Periphery of lower epidermal stomata	محيط ثغور البشرة السفلى
SLREC	largest human cell space for a root	مساحة أكبر خلية بشرية للجذر
CLREC	circumference of the largest human root cell	محيط أكبر خلية بشرية للجذر
TLREC	thickness of the largest human root cell	سمك أكبر خلية بشرية للجذر
SSREC	area of the smallest human cell of the root	مساحة أصغر خلية بشرية للجذر
CSREC	circumference of the smallest human root cell	محيط أصغر خلية بشرية للجذر
TSREC	thickness of the smallest human root cell	سمك أصغر خلية بشرية للجذر
SLXR	Larger wooden pot space for the root	مساحة أكبر وعاء خشبي للجذر
CLXR	perimeter of the largest wooden root pot	محيط أكبر وعاء خشبي للجذر
TLXR	thickness of the largest wooden root pot	سمك أكبر وعاء خشبي للجذر
SSXR	space for the smallest wooden pot for the root	مساحة أصغر وعاء خشبي للجذر
CSXR	space for the smallest wooden pot for the root	مساحة أصغر وعاء خشبي للجذر
TSXR	space for the smallest wooden pot for the root	مساحة أصغر وعاء خشبي للجذر
SLSEC	area of the largest human stem cell	مساحة أكبر خلية بشرية للساق

CLSEC	circumference of the largest human stem cell	محيط أكبر خلية بشرية للساق
TLSEC	thickness of the largest human stem cell	سمك أكبر خلية بشرية للساق
SSSEC	area of the smallest human stem cell	مساحة أصغر خلية بشرية للساق
CSSEC	circumference of the smallest human stem cell	محيط أصغر خلية بشرية للساق
TSSEC	thickness of the smallest human stem cell	سمك أصغر خلية بشرية للساق
SLXS	largest wooden pot area for the leg	مساحة أكبر وعاء خشبي للساق
CLXS	circumference of the largest wooden pot leg	محيط أكبر وعاء خشبي للساق
TLXS	thickness of the largest wooden pot for the leg	سمك أكبر وعاء خشبي للساق
SSXS	space for the smallest wooden pot leg	مساحة أصغر وعاء خشبي للساق
CSXS	space for the smallest wooden pot leg	محيط أصغر وعاء خشبي للساق
TSXS	space for the smallest wooden pot leg	سمك أصغر وعاء خشبي للساق
QLR	Quantity of lignin in the root	كمية اللجنين في الجذر
QCR	Quantity of cellulose in the root	كمية السليلوز في الجذر
QHR	Quantity of hemicelluloses in the root	كمية الهيميسليلوز في الجذر
QLS	Quantity of lignin in the leg	كمية اللجنين في الساق
QCS	Quantity of cellulose in the leg	كمية السليلوز في الساق
QHS	Quantity of hemicelluloses in the leg	كمية الهيميسليلوز في الساق
Ndfa	nitrogen derived from atmosphere	النيتروجين المشتق من الغلاف الجوي
Nramp	Natural resistance associated macrophage protein	البروتينات الغشائية المرتبطة بالمقاومة الطبيعية

المقدمة :

إن الأمن الغذائي هو أحد الاهتمامات الرئيسية في الجزائر و في كل دول العالم ، والذي أصبح الاهتمام به أمرا ملحا في ظل النمو السكاني السريع وتغير المناخ الذي يهدد موارد الأرض والمياه و الغطاء النباتي في أجزاء كثيرة من العالم، ولتوفير الأمن الغذائي وجب علينا البحث عن حلول بديلة بزيادة المحاصيل لسد هذا النقص وهذا الاحتياج الغذائي.

يعتبر القطاع الفلاحي في الجزائر قطاعا هاما و استراتيجيا نظرا للدور الذي يلعبه في تحقيق التنمية الغذائية ، التطور الاقتصادي ، الاجتماعي و تنمية المناطق الريفية. كذلك الاستغلال الأمثل للإمكانيات الطبيعية و البشرية و خاصة بعد انخفاض أسعار المحروقات و ما انجر عنه من انخفاض في الاقتصاد و الدخل القومي، حيث عرف هذا القطاع في السنوات الأخيرة تطورا تنظيميا في الجزائر سواء من حيث القوانين أو الهياكل أو البرامج، و تم ذلك وفق مقتضيات التغير الاجتماعي و التحولات الاقتصادية، و مع ذلك مازلنا لم نصل إلى الاكتفاء الذاتي الداخلي وإلى تحقيق التوازن والاستقرار الغذائي، وإلى التصدير لإنعاش الدخل القومي .

تحتل الجزائر رقعة جغرافية معتبرة، غير أن الأراضي الصالحة للزراعة محدودة جدا، حوالي 8 ملايين هكتار صالحة للزراعة مستغلة فقط من المساحة الكلية المخصصة للزراعة و التي تقدر بأكثر من 40 مليون هكتار(المصالح الفلاحية بالوادي، 2020). و تهدد هذه الأراضي عدة عوامل بشرية و بيئية تُضعف و تحد من صلاحيتها للزراعة و تقلل من مساحتها على رأسها مشكلة الملوحة و تملح الأراضي الصالحة للفلاحة، حيث تُعدّ الملوحة من المشاكل الرئيسيّة التي تقلّل من زارعة كثير من المحاصيل الزراعية، فضلا عن أنّها تمثّل إحدى العقبات أمام زيادة الإنتاج الفلاحي، بسبب تأثيراتها السلبية المباشرة وغير المباشرة. ولهذه الظاهرة أسباب عدة تجعل من هذه التربة غير ملائمة لحياة النباتات و نموها. فتتأثر الأراضي الساحلية بمياه البحر و الأراضي المسقية بالاعتماد على الري المستمر بالمياه الجوفية أو المياه الجارية خاصة إذا كان معدل الأمطار غير كاف أو عدم انتظامه في المناطق الجافة و الشبه جافة، كذلك التبخر عن طريق درجات الحرارة المرتفعة يؤدي إلى تراكم الأملاح في التربة وصولا إلى عتبة التحمل وهو أخطر تهديد لهذه التربة و الذي يغير من خواصها الطبيعية و الكيمائية و الحيوية و بذلك ينجم عنه تدهور للأراضي الصالحة للزراعة عن طريق سوء نفاذية المياه و صعوبة تيسرها للنبات مع خفض التهوية في منطقة الجذور فتتأثر بذلك كل العمليات الحيوية الفسيولوجية للنبات ابتداء من الإنبات والمراحل الخضرية إلى مرحلة الإنتاج.

أيضا يؤدي استمرار الري على فترات متقاربة بغية البقاء على المحتوى الرطوبي للتربة قريبا من التشبع إلى فقد في العناصر الغذائية. بغسلها أسفل منطقة الجذور فعادة ما تعوض عند الفلاحين بأسمدة آزوتية وبوتاسية و فوسفاتية للنهوض بالمحاصيل الحقلية لأجل الارتقاء بالإنتاج الزراعي من جهة وتعويض ما تفقده التربة من جهة أخرى إلا أن هذا يعتبر غير كاف للتغذية المثلى للنباتات فلا بد من إعطاء إهتمام بالغ للتسميد بالعناصر الغذائية خاصة الصغرى منها سواء بإضافتها نفعا للبذور أو في المجال الجذري في التربة أو رشا على الأوراق الأمر الذي يحدث توازن جزيئي في التربة و داخل النبات على مستوى بعض العمليات الأيضية . كما يجب إضافتها بمستويات تتلاءم مع مستويات إضافة العناصر الغذائية الكبرى مع الأخذ بعين الاعتبار العوامل الأخرى المؤثرة على النبات من صفات التربة ونوعية مياه الري المستخدمة.

ومن هنا كانت العلاقة بين العناصر الغذائية المعدنية ونوعى مظه الري ذات أهمية كبرى للحصول على المردود الأمثل خاصة عند استخدام مظه مالحة، والتي لها تأثير سلبي على نمو النبات مما يتطلب زيادة إمدادها باحتياجات غذائية متزنة مع العلم أن التسميد بالعناصر الغذائية الصغرى وعلاقتها بمظه الري مازالت لم تحضى بالاهتمام الكافي في الوقت الحالي عندنا في الجزائر.

تشكل البقوليات الجزء المهم في الغذاء العالمي خاصة في الدول النامية حيث من المصادر الغذائية الأساسية للإنسان، فبالنسبة للقول للذول حوض البحر الأبيض المتوسط ، العدس و الحمص لذول أمريكا، الصويا لذول آسيا ، اما البازلاء و الفول السوداني لكل ذول العالم (Zhu et al., 2005).

يعد نبات الفول *Vicia faba.L* من محاصيل العائلة البقولية المهمة و الشاسعة الاستعمال في الجزائر و في أقطار العالم، إذ يعتبر مصدرا غذائيا مهما و أساسيا لشعوب البعض منها، و تكمن هذه الأهمية لاحتواء بذورها على نسبة معتبرة من البروتين والمواد السكرية و النشوية و بعض الفيتامينات و العناصر الغذائية، كما أنها تستخدم في الدورات الزراعية و ذلك لتحسين خصوبة التربة و تزويدها بالعناصر المعدنية و على رأسها الآزوت الذي يثبت عن طريق الجذور ، كذلك تستخدم أيضا علفا للحيوانات سواء بقايا النبات بعد الحصاد أو استخدام بذورها اليابسة مصدرا للبروتين.

تقدر المساحة المزروعة لنبات الفول في الجزائر ب 40361 هكتار و بمحصول قدره 468553 قنطار أي ب مردود قدره 11.6 سنويا تقريبا (المصالح الفلاحية بالوادي، 2020)، و هو إنتاج مازال غير كاف مقارنة بالطلب المتزايد عليه لقيمه الغذائية و الاقتصادية، حيث تعيق زراعته و مردوده عدة أسباب بشرية و مرضية و بيئية

على رأسها ظاهرة الملوحة و التي تأثر على النبات سواء بملوحة مياه السقي أو تملح الأراضي المزروعة مسببة بذلك تراجعاً في الإنتاج . ولقد سارع العديد من الباحثين الفزيولوجيين بدراسات معمقة لإيجاد حلولاً مختلفة لهذه المعضلة كاستعمال طرق جديدة لعملية السقي أو إضافة بعض المواد المحفزة للنمو من هرمونات نباتية و منظمات للنمو و عناصر معدنية. و ذهب آخرون إلى التعديل الوراثي لاكتشاف الجينات المقاومة للملوحة لتحسين أصناف نبات الفول أو بالدراسة التشريحية لأعضاء النبات لمعرفة طرق و مسارات حصول النبات على الماء و الأملاح المعدنية، و رغم هذا لم تصل هذه الأبحاث و الدراسات لحلول مجدية في التغلب على ظاهرة الملوحة لجل المحاصيل الزراعية الهامة.

إن الهدف من هذه الدراسة الانتقائية لأصناف مختلفة من نبات الفول *Vicia faba* L. هو تحدي درجة استجابتهم للمعاملات بالعناصر الغذائية الصغرى (Fe, Mo) و قدرة تحملهم للملوحة متوقعين أن التغذية الكاتيونية بالعناصر الغذائية الصغرى سوف تصحح الأثر السلبي للملوحة خاصة على مستوى بنية الجدر الخلوية الأولية و هذا من خلال تطبيق دراسة مرحلة الإنبات و دراسة تشريحية ميكروسكوبية، و ذلك بهدف إبراز الاختلافات النسيجية التي تتناسب مع الاستراتيجيات الايضية تبعاً للتباينات البنيوية ودراسة بيوكيميائية لأهم البوليميرات (السيليلوز ، الهيميسليلوز و اللجنين) للجدر الخلوية للمجموع الجذري و الهوائي أثناء المرحلة الخضرية تحت الظروف الملحية.

الفصل الأول

الجزء الأول

أثر الملوحة على نمو النبات

1- الإجهاد الملحي:

يعرّف الإجهاد في العلوم الفيزيائية بأنه القوة الضاغطة على وحدة المساحة و التي ينشأ منها إجهاد ، أما في علوم الحياة فإن الإجهاد يعني في الغالب تأثير أي عامل يُخل بالوضعية المعتادة لحياة الكائن الحي (محمد، 1997)، كما يعتبر الإجهاد بالنسبة للنبات عائقاً أمام تحسين المردود ، و بعضه مانعاً لحياة النبات ، لذلك من الضروري فهم الميكانيكية التي يؤثر بها الإجهاد على النبات من أجل وضع إستراتيجية تقلل من تأثيراته . و الإجهاد نوعان، فالأول حيوي و هو ما تعلق بالإجهادات الفسيولوجية داخل النبات، و الثاني لحيوي ناتج عن العوامل الخارجية منها: المائي ، الحراري ، الضوئي ، الملحي ويعامل بعض العلماء أن وجود إفراط في الأملاح المذابة في محلول التربة على أنها نوع من الإجهاد للنبات ، و لذا يسمى إجهاد ملحي stress salin، كما يعتبر الإجهاد الملحي من أهم الإجهادات البيئية التي تؤثر على نمو النباتات وإنتاجها (محمد، 1999).

1-1- تأثير الإجهاد الملحي على النبات :

يَنشأ الإجهاد الملحي نتيجة ذوبان نوع من الأملاح أو أكثر في التربة أو في المياه، وتتكون الأملاح الذائبة عادة من الصوديوم والكالسيوم والمغنسيوم و الكلوريد والكبريتات بصفة أساسية ومن البوتاسيوم والبيكربونات والنترات والبورون بصفة ثانوية. وقد قسم Levitt, 1980 أضرار إجهاد أملاح الصوديوم إلى :

* **أضرار الإجهاد الابتدائي** : ينشأ بشكل مباشر نتيجة تأثير الأملاح على نفاذية الأغشية أو ينشأ بشكل غير مباشر نتيجة عدم الاتزان في أيض (Métabolisme) النبات.

* **أضرار الإجهاد الثانوي** : حيث لا ينشأ من الشد الذي يحدثه ذلك الإجهاد ولكن ينشأ بسبب إجهاد آخر (الإجهاد الثانوي) يكون النبات قد تعرض له، فقد يتعرض النبات لإجهاد ملحي ولكن لا يغير في نمو النبات بصورة مباشرة بل يسبب إجهاد آخر مثل الإجهاد الجفافي على النبات، حيث أن زيادة الأملاح في بيئة الجذور تقلل من امتصاص الجذور للماء نظراً لنقص جهد المجال الجذري وعند زيادة معدل النتح على معدل امتصاص الماء لفترة زمنية، يؤدي ذلك إلى تعرض النبات إلى إجهاد جفافي. وتسبب الأملاح نوعين من الإجهادات وهي :

أ- أثر الملوحة على الإجهاد الأسموزي:

يسمى الإجهاد الفسيولوجي أيضا بإجهاد الجفاف الفسيولوجي حيث أن هناك دراسات عديدة تشير إلى تأثير الأملاح على إنبات بذور النباتات الملحية وغير الملحية يرجع إلى التأثير الأسموزي، وذلك عن طريق تثبيط تشرب البذور للماء نتيجة الأملاح وهذا نظرا لانخفاض الجهد المائي للمحلول الملحي (Levitt, 1980).

ب- أثر الملوحة على التغذية المعدنية:

يسبب الإجهاد الملحي نقص كبير في محتوى أنسجة النباتات الغير المحبة للملوحة لعدد من العناصر المعدنية (Levitt, 1980). فقد وُجد أن أوراق السبانخ قد حدث بها نقص في عناصر الكالسيوم ، المغنيزيوم و البوتاسيوم نتيجة لزيادة أملاح الصوديوم ، وإن زيادة أيون الكلور في المجال الجذري أدى إلى نقص كبير في كمية النترات في أوراق الطماطم وهذا ما أشار إليه Feigin, 1985.

تؤثر الأملاح على العديد من العمليات الفسيولوجية داخل النبات في مرحلة الإنبات ومراحل النمو والشكل الظاهري والتركيب التشريحي وعلى بعض العمليات الأيضية والفسيولوجية وعلى العلاقات البيئية والتبادل الغازي والتغذية المعدنية والمظاهر البيولوجية ، ولذلك فإن معرفة استجابة النباتات للإجهاد الملحي مهم جدا للدراسات الزراعية والفسيولوجية والبيئية وغيرها . و تختلف النباتات من حيث قدرتها على البقاء و إنتاج المحصول إذا ما زرعت في أراضي ملحية، حيث توجد أوضاع يتحتم فيها التعايش مع مشكلات الملوحة وذلك في المناطق التي يكون مصدر الري الوحيد هو المياه المالحة. وهناك العديد من الدراسات التي تتحدث على التحمل النسبي لمختلف المحاصيل لملوحة التربة ، ومعلوم أن مدى احتمال المحاصيل للملوحة ليست خاصية ثابتة لنوع محصولي معين، كما أنها تختلف تبعا لمراحل نمو المحصول والظروف المناخية (حامد الصعيدي، 2005).

1-2- أثر الإجهاد الملحي على النمو الخضري والجذري:

تعمل الملوحة حسب Udoveko et al., 1974 على تقزم السيقان الرئيسية وتقلل تكوين الفروع الجانبية الحاملة للأوراق، حيث تكون هذه الأوراق قليلة العدد صغيرة الحجم والمساحة مما يؤدي إلى ضعف كل من النمو الخضري والجذري في الحجم والوزن للنبات والسبب واحد أو أكثر من العوامل التالية:

* منع النشاط المرستيمي ووقف استطالة خلايا القمم النامية مما يؤدي إلى تقزم النبات.

* منع النشاط المرستيمي للقمم النامية والأنسجة المرستيمية في مثل البراعم الجانبية وعدم تكشفها وتحولها إلى نموات خضرية كالفروع أو الزهرية كالأزهار و النورات.

* منع النشاط الكامبيومي في كل من السيقان والجذور مما يسبب عدم زيادة السمك في كل منهما، كذلك عدم زيادة حجم الخلايا المرستيمية الحديثة ومنع تحولها إلى الخلايا البالغة البرانشيمية مما يسبب ضعف النمو العام للنباتات.

* عدم انتظام النشاط المرستيمي نتيجة نقص الماء داخل النبات لعدم الاتزان المعدني أو لعدم امتصاص الغذاء العنصري واستغلال العناصر الغذائية في عملية التمثيل و الأيض.

* تداخل أرنونات الكلوريد وكاتيونات الصوديوم في عملية تنظيم عمل الجهاز الثغري في الأوراق النباتية ومعاكستها في عملية النقل للثغور مسببة زيادة الفقد في الماء الداخلي مما يسبب ظهور أعراض الجفاف مثل الذبول.

1-3- تأثير الإجهاد الملحي على النشاط الفيزيولوجي:

يعتبر جهاز التركيب الضوئي هو أول عامل يتأثر بالملوحة (حامد الصعيدي، 2005) والذي يعتبر مركز تمثيل الغذاء، و هذا التأثير يسبب اضطرابات العمليات الأيضية على مستوى الخلايا (Levigneron et al., 1995). كما يؤدي التراكم الملحي الداخلي عموماً إلى تحطيم البنية الغشائية للعضيات الخلوية، وتعتبر البلاستيدات الخضراء أكثر هذه العضيات حيوية لتراكم الأملاح، حيث يلاحظ في النباتات المقاومة مقارنة بالنباتات الحساسة انتفاخ و اختلال في نظام لجرانا والصفائح يصل إلى تحلل البلاستيدة في التراكيز العالية وعند التعرض للملوحة مطولاً (Poljakoff-Mayber, 1975). كما يؤدي الملوحة إلى انكماش الميتوكوندريا حيث تنتفخ الأعراف وتلتف بشكل حلزوني، إلى جانب تأثيره على النشاط النتحى بفعل انخفاض الجهد المائي للأوراق (Alarcón et al., 2000)، مما ينقص من النشاط الضوئي (Cramer et al., 1985).

يؤدي التوتر المائي الناتج عن الملوحة إلى انغلاق الثغور وارتفاع مقاومة انتشار CO_2 التحت الثغري فيقل تركيزه في النبات (حامد الصعيدي، 2005)، كما لوحظ تأثير الملوحة على نشاط بعض الإنزيمات، مثل إنزيمات الليباز Enzymes lipases التي يزداد نشاطها في البلاستيدات الخضراء، مما يؤدي إلى اختلال نظام الأغشية وتحطيم

الغرف الخلوية هذا مالا يلاحظ في النباتات المقاومة بفضل مقاومة أغشية بلاستيداتها للجفاف وتراكم المواد المنحلة (Bigot, 1979).

1-4- القواعد الرئيسية لسمية كلوريد الصوديوم NaCl:

يمكن أن تسبب التركيزات العالية من عنصر الصوديوم Na^+ في البراعم مجموعة من الإعاقات الاسموزية و الايضية للنباتات. الأوراق أكثر عرضة من الجذور لسمية Na^+ ، وذلك لأن أيونات الصوديوم Na^+ و الكلور Cl^- تتراكم بتراكيز أعلى في البراعم منها في الجذور، إذ تعمل الجذور على الحفاظ على مستويات ثابتة إلى حد ما من NaCl مع مرور الوقت ، ويمكنها تنظيم مستويات NaCl عن طريق نقله إلى التربة أو إلى السيقان. يتم نقل Na^+ إلى البراعم في تيار النتح السريع الحركة في نسيج الخشب ، ولكن لا يمكن إرجاعه إلى الجذور إلا عبر اللحاء. كما أن هناك أدلة محدودة على إعادة تدوير واسعة النطاق لعنصر Na^+ من البراعم إلى الجذور ، مما يشير إلى أن نقل عنصر Na^+ هو إلى حد كبير أحادي الاتجاه ويؤدي إلى تراكم تدريجي لـ Na^+ مع تقدم دورة حياة النبات. و تنتج السمية الأيضية لـ Na^+ من قدرتها على التنافس مع K^+ في مواقع الربط الضرورية لوظيفة الخلية. حيث يتم تنشيط أكثر من 50 إنزيمًا بواسطة K^+ ، ولا يمكن لـ Na^+ استبداله في هذا الدور (Bhandal et al., 1988)، وبالتالي يمكن أن تؤدي المستويات المرتفعة من Na^+ إلى تعطيل العمليات الإنزيمية المختلفة في السيتوبلازم. علاوة على ذلك ، يتطلب تخليق البروتين تركيزات عالية من K^+ ، بسبب متطلبات هذا الأخير لربط الحمض الريبي النووي ARN المرسل إلى الريبوسومات (Blaha et al., 2000)، وربما جوانب أخرى من وظيفة الريبوسوم (Wyn et al., 1979). فيبدو بذلك أن تعطيل تخليق البروتين يكون بواسطة تركيزات مرتفعة من Na^+ .

1-5- أثر الملوحة على الجدار الخلوي:

من الصعب قياس التغييرات في تكوين جدار الخلية التي تحدث استجابةً للمعاملات الملحية، وذلك لأن التركيب الكيميائي لأنسجة الجذر و الساق يختلف بالفعل بشكل كبير عبر العديد من طبقات الخلايا ، كما يتغير أثناء البناء و النمو (Henry et al., 2016). بالإضافة إلى ذلك ، تنتشر مناطق النمو في الجذر مع الملوحة ، مما يُعقّد المقارنة المباشرة عندما يتم قياس الأنسجة و المسافات بينها عند طرف الجذر (Shelden et al., 2016). جميع الخلايا النباتية محاطة بجدار خلوي أولي قابل للتمدد ، والذي يحتوي على السليلوز والبكتين والسكريات غير السليلوزية. يتم إنتاج جدران الخلايا الثانوية عندما تتوقف الخلية عن التمدد ، وتكون أكثر صلابة وسمكًا من

الجدار الأساسي. تحتوي بشكل عام على المزيد من السليلوز ويمكن أن تزيد من تراكم اللجنين والسوبرين. يختلف تكوين جدار الخلية في أحاديات و ثنائيات الفلقة وحتى بين الأنواع النباتية. اعتمادًا على الأنواع النباتية وأنسجة العضو المكون لهذه الخلايا (Byrt et al., 2018).

تحدث تغييرات في التركيب الكيميائي لجدران الخلايا الجذرية استجابةً لمعاملات الملوحة، وقد لوحظت هذه التغييرات في كل من النباتات المزروعة والمحاصيل. على سبيل المثال زاد نشاط إنزيم بيروكسيداز Peroxidase لجدار الخلية في القمح وزادت معه كمية اللجنين (Jbir et al., 2001). تغير الترتيب الهيكلي لألياف السليلوز الدقيقة في جدران خلايا البشرة بالذرة الرفيعة *Sorghum bicolor* L. استجابةً للملوحة، وأصبحت أقل توازيًا. في القطن *Gossypium hirsutum* L. انخفضت كمية السليلوز وازدادت كمية حمض اليورونيك Uronic acid استجابةً للمعاملات الملحية أيضًا. انخفض محتوى الهكتين في قمة الجذر عند فول الصويا *Glyxine max* وتطور شريط كاسير في البشرة الداخلية (الاندوديرم) عند الذرة *Zea mays* L. بالقرب من قمة الجذر استجابةً للملوحة. يمكن تصنيف جميع تغييرات جدار الخلية المذكورة أعلاه على نطاق واسع إما إلى تغييرات عامة في التركيب الكيميائي العام لجدار الخلية، أو إلى تغييرات موضعية. وتشمل التغييرات الموضعية تغييرات في جدار الخلية لأنواع معينة من الخلايا، مثل طبقات الخلايا لشريط كاسير، و البشرة الداخلية والخارجية أو الخلايا المتخصصة الأخرى التي يتم تعديلها استجابةً للإجهاد الملحي (Byrt et al., 2018).

1-6- أثر الملوحة على السليلوز و الهيميسليلوز و اللجنين:

يؤدي التعرض للملوحة إلى تغيير بناء وهيكل السليلوز، حيث أحدثت الملوحة للذرة الرفيعة *Sorghum bicolor* تغييرات هيكلية في ترتيب ألياف السليلوز الدقيقة في أطراف الجذر (Koyro, 1997)، وفي نبات الأرابيدوبسيس *Arabidopsis thaliana* يؤدي الإجهاد الملحي إلى إزالة الروابط بين الأنابيب في السيتوبلازم، وبالتالي تتم إزالة الروابط بين ألياف السليلوز من غشاء البلازما. ولا يكون غريبًا أن تكون النباتات التي تعاني من نقص في السليلوز أكثر حساسية للأملاح، أو قد تكون إزالة البلمرة نتيجة لعملية خلوية منسقة بالكامل. تم الكشف عن وظيفة البروتينات المشاركة في تثبيت معقدات تصنيع السليلوز على أنها مهمة في التعامل مع الإجهاد الملحي والاسموزي من خلال المساعدة في إعادة تجميع الأنابيب الدقيقة (Endler et al., 2015).

لا تتأثر ألياف الهيميسليلوز بتركيز الملوحة الضعيفة، بل تزيد من كتلتها في جدر الخلايا النباتية. بين Mustard et Renault, 2004 في تجربته م على نبات القرانيا *Cornus* والذي عاملوه بتركيز من ملوحة كلوريد

الصوديوم (0، 20 و 50) ملي مول أنه لم تتغير مرونة جدار الخلية لأنسجة بعد علاجات كلوريد الصوديوم ، مما يشير إلى أن التعديل المرن لم يلعب دورًا في آلية التكيف. زاد محتوى جدار الخلية من الهيميسليلوز في الشتلات المعالجة بالملوحة. وكان السكر الأساسي الموجود في جزء هيميسليلوز جدار الخلية هو Xylose (سكر الخشب). كما يفسر هذا بان التراكيز الضعيفة من الملوحة تزيد من صلابة الجد الخلوية.

اللجنين عبارة عن بوليمر فينولي معقد يضيف القوة والصلابة في بناء جدران الخلايا الثانوية ، مما يؤدي إلى القدرة على تحمل قوة الجاذبية والإجهاد الميكانيكي والضغط السلبي الناتج عن النتح أو الناتج عن الاجهادات الحيوية و لحيوية. تلعب الألياف الرفيعة للجنين دورا مهما في جدر الخلايا النباتية، حيث تتخفض غلة المحاصيل بسبب الانخفاض الكبير في محتوى اللجنين، وتشمل الآثار السلبية الأخرى التي لوحظت في النباتات ذات المحتوى المنخفض من اللجنين بتقليل البقاء على المدى الطويل لبعض الأنواع المعمرة (Bonawitz et al., 2010). تتأثر ألياف اللجنين بالملوحة و تتناقص كميتها في جدر خلايا النباتات حسب تراكيز أوساط النمو. في دراسة قام بها كل من Nabati et al, 2014 على نبات القضاض المكسي (*Bassia scoparia*) والمعامل بتراكيز من المياه المالحة (5.2، 10.5، 23.1) $dS m^{-1}$ ، حيث أدت زيادة مستويات الملوحة إلى $10.5 dS m^{-1}$ لكل متر مكعب إلى خفض نسبة اللجنين في الساق (1.2) والأوراق (2.2) والنبات الكامل (5.9)، و كان الارتباط بين نسبة اللجنين الكلي وسماكة البشرة والألياف الوعائية موجبًا.

2- أثر الملوحة على إنبات و نمو البقوليات :

إن إنبات البذور هو مرحلة حرجة خلال دورة حياة النبات، فتؤثر الملوحة على إنبات البذور من خلال التأثير السام للأيونات على جنين البذرة وتنشيط امتصاص الماء (Farooq et al., 2015). فبذور النباتات البقولية هي الأخرى تؤثر عليها ملوحة الوسط، حيث ذكر كل من Shu et al., 2017 أن الإجهاد الملحي يمنع إنبات بذور فول الصويا عن طريق تقليل نسبة هرمون الجبرلين (GA) إلى هرمون حمض الأبسيسيك (ABA). و وجد Kumar, 2017 بأن الملوحة تقلل من إنبات ونمو شتلات نبات فول الصويا *Glycine max* . و لاحظ كل من Ma et al., 2017 أن كلوريد الصوديوم يؤثر سلبيًا على إنبات البذور في نبات البرسيم *Medicago sativa*. كما وجد كل من Haileselasie et Teferii., 2012 أن الإجهاد الملحي يؤثر بشدة على إنبات ونمو الحمص. وبالمثل لاحظ انخفاض بنسبة 50% في إنبات البذور بسبب زيادة مستوى الملوحة إلى 180 ملي مول كلوريد الصوديوم في نبات الفاصوليا *Phaseolus vulgaris* L. ، كما لوحظ في البقوليات حساسية أعلى للإجهاد الملحي خلال مراحل البادرات والنمو أكثر من مرحلة الإنبات (Al-Mutawa, 2003).

تأثر الملوحة بمختلف تراكيبها الكيميائية و تراكيزها المتزايدة على العائلة البقولية في كامل أجزاء النبات مثلها مثل باقي العائلات النباتية الأخرى، غير أنها تتميز بوجود العقد الجذرية الخاصة بتثبيت النيتروجين الجوي N_2 إلى غاز الأمونيا NH_3 بعلاقة تعايشية مع بكتيريا الرايزوبيوم (Rhizobium)، و أن هذه العلاقة التعايشية تتطلب أمرين أساسيين ، فالأول يتمثل في تجمع البكتيريا حول الجذر و التصاقها به، و الثانية في اختراق و إصابة الشعيرات الجذرية. إن الإجهاد الملحي يؤثر كثيرا في هاتين العمليتين و من ثم يؤثر في تثبيت النيتروجين الجوي من خلال تقليل عدد و وزن العقد الجذرية (Singleton et al., 1982).

إن نسبة الانخفاض في تكوين العقد على جذور نبات الحمص كان 51%، 60%، 80% و 100% عند مستويات الملوحة (4، 5، 6، 7 و 8) ديسي سيمنز/م⁻¹ على التوالي ، كما انخفض معدل الوزن الجاف للعقد الجذرية بزيادة مستوى الملوحة إذ بلغ معدل وزن العقد الجاف (1.9، 1.35، 0.94، 0.91) ملغم عقدة جذرية⁻¹ للمستويات الملحية (0، 1، 3 و 4) ديسي سيمنز. م⁻¹ على التوالي. و إن الانخفاض في عدد و وزن العقد الجذرية لنبات فول الصويا بلغ 50% عند المستوى الملحي 34.2 ملي مول/التر من ملح NaCl (Elsheikh et Wood., 1995).

وجد كل من Bordeleau et Prévost., 1994 أن النباتات البقولية تكون حساسة للجهد الازموزي أكثر من الأحياء المتعايشة (Rhizobium) التي تكون بتماس مع العائل البقولي ويمكن أن تقاوم المستويات العالية من الملوحة وتكون قادرة على تكوين العقد الجذرية عند عزلها من مناطق ذات بيئات قاسية ، كما أن اغلب البقوليات تقاوم الملوحة المعتدلة مع انخفاض في النمو ناتج عن وجود ايونات Na^+ و Cl^- في أنسجة النبات وتأثيراتها السمية وفي تثبيط عمل الإنزيمات.

3- تأثير الملوحة على نبات الفول *Vicia faba* L.:

يعتبر نبات الفول من النباتات الحساسة للملوحة ولذا فإن نموه في الأراضي الملحية ينتج عنه خسارة للمحصول، كما تعدّ الملوحة عاملاً رئيسياً من العوامل التي تؤثر في انخفاض نسبة إنبات البذور ونمو البادرات و المرحلة الخضرية لنبات الفول، و ذلك بسبب التأثير السمي لشوارد Na^+ و Cl^- و إلى زيادة ارتفاع الضغط الحلولي في الوسط، وفي كمية النيتروجين المثبت عن طريق عقده الجذرية و منه على العمليات الفسيولوجية لنبات الفول. وقد وجد دانيال، 2012 في تجربته على إنبات بذور نبات فول الصويا المعامل بتركيز من ملوحة NaCl (0، 50، 100، 150، 200) ملي مول أن النسبة المئوية للإنبات انخفضت مع ازدياد تركيز NaCl في الوسط المستخدم،

و انه تناقص متوسط أطوال الجذور ومتوسط أطوال السويقات في البذور النابتة، وكثافة المجموع الجذري وطول البادرة النامية في الأنبوب مع زيادة تركيز NaCl الوسط وذلك في الصنفين المستخدمين. وقد أوضح كل من التحافي و آخرون،، 2013 أن الري بمياه مختلفة التراكيز من الملوحة له تأثيراً واضحاً على نمو نبات الفول و إنتاجه، حيث وجدوا أن أعلى معدل لارتفاع النبات و عدد الأفرع و الوزن الجاف للمجموع الخضري و عدد القنات و عدد البذور في القرنة و كمية الحاصل عند الري بمياه الحنفية (1.2 dsm^{-1}) مقارنة مع استخدام مياه ذات ملوحة (6.6 dsm^{-1}) التي أعطت أقل معدل لصفات النبات المدروسة. درس Cordovilla et al., 1996 كفاءة بكتريا الرايزوبيوم *Rhizobium* مع نبات الفول عند مستويات ملحية مختلفة من كلوريد الصوديوم و هي (0، 50، 75، 100) mM إذ عملت الزيادة في التراكيز الملحية على خفض وزن العقد الجذرية و عددها.

وجد كل من Akhtar et Hussain., 2009 عند ري نبات الباقلاء العلفية (*Vicia Sativa L.*) بمياه ذات مستويات ملحية (5، 10، 15 ds.m^{-1}) بالإضافة إلى مياه الحنفية، و الهزروعة في أصص أن الري بمياه ذات مستوى 5 dsm^{-1} لم تختلف م عنويا عن الري بمياه الحنفية في طول النبات و الوزن الجاف للمجموع الجذري والخضري إلا إنها تفوقت عن المستويين (10 ، 15) ds.m^{-1} .

4- ملوحة التربة:

تُعرّف ملوحة التربة بأنها الزيادة و التراكم للأملاح الذوابة في الماء و أيوناتها في التربة فوق عتبة السمية في منطقة جذور النبات، و تصل هذه الزيادة إلى الحد الذي يؤثر على نمو النبات و تراجع محصوله. حيث أن الآلية السائدة التي تسبب تراكم الأملاح في التربة في مناطق الجذور هي فقدان الماء من خلال التبخر حيث يتبخر الماء فقط تاركا الأملاح (FAO et ITPS., 2015). وترتبط مشكلة التملح بعدة عوامل منها الظروف المناخية والهيدرولوجية والطبوغرافية وغيرها، ويتراكم عدد كبير من الأملاح في الترب المتأثرة بالملوحة نتيجة تبادل اتحاد الأيونات التالية: الكلوريدات ، الكبريتات ، الكربونات ، البيكربونات ، النترات ، الكالسيوم ، الماغنسيوم ، الصوديوم والبيوتاسيوم، وتختلف هذه الأملاح من حيث النوعية والكمية في المناطق الجافة والتي في معظمها ذائبة لذا فإنها تتحرك بسهولة في التربة لتكون في بعض الأحيان قشرة من الأملاح، مما ينتج عنها تأثيرات ضارة بالنباتات نتيجة ارتفاع تركيز الصوديوم المتبادل (Kaledhonkar et al ., 2006). وتنتج مشكلة الملوحة من أملاح ماء الري ذو النوعية الودية أو بسبب ارتفاع الماء الأرضي، وفي المناطق المروية الجافة قد تحدث هاتين العمليتين معا، وتعتبر وسيلة لنقل الأملاح أثناء حركتها تحت سطح التربة ، ويمكن اعتباره العامل الرئيسي الناقل للأملاح في كثير من

المناطق الجافة وشبه الجافة. كما تتكون القشور الملحية نتيجة لتراكم الأملاح على سطح التربة، وهي مشكلة شائعة في الترب الملحية و القلوية (عائشة و آخرون، 2017). و تنقسم أسباب تملح التربة إلى قسمين:

*السبب الأول طبيعية تنتج من قلة الأمطار السنوية و الحرارة العالية في المناطق الجافة و شبه الجافة، أو انتقال مياه البحر للتربة في المناطق القريبة منه أو بفعل عامل التجوية و الترسيب.

* السبب الثاني يعود للعامل البشري بطرق الري الغير مناسبة أو السقي بالمياه الجوفية الرديئة والتسميد المتكرر لهذه الترب. وتقاس ملوحة التربة بواسطة جهاز التوصيل الكهربى Electrical conductivity (Ec) الذي يعطي قراءة بوحدة المليموز/سم:

قراءة الجهاز (0-2) مليموز/سم يعني أن الملوحة التي تتواجد في التربة أو ماء الري لا تشكل أي خ طر على النباتات و بهذه الحالة تزرع جميع النباتات بدون مشاكل.

قراءة الجهاز (2-4) مليموز/سم يعني أن الملوحة منخفضة إلى لمتوسطة، و يمكننا زراعة النباتات بكافة أنواعها ما عدا الحساسة للملوحة مثل الفجل و الفاصوليا و الفراولة.

قراءة الجهاز (4-8) مليموز/سم يعني أن الملوحة مرتفعة و هنا يمكننا زراعة النباتات المقاومة للملوحة فقط مثل السبانخ و البنجر.

قراءة الجهاز أكبر من 8 مليموز/سم يعني هذا أن التربة مالحة جدا لا يمكن زراعة النباتات بها إلا بعد معالجتها و جعلها صالحة للزراعة (FAO, 2018).

5- ملوحة مياه الري:

يعد الماء الهيسر المعيار الأساس لمعرفة قابلية التربة على تجهيز النبات بالماء اللازم لنموه وبناء أنسجته، ويعرفه المختصون بأن ذلك الجزء من ماء التربة المحصور بين حدي السعة الحقلية Field capacity والذبول الدائم Permanent wilting أو ذلك الجزء من ماء التربة الممسوك من قبل حبيباتها بشد يتراوح بين 33 و 1500 كيلو باسكال. تتأثر كمية الماء الهيسر في التربة بمجموعتين من العوامل، الأولى تشمل على مجموعة العوامل التكوينية الأصلية Inherent Factors أهمها نسج التربة وعمقها ووجود أو غياب طبقات مخلقة البنية في محتواها، في حين تشمل المجموعة الثانية على مجموعة من العوامل المتغيرة أو المكتسبة Dynamic Factors أهمها المادة العضوية و كثافة التربة وتركيز الأملاح فيها (احمد و مشعل، 2012).

يشير مصطلح ملوحة مياه الري إلى تركيز الأملاح في الماء أو التربة، إذ تحتوي المياه الطبيعية على أملاح مثل الصوديوم، والمغنيسيوم، والكالسيوم، وكلوريد الصوديوم الذي يعد من أكثر أنواعها انتشاراً، ويعد المكون الرئيسي لمياه البحر، حيث حاول عديد من الباحثين وضع تقسيم لملوحة المياه من حيث صلاحيتها للاستعمال في أغراض الري، وبالرغم من اختلاف هؤلاء الباحثين في حدود هذا التقسيم إلا أنهم جميعاً راعوا أسساً عامة في وضع هذه التقسيمات التي تعتمد عليها المياه الجوفية أو المياه السطحية ذات الملوحة العالية نسبياً و من بين هذه التقسيمات التقسيم الروسي ويتلخص في الجدول الآتي (1-1) : (عبد الناصر، 2015)

الجدول (1-1) تقسيم نوعيه المياه حسب تراكيز الأملاح (عبد الناصر، 2015)

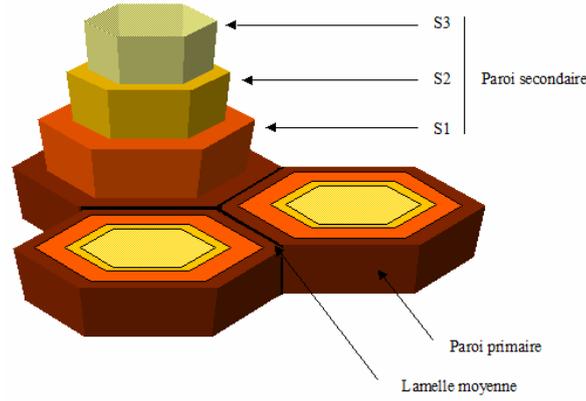
نوعية المياه	محتوى الأملاح في مياه الري
نوعية جيدة يمكن استعمالها بالطريقة الملائمة و بدون خطر تكوين ملوحة في التربة	0.2 - 0.5 غ/التر
تستعمل هذه المياه بحذر فقد يسبب استمرار استعمالها ملوحة التربة	1 - 2 غ/التر
لا تستعمل هذه المياه للري إلا إذا توفر نظام صرف كفاء مع الغسيل من حين لآخر و تستعمل في أراضي ذات تربة رملية	3 - 7 غ/التر

إن الاستعمال العشوائي للمياه المالحة تؤدي إلى نتائج سلبية على التربة و المحصول من خلال سمية بعض الايونات عند زيادة تركيزها في مياه الري كالصوديوم و الكلوريد، كذلك إن تراكم الأملاح في التربة يؤدي إلى زيادة الضغط الاسموزي واختلال التوازن الغذائي، وعليه عند استعمال هذه المياه يتطلب إيجاد طرق ووسائل لغرض الاستعمال الناجح لها دون التأثير السيئ في إنتاجية الأرض وتلوث البيئة (دريد و عبد سراب، 2017).

6- الجدار الخلوي

تتميز جميع الخلايا النباتية بإحاطتها بجدار خلوي واضح يتركب من عدة ألياف مترابطة من متعدد السكريات و البروتينات السكرية و مركبات فينولية (Darvill et al., 1980 ; Fry, 1988). و مع ذلك فإن طبيعته و تكوينه يختلفان اختلافاً كبيراً يعتمد على الأنواع النباتية و تركيب الأنسجة فيها، كذلك على عمر الخلايا و مكان تواجدها في النبات، و على مستوى تمايزها و وظيفتها.

تتطور بنية الجدار وفقاً لمرحلة تطور الخلية و يتميز عموماً بثلاثة أجزاء، الصفيحة المتوسطة، الجدار الأولي و الجدار الثانوي



شكل (1-1) رسم تخطيطي للجدار الخلوي (Aurélie, 2009)

1-6- الجدار الأولي:

و هو الجدار الموجود في الطبقة الخارجية للخلية و لا يكون ملاصقا تماما بالخلية المجاورة حيث توجد هناك صفيحة متوسطة middle lamella تفصل بينهما (Roland, 1980).

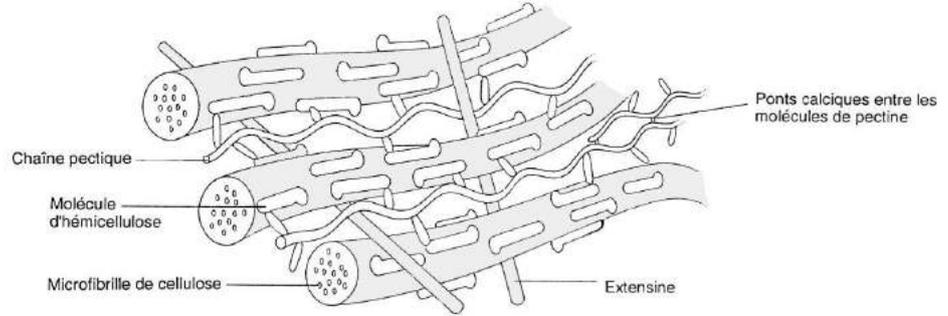
2-6- الجدار الثانوي :

وهو جدار إضافي يوجد في خلايا متخصصة و يوازي السطح الداخلي للجدار الأولي، يعزى له تثخن جدار الخلية (صلابة الجدار) في بعض الأنسجة . عندما تتم عملية تكوين الصفيحة المتوسطة و الجدار الأولي تبقى فتحات بين الخلايا تسمى بالنقر Pits حيث تسمح بمرور المواد الستوبلازمية و خيوط البلازموذوما Plasmodesmata بين الخلايا المتجاورة (Roland, 1980).

3-6- التركيب الكيميائي للجدار الأولي:

هناك نمطان من التركيب وتنظيم الجدار الأولي، النمط الأول الذي يشمل أغلب النباتات ثنائية الفلقة وبعض من أحادية الفلقة ، يعتبر الهيميسليلوز مع نسبة عالية من البكتين الألكس من تركيبه. أما النمط الذي يخص أحاديات الفلقة فيتميز بنسبة قليلة من البكتين (حوالي 5%)، يتم تمثيل الجزء الرئيسي من الهيميسليلوز، المرتبط غالبا بالمجموعات الفينولية بواسطة glucuro arabinoxylans و التي يمكن أن تمثل ما يصل إلى 70% من الكتلة الجدارية . الجدار الأولي يتكون من ثلاث مركبات أساسية من السكريات المتعددة وهي (السليولوز ، الهيميسليلوز و البكتين)، هذه المركبات مترابطة مع بعضها مكونة شبكة من الألياف حيث ترتبط الألياف السليلوزية بالهيميسليلوزية من خلال العديد من الروابط غير التساهمية (الروابط الهيدروجينية) و بالتالي تشكل الجزء الأول

من هذه الشبكة التي تضمن و تتحكم في القوة بمرونة ميكانيكية معينة و ينظم (Carpita, الديناميكا الجداري 1996).



الشكل (1-2) التمثيل التخطيطي للربط البيني للمكونات الجدارية للنباتات ثنائية الفلقة (Taiz et Zeiger, 1991).

4-6- دور الأغشية و الجدر في مقاومة الملوحة

يتحكم في المحافظة على مستوى منخفض من الأيونات غير العضوية في المجموع الخضري عدد من عمليات النقل عبر الأغشية في الجذر و الساق و الأوراق. يعمل نبات الشعير *Hordeum vulgare* على تراكم Na^+ في الفجوات العصارية لخلايا قشرة الجذر، و يحافظ السيتوبلازم على مستوى مرتفع من K/Na ، و لغشاء الفجوة العصارية دور مهم في المحافظة على هذا الاتزان الأيوني بين الفجوة العصارية و السيتوبلازم (Lauchli, 1984)، و يرجع هذا الاختلاف في توزيع Na^+ و K^+ إلى الاختيار في امتصاص K^+ و خروج Na^+ عند الغشاء البلازمي، و كذلك عند التبادل الأيوني بين K و Na عند غشاء الفجوة العصارية (علي، 2006).

يُراكم نبات الفاصوليا *Phaseolus coccineus* Na^+ في خلايا قاعدة الجذر (الجزء البعيد عن طرف الجذر)، و تصل كمية الصوديوم في الجزء من الجذر إلى أكثر مما هو موجود في الأوراق و طرف الجذر. و يرى Lauchli, 1984 أن للخلايا الناقلة في هذه المنطقة دورا مهما في التحكم في نقل Na^+ إلى المجموع الخضري. و يتميز نبات الفاصوليا بزيادة النسبة بين Na/K في خلايا برانشيمية الخشب مقارنة بأوعية الخشب التي تكون فيها النسبة بين هذين الأيونين هي الوحدة. و قد أعزى هذا الأخير أن تراكم Na^+ في خلايا برانشيمية الخشب راجع إلى امتصاص هذه الخلايا Na^+ من أوعية الخشب بالتبادل مع K^+ ، و يتم ذلك عن طريق الغشاء البلازمي للخلايا الناقلة، و كذلك قد يكون لغشاء الفجوة العصارية لخلايا برانشيمية الخشب دور في التبادل الأيوني بين Na^+ و K^+ وهذا التبادل يسمح بتراكم Na^+ في الفجوات العصارية لخلايا برانشيمية الخشب.

6-5- أهمية التركيب الكيميائي لغشاء خلايا الجذر

للتركيب الغشائي لخلايا الجذر دور مهم في مدى مقاومة النباتات للأملاح بالاستبعاد عن طريق السترولات الحرة free sterols، و التي هي جزء من تركيب الغشاء البلازمي و غشاء الفجوة العصارية، لها دور مهم في ثبات الأغشية و لها دور مهم في نقص النفاذية غير النشطة للأيونات غير العضوية عبر الأغشية. في حين تكون مشتقات السترولات غير فعالة في هذه الناحية. و قد يكون للمحتوى المرتفع من السترولات الحرة دور مهم في مقاومة النبات للأملاح ، فمثلا تتميز الأصناف من العنب الأقل مقاومة للأملاح بانخفاض نسبة السترولات الحرة في خلايا الجذر مقارنة بالأصناف الأكثر مقاومة (Kuiper, 1985). يؤثر الإجهاد الملحي على نسبة السترولات الحرة و مشتقاتها، فمستواها لجذور النبات الملحي لا يتغير عند تعرضه للملوحة، و ينقص تركيزه في النبات الحساس للأملاح (علي، 2006).

الفصل الأول

الجزء الثاني

أهمية الحديد و الموليبدان للنباتات

1- عنصر الحديد (Fe)

1-1- تواجد عنصر الحديد في التربة:

يتوفر الحديد في الترب التي يقل فيها الـ pH عن 6، و يقل نسبيا في pH من 6-7، ولكن يصبح النقص شديداً عند زيادة الـ pH عن 7. و يزداد تركيز الحديد في الترب الحامضية إلى درجة أن تركيزه يصبح ساماً للنبات في الترب شديدة الحموضة، و أفضل pH يتوفر فيه الحديد بتركيزات مناسبة هو من 5.5 - 6.2، و يزداد تيسر الحديد بالاختزال عند سوء الصرف بالتربة، ولكن ذلك لا يناسب النمو النباتي (حسن، 2002).

إن الترب تحوي أكثر بكثير من الحديد الذي قد يضاف على شكل سماد لكن المشكلة هي الانخفاض في تيسره للنبات الناتج عن ارتفاع الرقم الهيدروجيني ووجود نسبة عالية من الكربونات كما في الترب الكلسية مثلاً والحديد المضاف كسماد يتفاعل حالاً و يترسب على شكل هيدروكسيد الحديد $Fe(OH)_2$ (عبود، 2016).

تظهر أعراض نقص الحديد عادة في مساحات غير منتظمة الشكل من الحقل تكون غالباً عالية في الـ pH أو في محتواها من كربونات الكالسيوم، كما يرتبط نقص الحديد بانخفاض محتوى التربة من المادة العضوية، و بعض حالات جرف الطبقة السطحية من التربة، بفعل عمليات التسوية أو التعرية. كذلك تزداد احتمالات ظهور أعراض نقص عنصر الحديد في المواسم الباردة و التربة الرطبة عما في المواسم الدافئة و التربة الأقل رطوبة، و تكون الأعراض أكثر حدة عادة على البادرات الصغيرة. ونادراً ما يعطي التسميد بالحديد عن طريق التربة نتائج ملموسة، لكن رش الأوراق يعطي نتائج إيجابية مؤقتة، حيث تزول أعراض نقص عنصر الحديد (حسن، 2002).

كما تظهر حالات نقص عنصر الحديد على النباتات المزروعة في الترب الكلسية والذي يعرف بنقص المادة الخضراء الناتج عن الكلس و يعود سبب ذلك إلى قلة امتصاص النبات للحديد بالنظر إلى ارتفاع محتوى الكلس في ترب المناطق الجافة وشبه الجافة و ارتفاع الـ pH. لذا فان جاهزية العناصر الصغرى ومنها الحديد تكون منخفضة، لأنه يتعرض للعديد من تفاعلات الاحتجاز مثل الادمصاص والترسيب رغم أن التركيز الكلي لهذا العنصر في معظم الترب الكلسية يزيد بشكل كبير عن احتياجات النبات (أكرم و احمد، 2016).

الحديد هو مكون رئيسي لقشرة الأرض، و مع ذلك فإنه في الظروف القلوية التي توجد عادة في البيئات القاحلة يصبح غير متاح للنبات، عندها تتأثر النباتات بنقص الحديد و تصبح أوراقها صفراء (الكلوروتيك) و ينخفض

النمو و منه إنتاجية المحصول. عندها تلجأ جذور بعض النباتات المتأثرة بهذا النقص لسلسلة من الاستجابات لتحسين امتصاص الحديد مثل إفراز البروتين (Fernández et al., 2007).

1-2- تواجد عنصر الحديد في النبات:

يصنف الحديد على أنه من العناصر الصغرى أو الدقيقة لكون تركيزه في أنسجة النبات قليلاً (حوالي 100 جزء بالمليون في المادة الجافة). و أن معظم المحاصيل الزراعية تحتاج إلى 0.5 جزء بالمليون (ppm) حديد ذائب في الطبقة السطحية، يعتبر عنصر الحديد من أقل العناصر قدرة على التحرك داخل النبات (عبود، 2016). و بين كل من سالم و آخرون، 2017 أن للحديد وظائف هامة في التحول الغذائي للنبات مثل تنشيط أنزيمات Catalase المرتبطة مع أنزيم Superoxide dismutase و التنفس الضوئي ومحتوى الكلوروفيل. ويعتبر الحديد عنصراً أساسياً لتكوين جزئ الكلوروفيل، بالرغم من أنه لا يدخل في تركيبه، ولكن يبدو أن الحديد يلعب دوراً هاماً في تكوين الإنزيمات المسؤولة عن تمثيل الكلوروفيل، و يوضح الجدول التالي (1-2) العلاقة بينه و بين الإنزيمات الداخلة في تركيب الكلوروفيل (Alcaraz et al., 1986).

جدول (1-2) العلاقة بين كمية الحديد و تركيز الكلوروفيل و الإنزيمات المكونة له (Alcaraz et al., 1986)

Nitrate reductase nmol no ₂ .g ⁻¹ fresh. Wt. H ⁻¹	Ferredoxin mg. g ⁻¹ D W.	تركيز الكلوروفيل mg. g ⁻¹ dry wt	محتوى الأوراق من الحديد μg. g ⁻¹ dry wt
310	0.35	0.55	47
408	0.44	1.15	62
937	0.82	1.80	96

كما أن عنصر الحديد يدخل في تركيب العديد من الإنزيمات اللازمة في عملية التنفس، ومن أمثلتها: الكاتالاز Catalas، و البيروكسيداز Peroxidase، و أكسيداز oxidase، بالإضافة إلى دخول عنصر الحديد في تركيب جزئ صبغة الهيم Heme وهي الصبغة الضرورية في المراحل الأخيرة من التنفس. و له دور في تمثيل الأحماض النووية في النبات. و يدخل في تكوين السايكرومات المهمة في عملية التنفس التمثيل الكاربوني عن طريق دورها في استقبال ونقل الإلكترونات، إذ أن 70% من الحديد الكلي يوجد في البلاستيدات الخضراء وهذا يوضح أهميته في عملية التمثيل الضوئي ومن ثم زيادة محتوى الكربوهيدرات في الأوراق (Al-naimi, 2000). يمتص النبات عنصر الحديد في صورة أيون الحديدك (ferric) Fe⁺³ غالباً، ولكن الصورة

النشطة بيولوجيا في النبات هي صورة أيون الحديدوز Fe^{+2} (ferrous) ، وعليه فإنه بعد امتصاصه يتحول أولا إلى حديدوز قبل أن يستفيد منه النبات (Goodman, 1982) .

1-3- أعراض نقص عنصر الحديد عند البقوليات:

أ- أعراض نقص عنصر الحديد في تكوين العقد الجذرية:

قد تحد أوجه النقص في المغذيات المعدنية من التثبيت التكافلي للنتروجين الجوي N_2 في البقوليات من خلال تأثيرات محددة على بقاء ونمو الجذور في الوسط الخارجي ، وعلى نشوء العقد الجذرية وتطورها ، وعلى وظيفتها وعلى نمو النبات المضيف، ويمكن أن يؤثر نقص الحديد على كل من مضيف البكتيريا التكافلية والجذور بشكل فردي أو يمكن أن يكون له تأثير مباشر على تفاعلها. ففي دراسة لكل من الباحث Tang et al., 1990 على نبات الترمس *Lupinus angustifolius* L. وهو من النباتات البقولية، حيث قاموا بمعاملة جزء من هذا النبات بعنصر الحديد بتركيز 20 ميكرومول والجزء الآخر كشاهد، أدى نقص الحديد إلى انخفاض نشوء العقد في وقت مبكر من نمو النبات المضيف، مما أدى إلى انخفاض عدد العقد وكتلتها. كما أدى التخفيف من نقص الحديد إلى تعزيز إنتاج الليغيموغلوبين légémoglobine في العقد الجذرية وزيادة تركيزات النيتروجين في البراعم. أظهرت الأوراق الحديثة مؤشرا جيدا على شدة الإصابة بالكور الناجم عن نقص الحديد. واستنتج أن الحديد ضروري في تثبيت النيتروجين الجوي N_2 من خلال علاقة التعايش للبكتيريا والنبات المضيف و تأثيره على بدء العقد ووظيفتها، وأن التعايش لديه متطلبات الحديد أعلى من تلك المطلوبة لنمو النبات المضيف. إن الحاجة إلى الحديد عن البقوليات ذات التكافل النشط كبيرة، لأن العديد من البروتينات التكافلية تشتمل على عنصر الحديد. والحديد مطلوب من قبل البكتيريا العديدة جدا لتخليق إنزيم تثبيت النيتروجين ، والنيتروجيناز Nitrogenase، وكذلك السيتوكرومات cytochromes ، والفيرودوكسين ferredoxins، والهيدروجيناز Hydrogénase ؛ إبراز هذا المطلب لعنصر الحديد من خلال التكافل بنسبة الحديد داخل العقدة الجذرية مقارنة بأعضاء النبات الأخرى اتضح ذلك عند نضج العقد الجذرية ، فالعق في جذور فول الصويا تحتوي على أعلى تركيز للحديد بحوالي 44% مقارنة بـ 31% في الأوراق ، و 7% في البذور ، و 5% في الجذور . وعند نضج البذور تتغير هذه النسب، حيث تحتوي البذور على أعلى تركيز للحديد حوالي 35% في جميع أجزائها مقارنة بـ 27% في العقيدات الجذرية، و 23% في الأوراق ، و 9% في الجذور ، و 3% في الساق (Brear et al., 2013).

ب- أعراض نقص عنصر الحديد على نمو بكتيريا *Rhizobium*

تظهر البروتينات المحتوية على الحديد بشكل بارز في تكافؤات تثبيت النيتروجين بين بكتيريا أجناس *Azorhizobium* و *Bradyrhizobium* و *Rhizobium* ومضيفها من النباتات البقولية . ويمكن أن يشكل النيتروجيناز 10-12% من إجمالي البروتين في الخلية البكتيرية، ويُعتقد أن الشريك البكتيري يقوم بتخليق جزء الهيم من ليغيموغلوبين *légémoglobine* والذي قد يمثل ما يصل إلى 25-30% من إجمالي البروتين القابل للذوبان في الخلية النباتية المصابة. من أجل تخليق هذه المركبات وغيرها من المركبات المحتوية على عنصر الحديد ، يجب أن تحصل البكتيريا على إمدادات كافية من عنصر الحديد (Guerinot, 1991).

ج- أعراض نقص عنصر الحديد على تكوين المادة الحمراء *légémoglobine*

يعتبر عنصر الحديد أحد مكونات مجموعة الهيم من ليغيموغلوبين أي الذي ينقل O_2 إلى البكتيريا ، وهو أيضًا عنصر مهم من إنزيم النيتروجيناز ، وهو المسؤول عن تثبيت النيتروجين. ففي تجربة لكل من Abdelmajid et al., 2008 على نبات الفول، و لأجل معرفة تأثير نقص عنصر الحديد على نمو العقد الجذرية و تركيز *leghemoglobin* و *malondialdehyde* ونشاط إنزيم كل من النيتروجيناز والكتلاز ... أظهرت النتائج أن تثبيت النيتروجين وتراكم الليغيموغلوبين انخفض مع انخفاض توافر الحديد بينما زاد تركيز مالونديليدهيد *Malondialdehyde* في ظل هذه الظروف التجريبية.

1-4- أثر عنصر الحديد على السليلوز و الهيميسليلوز و اللجنين:

تُعدّ مواد السليلوز، والهيميسليلوز، واللجنين بوليمرات رئيسية مسؤولة عن تشكيل أغلب الكتلة الحيوية للنبات . وتُعتبر هذه البوليمرات الحيوية مصادر متجددة لإنتاج الألياف الطبيعية، وتظهر الأدلة المتعددة أن جدار الخلية يلعب دورًا مهمًا في تنظيم استجابات تكيفية النبات لإجهاد نقص الحديد (Jin et al., 2009). كما يمكن أن يكون جدار الخلية مصدرًا مهمًا للحديد خلال فترات العرض المحدود لهذا العنصر الهام. باعتباره أول حاجز يواجه بيئة التربة ، ويعد جدار الخلية موقعًا محوريًا لمعظم الأيونات الموجبة في النباتات (Lei et al., 2014).

في الآونة الأخيرة، أظهرت الأدلة الكثيرة أن المركبات الفينولية مهمة لتوفير عنصر الحديد. إن إفراز الفينولات أمر بالغ الأهمية لاكتساب عنصر Fe من مصادر منخفضة النيتروجين البيولوجي (Fourcroy et al. 2016). إن الكومارين هي المركبات النشطة في هذه العملية. وأكدوا أن إفراز الكومارين هو جانب أساسي لاكتساب Fe في

نبات رشاد الصخر *Arabidopsis thaliana*، وقدموا معلومات شاملة عن التغيرات الأيضية الناتجة عن نقص الحديد. ومع ذلك، في ظل ظروف معينة، لا يتوفر Fe بسهولة، ويصعب تعيُّنه، وبالتالي، يحتاج الحديد المخزن في النبات إلى إعادة استخدامه. على سبيل المثال، يتم إفراز الفينولات لإعادة تعبئة ابوبلاست الجذر ب Fe وتحسين تغذية الحديد في البرسيم الأحمر *Trifolium pratense* والأرز *Cedrus*. يساهم Hemicellulose للاحتفاظ بأكثر من 75% من الحديد في الجذر في جدار الخلية، وبالتالي فإن جدار الخلية ليس فقط موقعاً لشل حركة عنصر ما وتقييد دخوله إلى الخلية، ولكنه أيضاً يمكن أن يكون بمثابة تجمع لتوفير المغذيات عندما يكون الإمداد من وسط النمو محدوداً. ومع ذلك، فإن آلية إعادة استخدام الحديد من خلال جدار الخلية، وخاصة الهيميسليلوز، لا تزال بعيدة عن الوضوح (Lei et al, 2014).

ويعتبر عنصر الحديد من المغذيات المعدنية الحامية لألياف اللجنين من التحلل و التلف وهذا ما أثبتته الباحثون Hall et al., 2016 حين قاموا بدراسة تأثيرات إضافة الحديد على تمعدن اللجنين المسمى ميثوكسيل 13 درجة مئوية في التربة التي تعرضت لأكسجين ثابت أو متقلب. أدت إضافة الحديد إلى كبت تمعدن اللجنين إلى 21% مقارنة بالشاهد بغض النظر عن توافر O_2 . ومع ذلك، لم يكن لإضافة الحديد أي تأثير على إنتاج ثاني أكسيد الكربون في التربة، مما يعني أن أكاسيد الحديد تحمي على وجه التحديد ميثوكسيل اللجنين. كما تمثل تفاعلات أكسيد الحديد واللجنين آلية محددة لاستقرار اللجنين.

1-5- أثر نقص الحديد على نمو نبات الفول *Vicia faba* L.

تعد التربة الكلسية فقيرة من تيسر عنصر الحديد و التي تؤثر على نمو نبات الفول النابت فيها و ذلك لتعرض الحديد إلى تفاعلات الاحتجاز (الترسيب و الادمصاص) بفعل معادن الكاربونات. إن نقص هذا العنصر الهام يؤثر على الشكل الظاهري و الفسيولوجي بنقص الاخضرار في الأوراق و جفاف حوافها و تقزم الجزء الخضري و الجذري، و انخفاض نسبة الإزهار وقصر طول القرون، وبذلك يؤثر على المحصول العام لهذا النبات الهام (هشام، 2013).

2- عنصر الموليبدان (Mo)

2-1- تواجد عنصر الموليبدان في التربة:

يُعد عنصر الموليبدان Mo من العناصر الغذائية الصغرى التي يحتاجها النبات بكميات صغيرة. ويوجد الموليبدان في القشرة الأرضية عادة في صورة معدن، وهو أحدث ما أُضيف إلى قائمة العناصر الأساسية الصغرى للنباتات (الخطيب، 2007). المحتوى الكلي للموليبدان في التربة الزراعية يتراوح من 0.2 إلى 5.0 ملغم / كغم (Scheffer et Schachtschabel, 2002). تقتص النباتات عنصر الموليبدان Mo في شكل أنيونات الموليبدات (MoO_4^{2-} و $HMoO_4^-$) وهي الأنواع السائدة في محلول التربة. يتم تحديد إطلاق الموليبدان من الأشكال المعدنية الصلبة إلى محلول التربة تبعاً لخصائص التربة المختلفة، مثل الأس الهيدروجيني للتربة pH وكذلك محتوى التربة من أوكسيدات Fe، Mn، Al، معادن الطين والكربون العضوي. من بين هذه العوامل، فإن الرقم الهيدروجيني للتربة له تأثير قوي على عمليات امتصاص وإطلاق أنيونات MoO_4^{2-} في محلول التربة. الحد الأقصى لامتناس الموليبدان على أكاسيد المعادن المشحونة بشحنة إيجابية يحدث بين الأس الهيدروجيني 4 و 5 (Xu et al., 2013). يزيد توافر الموليبدان للنباتات مع زيادة درجة الحموضة في التربة. لكل وحدة من ارتفاع الرقم الهيدروجيني فوق 3، تزداد قابلية الذوبان MoO_4^{2-} حوالي 100 ضعف، وذلك بشكل رئيسي من خلال انخفاض امتناس الأكاسيد المعدنية (Jiang et al., 2015). تميل التربة الرطبة السيئة الصرف والغنية بالمواد العضوية إلى تراكم MoO_4^{2-} إلى مستويات عالية ومن التربة الرملية أين يتم غسل الموليبدان بسهولة (Riley et al., 1987). يعتمد توفر Mo للنباتات بشكل أساسي على تركيزه في التربة، ويرتبط أيضاً بأنواع النباتات النامية فيها (McGrath et al., 2010).

2-2- تواجد عنصر الموليبدان في النبات:

يختلف تركيز الموليبدان اختلافاً كبيراً بين النباتات المختلفة، لكن التركيز بصفة عامة في معظم النباتات يكون منحصر بين 0,1 و 0,2 جزء في المليون ppm حيث تستجيب النباتات للمعاملة بهذا العنصر إذا كان تركيزه داخل النبات اقل من 0,1 جزء في المليون (البشبيشي و شريف، 1998). يلعب الموليبدان عدة أدوار في النباتات نذكر منها: تمثيل النيتروجين في النبات و يرجع ذلك لان النترات موجود في درجة عالية من التأكسد NO_3^- في حين أن الأحماض الأمينية و المركبات العضوية تحتوي على النيتروجين في درجة عالية من الاختزال. و بالتالي فإن اختزال النيتروجين هو إحدى خطوات تخليق الأحماض الامينية و المركبات النيتروجينية الأخرى

في حالة ما إذا كانت النترات هي مصدر النيتروجين. حيث يعمل الموليبدان على اختزال النترات بمساهمة إنزيمات Nitrate réductase و Nitrogénase كعوامل مساعد، بحيث يحتوي كل جزيء من إنزيم النيتروجيناز على ذرتين من الموليبدان و التي تكون مرافقة للحديد ، ويدخل الموليبدان مباشرة في عملية الاختزال للنيتروجين N_2 إلى NH_3 لذا فهو مهم للنباتات البقولية و البكتيريا المثبتة للنيتروجين (البشبيشي و شريف، 1998). كما أن نقص الموليبدان يتبعه دائما نقص في حامض الاسكوريك في النبات. و للموليبدان دور في ميتابوليزم الفوسفور في النبات. تعتمد أربعة إنزيمات نباتية على الموليبدان في نشاطها و هي Nitrate Réductase ، Aldehyde oxidase ، Sulphite oxidase و xanthine dehydrogenase (احمد، 2016) .

2-3- أعراض نقص عنصر الموليبدان على البقوليات:

أ- أعراض نقص عنصر الموليبدان على تكوين العقد الجذرية:

يستخدم عنصر الموليبدان بالدرجة الأولى في إنتاج الأنزيمات التي تعمل على تنظيم وظائف عديدة داخل النبات، وأهم دور معروف للأنزيمات المحتوية على الموليبدان (molybdoenzymes) هو تنظيم تغذية النبات بالنيتروجين. حيث تقوم هذه الأنزيمات في المحاصيل غير البقولية بتنظيم تحويل النترات إلى بروتينات بواسطة إنزيم ريدوكتاز (nitrate reductase) . إن المحاصيل البقولية بحاجة إلى إنزيم آخر يحتوي على المولبدان يسمى نيتروجيناز (nitrogenase) تستخدمه البكتيريا الموجودة في العقد الجذرية لتثبيت النيتروجين، وعلى ذلك تُعتبر احتياجات البقوليات من الموليبدان أكثر من حاجة النباتات العشبية والمحاصيل الأخرى. ففي تجربة لكل من Alam et al., 2015 على نبات البيقية المويرة (*Vicia villosa*) و هو عبارة عن محصول بقولي يستخدم بشكل عام كسماد أخضر للحفاظ على خصوبة التربة في الأراضي الصالحة للزراعة، حيث في هذه الدراسة قاموا بتطبيق عدة تراكيز مختلفة من الموليبدان على التربة لتقييم فعاليتها على العقد الجذرية وخصائصها وإنتاج الكتلة الحيوية للبيقية المويرة. زاد استخدام الموليبدان من عدد وحجم العقد ونشاط إنزيم nitrate و nitrogenase reductase في هذا النبات. أدت هذه الزيادة في نشاط الإنزيم إلى زيادة استيعاب النيتروجين وأدت إلى زيادة إنتاجية الكتلة الحيوية. أظهرت النباتات المزروعة في التربة التي تلقت 0.5 ملغ/كغ⁻¹ Mo الخصائص الفيزيائية والكيميائية الحيوية المثلى في العقد الجذرية ، وقد تفسر هذه الخصائص زيادة تثبيت النيتروجين N_2 في البيقية المويرة. أدت الجرعات العالية من الموليبدان 1.0 ملغ/كغ⁻¹ إلى تدهور بنية العقد وبالتالي انخفاض النشاط الأنزيمي في النباتات. وكان تطبيق 0.63 ملغ/كغ⁻¹ Mo على التربة هو الجرعة المثلى لزيادة محصول الكتلة الحيوية للبيقية المويرة (*Vicia villosa*).

ب- أعراض نقص عنصر الموليبدان على نمو بكتيريا الريزوبيوم *Rhizobium* :

في العلاقة التعايشية التكافلية بين جذور البقوليات و بكتيريا الريزوبيوم، حيث تتطلب هذه البكتيريا مزيداً من عنصر الموليبدان Mo لتثبيت النيتروجين الجوي N_2 أكثر للنبات المضيف (O'hara et al., 1988). يعتبر الموليبدان أيضاً من العناصر الغذائية الأساسية لنشاط اختزال النترات ونشاط إنزيم النيتروجيناز، حيث يتكون إنزيم نيتروجيناز البكتيريا التكافلية من بروتين يدخل في تركيبه العنصرين الأساسيين الحديد و الموليبدان (Mo, Fe) و الذي يشارك بشكل مباشر في اختزال N_2 إلى NH_3 أثناء عملية التثبيت. لذلك فإن تزويد الموليبدان لبكتيريا الريزوبيوم هو عملية مهمة وعلى الأرجح فهو عنصر تنظيمي رئيسي في الحفاظ على تثبيت النيتروجين في البقوليات (Westermann, 2005). تم إجراء تجربة ميدانية في البيت الزجاجي للباحثين Bambara et Ndakidemi., 2010 بهدف تقييم تلقيح الجذور بالموليبدان (Mo) و الكالسيوم (Ca) على نمو وتثبيت النيتروجين في نبات الفاصوليا (*Phaseolus vulgaris* L.)، تكونت المعالجات التجريبية من مستويين من تزويد بكتيريا الجذور (لجذور جزء من النباتات والجزء الآخر بدون تزويد) بثلاثة تراكيز من الموليبدان (0، 6، 12) ملجم/كجم⁻¹ و 3 مستويات من الكالسيوم (0، 2، 3) طن/هكتار⁻¹. أظهر تلقيح *Rhizobium* زيادة معنوية في إنتاج المادة الجافة للأعضاء المختلفة، مما أدى إلى تحسين النسبة المئوية للنيتروجين المشتق من الغلاف الجوي % Ndfa (Nitrogen derived from the atmosphere) في جميع الأعضاء وكمية N_2 المشتقة من التثبيت.

ج- أعراض نقص عنصر الموليبدان على تكوين المادة الحمراء *léghémoglobine*:

إن إنزيم النيتروجيناز حساس للأكسجين، مما يؤدي إلى أكسدة الإنزيم بشكل لا رجعة فيه، مما يجعله غير نشط. وضعت البقوليات آليات للتحكم في كمية الأكسجين الحر حول البكتيريا. *léghémoglobine* هو بروتين مشابه في تركيبه للهيموجلوبين عند الحيوان، ويتم إنتاجه في العقن الجذرية الناضجة حيث ينظم توتر الأكسجين ويضفي لوناً وردياً على العقن (Dixon et Kahn, 2004). يعتبر وجود مادة *léghémoglobine* علامة على وظيفة العقن وهذه الأخيرة تتأثر بنقص عنصر الموليبدان فهو ضروري أيضاً للمادة الحمراء.

2-4 - أثر نقص عنصر الموليبدان على نبات الفول *Vicia faba* L:

لعنصر الموليبدان دور أساسي في نبات الفول مثله مثل بقية البقوليات من تثبيت للنيتروجين الجوي، و ذلك في تكوين العقن الجذرية بمشاركة بكتيريا الريزوبيوم، و دخوله في تركيب كثير من الإنزيمات الحيوية الضرورية لإنتاج البروتينات و الفيتامينات التي تساهم في نمو النبات و تطوره، و كذلك الإنزيمات المنشطة للإلحاق و

تكوين القرنة. تظهر أعراض النقص عندما ينخفض تركيز عنصر الموليبدان في الأوراق الى اقل من 0.2 جزء من المليون ppm ، حيث تظهر هذه الأعراض في مرحلة الإنبات و المرحلة الخضرية و الثمرية خاصة في الظروف الاستثنائية لنبات الفول مثل ظروف أنواع الإجهاد، ففي مرحلة الإنبات تضعف نسبة إنبات البذور و تتأثر البادرات بالتأخر في نموها، أما في المرحلة الخضرية فتظهر بقع صفراء بين العروق في الورقة، و قد تتلون حواف الأوراق باللون الرمادي ثم اللون البني الذي يؤدي إلى تساقطها، كما يؤثر على بقية مراحل النمو كعملية الإزهار و التلقيح و كذلك عدد الحبوب و على القرون و حجمها و قليل ما يُظهر الموليبدان سميته عند الارتفاع عن حاجة نبات الفول (سامي و آخرون، 2018).

الفصل الأول

الجزء الثالث

أثر فعل التداخل بين الملوحة و

العناصر الصغرى

1- أثر فعل التداخل بين الملوحة و عنصر الحديد

1-1- أثر فعل التداخل بين الملوحة و عنصر الحديد على فسيولوجية النبات:

يُعد عنصر الحديد (Fe) من العناصر الصغرى التي تلعب دورًا مهمًا في نمو النبات و تطوره إلا انه يتطلب كمية صغيرة منه، حيث يتم تنفيذ جميع الوظائف الرئيسية في حياة النبات من التخليق الحيوي للكلوروفيل إلى نقل الطاقة (Brumbarova et al., 2008)، (Gill et Tuteja, 2011). يعمل الحديد أيضًا كمكون رئيسي للعديد من البروتينات والأنزيمات النباتية. تحت ظروف الإجهاد المختلفة، تساعد بروتينات (Nramp) البروتينات الغشائية المرتبطة بالمقاومة الطبيعية و هي عائلة من بروتينات نقل المعادن وعائلات الجينات YSL في نقل Fe، والذي يعمل أيضًا كعنصر تنظيمي معدني ويدافع عن النباتات ضد الاجهادات. يلعب الحديد دورًا لا غنى عنه في تخفيف الإجهاد الذي تفرضه الملوحة والجفاف و إجهاد المعادن. هذا لأنه ينشط مضادات الأكسدة الأنزيمية النباتية مثل الكاتالاز (Catalase)، بيروكسيداز Peroxidase، سوبر أكسيد ديسميوتاز superoxide dismutase (SOD) التي تعمل ككاشطة لأنواع الأكسجين التفاعلية (ROS) (Hellin et al., 1995).

في دراسة عند نقص عنصر الحديد على نبات الفصة المهدبة *Medicago ciliaris* L. لمدة 24 يوم ظهرت أعراض النقص في الكلوروفيل و صغر حجم الأوراق و اصفرارها و نفس هذه الأعراض تظهر في نفس النبات المعرض للإجهاد الملحي في مدة 4 أيام فقط، و هذا لتأثير الملوحة في غياب الحديد، و من ثم كان واضحًا أن الملوحة تزيد من التأثير الضار عند نقص الحديد (Rabhi et al., 2007). كما أن الارتفاع السام لعنصر الحديد مؤثر على النبات حيث بين Nenova, 2008 أن تأثير الحديد الزائد مشابه لتأثيره الناقص في النبات النامي تحت الظروف الملحية. كذلك في دراسة أخرى لتداخل الملوحة و الحديد لـ Fathi et al., 2017 على نبات الذرة *Zea mays* L. النامي تحت الظروف الملحية و المُعامل بأكسيد الحديد Fe_2O_3 رشا على المجموع الخضري، أ دى استخدام الحديد إلى تعزيز نمو الجذور بنسبة (17%)، وصافي ثاني أكسيد الكربون (CO_2) الممتص، بمعدل امتصاص (8%) للجذور وتركيز ثاني أكسيد الكربون تحت الثغور (5%) للذرى مقارنة بالشاهد.

1-2- أثر فعل التداخل بين الملوحة و عنصر الحديد على التغذية المعدنية:

يعتبر الحديد Fe من بين العناصر الغذائية التي تتأثر سلبا بالملوحة العالية (Chougui et al., 2004) كما بينوا أن المعاملة بهذا العنصر يحافظ على تيسر العناصر الغذائية للنبات و يقلل من تأثير الملوحة عليه، حيث توصلوا على انه عند معاملة نبات الطماطم بـ Fe-EDTA النامي تحت الظروف الملحية تحسنت نسبة اليخضور أ ، ب ، b-carotène ، Ca ، K ، و Fe ، كما تحسن التمثيل الضوئي و زاد عدد الثغور و زاد تركيز CO_2 تحت الثغري. فالملوحة الزائدة مع نقص عنصر الحديد تثبط نقل العناصر الغذائية للنبات و تقلل من محتواها في الخلايا (Ashraf et al., 2003). كما لاحظ كل من Tantawy et al., 2013 عند معاملة نبات الطماطم بالحديد في الظروف الملحية قد تحسن في نموه مقارنة بالنبات الغير معامل بالحديد.

تستطيع النباتات أن تمتص الأسمدة النانوية (للعناصر الصغرى) بسرعة وبشكل كامل للتعويض عن النقص الناجم عن ظروف نمو النبات (Marschner, et Römheld, 1994). يمكن النظر إلى استخدام الأسمدة النانوية كخطوة فعالة نحو تحقيق الزراعة المستدامة ، لأنها تزيد من كفاءة العناصر الغذائية وتقلل من سمية التربة مقارنة باستخدام الأسمدة الكيماوية وتقلل من تواتر تطبيق الأسمدة (Nadi et al., 2013). كما تزيد المغذيات الصغرى أيضاً من مقاومة النباتات للآثار السلبية للأيونات السامة. وقد نُصح تراكيز الحديد العالية في المحاليل الغذائية آثار الملوحة . و أفاد كل من Uauy et al., 2006 أن رش الحديد والزنك والمغنيسيوم على براعم القمح أدى إلى تحسين خصائص نموها. و في دراسة أخرى ذكر كل من Maciel et al., 2004 أنه يمكن تخفيف الآثار السلبية للملوحة عن طريق استخدام كبريتات الحديد. إذ يؤدي استخدام الأسمدة النانوية الحديدية في النباتات إلى زيادة مقاومة النباتات للإجهاد الملحي عن طريق زيادة نفاذية غشاء البلازما الانتقائي للجذر في نفس الوقت ، وتقليل امتصاص وتراكم الصوديوم ، مما يحسن نسبة معامل البوتاسيوم / الصوديوم Na^+/K^+ (Taiz et al., 2015).

تعتبر معاملة النبات بالعناصر المعدنية و توازنها عاملين مهمين لنموه و تطوره، هذه العناصر تتفاعل و تتنافس فيما بينها في عملية الانتقال للنبات من خلال الجذر حيث يؤكد Nenova, 2008 على أن نقص عنصر Fe أدى إلى انخفاض امتصاص النيتروجين N و زيادة كلا من P ، Zn ، Ca ، Mn ، Na في البراعم و الجذور ، و زيادة أكثر في K و Mg. و بالمقابل يؤدي عنصر الحديد الزائد إلى تقليل امتصاص كلا من Mn ، Zn و Na في النبات و زيادة تركيز Cu و P في الجذور مع انخفاض في تراكيز Mg ، Cu ، K ، Mn ، Fe في الجذور و البراعم إلى جانب الزيادة الكبيرة في Na^+ ، كما أن الملوحة تسرع في زيادة تراكيز Cu ، P و Zn في الجذور و انخفاض في

تراكيز Mg ، Cu ، K ، Mn و Fe في الجذور و البراعم و منه فإن التنافس و انتقال العناصر الغذائية إلى النبات الموجودة على سطح الجذر في التربة يكون بـ :

* تكوين الرواسب و المركبات بين الايونات ذات الخصائص الكيميائية المختلفة.

* المنافسة بين الأيونات ذات الخصائص المتماثلة (Fageria, 2001).

1-3- أثر فعل التداخل بين الملوحة و عنصر الحديد على الجدر الخلوية:

تؤثر الملوحة في شكل خلايا النبات، وكذلك مظهر النبات ومعدل تنفسه والتمثيل الكربوني فيه وإنتاجية المادة الجافة في وحدة المساحة. بشكل عام تصغر خلايا جذر النبات و أوراقه وسوقه عندما ينمو في الوسط الملحي. كذلك جدران الخلايا هي الأخرى تتضرر بالشد الملحي، إذ يزداد تثخن جدران الخلايا وتميل نحو التصلب، أي إنها تكون أقل مرونة و أكثر صلابة نتيجة فعل تجمع الأملاح في الخلايا، وكذلك بعض المركبات مثل Glucan (مدحت و مصطفى، 2014). و يؤثر عنصر الحديد عند تيسره للنبات في معاكسة الملوحة الضارة و إنقاص تأثيرها السلبي على النبات، خاصة عند الجدر الخلوية سواء في الجذور، الأوراق أو السيقان، بتنشيطه لعدة إنزيمات البناء مما يزيد في نمو ونشاط خلايا النبات، إن التدفق القليل للحديد في سيتوبلازم خلايا الأوراق يمكن أن يحدث تغيرات كبيرة في تركيبها، كونها تحتوي عدة إنزيمات، و تراكيز عالية من النواتج الايضية مثل حامض الاسكوربيك الذي يلعب دورا كبيرا في نقل العناصر الغذائية (Zhang et al, 2014). كما أثبت مشتاق و آخرون 2012 في دراسة على نبات نخيل الواشنطنيا *Washingtonia* لتأثير الحديد المخلي على صفات النمو الخضري بتركيز (0، 30 و 60) ملغ/التر⁻¹، حيث أظهر تركيز 60 ملغ/التر⁻¹ أثرا معنويا في زيادة طول الجذور و عددها، عدد الأوراق، عرضها، سويقاتها، قطر السوق، الوزن الجاف للمجموع الخضري و الكلوروفيل.

2- أثر فعل التداخل بين الملوحة و عنصر الموليبدان

2-1- أثر فعل التداخل بين الملوحة و عنصر الموليبدان على فسيولوجة النبات

تتأثر النباتات بالملوحة على حسب مقاومتها لها حيث يرجع هذا التأثير على مختلف الإنزيمات والوظائف الحيوية للنبات و منه على النمو العام و دورة حياته، و من بين الإنزيمات التي تتأثر سلبا بالملوحة المرتفعة إنزيم النيتروجيناز Nitrogénase المسئول على تثبيت النيتروجين في النبات (Baki et al., 2000) و بذلك تقلل محتوى

NH_4 ، و منه نقص التمثيل الضوئي ومعدل نمو المحاصيل و تخزين الكربوهيدرات و بذلك انخفاض المحصول (Taiz et Zeiger, 2006). أكد كل من Bagheri et Jafari. 2012 في تجربة على نبات الشعير *Hordeum vulgare* و المعامل بعنصر الموليبدنوم Mo و بكتيريا *Azospirillum* و النامي في الظروف الملحية حيث كان التأثير إيجابيا لهذا العنصر و ذلك بزيادة النيتروجين الكلي و تحسن النمو لهذا النبات و أرجعوا هذه الزيادة إلى الزيادة في تركيب السكريات العديدة Polysaccharide و تحسين التمثيل الضوئي . كما ترتبط الزيادة المحفزة بمعاملة Mo بزيادة Mg^{++} و الذي يصاحبه زيادة كبيرة في نشاط اختزال النترات (Sigel et Sigel, 2002). و قد لوحظ انخفاض في نشاط إنزيم النيتروجيناز لنبات الشعير *Hordeum vulgare* الملقح ب *Azospirillum* وذلك في غياب الموليبدنوم نتيجة تأثير الملوحة على النبات. كما أن هناك أدلة تشير إلى أن تطبيق Mo ليس فقط يزيد من النشاط المحدد لإنزيم النيتروجيناز، و لكن يحسن نشاطه لفترة أطول، و يقوم بإدراج الأمونيا في المركبات العضوية و ذلك عن طريق نشاط الغلوتامين المصنع على مستوى أعلى من الشاهد (Pollock et al., 2002). وقد لوحظ أيضا أن المعاملة ب Mo زادت من مقاومة الشعير للملوحة بزيادة الفركتوز Fructose و الذي بدوره يحمي ليبوسومات الغشاء و يحسن استقرار الغشاء و منه الحفاظ على مرونته، كما يجبر تطبيق الموليبدان النبات زيادة محتواه من السكر و مقاومة الإجهاد الاسموزي (Keles et Oncel, 2004).

تعد الملوحة من أهم العوامل البيئية التي تحد من الإنتاج بالحد من التثبيت البيولوجي للنيتروجين N_2 للحمص *Cicer arietinum* والذي يعتبر حساس للإجهاد الملحي في المناطق الجافة و شبه الجافة، تم إجراء العديد من الدراسات على هذا النبات (Welfare et al., 2002; Garg et Singla, 2009)، فهو يتحمل في المتوسط 3 غ/لتر من الملوحة في وجود النيتروجين و الموليبدان . و بالمقابل فإن نقص الموليبدان سبب عدم تكوين الكلوروفيل (Hristozkova et al., 2006). لذلك يلعب الموليبدان دورا هاما في التخليق الحيوي للكلوروفيل ، و في حالة نقص هذا العنصر تنخفض المواد الوسيطة في التخليق الحيوي للكلوروفيل في صنف القمح الشتوي *Triticum durum* Desf (Min et al., 2006). لذا فإن إضافة الموليبدان و النيتروجين في الترب يمكن أن يجنب النباتات التأثير السلبي للإجهاد الملحي على التخليق الحيوي للكلوروفيل (Salha et Chaabane, 2016).

2-2- أثر التداخل بين الملوحة و عنصر الموليبدان على التغذية المعدنية :

تؤثر الملوحة على العناصر الغذائية المعدنية بتنشيط امتصاصها من التربة إلى الجذور، أو بالتأثير السلبي على نشاط هذه العناصر داخل الخلية النباتية، كما أن بعض هذه العناصر تؤثر على فعل الملوحة الضار عند النبات. ففي دراسة أجريت من طرف كل من Sagi et al., 1997 على نبات الزوان *Lolium multiflorum* ،

حيث تم ري النباتات بمحلول مغذي يحتوي على النيتروجين ومساعد الموليبدان (Moco molybdenum) cofactor كما عومل بتركيز الملوحة 11 ds/m لـ كلوريد الصوديوم NaCl ، أدت زيادة الملوحة والنيتروجين في المحاليل الغذائية إلى زيادة محتوى Moco في الجذور والبراعم. ولوحظت نتائج نشاط إنزيم Nitrate reductase في البراعم. كانت الزيادة في استجابة Moco للملوحة أكثر وضوحاً لـ Nitrate reductase خاصة في الجذور. وقد أثبت Zhang et al., 2014 أيضاً أن للموليبدان تأثير واضح على الملوحة الضارة و ذلك في تجربتهم على نبات الشعير والمعامل بمستويات من عنصر الموليبدان (0، 0.15، 0.30) ملغ/كـلغ⁻¹ و تركيز 500 ملل من 0.8 % من محلول NaCl ثلاث مرات خلال 10 أيام مع الشاهد الغير معاملة بالموليبدينوم . حيث أظهرت النتائج زيادة الوزن الطري بشكل ملحوظ بتطبيق Mo و تأثيره على الملوحة ، كما زادت محتويات الكلوروفيل أ ، ب، الكلوروفيل الكلي و الكاروتين، كذلك تم تحسين التمثيل الضوئي مع زيادة في نسب أيونات البوتاسيوم إلى الصوديوم (Na⁺/K⁺) ، و أيونات الكالسيوم إلى أيونات الصوديوم (Na⁺/Ca⁺²) ، و أيونات المغنيزيوم إلى أيونات الصوديوم (Na⁺/Mg⁺²)، كما أثبتوا أن تطبيق الموليبدان يعزز تحمل إجهاد الملوحة في الكرنب الصيني (*Brassica oleracea var. capitata*) عن طريق زيادة التمثيل الضوئي و تعديل التوازن الأيوني. أدى تطبيق الموليبدينوم في التربة إلى زيادة محتوى البوتاسيوم والفوسفور والبروتين الخام (Zhang et al., 2014).

2-3- أثر التداخل بين الملوحة و عنصر الموليبدان على الجدر الخلوية :

عندما تتراكم الأملاح القابلة للذوبان في منطقة الجذور تبدأ بالتأثير على امتصاص العناصر من قبل النبات ، عندها تخضع النباتات للإجهاد الملحي. يؤدي هذا الإجهاد إلى التغيرات المورفولوجية والفسيلوجية والكيميائية الحيوية و الجزيئية التي تؤثر بشكل ضار على نمو النبات و الإنتاجية. المؤشرات المشتركة للنبات في حالة الإجهاد الملحي هو زيادة تركيزات الأنسجة من الصوديوم و الكلوريد ، مع انخفاض تركيز البوتاسيوم . يتكون إجهاد ملوحة النبات في الواقع من الإجهاد ا لأسموزي والأيوني، مما يؤدي في كثير من الأحيان إلى الإجهاد التأكسدي. تسبب ملوحة التربة تغييرات كبيرة في المياه. الإجهاد ا لأسموزي يمكن أن يعطل الأنشطة الخلوية العادية و يتسبب في موت النبات. يولد الإجهاد الأيوني تغييراً في امتصاص العناصر الغذائية ويؤثر على التوافر البيولوجي والاستيعاب التنافسي والنقل والتقسيم داخل النبات ، وبالتالي يمكن أن يتسبب الإجهاد الأيوني في تلف الجزيئات وتخلف النمو وموت الخلايا. بشكل عام ، معظم الإجهادات اللاحيوية والحيوية تؤدي إلى إجهاد تأكسدي للنبات يتميز عن طريق زيادة إنتاج أنواع الأكسجين التفاعلية التي قد يؤدي إلى أكسدة غير محددة للبروتينات و الدهون والغشاء وتسبب إصابة الحمض النووي (Matijević et al., 2014) .

الفصل الثاني

مواد وطرق العمل

1- الهدف من الدراسة:

إن الهدف من هذه الدراسة هو تحديد مدى استجابة أربعة أصناف من نبات الفول *Vicia faba* L. لمستويات من ملوحة كلوريد الصوديوم NaCl، و معرفة أثر التداخل بينها و بين العناصر الغذائية الصغرى و المتمثلة في عنصرى الحديد Fe و الموليبدان Mo و حيث لهما دور هام و أساسي عند نبات الفول لدخولهما في تركيب عدة و انزيمات و بروتينات خاصة ، و ذلك من خلال دراسة مرفولوجية ، تشريحية، و بيوكيميائية على الأوراق ، الساق، و الجذور لمرحلتى الإنبات و مرحلة النمو الخضري.

2- تصميم التجربة:

تم تصميم هذه التجربة العملية بتصميم القطاعات المنشقة (split plot) حيث تضمنت 4 أصناف من الفول (V1, V2, V3, V4)، كل صنف عُومل بأربعة تراكيز من الملوحة على صورة NaCl (S0, S1, S2, S3)، كل معاملة من الملوحة كانت تحت أربعة مستويات من العناصر الغذائية الصغرى، مستويين من الحديد على صورة كبريتات الحديد $Fe_2SO_4 \cdot 7H_2O$ (F0, F1)، ومستويين من الموليبدان على صورة موليبدات الأومنيوم $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ (Mo0, Mo1)، كل معاملة لكل مستوى كُرتت بأربعة مكررات (R1, R2, R3, R4)، و بالتالي فالتجربة احتوت على 192 وحدة تجريبية $(4 \times 3 \times 4 \times 4)$ وهذا لكل من مرحلة الإنبات و المرحلة الخضرية. الجداول (1-2) ، (2-2) ، (3-2) و الشكل (1-2).

- المعاملات بالملوحة

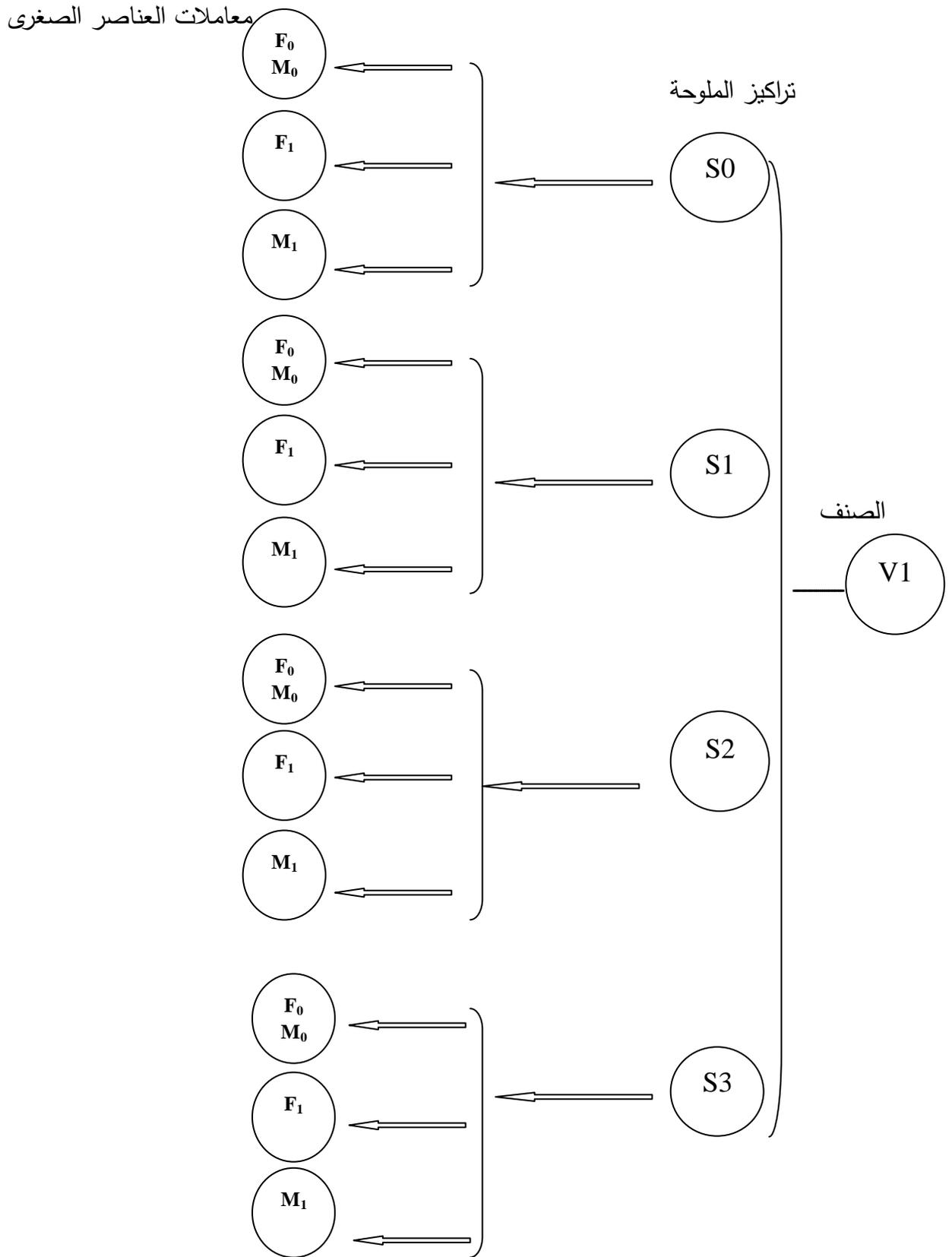
جدول (1-2) تراكيز الملوحة ل NaCl

المستويات	S0	S1	S2	S3
التراكيز	0 ملي مول/التر	30 ملي مول/التر	50 ملي مول/التر	150 ملي مول/التر

- المعاملات بالعناصر الغذائية الصغرى

جدول (2-2) تراكيز العناصر الغذائية (Mo, Fe)

المركبات	$Fe_2SO_4 \cdot 7H_2O$		$(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$	
المستويات	F0	F1	Mo0	Mo1
التراكيز	0 ميكرو مول/التر	0.6 ميكرو مول/التر	0 ميكرو مول/التر	0.6 ميكرو مول/التر



شكل (1-2) مخطط تصميم التجربة لصنف واحد

3- جدول توزيع المعاملات

جدول (2-3) توزيع تكرارات و معاملات التجربة لصنف واحد

V ₁												
	S ₀			S ₁			S ₂			S ₃		
	F ₀ M ₀	F ₁	M ₁	F ₀ M ₀	F ₁	M ₁	F ₀ M ₀	F ₁	M ₁	F ₀ M ₀	F ₁	M ₁
R ₁	V ₁ S ₀ F ₀ M ₀ R ₁	V ₁ S ₀ F ₁ M ₁ R ₁	V ₁ S ₀ M ₁ R ₁	V ₁ S ₁ F ₀ M ₀ R ₁	V ₁ S ₁ F ₁ M ₁ R ₁	V ₁ S ₁ M ₁ R ₁	V ₁ S ₂ F ₀ M ₀ R ₁	V ₁ S ₂ F ₁ M ₁ R ₁	V ₁ S ₂ M ₁ R ₁	V ₁ S ₀ F ₀ M ₃ R ₁	V ₁ S ₃ F ₁ M ₁ R ₁	V ₁ S ₃ M ₁ R ₁
R ₂	V ₁ S ₀ F ₀ M ₀ R ₂	V ₁ S ₀ F ₁ M ₁ R ₂	V ₁ S ₀ M ₁ R ₂	V ₁ S ₁ F ₀ M ₀ R ₂	V ₁ S ₁ F ₁ M ₁ R ₂	V ₁ S ₁ M ₁ R ₂	V ₁ S ₂ F ₀ M ₀ R ₂	V ₁ S ₂ F ₁ M ₁ R ₂	V ₁ S ₂ M ₁ R ₂	V ₁ S ₀ F ₀ M ₃ R ₂	V ₁ S ₃ F ₁ M ₁ R ₂	V ₁ S ₃ M ₁ R ₂
R ₃	V ₁ S ₀ F ₀ M ₀ R ₃	V ₁ S ₀ F ₁ M ₁ R ₃	V ₁ S ₀ M ₁ R ₃	V ₁ S ₁ F ₀ M ₀ R ₃	V ₁ S ₁ F ₁ M ₁ R ₃	V ₁ S ₁ M ₁ R ₃	V ₁ S ₂ F ₀ M ₀ R ₃	V ₁ S ₂ F ₁ M ₁ R ₃	V ₁ S ₂ M ₁ R ₃	V ₁ S ₀ F ₀ M ₃ R ₃	V ₁ S ₃ F ₁ M ₁ R ₃	V ₁ S ₃ M ₁ R ₃
R ₄	V ₁ S ₀ F ₀ M ₀ R ₄	V ₁ S ₀ F ₁ M ₁ R ₄	V ₁ S ₀ M ₁ R ₄	V ₁ S ₁ F ₀ M ₀ R ₄	V ₁ S ₁ F ₁ M ₁ R ₄	V ₁ S ₁ M ₁ R ₄	V ₁ S ₂ F ₀ M ₀ R ₄	V ₁ S ₂ F ₁ M ₁ R ₄	V ₁ S ₂ M ₁ R ₄	V ₁ S ₀ F ₀ M ₃ R ₄	V ₁ S ₃ F ₁ M ₁ R ₄	V ₁ S ₃ M ₁ R ₄

4- المادة النباتية:

تم اختيار أربعة أصناف من بذور نبات الفول الجاف وهي (مالطي V_1 Malti ، هيستال V_2 Hystal، برواد V_3 Broad و أقواديلس V_4 Aguadulce). من أربعة مناطق مختلفة فالأول محلي، الثاني اسباني، الثالث تركي و الرابع مغربي المصدر على التوالي. جدول (4-2)

جدول (4-2) تعريف بالمادة النباتية

الرمز	V1	V2	V3	V4
الإسم	Malti	Hystal	Broad	Aguadulce
الأصل	محلي	اسباني	تركي	مغربي
الصورة				

5- الدراسة المطبقة:

5-1- التجربة الأولى (مرحلة الإنبات و نمو البادرة):

تم غسل البذور بماء جافيل جيدا بتركيز 2% لمدة 10 دقائق بغية تعقيمها، ثم بالماء المقطر لإزالة اثر ماء الجافيل، وقُسم كل صنف منها إلى 3 أقسام، و يتم نقع العدد الكافي من البذور كل معاملة على حدة للجزء الأول في إناء ذو القطر 25سم و الارتفاع 30 سم مع كبريتات الحديد بتركيز قدره 0.6 ميكرومول/التر، و الجزء الثاني في مولبيدات الالومنيوم بنفس التركيز، و الجزء الثالث تم نقعه بالماء المقطر، وتكون مدة النقع 4 أيام تقريبا.

وضعت البذور بعد النقع في أطباق بلاستيكية ذات القطر 15 سم و الارتفاع 1.5 سم بنفس العدد (25 بذرة) و موزعة كما هو في الجدول الآتي لكل صنف من الأصناف الأربعة السالفة الذكر

عُومل كل طبق بـ 300 ملل من تركيز الملوحة الموجود فيه و تم سقي كل الأطباق بالماء المقطر كل يوم لتجنب جفافها في مخبر ثابت الحرارة 21 م⁰ و رطوبة بين (60-70%) في الظلام التام. تم إحصاء البذور المنبئة من اليوم الأول إلى اليوم الثامن لكل مكرر على حده، مع إضافة يوميين لاحتمال ظهور إنبات متأخر. دونت النتائج في جداول و طبقت عليها المعايير الآتية (نسبة الإنبات (GP)، سرعة الإنبات (GR)، مؤشر توتر الإنبات (GSI)، مؤشر توتر المادة الجافة (DMSI)، مؤشر تحمل الملوحة (STI)، قوة نشاط البذور (SV)) على أن تحسب هذه المعايير بالطرق التالية:

أ- نسبة الإنبات (GP) **Germination Percent**:

$$GP = \frac{n}{N} \times 100$$

حيث n تمثل عدد البذور المنبئة و N عدد البذور المزروعة (Fateme et al., 2016).

ب- سرعة الإنبات (GR) **Germination rate**:

$$GR = \frac{G1 * Day1 + G2 * Day2 + \dots + Gn * Dayn}{GP} \times 100$$

حيث Gn عدد البذور النابتة في n يوم (Kader, 2005).

ج - مؤشر توتر الإنبات (GSI) **Stress Index Germination**:

$$GSI (\%) = [P.I \text{ of stressed seeds} / P.I \text{ control seeds}] \times 100$$

حيث P.I تمثل (0.25) + nd8 (0.5) + nd6 (0.75) + nd4 (1) + nd2 و nd2 تمثل البذور المنبئة في اليوم الثاني

(Shamim et al, 2009).

د - مؤشر توتر المادة الجافة (DMSI) **Dry Matter Stressed Index**:

$$DMSI = (\text{Dry matter of stressed plant} / \text{Dry matter of control plants}) \times 100$$

حيث Dry matter of stressed plant تمثل المادة الجافة للبادرة (Shamim et al, 2009).

هـ - مؤشر توتر الملوحة (STI) **Salt Tolerance Index**:

$$STI = \frac{\text{Seedling Dry Weight (Root + Shoot)}_{atx}}{\text{Seedling Dry Weight (Root + Shoot)}_{atc}}$$

حيث Seedling Dry Weight تمثل طول البادرة (Fateme et al, 2016).

و - قوة نشاط البذور (SV) **Seed Vigor** :

$$SV = [\text{seedling length (cm)} \times \text{germination percentage}]$$

(Janmohammadi et al., 2008).

seedling length طول البادرة و germination percentage نسبة الإنبات

5-2- التجربة الثانية (المرحلة الخضرية):

تم تحضير و نقع البذور بنفس الخطوات لمرحلة الإنبات. وبعد النقع مباشرة تم بذرها في أصص أبعادها (قطر 16 سم و ارتفاع 22 سم) بها تربة رملية مع تربة عضوية La tourbe (1:4) بمعدل 5 بذور لكل أصيص.

بعد خروج البادرة بأسبوع أُضيفت تراكيز الملوحة المبينة في التجربة الأولى مرتين خلال المرحلة الخضرية بينهما أسبوع، و بعد كل معاملة من الملوحة مباشرة تم رش النباتات بالعناصر المعدنية لليوم الموالي حسب توزيع التراكيز السالفة الذكر.

وقبل بداية الإزهار أُجريت الدراسة على كل من (الجذور، الساق و الأوراق) حيث أُخذت مقاطع عرضية منها عن طريق جهاز المشراح (Thermo / Microm HM 325 Rotary Microtome) ثم لونت و صُورت بالمجهر الضوئي المزود بكميرا Optika (Optika Microscopes - m-144) بمختلف التكبيرات X4 ، X10 و X40 . عن طريق البرنامج (logiciel) التابع لكميرا Optika تم حساب الأبعاد القياسات و المعايير المبينة في الجدول الآتي:
جدول (5-2). الصورة (1-2) و (2-2).

جدول (2-5) المعايير التشريحية المدروسة خلال المرحلة الخضرية.

1 عدد ثغور البشرة العلوية NUES	2 مساحة ثغور البشرة العلوية UES	3 محيط ثغور البشرة العلوية CUE	4 عدد ثغور البشرة السفلية NLES	5 مساحة ثغور البشرة السفلية LES
6 محيط ثغور البشرة السفلية CLE	7 مساحة اكبر خلية بشرية للجذر SLREC	8 محيط اكبر خلية بشرية للجذر CLREC	9 سمك اكبر خلية بشرية للجذر TLREC	10 مساحة اصغر خلية بشرية للجذر SSREC
11 محيط اصغر خلية بشرية للجذر CSREC	12 سمك اصغر خلية بشرية للجذر TSREC	13 مساحة أكبر وعاء خشبي في الجذر SLXR	14 محيط أكبر وعاء خشبي في الجذر CLXR	15 سمك أكبر وعاء خشبي في الجذر TLXR
16 مساحة أصغر وعاء خشبي في الجذر SSXR	17 محيط أصغر وعاء خشبي في الجذر CSXR	18 أصغر وعاء خشبي في الجذر TSXR	19 مساحة اكبر خلية بشرية لساق SLSEC	20 محيط اكبر خلية بشرية لساق CLSEC
21 سمك اكبر خلية بشرية لساق TLSEC	22 مساحة اصغر خلية بشرية لساق SSSEC	23 محيط اصغر خلية بشرية لساق CSSEC	24 سمك اصغر خلية بشرية لساق TSSEC	25 مساحة أكبر وعاء خشبي في الساق SLXS
26 محيط أكبر وعاء خشبي في الساق CLXS	27 سمك أكبر وعاء خشبي في الساق TLXS	28 مساحة أصغر وعاء خشبي في الساق SSXS	29 محيط أصغر وعاء خشبي في الساق CSXS	30 سمك أصغر وعاء خشبي في الساق TSXS



صورة (1-2) جهاز المشراح المستعمل Thermo / Microm HM 325 Rotary Microtome



صورة (2-2) جهاز التصوير المستعمل m-144 - Optika Microscopes

6- طريقة تحضير المقاطع:

أُخذت مقاطع عرضية للسيقان و الجذور في فترة زمنية واحدة و في نفس المستوى لكل النباتات بواسطة جهاز التشريح ، حيث تمر بالمراحل الآتية من التثبيت حتى المشاهدة و التصوير.

6-1- مرحلة التثبيت:

تم وضع المقاطع سواء للساق أو الجذر في ماء جافيل المركز 12^0 لمدة 10د والذي بدوره يعمل على إفراغ الخلايا من محتواها السيتوبلازمي، فهو مادة مثبته تحتوي على الكلور الذي يخرب الغشاء فتصبح الخلايا فارغة وتظهر الجدران لوحدها فقط.

6-2- مرحلة التعديل:

أُخذت المقاطع و وضعت في حمض الخل المركز Acide acétique (97%) لمدة 1د بغية تعديل مفعول ماء جافيل القاعدي.

6-3- مرحلة التلوين:

وتسمى بطريقة التلوين المزدوج double coloration حسب بوغديري، 2000 .

بعد التعديل بواسطة الحمض وُضعت المقاطع في اخضر الميثيل لمدة 5د، والذي حُضِر من قبل كالاتي :

أُذيب 1غ من اخضر الميثيل في 100 ملل من حمض الخل المركز مع الرج بواسطة الرجّاج المغناطيسي Agitateur magnétique ، حيث يعمل اخضر الميثيل على تلوين الجدران الملجننة باللون الأخضر و المتقلنة باللون البني.

بعدها مباشرة وُضعت هذه المقاطع في احمر الكونغو لمدة 10 د بغية تلوين الجدران السليلوزية باللون الوردي ، و المُحضّر كالاتي :

أُذيب 1غ من أحمر الكونغو مع 100 ملل من الماء المقطر في بيشر مخبري و وُضع فوق الرجّاج المغناطيسي مع التسخين ولمدة 30 د، بعدها تم ترشيحه بورق الترشيح و حُفظ في زجاجية بعيدا عن الضوء.

و بين الخطوة و الأخرى تم غسل المقاطع بالماء المقطر لإزالة اثر المحاليل المستعملة.

تُثبت المقاطع الملونة بين الشريحة و الساترة تحت المجهر الضوئي للفحص بمختلف تكبيرات العدسات و تصويرها بكميرا Optika.

كما تم نزع البشرة العلوية و السفلية لمختلف أوراق العينات لمستوى و زمن واحد لعقد السيقان وفحصها أيضا تحت المجهر.

7- طريقة تحليل كمية السليلوز و الهيميسليلوز و اللجنين:

7-1- تقدير اللجنين (%QL):

حسب طريقة Weende 1963 تم وضع 0.2 غ من مسحوق العينة النباتية في عبوات زجاجية ذات سعة 250 ملل مع التحريك ، أضيف لها 5 ملل من حمض الكبريت H_2SO_4 بتركيز 72% لكل زجاجة ، ثم وُضعت على الرجّاج Agitateur magnétique لمدة ساعتين بدرجة حرارة المخبر. بعدها أُضيف 56.2 مل من الماء المقطر للحصول على محلول 3 % من كتلة حمض الكبريتيك. أُغلقت الزجاجيات ثم غُلفت و وُضعت في الفرن بدرجة حرارة 120م⁰ لمدة ساعة، عندها تم ترشيح كل زجاجة و وُضع كل مرشح في أكواب مع إعادة الغسيل ، وُضعت في الفرن بدرجة 150م⁰ طوال الليل و توزن في اليوم التالي و يحسب اللجنين كالاتي حسب المعادلة التالية (Jürgen, 2014):

$$\text{Lignine (QL) \%} = \frac{\text{masse du résidu (g)}}{\text{masse de la prise d'essai (g)}} \times 100$$

7-2- تحديد الهلوسليلوز

تقدير السليلوز و الهيميسليلوز (QC et QH):

بعد نزع اللجنين تم استخلاص الهلوسليلوز (السليلوز + الهيميسليلوز) كالاتي :

في زجاجيات ذات 250 ملل تم وضع 0.1 غ من المستخلص و أضيف له 80 ملل من محلول الاسيتات العازل مع 2 ملل محلول كلوريد الصوديوم، عندها تم تحضينها في حمام مائي بدرجة 78 م⁰ .

في كل ساعة و لمدة 4 ساعات أُضيف 2 ملل من كبريتات الصوديوم، إلى غاية تغير لون العجين في الزجاجيات، رشحت العينات و تم غسلها بالماء حتى تغير لونها .

تم الغسل الثاني بإضافة 2 ملل أسيتون بعدها وُضعت البوتقات في الفرن بدرجة حرارة 150م⁰ طوال الليل لمدة 16 ساعة و وُزنت في اليوم التالي و حُسبت كمية السليلوز و الذي يبقى يعبر عن الهيميسليلوز حسب المعادلة التالية (Jürgen, 2014).

$$\text{cellulose (QC) \%} = \frac{\text{masse du précipite sec (g)}}{\text{masse initial sec (g)}} \times 100$$

$$\text{Hémicellulose (QH) \%} = (\text{QC} + \text{QH}) \% - (\text{QC})\%$$

8- الدراسة الإحصائية المطبقة :

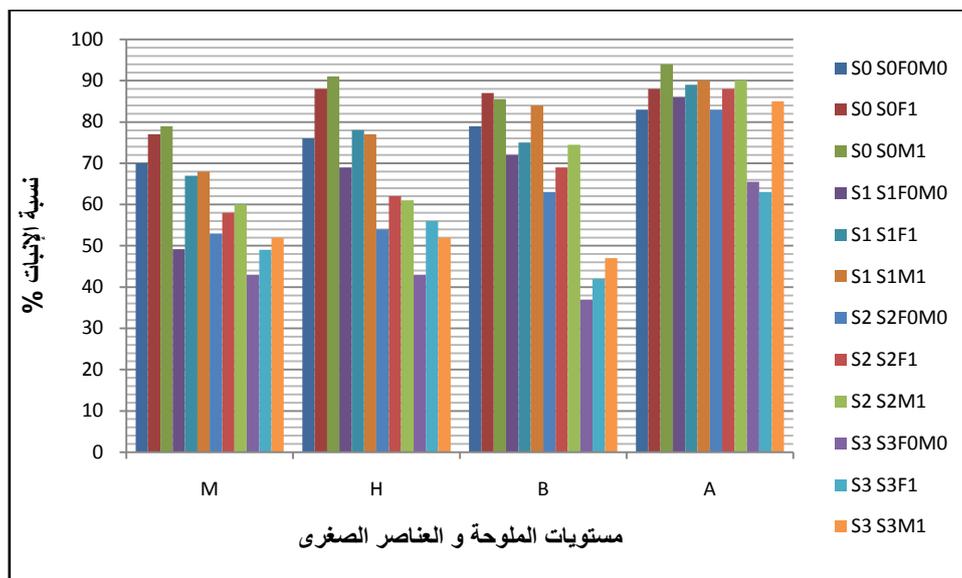
لتحديد أفضل متغير يمثل الأفراد أحسن تمثيل في إبراز أثر الفعل النوعي لمعاملات عنصر الحديد و الموليبدان كل على حده تحت الظروف الملحية و التداخل بينهم أثناء الدراسة المرفولوجية و الكيميائية و التشريحية، تم تطبيق دراسة إحصائية وصفية تمثلت في إتباع المركبات النموذجية (ACP) بهدف استنتاج الارتباطات الإيجابية و السلبية بين هذه المتغيرات أثناء مرحلة الإنبات و النمو الخضري، وكذلك دراسة إحصائية استدلالية تمثلت في إتباع تحليل التباين بتصميم المنشقة Split plot على المتغيرات التي مثلت الأفراد أحسن تمثيل في إبراز فعل التداخل بين الملوحة و العناصر الغذائية الصغرى (Mo, Fe) أثناء فترة الإنبات و النمو الخضري بهدف تحديد مدى معنوية هذه المتغيرات و استنتاج المجموعات المتماثلة و المتباينة بين الأفراد النامية تحت الظروف التجريبية بغية تحديد الأصناف المقومة و الحساسة.

الفصل الثالث

عرض النتائج

1- مرحلة الإنبات :

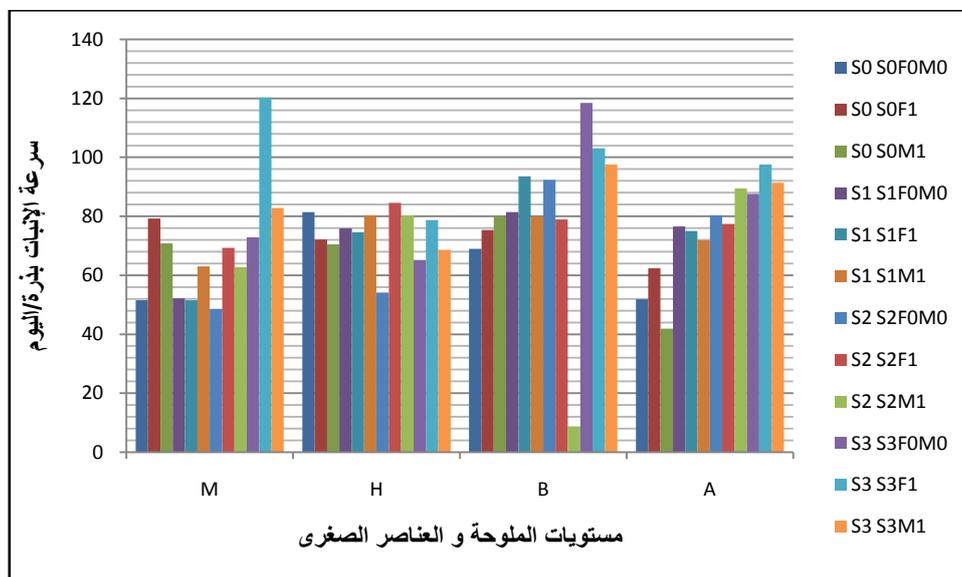
1-1- نسبة الإنبات GP



الشكل (1-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على نسبة الإنبات

من خلال الشكل (1-3) يتبين أن الملوحة بغض النظر عن العناصر المغذية الصغرى أثرت سلبا بمختلف النسب على صفة نسبة الإنبات في كل المستويات و للأصناف الأربعة بنسبة 98% مقارنة بالشاهد ، كما أثرا عنصر الحديد و الموليبدان بالتداخل مع الملوحة إيجابيا بنسبة 99% تقريبا، و كان اكبر تأثير لعنصر الحديد في المستوى الثاني (S₁: 30 mmol/L) بنسبة 26.5% عند الصنف الأول Malti و اقله في المستوى الثاني (S₁: 30 mmol/L) بنسبة 4% عند الصنف الثالث Broad. أما عنصر الموليبدان فقد كان أكبر تأثير له في المستوى الرابع (S₃: 150 mmol/L) بنسبة 22.95% عند الصنف الرابع Agudulce و اقله في المستوى الأول (S₁: 30 mmol/L) بنسبة 8.22% عند الصنف الثالث Broad.

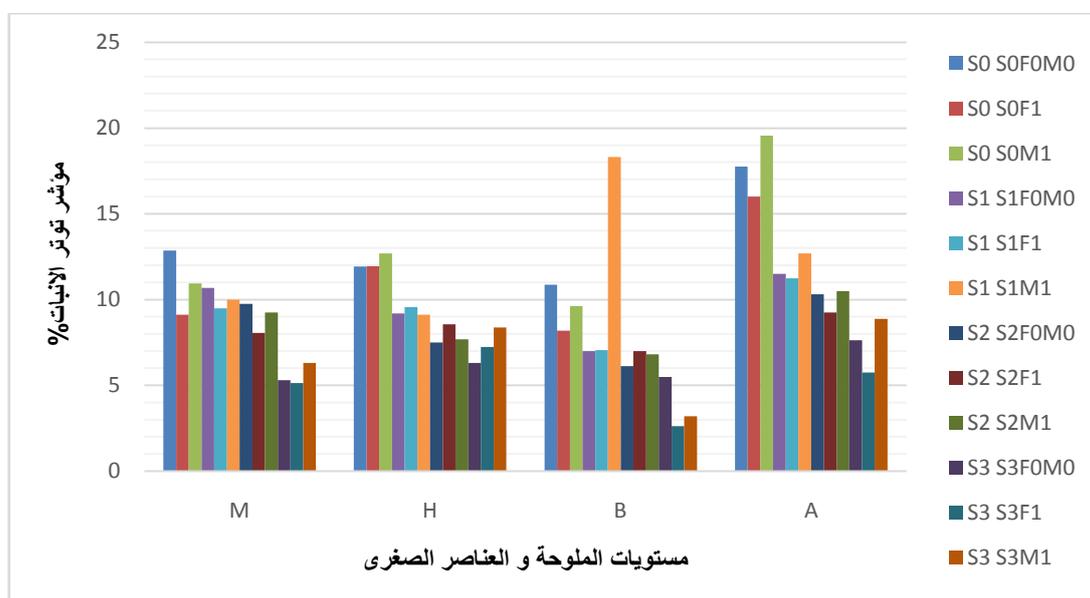
1-2- سرعة الإنبات GR



الشكل (2-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على سرعة الإنبات

يبين الشكل (2-3) أن الملوحة أثرت سلبا في صفة سرعة الإنبات بنسبة 34.38% عند تداخلها مع عنصري الحديد و الموليبدان، و ذلك بانخفاض السرعة في بعض المعاملات كما أنها زادت في معاملات أخرى، بينما زادت العناصر المغذية من سرعة الإنبات بمختلف النسب حيث سجل الحديد أكبر تأثير له في المستوى الرابع (S₃: 150 mmol/L) بنسبة 55.61% عند الصنف Malti و اقل تأثير له في المستوى الأول من الملوحة (S₀: 0 mmol/L) بنسبة 8.45% عند الصنف Broad . أما الموليبدان فقد سجل أكبر سرعة له في المستوى الثالث (S₂: 50 mmol/L) بنسبة 26.38% عند الصنف Hista و اقلها في المستوى الرابع (S₃: 150 mmol/L) من الملوحة بنسبة 4.93% عند الصنف Hista .

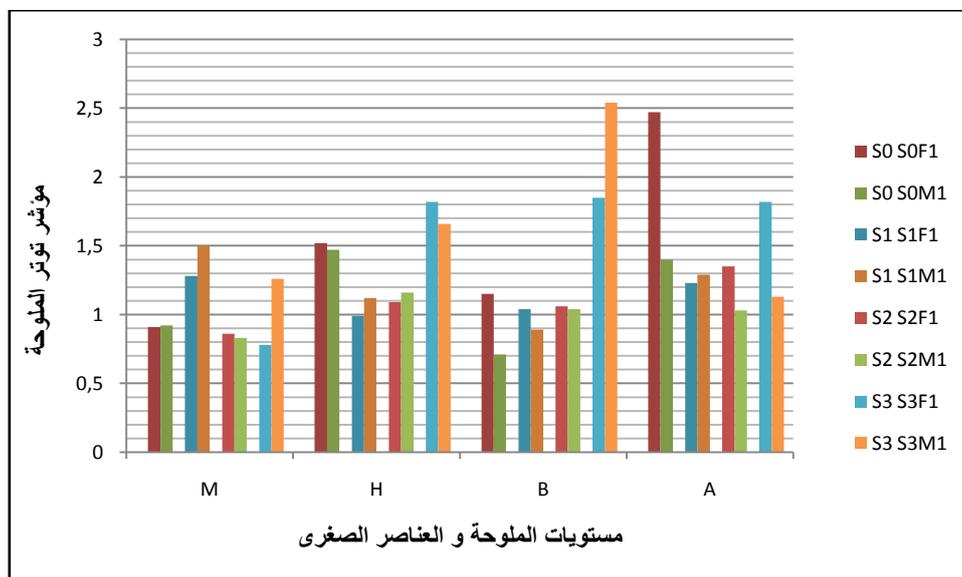
3-1 مؤشر توتر الإنبات GSI



الشكل (3-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مؤشر توتر الإنبات

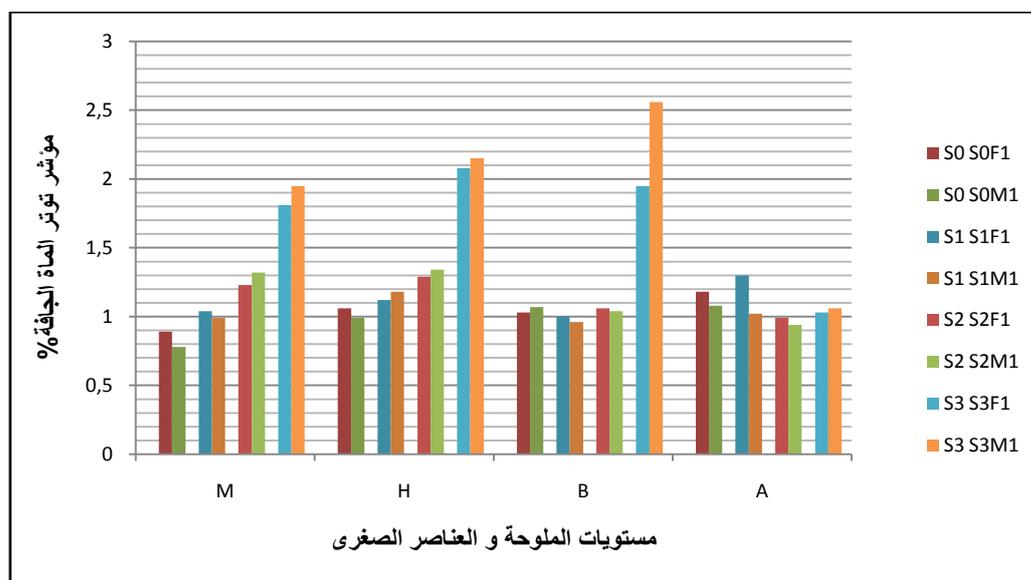
تراجعت صفة مؤشر توتر الإنبات من خلال الشكل (3-3) بتأثير الملوحة بغض النظر عن العناصر الصغرى من اقل تركيز إلى اكر تركيز، كما أثرت سلبا على المعاملات عند تداخلها مع العناصر المغذية الصغرى بنسبة 40.62% ، بينما أثرت العناصر الصغرى إيجابا بنسبة 59.38% ، حيث كان اكر تأثير لعنصر الحديد في المستوى الرابع (S₄: 150 mmol/L) بنسبة 12.96% عند الصنف Histal و اقل تأثير له في المستوى الأول من الملوحة (S₄: 150 mmol/L) بنسبة 0.12% عند الصنف Histal . أما الموليبدان فقد سجل اكر سرعة له في المستوى الثاني (S₁: 30 mmol/L) بنسبة 38.23% عند الصنف Broad و اقلها في المستوى الثالث (S₂: 50 mmol/L) من الملوحة بنسبة 2.47% عند الصنف Histal .

1-4- مؤثر توتر الملوحة STI



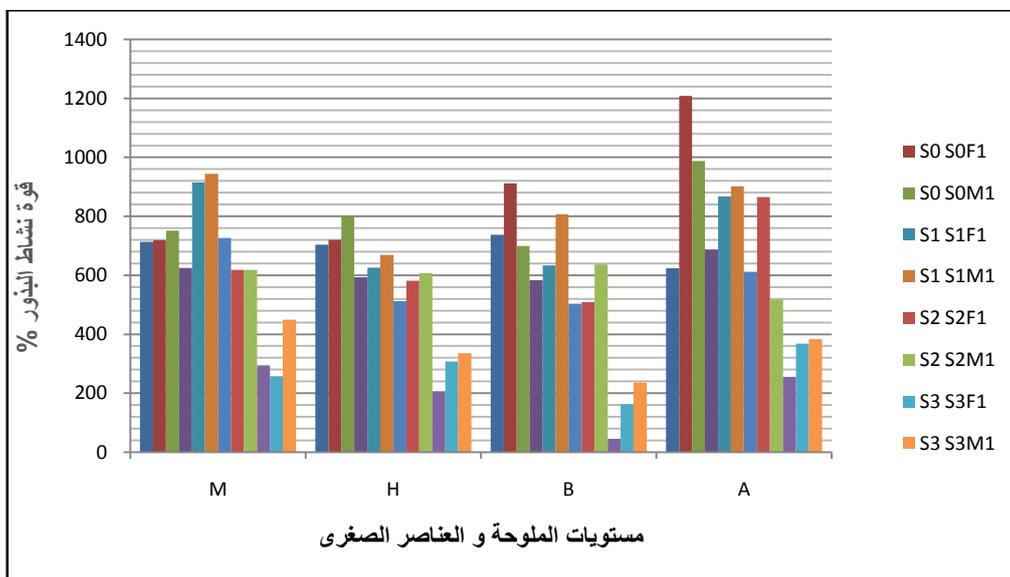
الشكل (3-4) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مؤشر توتر الملوحة

يظهر من خلال الشكل (3-4) أن أغلب نتائج صفة مؤشر توتر الملوحة تناقصت بزيادة تراكيز الملوحة، وهذا من خلال تداخل الملوحة مع عنصري الحديد و الموليبدان حيث كان اكبر تراجع لعنصر الحديد في المستوى الثاني (S_1 : 30 mmol/L) من الملوحة عند الصنف Aguadulce بنسبة 49.80% و اقله في المستوى الثالث (S_2 : 50 mmol/L) عند الصنف Malti بنسبة 5.50% . و اكبر تراجع لعنصر الموليبدان كان في المستوى الثاني (S_1 : 30 mmol/L) من الملوحة عند الصنف Histal بنسبة 23.80% و اقله في المستوى الثالث (S_2 : 50 mmol/L) عند الصنف Malti بنسبة 9.79% .



الشكل (3-5) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مؤشر توتر المادة الجافة

يبين الشكل (3-5) أن صفة مؤشر توتر المادة الجافة زادت في أغلب النتائج بزيادة تراكيز الملوحة المتداخلة مع العناصر الصغرى (Fe و Mo)، و لم تأثر هذه العناصر إيجابيا إلا في بعض المستويات فقط، حيث سجل الحديد أكبر تأثير له في المستوى الرابع (S_3 : 150 mmol/L) بنسبة 50.83% عند الصنف Malti و أقل تأثير له في المستوى الثاني من الملوحة (S_1 : 30 mmol/L) بنسبة 3.57% عند الصنف Hista . أما الموليبدان فقد سجل أكبر سرعة له في المستوى الرابع (S_3 : 150 mmol/L) بنسبة 59.77% عند الصنف Broad و أقلها في المستوى الثاني (S_1 : 30 mmol/L) من الملوحة بنسبة 21.21% عند الصنف Malti .



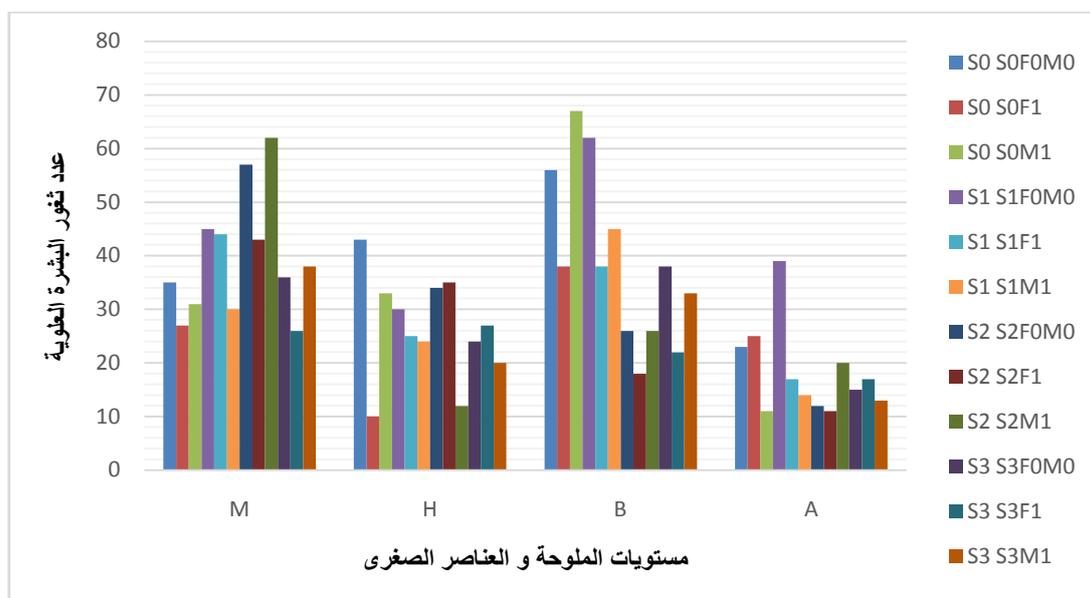
الشكل (3-6) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على قوة نشاط البذور

من خلال الشكل (3-6) يتبين أن الملوحة بغض النظر عن العناصر المغذية الصغرى أثرت سلباً بمختلف النسب على قوة نشاط البذور في كل المستويات و للأصناف الأربعة بنسبة 83.33% مقارنة بالشاهد و ذلك بانخفاض هذه الصفة ، كما أثرا عنصري الحديد و الموليبدان بالتداخل مع الملوحة إيجابياً بنسبة 87.5% تقريباً في زيادة قوة نشاط البذور، و كان أكبر تأثير لعنصر الحديد في المستوى الأول ($S_0: 0 \text{ mmol/L}$) بنسبة 61.80% عند الصنف الأول Agudulce و أقله في المستوى الثالث ($S_2: 50 \text{ mmol/L}$) بنسبة 0.16% عند الصنف الثالث Broad. أما عنصر الموليبدان فقد كان أكبر تأثير له في المستوى الثاني ($S_1: 30 \text{ mmol/L}$) بنسبة 66.20% عند الصنف الرابع Malti و أقله في المستوى الأول ($S_0: 0 \text{ mmol/L}$) بنسبة 4.95% عند الصنف الأول Malti.

2- مرحلة النمو الخضري:

2-1- صفات الثغور:

2-1-1- عدد ثغور البشرة العلوية NUES

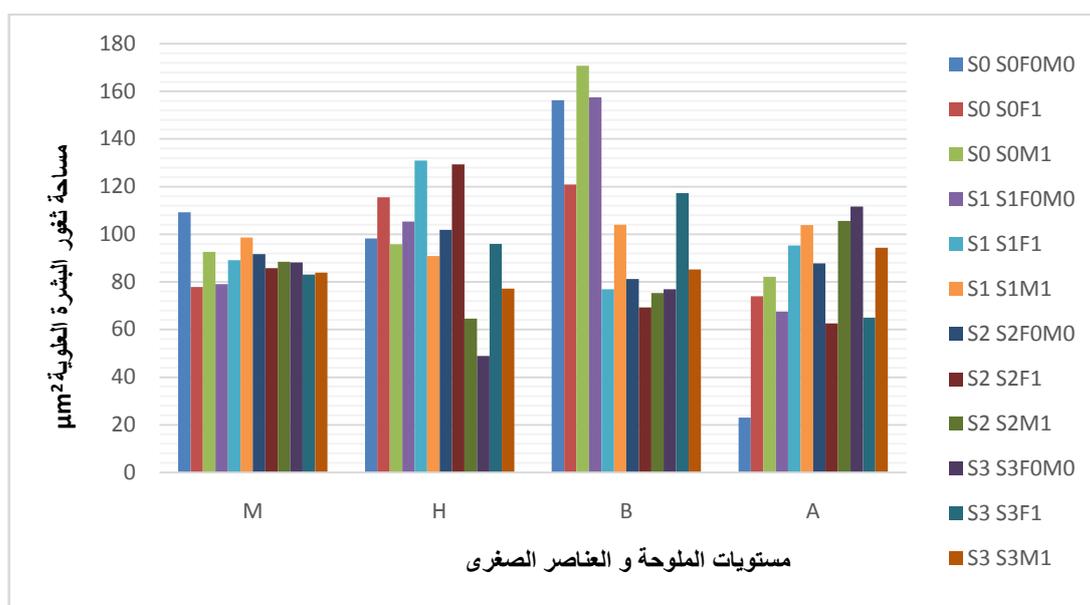


الشكل (7-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على عدد الثغور للبشرة العلوية

يتبين من خلال الشكل (7-3) أن الملوحة بغض النظر عن العناصر المعدنية أثرت في عدد ثغور البشرة العلوية بنسب متفاوتة للأصناف الأربعة و في المستويات الأربعة من الملوحة ، و يأتي الصنف الأول Malti V₁ الأكثر تأثيراً والذي زاد فيه عدد الثغور بزيادة الملوحة أما باقي الأصناف فكانت أقل تأثيراً مقارنة بالشاهد، كما كانت استجابة أصناف الفول بالمعاملة بعنصري الحديد و الموليبدان في كل المستويات إيجابية بنسبة 67% من مجمل المعاملات، حيث أن أغلب تأثير الملوحة لتراجع الاستجابة بالعناصر المغذية في المستويين الثالث (S₂: 50 mmol/L) و الرابع (S₃: 150 mmol/L) أين ترتفع نسبة الملوحة بـ NaCl. كما كان أكبر تأثير إيجابي للحديد في تراجع عدد الثغور عند المستوى الأول من الملوحة (S₀: 0 mmol/L) في الصنف Broad V₃ بنسبة 29% و أقل تأثير كان في المستوى الأول من الملوحة للصنف Malti V₁ و المستوى الثاني (S₁: 30 mmol/L) بالنسبة للصنف الرابع V₄ Agudulce بنسبة 3% مقارنة بشاهد المستوى ذاته . أما عنصر الموليبدان فكان أكبر تأثير إيجابي له في خفض عدد الثغور في البشرة العلوية للتقليل من تأثير الملوحة عند المستوى الثاني (S₁: 30

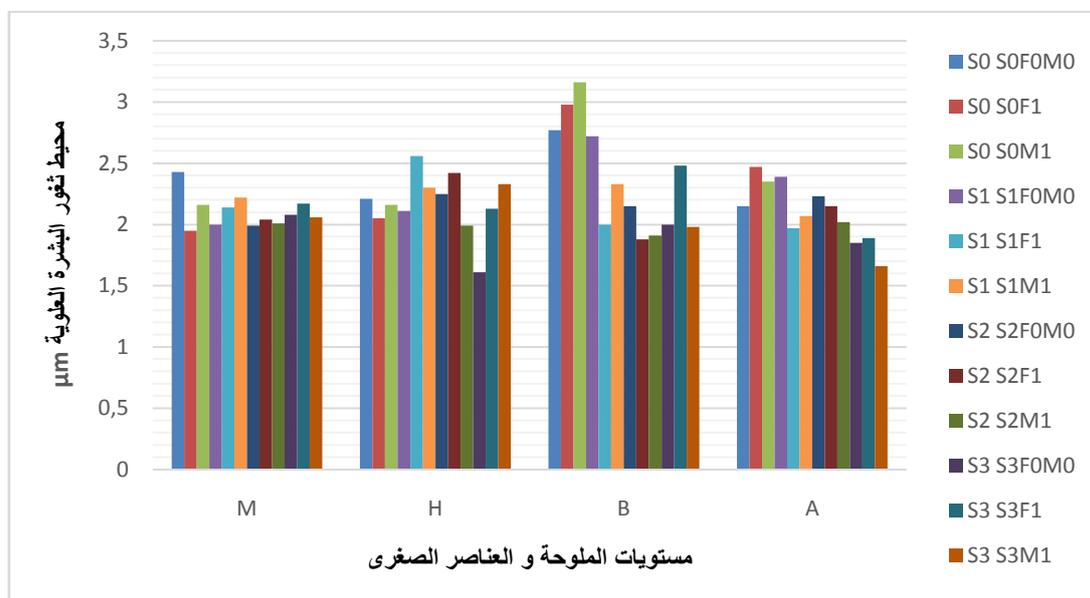
(mmol/L) في الصنف Aguadulce V₄ بنسبة 64%، أما أقل نسبة تأثير له فكانت في المستوى الرابع للملوحة عند الصنف Aguadulce بـ 14% فقط.

2-1-2- مساحة ثغور البشرة العلوية بـ μm^2 UES



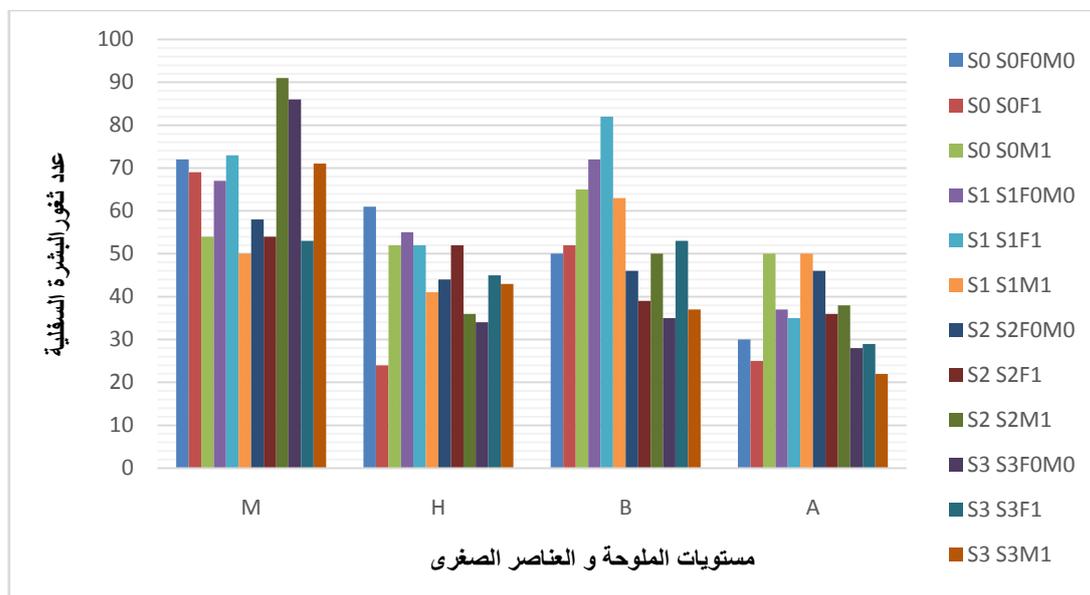
الشكل (8-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مساحة ثغور البشرة العلوية

يتضح من خلال هذا الشكل (8-3) أن الملوحة أثرت على مساحة ثغور البشرة العلوية من صنف لآخر، و قد كان الصنف الثالث Broad V₃ أكثرها تأثيراً سلبياً بالملوحة و ذلك بزيادة مساحة الثغور. أما تأثير العناصر الصغرى (الحديد و الموليبدان) على مساحة الثغور البشرة العلوية لأصناف الفول فقد كان أقل من التأثير على عدد الثغور بنسبة 65.62%، حيث كان الصنف الرابع Aguadulce V₄ أكثر استجابة لهذه العناصر مقارنة بالأصناف الثلاثة الأخرى. وفيما يخص أكبر نسبة استجابة لعنصر الحديد في التقليل من مساحة الثغور فكانت في المستوى الثاني (S₁: 30 mmol/L) بنسبة 52% عند الصنف الثالث Broad V₃، و أقل تأثير في المستوى الرابع من الملوحة (S₃: 150 mmol/L) بنسبة 5.73% فقط عند الصنف Malti، أما الموليبدان فكان أكبر تأثير له مشابه لعنصر الحديد سواء نسبة التأثير الأكبر أو الأصغر 33% و 4.86% على التوالي لنفس المستوى من الملوحة و الصنف أيضاً.

2-1-3- محيط ثغور البشرة العلوية بـ μm CUE

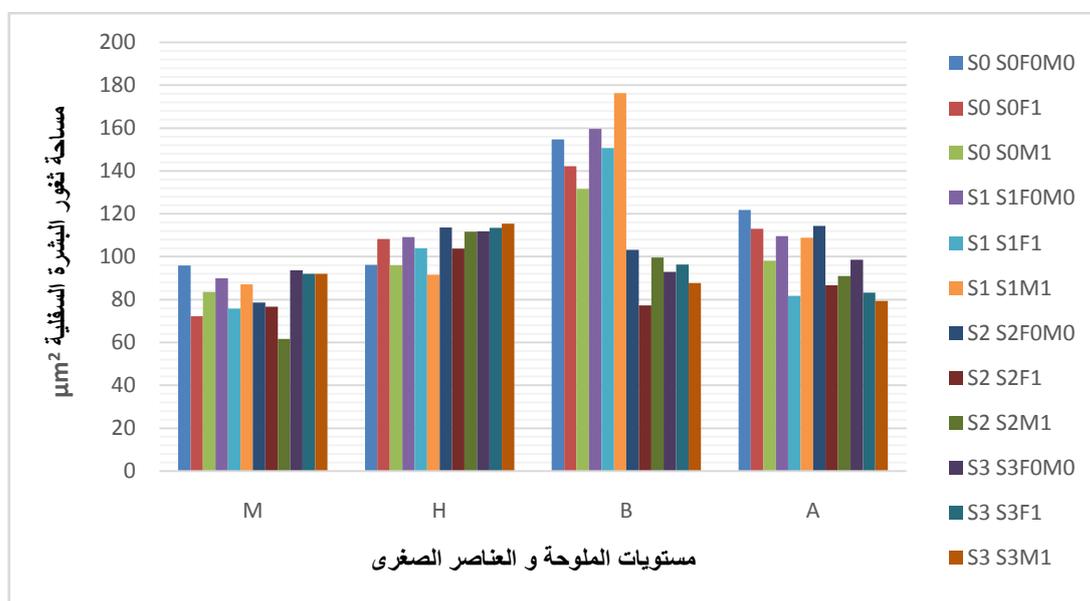
الشكل (3-9) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على محيط ثغور البشرة العلوية

اختلفت تأثيرات الملوحة على صفة محيط الثغور للبشرة العلوية من صنف لآخر و قد كان الصنف الرابع V_4 Agudulce أكثر هذه الأصناف تأثيرا بالزيادة في محيط الثغور، كذلك نلاحظ من خلال نتائج هذا الشكل (3-9) أن تأثير عنصري الحديد و الموليبدان على صفة محيط ثغور البشرة العلوية كان أقل مقارنة بتأثيرهما على صفتي عدد الثغور و مساحتها في البشرة العلوية و ذلك بنسبة 50% فقط، حيث كانت أكبر نسبة تأثير إيجابي لعنصر الحديد في المستوى الثاني ($S_1: 30 \text{ mmol/L}$) عند الصنف $Broad V_3$ بنسبة 26.45%، و أقلها عند المستوى الثالث ($S_2: 50 \text{ mmol/L}$) من الملوحة عند الصنف V_4 Agudulce بنسبة 3.58% مقارنة بالشاهد. أما عنصر الموليبدان فكانت أكبر نسبة تأثير إيجابي له سجلت في المستوى الثاني ($S_1: 30 \text{ mmol/L}$) عند الصنف $Broad V_3$ بنسبة 14.33% مقارنة بالشاهد للمستوى ، و أقل نسبة في المستوى الرابع ($S_3: 150 \text{ mmol/L}$) عند الصنف $Malti V_1$ بنسبة 0.96% فقط مقارنة بشاهده.



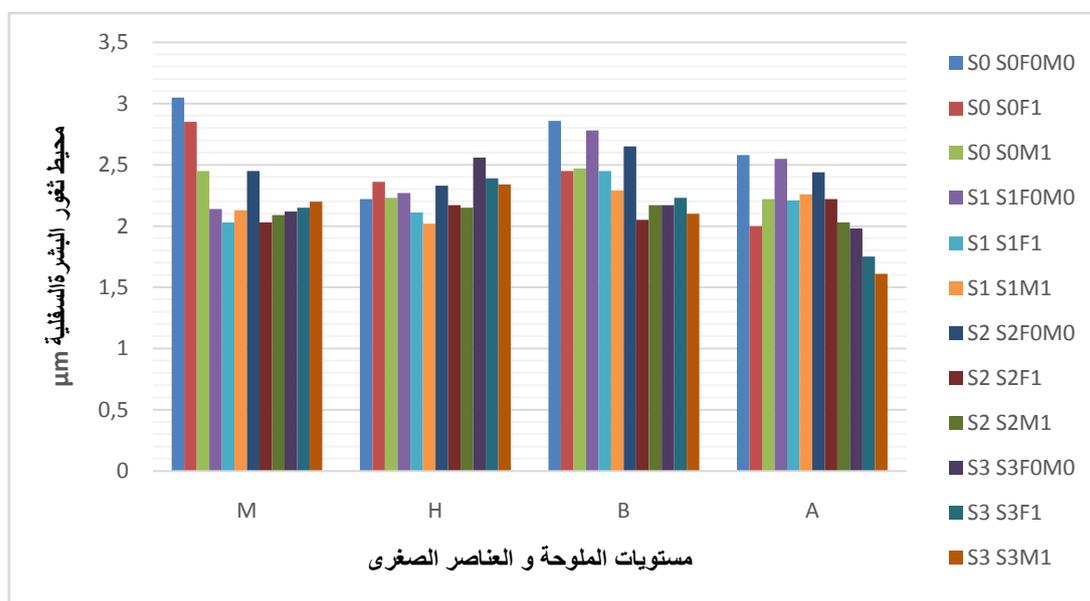
الشكل (3-10) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على عدد ثغور البشرة السفلية

استنادا لنتائج الشكل (3-10) يتبين لنا أن الأصناف الأربعة تأثرت سلبا بالملوحة بغض النظر على العناصر الصغرى (Mo, Fe) في أغلب المستويات لصفة عدد الثغور في البشرة السفلى حيث كان الصنف الرابع V_4 Agadulce أكثرها تأثرا بزيادة عدد الثغور. أما عنصري الحديد و الموليبدان فقد أثرا إيجابيا في أغلب المعاملات بالنسبة للمستويات الأربعة من ملوحة كلوريد الصوديوم بنسبة 56.25%، و كانت اغلب التأثيرات السلبية للملوحة في المستويين الثالث (S_2 : 50 mmol/L) و الرابع (S_3 : 150 mmol/L) حيث ترتفع نسبة الملوحة. وقد سجلت أكبر نسبة تأثير إيجابي للحديد في المستوى الأول (S_0 : 0 mmol/L) للصنف $Histal V_2$ بنسبة 60.65%، أما أقل نسبة فقد سجلت في المستوى الأول (S_0 : 0 mmol/L) أيضا للصنف $Agadulce V_4$ بنسبة 5.4%. و بالنسبة لتأثير عنصر الموليبدان فكان الأكبر على المستوى الأول (S_0 : 0 mmol/L) بنسبة 25% عند الصنف $Malti V_1$ ، و الأقل في المستوى الرابع (S_3 : 150 mmol/L) عند الصنف $Agadulce V_4$ بنسبة 21.24%.

2-1-5- مساحة ثغور البشرة السفلية بـ μm^2 LES

الشكل (11-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مساحة ثغور البشرة السفلية

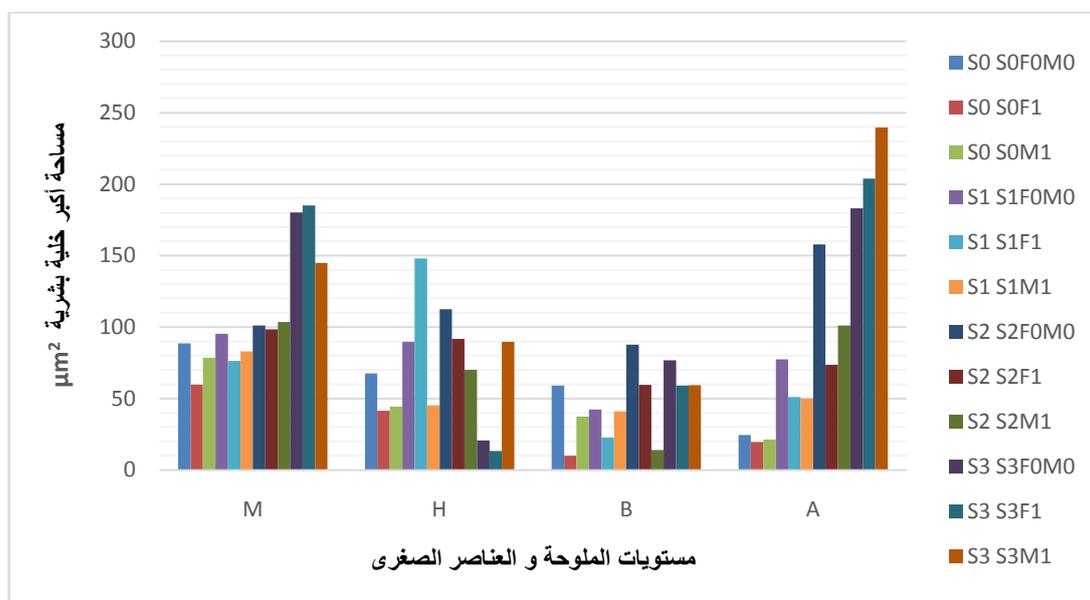
نلاحظ أيضا أن الملوحة بغض النظر على العناصر الصغرى كان لها تأثيرات مختلفة على مساحة الثغور عند الأصناف الأربعة، وكان الصنف الثاني Histal V₂ أكثر تأثيرا سلبا من بقية الأصناف، كما بينت نتائج الشكل (11-3) استجابة كبيرة لعنصري (Fe و Mo) من قبل الأصناف الأربعة للقول في اغلب مستويات الملوحة بنسبة 84.37%، و هي نسبة تأثير أكبر مقارنة بمساحة الثغور العلوية لذات الأصناف، مع أن الثغور السفلية الأكثر عددا من العلوية. أما عنصر الحديد فقد كان أكبر تأثير إيجابي له في المستوى الثاني (S₁: 30 mmol/L) من الملوحة عند الصنف الرابع Agadulce V₄ بنسبة 25.36%، و اقلها في المستوى الرابع (S₃: 150 mmol/L) من الملوحة للصنف الأول Malti V₁ بنسبة 1.68% فقط. و أكبر تأثير إيجابي لعنصر الموليبدان في المستوى الأول من الملوحة (S₀: 0 mmol/L) بنسبة 19.55% عند الصنف Agadulce V₄ و أقله في المستوى ذاته بنسبة 0.08% عند الصنف Histal.

2-1-6- محيط ثغور البشرة السفلية ب μm CLE

الشكل (3-12) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على محيط ثغور البشرة السفلية.

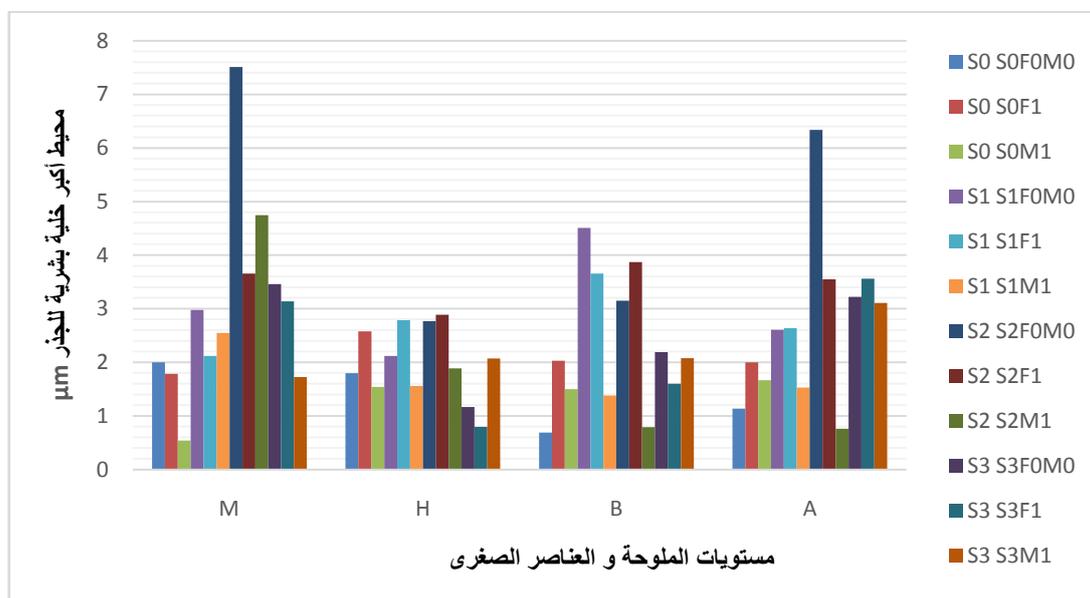
يُظهر الشكل (3-12) استجابة كبيرة أيضا لعنصري الحديد و الموليبدان وذلك عند التداخل مع الملوحة، مشابهما لما كان في مساحة الثغور السفلية، حيث كانت النسبة حوالي 84.43% لكل الأصناف عند كل المستويات الملحية ، و قد كان تأثير الحديد لوحده بأكبر نسبة 77.35% في المستوى الثالث من الملوحة (S₂: 50 mmol/L) عند الصنف Broad V₃، و أقلها في المستوى الثاني (S₁: 30 mmol/L) عند الصنف الأول Malti V₁ بنسبة 5.14%. أما تأثير الموليبدان فكان الأكبر عند المستوى الأول من الملوحة (S₀: 0 mmol/L) عند الصنف Malti V₁ بنسبة 19.61% و أقلها كانت في المستوى الأول (S₀: 0 mmol/L) عند الصنف الأول Malti أيضا بنسبة 0.46%.

2-2- صفات الجذر:

2-2-1- مساحة أكبر خلية بشرية للجذر بـ μm^2 SLREC

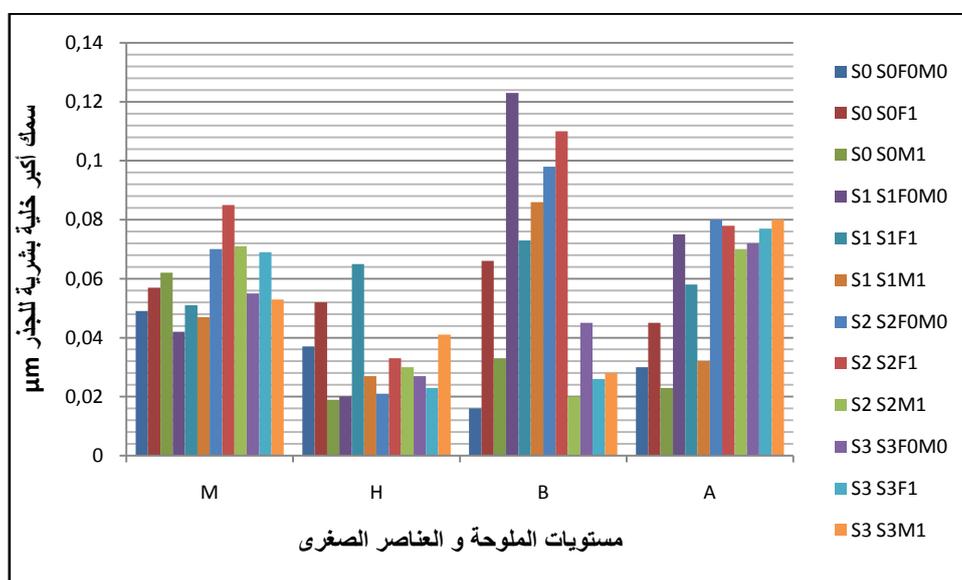
الشكل (3-13) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مساحة أكبر خلية بشرية للجذر

من خلال الشكل رقم (3-13) يتبين أن الملوحة أثرت سلبا على مساحة الخلايا الكبيرة لبشرة الجذور وذلك بالزيادة في مساحة أكبر خلية بشرية للجذر ، فبازدياد المعاملة بملوحة كلوريد الصوديوم تزداد المساحة لهذه الخلايا ، و قد استجابت أصناف الفول إلى تراجع اثر الملوحة عن طريق المعاملة بعنصري الحديد و الموليبدان ، حيث كانت نسبة الاستجابة الكلية حوالي 81.25%. وقد لاحظنا النقص الكبير لهذه الاستجابة في المستوى الرابع من الملوحة (S₃: 150 mmol/L)، و قد كانت اكبر استجابة لعنصر الحديد في المستوى الثالث (S₂: 50 mmol/L) للصنف Agadulce V₄ بنسبة 53.27% و أقلها بنسبة 34% في المستوى الرابع (S₃: 150 mmol/L) عند الصنف الثاني Hista V₂. أما الموليبدان فقد سجل أكبر تأثير له في المستوى الثالث (S₂: 50 mmol/L) عند الصنف Broad V₃ بنسبة 83.80% و أقلها فكانت في المستوى الثاني (S₁: 30 mmol/L) عند الصنف V₃ Broad بنسبة 3.61%.

2-2-2 - محيط أكبر خلية بشرية للجذر ب μm CLREC

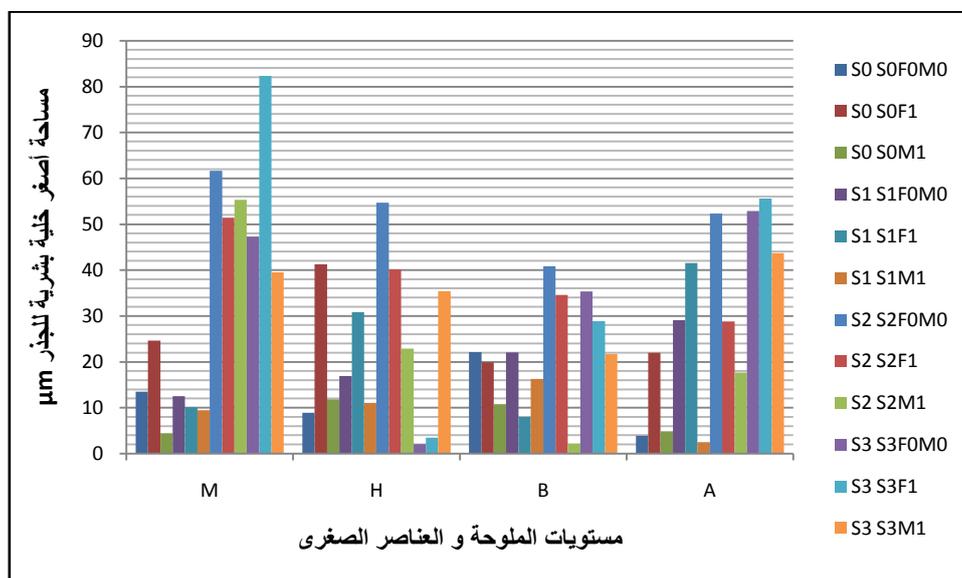
الشكل (3-14) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على محيط أكبر خلية بشرية للجذر

تتناقصت استجابة نبات الفول في صفة محيط أكبر خلية بشرية مقارنة بالمعايير الأخرى سالفة الذكر و ذلك من خلال الشكل رقم (3-14) المبين أن نسبة الاستجابة للمعاملة بعنصري (Fe و Mo) 65.62% مقارنة بالشاهد ، كما أن نسب التأثير السلبي لكلا العنصرين متقاربة، و تختلف نسب التأثير الإيجابي لهما، حيث كانت أكبر استجابة لعنصر الحديد في المستوى الثالث (S_2 : 50 mmol/L) من الملوحة بنسبة 51.24% عند الصنف V_1 Malti، و أقلها عند المستوى الرابع (S_1 : 30 mmol/L) للصنف نفسه بنسبة 9.24%. أما الموليبدان فقد سجل أكبر نسبة استجابة لهذه الصفة في المستوى الثالث (S_2 : 50 mmol/L) عند الصنف Aguadulce V_4 بنسبة 88% ، و أقلها في المستوى الرابع (S_3 : 150 mmol/L) للصنف الثالث Broad V_3 بنسبة 5.02%.

2-2-3- سمك أكبر خلية بشرية للجذر بـ μm TLREC

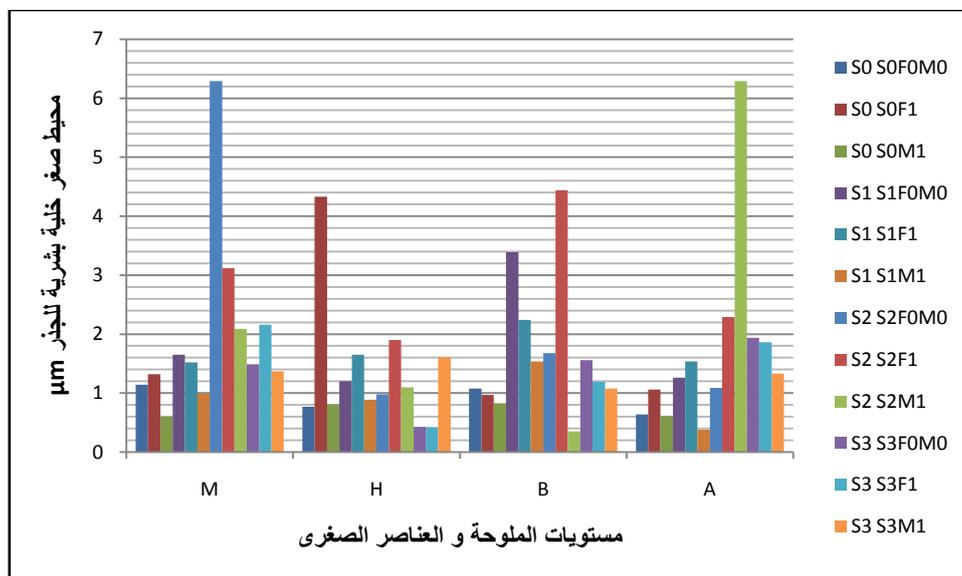
الشكل (3-15) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على سمك أكبر خلية بشرية للجذر

يبين هذا الشكل (3-15) لصفة سمك أكبر خلية بشرية للجذر لأصناف نبات الفول و المعامل بمستويات من ملوحة كلوريد الصوديوم أن الاستجابة بإضافة عنصري الحديد و الموليبدان كانت بنسبة 62.5% لمجموع نسب الاستجابات لكلا العنصرين وقد قدرت نسبة استجابة الأصناف في أثر التداخل بين الملوحة و العناصر الصغرى لعنصر الحديد بـ 75% و ذلك في المستوى الأول (S_0 : 0 mmol/L) من الملوحة للصنف Broad V₃ و أقلها في المستوى الثاني (S_1 : 30 mmol/L) للصنف الرابع Agudulce V₄ بنسبة 1.72%، وقد لاحظنا أن الحديد قد كان تأثيره أكبر من الموليبدان في هذه الصفة بنسبة 75% مقابل 25% فقط. أما أكبر نسبة لاستجابة الأصناف الأربعة للموليبدان فقدرت بـ 34.14% في المستوى الرابع (S_3 : 150 mmol/L) للصنف Hista V₂، و أقلها في المستوى الثالث (S_2 : 50 mmol/L) للصنف الأول Malti V₁ بنسبة 1.4% .

2-2-4- مساحة اصغر خلية بشرية للجذر بـ μm^2 SSREC

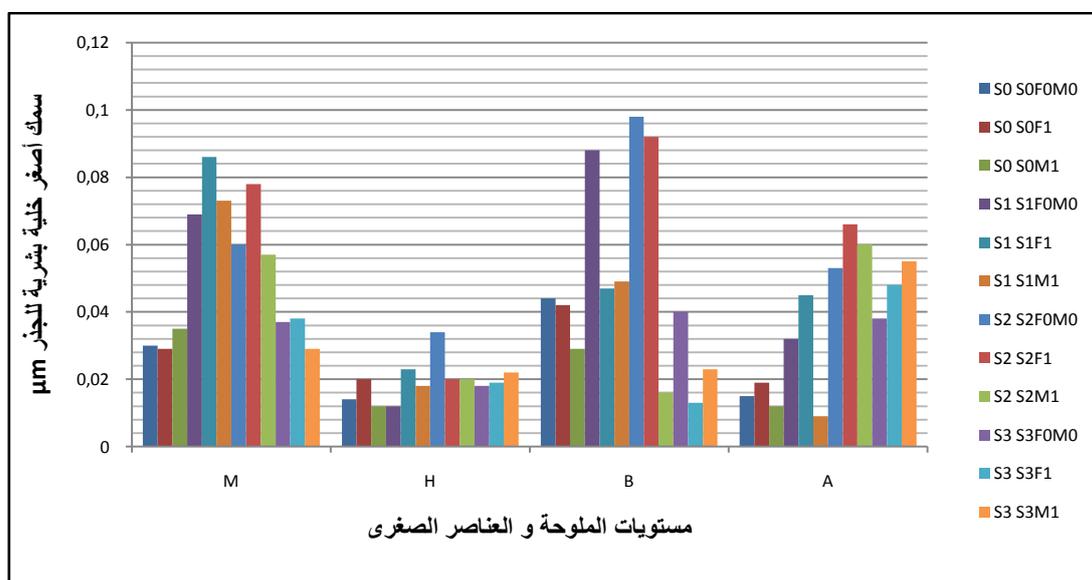
الشكل (3-16) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مساحة اصغر خلية بشرية للجذر

يظهر الشكل رقم (3-16) أن الملوحة أثرت سلبا في بعض المستويات على صفة مساحة اصغر خلية بشرية للجذر، و خاصة في العينات المعاملة بعنصر الحديد بنسبة 50% بينما لم تأثر في العينات المعاملة بالموليبدان إلا بسنة 12.5% فقط ، و ذلك في تراجع مساحة الخلايا، كما يبدو أن العناصر الصغرى الأساسية قد أثرت إيجابا في التخفيف من تأثير عامل الملوحة بنسبة 68.75% لمجموع الاستجابات الإيجابية. وقد كانت أكبر استجابة لعنصر الحديد في المستوى الثالث (S₂: 50 mmol/L) للصف الرابع Aguadulce V₄ ، و أقلها في المستوى الثاني (S₁: 30 mmol/L) للصف الأول Malti V₁ ، أما الموليبدان فكان أكثر تأثر إيجابيا له في المستوى الثالث من الملوحة (S₂: 50 mmol/L) للصف الثالث Broad و أقل تأثير كان في المستوى الثاني (S₁: 30 mmol/L) للصف الأول Malti.

2-2-5- محيط اصغر خلية بشرية للجذر بـ CSREC μm 

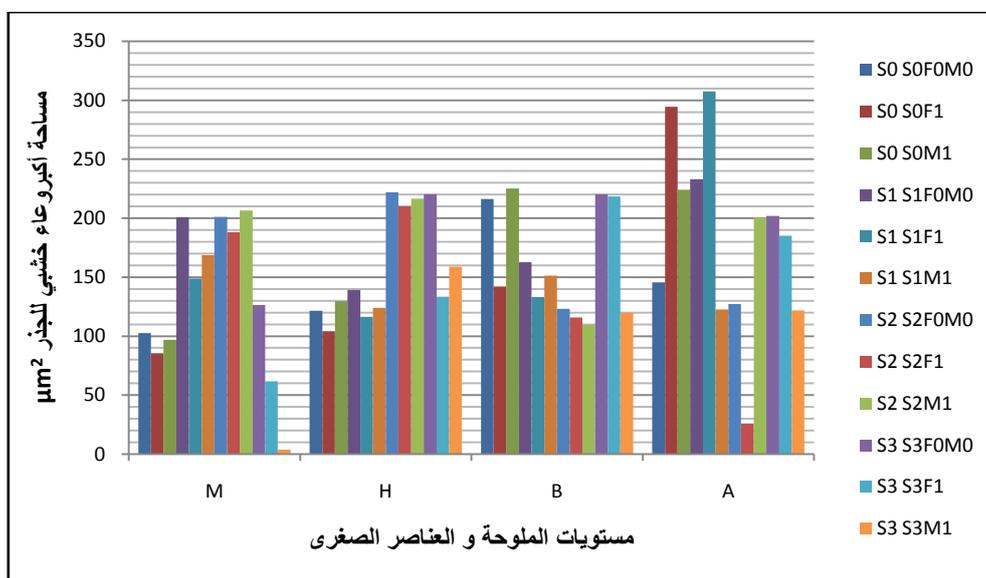
الشكل (3-17) أثر التداخل بين الملوحة و عنصري (Mo , Fe) على محيط اصغر خلية بشرية للجذر

نفس التأثير تقريبا لهذه الصفة محيط أصغر خلية بشرية للجذر مقارنة بمساحة أصغر خلية بشرية للجذر و ذلك في نسبة التأثير السلبي للملوحة و نسبة الاستجابة الكلية للعناصر الصغرى (Mo , Fe) فقد كانت النسبة حوالي 68.75% ، و قد أبدت الأصناف استجابة كبيرة لعنصر الموليبدان في مقاومة الملوحة و ذلك بتقليل محيط هذه الخلايا بنسبة 75% ، و كانت الاستجابة بعنصر الحديد أقل من ذلك بنسبة 50% فقط، و قد سُجلت أكبر نسبة استجابة لعنصر الحديد عند المستوى الثالث (S₂: 50 mmol/L) للصف الأول Malti بنسبة 50.4%، و أقلها عند المستوى الأخير من الملوحة (S₃: 150 mmol/L) للصف Histal بنسبة 2.33%. أما الموليبدان فقد كان أكبر تأثير له في المستوى (S₂: 50 mmol/L) للصف الأول Malti V₁ بنسبة 33.02%، و أقلها في المستوى الرابع (S₂: 50 mmol/L) للصف الثاني Histal بنسبة 4.69%. الشكل (3-17)

2-2-6- سمك اصغر خلية بشرية للجذر بـ μm TSREC

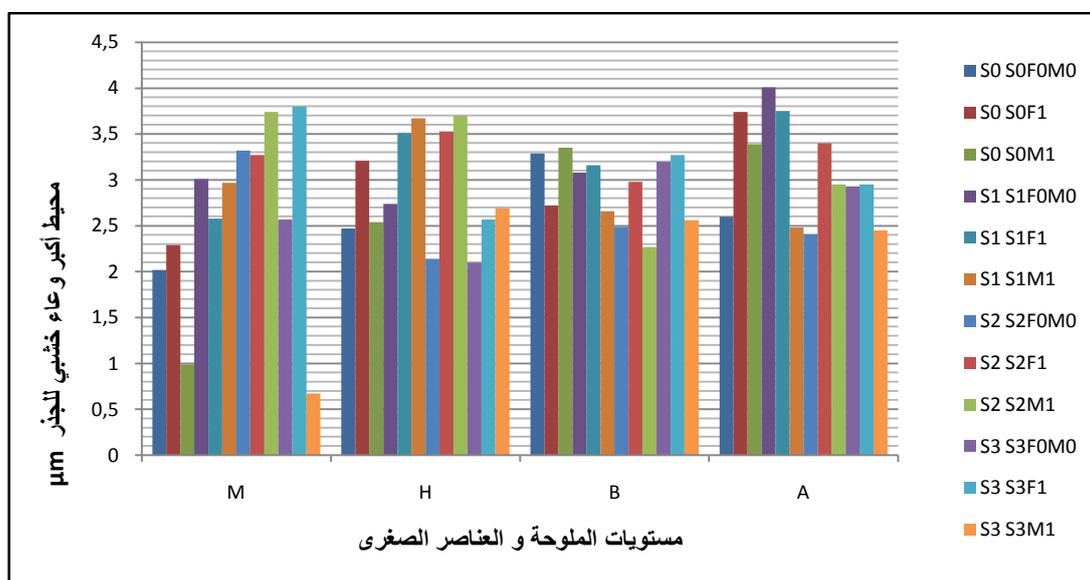
الشكل (3-18) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على سمك اصغر خلية بشرية للجذر

من خلال نتائج الشكل (3-18) نلاحظ أن الملوحة بغض النظر على العناصر المغذية أثرت سلبا على صفة سمك أصغر خلية بشرية للجذر و بنسب متفاوتة بنسبة 50% من مجمل المعاملات تقريبا. كما أثرت العناصر الصغرى عند التداخل مع الملوحة إيجابا ، حيث كان التأثير الإيجابي لعنصر الحديد بتقليل سمك جدار اصغر خلية للجذر سوى بنسبة 37.5% فقط من مجمل المعاملات، و كان أكبر تأثير لهذا العنصر في المستوى الثاني من الملوحة (S_1 : 30 mmol/L) للصف Broad بنسبة 46.6%، و أقل تأثير له في المستوى الأول (S_0 : 0 mmol/L) بنسبة 9.9% للصف Malti. أما عنصر الموليبدان فقد كان أكبر تأثير له في المستوى الثالث (S_2 : 50 mmol/L) من الملوحة بنسبة 83% للصف V_3 Broad، و أقلها في المستوى الأول (S_0 : 0 mmol/L) للصف الثاني Histal بنسبة 14.28%.

7-2-2- مساحة اكبر وعاء خشبي في الجذر بـ μm^2 SLXR

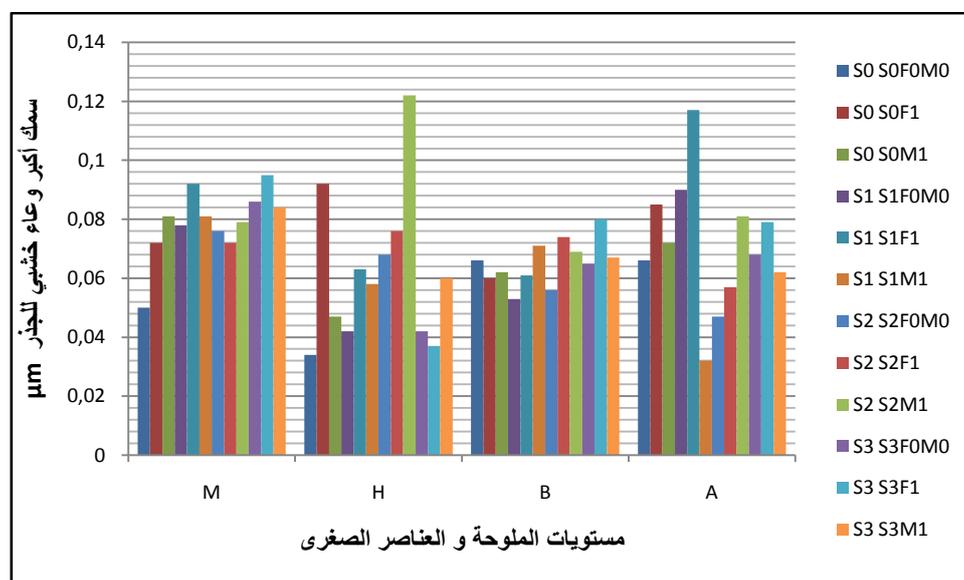
الشكل (3-19) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مساحة اكبر وعاء خشبي في الجذر

يبين لنا الشكل رقم (3-19) أن الملوحة لم يكن التأثير السلبي الكبير على صفة مساحة أكبر وعاء خشبي للجذر إلا بنسبة 18.75% من مجمل المعاملات ، و هذا تحت استجابة أصناف الفول الإيجابية للحديد و الموليبدان في هذه الصفة ، حيث كانت نسبة التأثيرات الكلية لهما 81.25 % ، و قد كانت أكبر نسبة تأثير للحديد في المستوى الرابع (S₂: 50 mmol/L) من الملوحة للصنف Malti بنسبة 51.11%، و أقلها في المستوى الثالث (S₂: 50 mmol/L) لنفس الصنف بنسبة 6.43%. أما الموليبدان فقد كان أكبر تأثير له في المستوى الرابع من الملوحة (S₃: 150 mmol/L) للصنف Malti بنسبة 96.97% و أقلها تأثير في نفس المستوى من الملوحة للصنف الثالث Broad بنسبة 5.44%.

2-2-8- محيط اكبر وعاء خشبي في الجذر بـ CLXR μm 

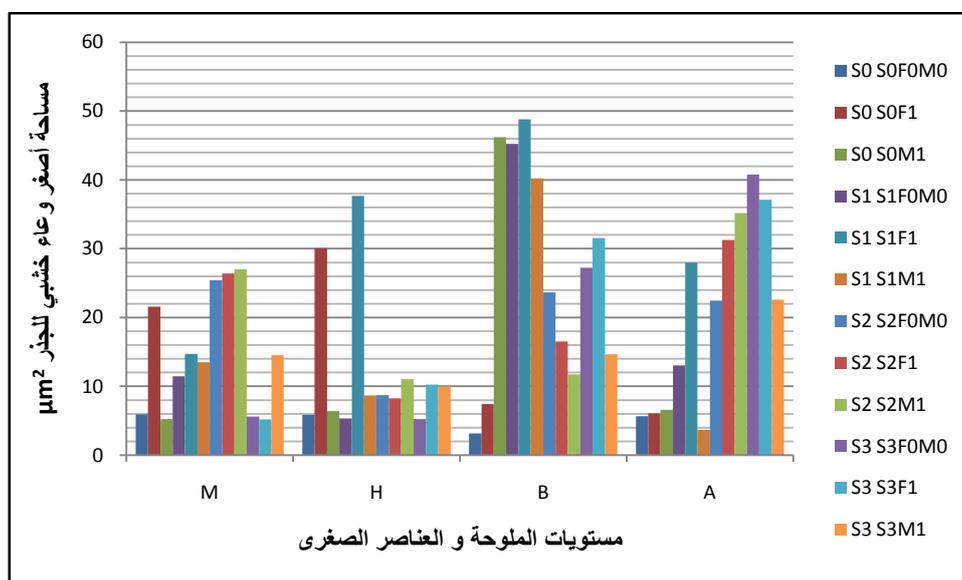
الشكل (3-20) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على محيط اكبر وعاء خشبي في الجذر

حسب هذه النتائج المبينة في الشكل (3-20) أن الملوحة أثرت تأثيرا سلبيا كبيرا على صفة محيط اكبر وعاء خشبي في الجذر و ذلك بتراجع المحيط و لم تأثر العناصر الصغرى عند تداخلها مع الملوحة إيجابيا سوى بـ 40.63% من مجموع المعاملات ، وقد كان تأثير الحديد اقل من تأثير الموليبدان ، حيث كان أكبر تأثير للحديد في المستوى الأول (S₀: 0 mmol/L) للصف Broad بنسبة 17.33% و اقله في المستوى الثالث (S₂: 50 mmol/L) للصف الأول Malti V₁ بنسبة 1.5%. أما أكبر تأثير الموليبدان فقد كان في المستوى الرابع (S₃: 150 mmol/L) من ملوحة كلوريد الصوديوم للصف الأول Malti V₁ بنسبة 73.92% و اقلها في المستوى الثالث (S₂: 50 mmol/L) بنسبة 1.32% للصف الأول أيضا .

9-2-2- سمك اكبر وعاء خشبي في الجذر ب TLXR μm 

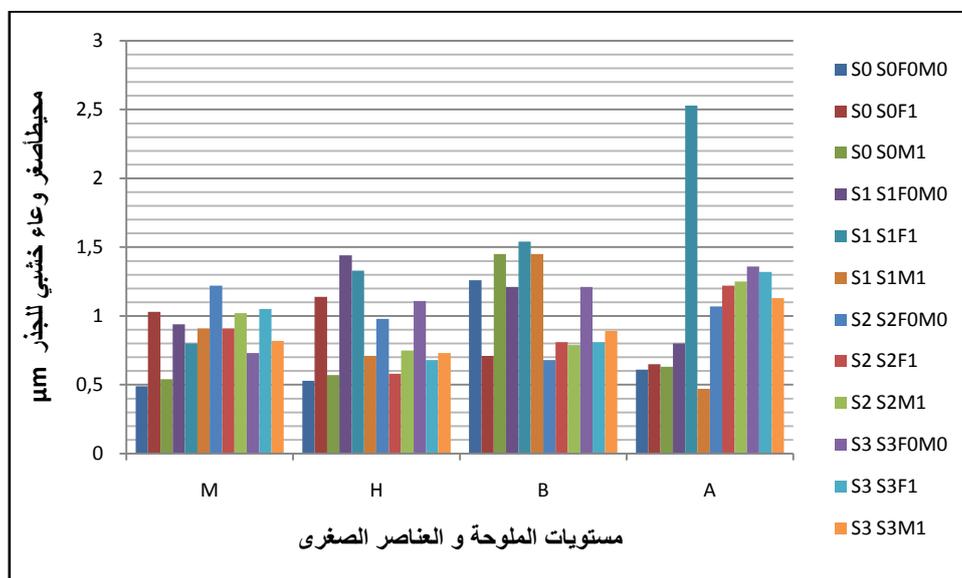
الشكل (3-21) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على سمك اكبر وعاء خشبي للجذر

استجابت أصناف الفول الأربعة استجابة إيجابية كبيرة للعناصر الصغرى عند تداخلها مع الملوحة بنسبة 78.12% على صفة سمك أكبر وعاء خشبي في الجذر و ذلك في زيادة السمك لجذر الأوعية الخشبية، و قد أثرا العنصرين بنفس التأثير الإيجابي تقريبا عند تداخلهما مع الملوحة ، و قد كان أكبر تأثير لعنصر الحديد في المستوى الثاني من الملوحة ($S_1: 30 \text{ mmol/L}$) للصف الرابع Aguadulce بنسبة 30%، و أصغر تأثير له كان في المستوى الثالث ($S_2: 50 \text{ mmol/L}$) للصف Histal بنسبة 11.76%، أما بالنسبة للمولبيدان فكان أكبر تأثير له في المستوى الثالث ($S_2: 50 \text{ mmol/L}$) للصف الثالث Broad V_3 بنسبة 79.41% و اقلها في المستوى الرابع ($S_2: 50 \text{ mmol/L}$) للصف الثالث Broad V_3 بنسبة 3.07%. الشكل (3-21)

10-2-2- مساحة اصغر وعاء خشبي في الجذر بـ μm^2 SSXR

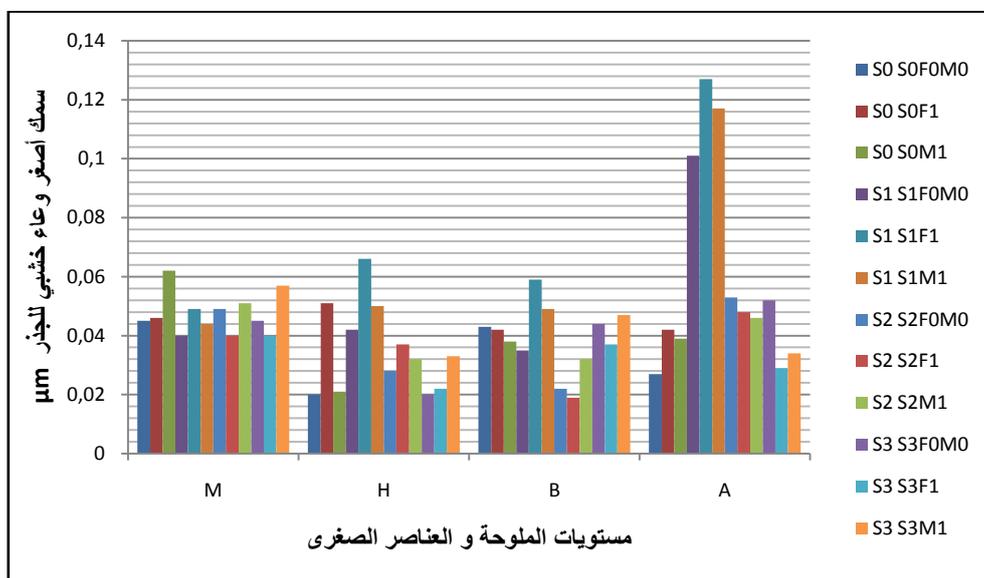
الشكل (3-22) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مساحة اصغر وعاء خشبي للجذر

نتائج الشكل (3-22) تبين أن أوعية الخشب الصغرى للجذر لم تقاوم الملوحة كثيرا في وجود العناصر الصغرى (Mo, Fe)، فقد أثرت الملوحة سلبا بنسبة 71.87% على هذه الصفة و ذلك في زيادة مساحة الأوعية الصغرى، وقد أثر الحديد إيجابيا أكثر من الموليبدان، و كان اكبر تأثير له في المستوى الرابع ($S_2: 50 \text{ mmol/L}$) للصف Malti V_1 بنسبة 9.04% و أقلها في المستوى الرابع ($S_2: 50 \text{ mmol/L}$) أيضا للصف الأول Malti V_1 بنسبة 0.93%، أما الموليبدان فكان اكبر تأثير له في المستوى الرابع ($S_2: 50 \text{ mmol/L}$) للصف الرابع Agudulce بنسبة 44.67% و أقله في المستوى الرابع ($S_2: 50 \text{ mmol/L}$) للصف الأول Malti بنسبة 11.91%.

11-2-2 - محيط اصفر وعاء خشبي في الجذر ب CSXR μm 

الشكل (3-23) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على محيط اصفر وعاء خشبي للجذر

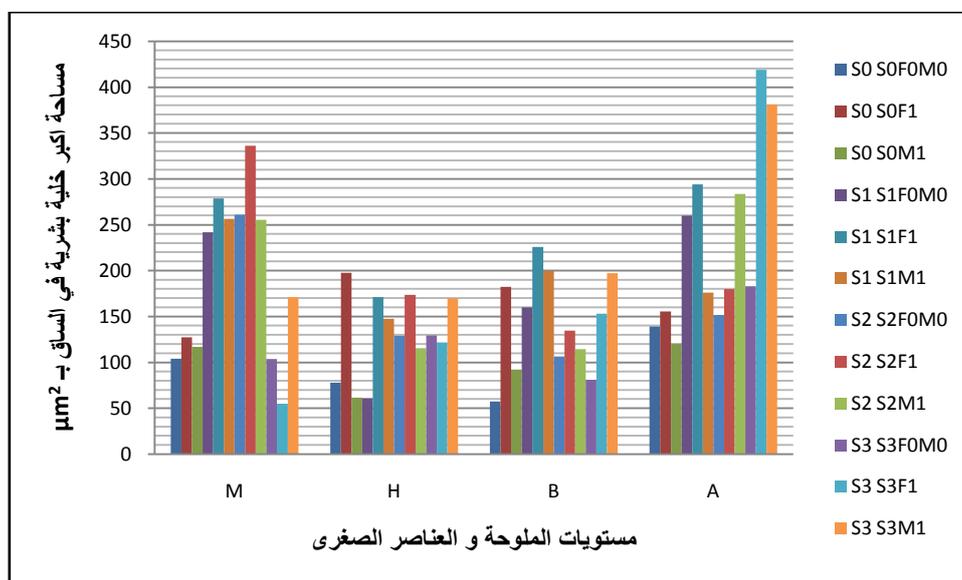
يُظهر الشكل (3-23) أن ملوحة كلوريد الصوديوم أثرت سلباً على صفة محيط أصفر وعاء خشبي في الجذر بنسبة 50% من مجموع المعاملات و بالتداخل مع الحديد و الموليبدان ، و قد أثرا العنصرين بنفس النسبة تقريبا إيجابا في تقليل محيط الأوعية الصغرى ، حيث كان اكبر تأثير للحديد في المستوى الأول من الملوحة ($S_0: 0$ mmol/L) للصنف الثالث Broad بنسبة 43.65%، و اقلها في المستوى الرابع ($S_3: 150$ mmol/L) للصنف الرابع Agudulce بنسبة 2.94%. و اكبر تأثير للموليبدان كان في المستوى الثاني ($S_1: 30$ mmol/L) للصنف الثاني Histal بنسبة 50.69%، و اقله عند نفس المستوى للصنف الأول Malti بنسبة 3.19%.

2-2-12- سمك اصغر وعاء خشبي في الجذر ب μm TSXR

الشكل (3-24) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على سمك اصغر وعاء خشبي للجذر

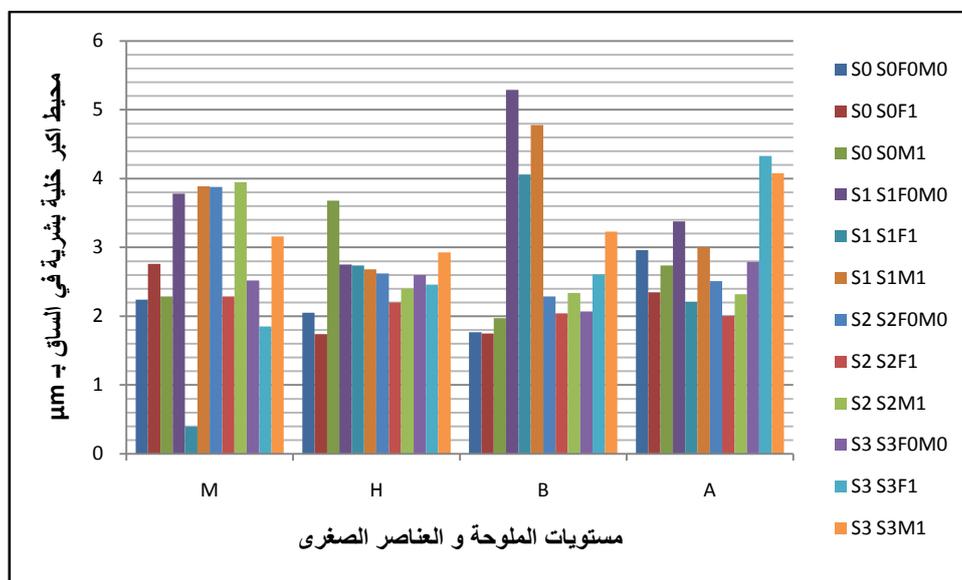
يتبين من خلال الشكل (3-24) أن الملوحة لم تؤثر سلبا كثيرا على أصناف الفول الأربعة في وجود عنصري الحديد و الموليبدان سوى بنسبة 31.25% في صفة سمك اصغر وعاء خشبي للجذر ، و كان تأثير الموليبدان إيجابيا أكثر من تأثير الحديد ، و قد كانت نسبة التأثير الإجمالي للموليبدان 81.25% حيث أكبرها كانت في المستوى الثاني من الملوحة (S₁: 30 mmol/L) للصف الثالث Broad بنسبة 40% و أقلها في المستوى الأول (S₁: 30 mmol/L) للصف الثاني Histal بنسبة 5%. أما أكبر تأثير للحديد فكان في المستوى الثاني (S₁: 30 mmol/L) للصف الرابع Aguadulce بنسبة 87.42% و أقله في المستوى الأول من الملوحة (S₁: 30 mmol/L) للصف الأول Malti بنسبة 2.22%.

2-3- صفات الساق:

2-3-1- مساحة اكبر خلية بشرية في الساق بـ μm^2 SLSEC

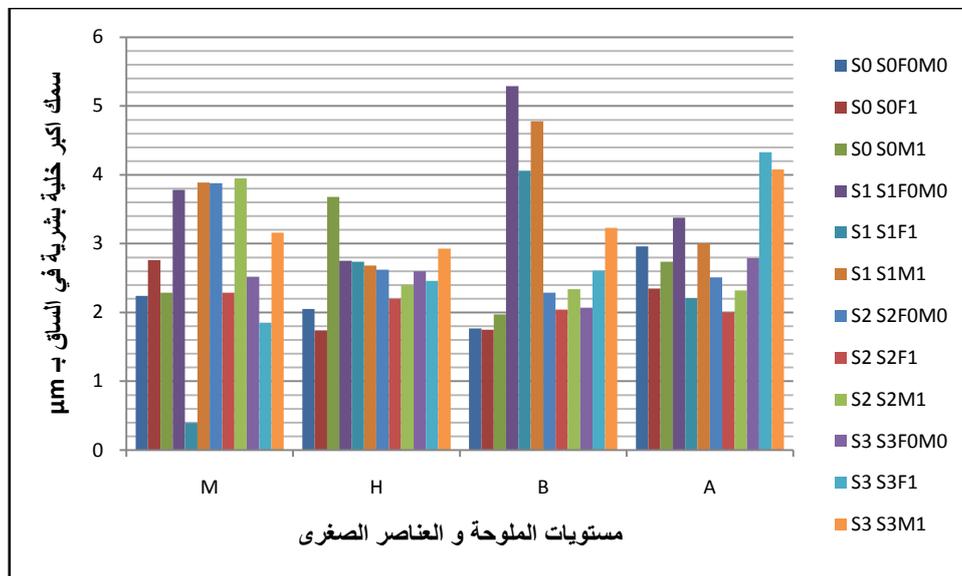
الشكل (3-25) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مساحة اكبر خلية بشرية في الساق

أظهرت نتائج الشكل (3-25) أن مساحة الخلايا البشرية للساق قد زادت تحت تأثير تداخل العناصر الأساسية الصغرى و ملوحة كلوريد الصوديوم، ، حيث أن تأثير الملوحة كان أقل مقارنة بالصفات السابقة و قد قدرت بـ 21.87% ، كما أثر الحديد إيجابا أكثر من عنصر الموليبدان ، و سجلنا اكبر تأثير له في المستوى الرابع (S₀: 0 mmol/L) بنسبة 43.69% للصف الرابع Agudilce و اقل تأثير كان في المستوى الأول (S₃: 150 mmol/L) بنسبة 48.05% ، و تم تسجيل أكبر تأثير إيجابي للموليبدان أيضا في المستوى الرابع (S₃: 150 mmol/L) للصف الرابع Agudilce بنسبة 10.78% و اقله عند المستوى الأول (S₁: 30 mmol/L) من الملوحة 18.12% للصف الرابع Agudulce كذلك.

2-3-2 - محيط اكبر خلية بشرية في الساق بـ μm CLSEC

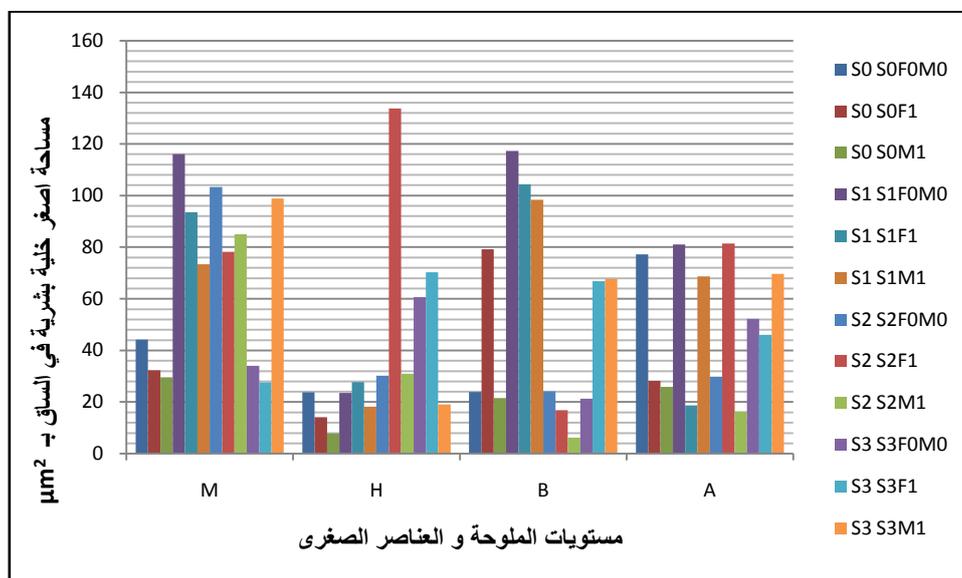
الشكل (3-26) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على محيط اكبر خلية بشرية في الساق

كبقية صفات المحيط الماضية فقد تأثرت هذه الصفة سلبا بالملوحة من خلال نتائج الشكل (3-26) بنسبة 56% و ذلك بتداخل الملوحة مع عنصري الحديد و الموليبدنوم ، وقد اثرا العنصرين ايجابا بنسبة 44%، حيث أثر الموليبدان أكثر من الحديد ، و كان أكبر تأثير لعنصر الحديد في المستوى الرابع (S₃: 150 mmol/L) من الملوحة بنسبة 31.61% للصف الرابع Aguadulce و اقلها في المستوى الأول (S₀: 0 mmol/L) بنسبة 2.18% للصف الأول Malti، اما عنصر الموليبدان فكان أكبر تأثير له في المستوى الرابع (S₃: 150 mmol/L) للصف الرابع Aguadulce بنسبة 35.56%، و اقله في المستوى الثاني (S₂: 30 mmol/L) للصف الأول Malti أيضا بنسبة 4.54%.

2-3-3- سمك اكبر خلية بشرية في الساق بـ μm TLSEC

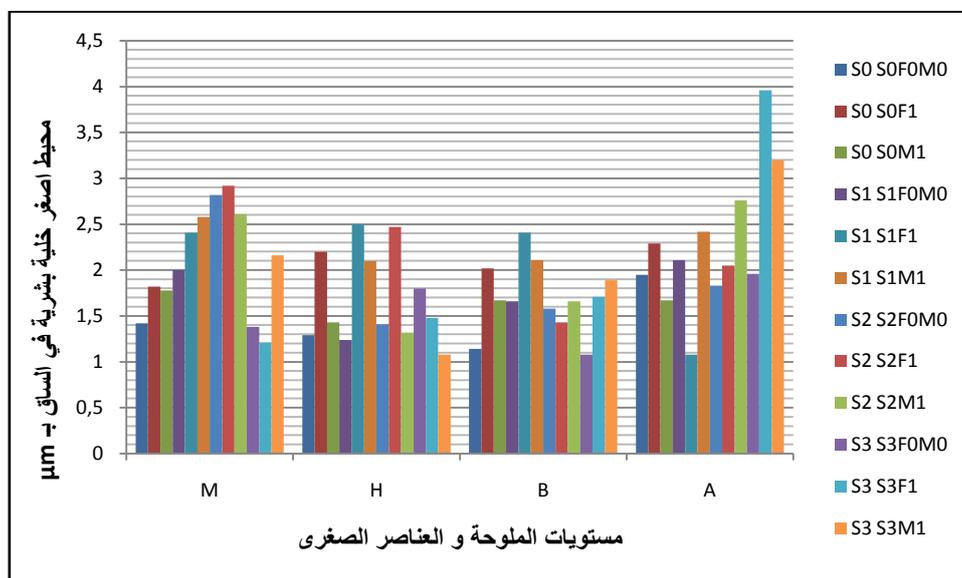
الشكل (3-27) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على سمك اكبر خلية بشرية في الساق

من خلال نتائج الشكل (3-27) يظهر أن صفة سمك اكبر خلية بشرية في الساق أبدت مقاومة كبيرة للملوحة في وجود العناصر الأساسية الصغرى بنسبة 25% فقط مقارنة بالشاهد، حيث أثرت هذه العناصر إيجابيا بنفس النسبة تقريبا في كل المعاملات ، و كان اكبر تأثير إيجابي لعنصر الحديد عند المستوى الأول (S_0 : 0 mmol/L) للصف الثاني Histale بنسبة 41.77% و أقله عند المستوى الثالث (S_2 : 50 mmol/L) للصف الثاني Histale بنسبة 2% ، أما اكبر تأثير لعنصر الموليبدان فكان عند المستوى الرابع (S_3 : 150 mmol/L) من الملوحة بنسبة 55.61% للصف الثالث Broad أيضا و أقله في المستوى الثالث (S_2 : 50 mmol/L) للصف الأول Malti بنسبة 0.1% .

2-3-4- مساحة اصغر خلية بشرية في الساق بـ μm^2 SSSEC

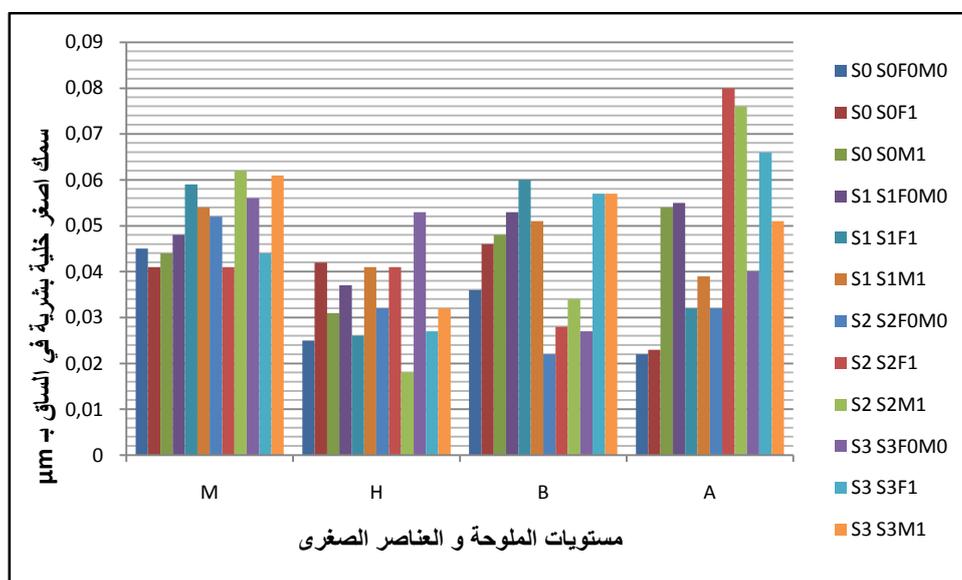
الشكل (28-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مساحة اصغر خلية بشرية في الساق

يُلاحظ من الشكل (28-3) أن الملوحة أثرت تأثيراً سلبياً على صفة مساحة اصغر خلية بشرية في الساق بنسبة كبيرة قدرت 68.75% وذلك بالتداخل مع عنصري الحديد و الموليبدان ، فقد قلت هذه المساحة لخلايا البشرة ، كما اثر عنصر الحديد إيجاباً أكثر من عنصر الموليبدان حيث كان اكبر تأثير له في المستوى الثالث (S₂: 50 mmol/L) للصف الثاني Histal V₂ بنسبة 77.41% و اقله في المستوى الرابع من الملوحة (S₃: 150 mmol/L) للصف الثاني Histal أيضا بنسبة 14.51%، أما الموليبدان فكان اكبر تاثير له في المستوى الرابع (S₂: 50 mmol/L) للصف الثالث Broad بنسبة 65.51%، و اقله في المستوى الثالث (S₂: 50 mmol/L) بنسبة 2.48% عند الصف Malti .

2-3-5- محيط اصغر خلية بشرية في الساق بـ μm CSSEC

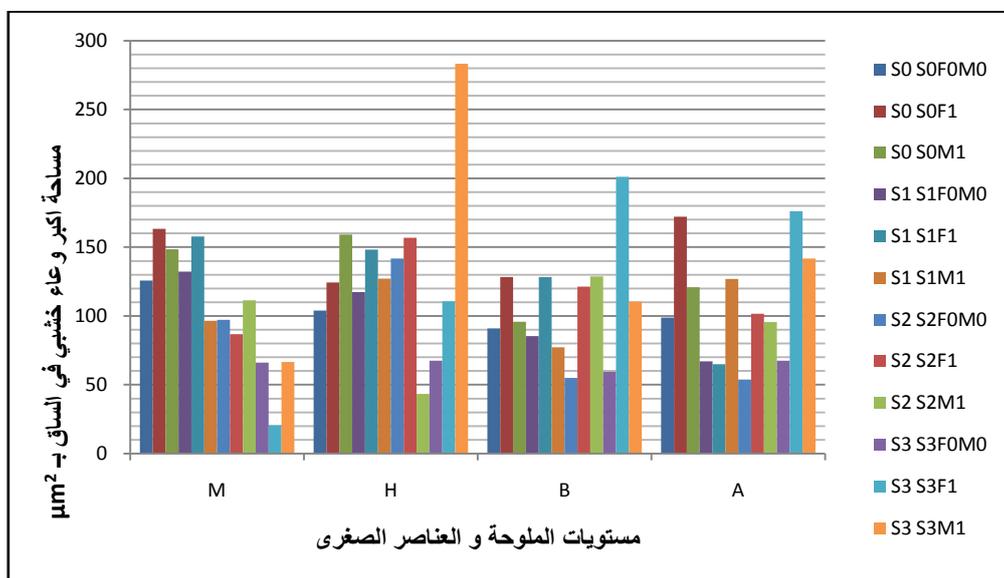
الشكل (29-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على محيط اصغر خلية بشرية في الساق

حسب نتائج الشكل (29-3) قاومت صفة محيط أصغر خلية بشرية في الساق الملوحة و ذلك عند التداخل مع عنصري (Mo , Fe) ، و كانت نسبة التأثير السلبي للملوحة 25% فقط مقارنة بالشاهد ، كما أثرا العنصرين إيجابيا بنفس عدد المعاملات ، حيث كان أكبر تأثير له في المستوى الرابع من الملوحة (S₃: 150 mmol/L) للصف الرابع Aguadulce V₄ بنسبة 50.50%، و اقلها في المستوى الثالث من الملوحة (S₃: 150 mmol/L) للصف الأول Malti V₁ بنسبة 3.42%، و اكبر تأثير للموليبدان كان في المستوى الرابع من الملوحة (S₃: 150 mmol/L) للصف الرابع Aguadulce أيضا بنسبة 38.75% و اقلها في المستوى الثالث (S₃: 150 mmol/L) بنسبة 4.81% عند الصف الثالث Broad.

2-3-6- سمك اصغر خلية بشرية في الساق بـ μm TSSEC

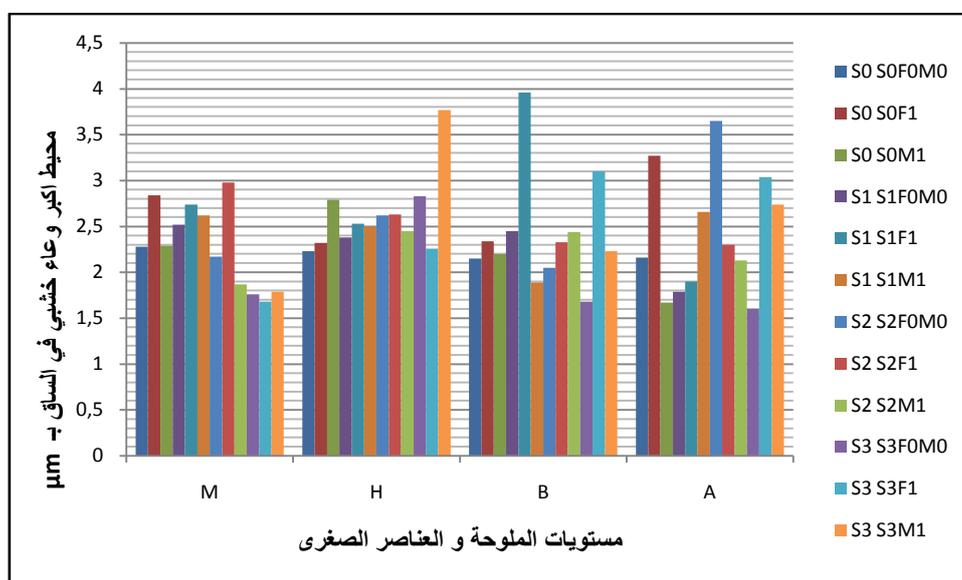
الشكل (30-3) أثر التداخل بين الملح و (Fe, Mo) على سمك اصغر خلية بشرية في الساق

من خلال نتائج الشكل (30-3) يظهر أن صفة سمك اصغر خلية بشرية في الساق استجابت استجابة كبيرة للعناصر الصغرى في انخفاض تأثير الملح بنسبة 65.62% ، و قد كانت الاستجابة متساوية في المعاملات لكلا العنصرين ، حيث كان اكبر تأثير لعنصر الحديد في المستوى الثالث ($S_2: 50 \text{ mmol/L}$) بنسبة 60.0% عند الصنف الرابع Aguadulce و اقلها في المستوى الأول ($S_0: 0 \text{ mmol/L}$) بنسبة 4.34% عند الصنف الرابع Aguadulce ، و اكبر تأثير للموليبدين كانت في المستوى الثالث ($S_2: 50 \text{ mmol/L}$) من الملح بنسبة 57.89% عند الصنف الرابع Aguadulce و اقله في المستوى الثاني ($S_1: 30 \text{ mmol/L}$) بنسبة 9.75% عند الصنف الثاني Hista.

2-3-7- مساحة اكبر وعاء خشبي في الساق بـ μm^2 SLXS

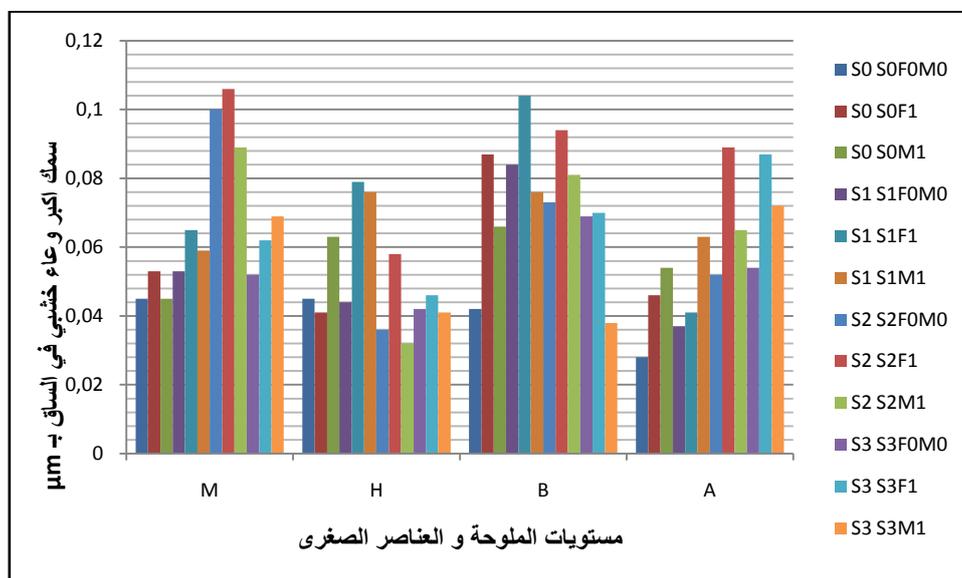
الشكل (31-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مساحة اكبر وعاء خشبي في الساق

يبين الشكل (31-3) أن الملوحة لم تُؤثر سلبيًا سوى بـ 18.75% من مجموع المعاملات مقارنة بالشاهد و هذا في وجود عنصري الحديد و الموليبدان ، و قد أثرا العنصرين بنفس عدد التأثيرات الإيجابية تقريبًا، حيث اثر عنصر الحديد بأكبر نسبة في المستوى الرابع (S_3 : 150 mmol/L) من الملوحة بنسبة 70.46% عند الصنف الثالث $Broad V_3$ و اقله في المستوى الثالث (S_2 : 50 mmol/L) بنسبة 9.53% مقارنة بالشاهد عند الصنف الثاني $Hista V_2$ ، كما كان اكبر تأثير للموليبدان في المستوى الرابع (S_3 : 150 mmol/L) بنسبة 76.14% عند الصنف الثاني $Hista V_2$ و اقله في المستوى الرابع (S_3 : 150 mmol/L) بنسبة 0.64% عند الصنف الأول Malti.

2-3-8- محيط اكبر وعاء خشبي في الساق بـ μm CLXS

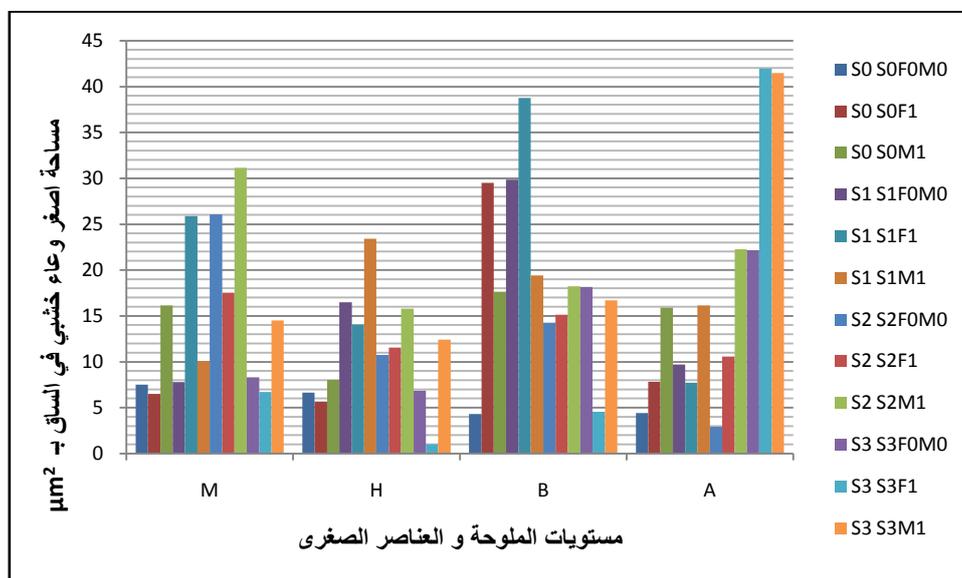
الشكل (3-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على محيط اكبر وعاء خشبي في الساق

أيضا في هذا الشكل (3-3) تظهر صفة محيط أكبر وعاء خشبي في الساق أنها تغلبت عن أثر الملوحة في وجود العناصر الأساسية الصغرى و ذلك بزيادة محيط هذه الأوعية حيث كان التأثير السلبي للملوحة بنسبة 18.75% على مجمل المعاملات ، و كان تأثير الحديد الإيجابي متقدم على تأثير الموليبدان ، حيث كان اكبر تأثير إيجابي لعنصر الحديد في المستوى الثاني (S_1 : 30 mmol/L) من الملوحة بنسبة 38.13% عند الصنف الثالث Broad ، و اقله في المستوى الثالث (S_2 : 50 mmol/L) من الملوحة بنسبة 0.38% عند الصنف الثاني Histale ، أما الموليبدان فكان اكبر تأثير له في المستوى الرابع (S_3 : 150 mmol/L) عند الصنف Histale بنسبة 51.45% و اقله في المستوى الأول (S_0 : 0 mmol/L) بنسبة 0.43% عند الصنف Malti .

2-3-9- سمك اكبر وعاء خشبي في الساق بـ μm TLXS

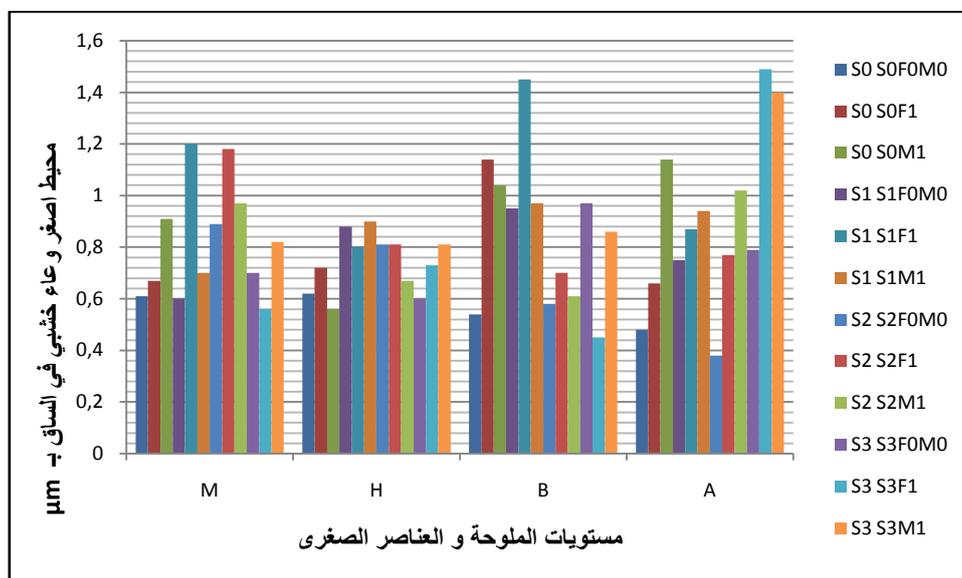
الشكل (33-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على سمك اكبر وعاء خشبي في الساق

يبين هذا الشكل (33-3) أن صفة سمك أكبر وعاء خشبي في الساق تغلبت عن أثر الملوحة في وجود العناصر الأساسية الصغرى و ذلك بزيادة محيط هذه الأوعية حيث كان التأثير السلبي للملوحة بنسبة 18.75% على مجمل المعاملات ، و كان تأثير الحديد الإيجابي متقدم على تأثير الموليبدان ، حيث كان اكبر تأثير إيجابي للحديد في المستوى الثالث ($S_1: 30 \text{ mmol/L}$) من الملوحة بنسبة 39.75% عند الصنف الثالث Malti ، و اقله في المستوى الرابع ($S_1: 30 \text{ mmol/L}$) من الملوحة بنسبة 1.42% عند الصنف الثاني Broad ، اما الموليبدان فكان اكبر تأثير له في المستوى الأول ($S_1: 30 \text{ mmol/L}$) عند الصنف Agudulce بنسبة 48.14% و اقله في المستوى الأول ($S_1: 30 \text{ mmol/L}$) بنسبة 0.12% عند الصنف Malti .

10-3-2- مساحة اصغر وعاء خشبي في الساق بـ μm^2 SSXS

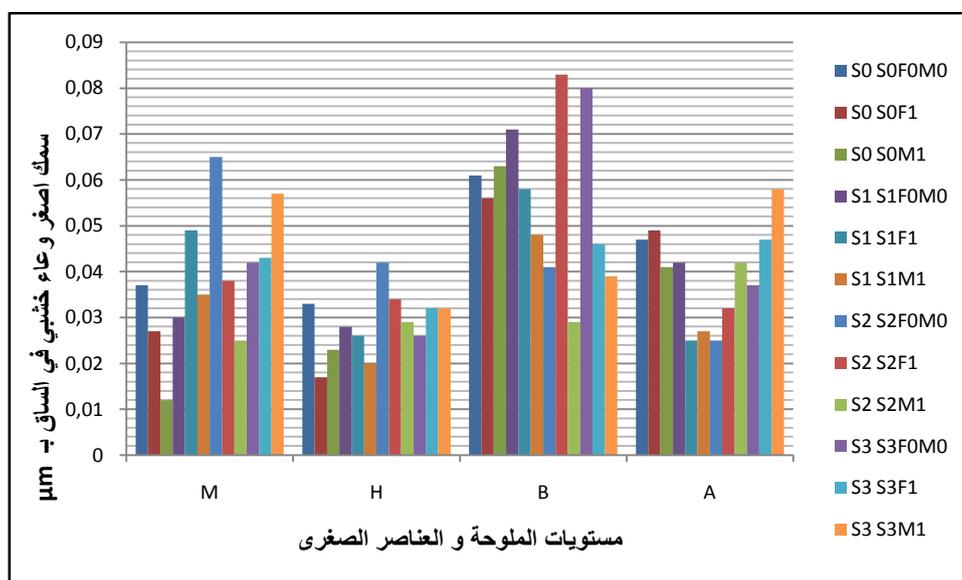
الشكل (3-34) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على مساحة اصغر وعاء خشبي في الساق

حسب نتائج الشكل (3-34) قاومت صفة مساحة اصغر وعاء خشبي في الساق الملوحة بالتداخل مع عنصرى (Mo, Fe) ، و كانت نسبة التأثير السلبي للملوحة 31.25% فقط مقارنة بالشاهد ، كما أثر عنصر الموليبدان إيجابيا أكثر من عنصر الحديد في عدد المعاملات لهذه الصفة، حيث كان أكبر تأثير له في المستوى الثالث من الملوحة (S_2 : 50 mmol/L) للصف الرابع V_4 Agudulce بنسبة 91.01% ، و اقلها في المستوى الاول من الملوحة (S_0 : 0 mmol/L) للصف الثاني V_2 Histal بنسبة 20.79%، و اكبر تأثير للحديد كان في المستوى الأول (S_0 : 0 mmol/L) للصف الثالث Broad بنسبة 85.33% و اقلها في المستوى الثالث (S_2 : 50 mmol/L) بنسبة 5.61% عند الصف الثالث Broad .

11-3-2- محيط اصغر وعاء خشبي في الساق بـ CSXS μm 

الشكل (3-35) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على محيط اصغر وعاء خشبي في الساق

أظهرت صفة محيط اصغر وعاء خشبي في الساق مقاومة معتبرة لأثر الملوحة بالتداخل مع عنصر الحديد و الموليبدان و ذلك من خلال الشكل رقم (3-35) ، حيث لم تأثر الملوحة إلا بنسبة 15.62% ، و قد كان التأثير الإيجابي للعناصر المغذية لهذه الصفة متقارب في مجمل المعاملات ، كما كان اكبر تأثير للحديد في المستوى الثاني ($S_1: 30 \text{ mmol/L}$) بنسبة 50% عند الصنف الأول للقول Malti V_1 و اقله في المستوى الثالث ($S_2: 50 \text{ mmol/L}$) بنسبة 0.1% عند الصنف الثاني Histal V_2 مقارنة بالشاهد، أما اكبر تأثير إيجابي للموليبدان فكان في المستوى الأول من الملوحة ($S_0: 0 \text{ mmol/L}$) بنسبة 57.89% عند الصنف الرابع Aguadulce V_4 ، و اقله في المستوى الثاني ($S_1: 30 \text{ mmol/L}$) بنسبة 2.22% عند الصنف الثاني Histal V_2 مقارنة بالشاهد.

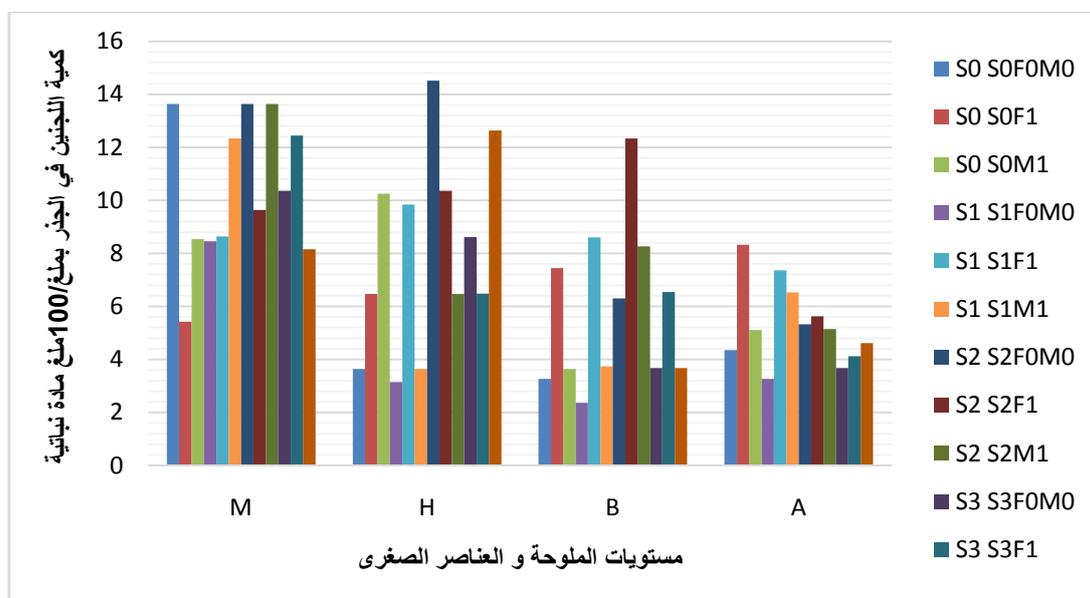
2-3-12- سمك اصغر وعاء خشبي في الساق بـ TSXS μm 

الشكل (36-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على سمك اصغر وعاء خشبي في الساق

من خلال الشكل (36-3) يتبين أن صفة سمك اصغر وعاء خشبي في الساق لم تقاوم الملوحة كثيرا في وجود العناصر الصغرى من الحديد و الموليبدان حيث أثرت الملوحة سلبا بنسبة 62.5% من مجموع المعاملات مقارنة بالشاهد، و قد أثرا العنصرين إيجابيا بعدد متساوي في كل العينات ، فالحديد كان اكبر تأثير له في المستوى الثاني من الملوحة (S_1 : 30 mmol/L) بنسبة 38.77% عند الصنف الأول Malti ، و اقله في المستوى الرابع من الملوحة (S_1 : 30 mmol/L) بنسبة 2.35% للصنف Malti ، أما معاملات الموليبدان فكان اكبر تأثير له في المستوى الرابع (S_1 : 30 mmol/L) بنسبة 36.20% عند الصنف الرابع Agudulce، و اقله في المستوى الثاني (S_1 : 30 mmol/L) بنسبة 14.28% عند الصنف الأول Malti مقارنة بالشاهد.

4-2- صفات اللجنين و السليلوز و الهيمسليولوز في الجذر و الساق:

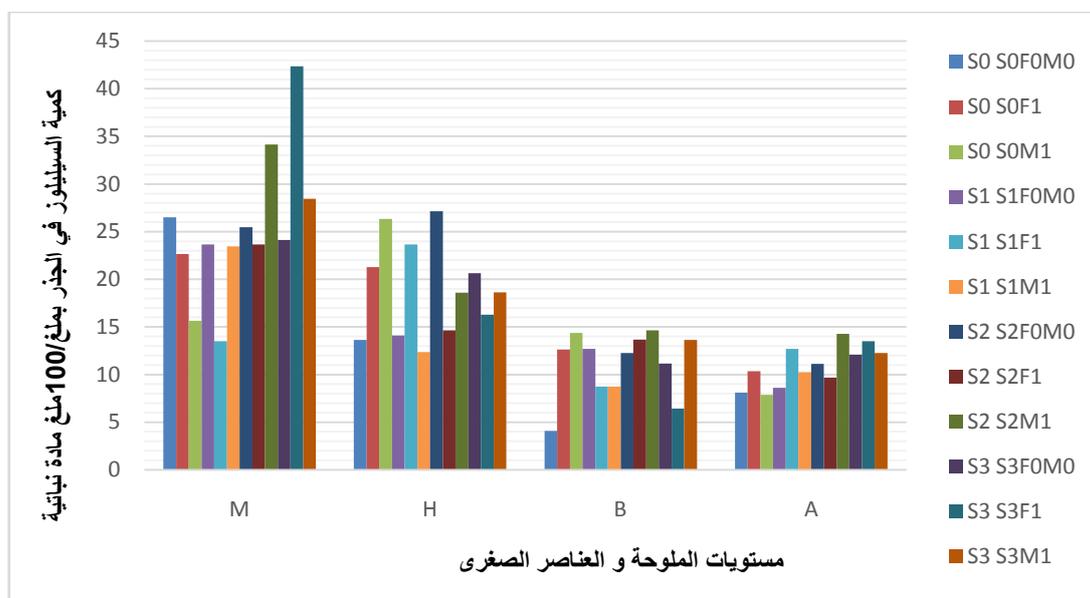
2-4-1- كمية اللجنين في الجذر بملغ/100ملغ مادة نباتية QLR



الشكل (37-3) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على كمية اللجنين في الجذر بملغ/100ملغ مادة نباتية

أظهرت صفة كمية اللجنين في الجذر مقاومة كبيرة في التقليل من أثر الملوحة و ذلك من خلال الشكل (37-3) حيث لم تأثر الملوحة إلا بنسبة 25% بالتداخل مع عنصر الحديد و الموليبدان ، و قد كان تأثيرهما الإيجابي لهذه الصفة متقارب في مجمل المعاملات ، كما كان أكبر تأثير للحديد في المستوى الثالث (S_2 : 50 mmol/L) بنسبة 48.94% عند الصنف الثالث للفول Broad V_3 و أقله في المستوى الثاني (S_1 : 30 mmol/L) بنسبة 2.08% عند الصنف الأول Malti V_1 مقارنة بالشاهد، أما أكبر تأثير إيجابي للموليبدان فكان في المستوى الأول من الملوحة (S_0 : 0 mmol/L) بنسبة 64.48% عند الصنف الثاني Hista V_2 ، و أقله في المستوى الثالث (S_2 : 50 mmol/L) بنسبة 0.1% عند الصنف الأول Malti V_1 مقارنة بالشاهد.

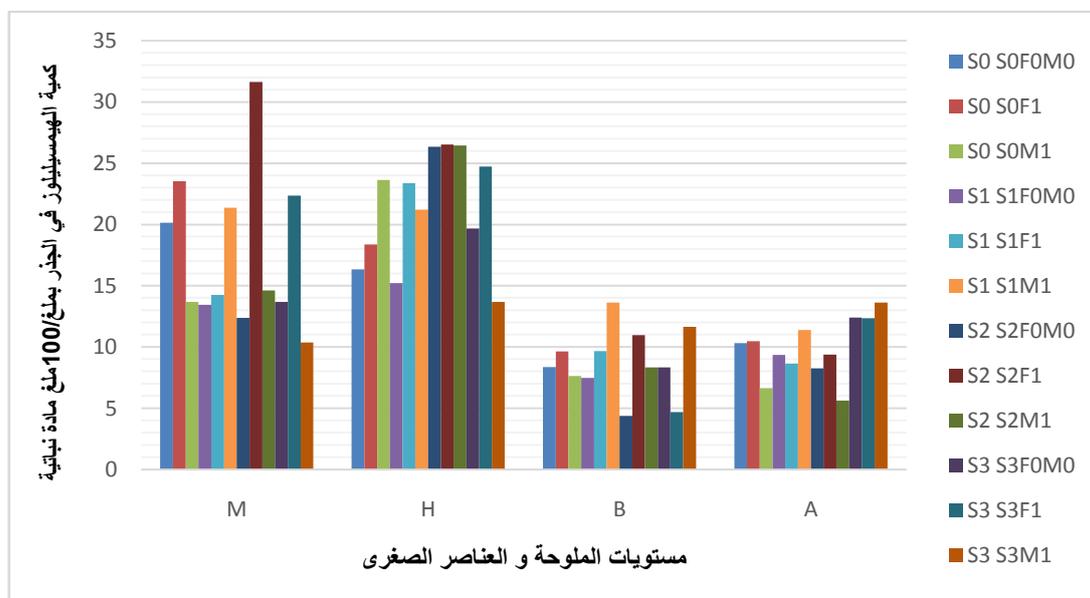
2-4-2- كمية السيليلوز في الجذر بملغ/100ملغ مادة نباتية QCR



الشكل (3-38) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على كمية السيليلوز في الجذر بملغ/100ملغ مادة نباتية

اختلفت تأثيرات الملوحة على صفة كمية السيليلوز في الجذر من صنف لآخر و قد كان الصنف الرابع V_4 Agudulce أكثر هذه الأصناف تأثيرا بالزيادة في كمية السيليلوز، كذلك نلاحظ من خلال نتائج هذا الشكل (3-38) أن تأثير عنصري الحديد و الموليبدان على كمية السيليلوز في الجذر كان أقل مقارنة لكمية اللجنين في الجذر و ذلك بنسبة 59.37% فقط، حيث كانت أكبر نسبة لعنصر الحديد في المستوى الرابع ($S_3: 150$ mmol/L) عند الصنف V_1 Malti بنسبة 43.01% و أقلها عند المستوى الرابع ($S_3: 150$ mmol/L) من الملوحة عند الصنف V_4 Agudulce بنسبة 7.39% مقارنة بالشاهد. أما عنصر الموليبدان فكانت أكبر نسبة تأثير سجلت في المستوى الأول من الملوحة ($S_0: 0$ mmol/L) عند الصنف V_2 Histal بنسبة 48.21% مقارنة بالشاهد للمستوى و الصنف، و أقل نسبة في المستوى الرابع ($S_3: 150$ mmol/L) عند الصنف V_3 Broad بنسبة 18.10% مقارنة بشاهده.

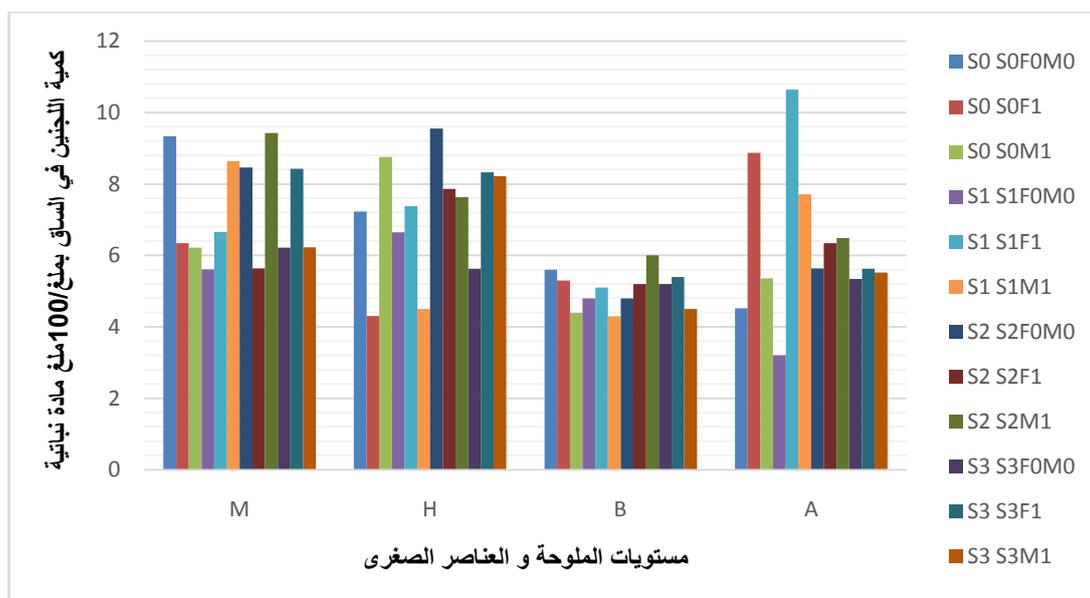
2-4-3- كمية الهيمسيليولوز في الجذر بملغ/100ملغ مادة نباتية QHR



الشكل (3-39) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على كمية الهيمسيليولوز في الجذر بملغ/100ملغ مادة نباتية

أظهر الشكل (3-39) استجابة كبيرة لعنصري (Mo, Fe) بالتداخل مع الملوحة على صفة كمية الهيمسيليولوز في الجذر و ذلك بالزيادة في هذه الكمية، و تراجع تأثير الملوحة السليبي حيث كان بنسبة 28.21% ، وقد أثر الحديد إيجابيا أكثر من عنصر الموليبدان، حيث كان أكبر تأثير له في المستوى الثالث (S₂: 50 mmol/L) بنسبة 32.49% عند الصنف Malti ، و أقله في المستوى الأول (S₀: 0 mmol/L) بنسبة 1.43% عند الصنف Aguadulce ، و أكبر نسبة لعنصر الموليبدان كانت في المستوى الثاني (S₁: 30 mmol/L) بنسبة 45.16% عند الصنف Broad ، و أقله في المستوى الثالث (S₂: 50 mmol/L) بنسبة 0.41% عند الصنف Hital .

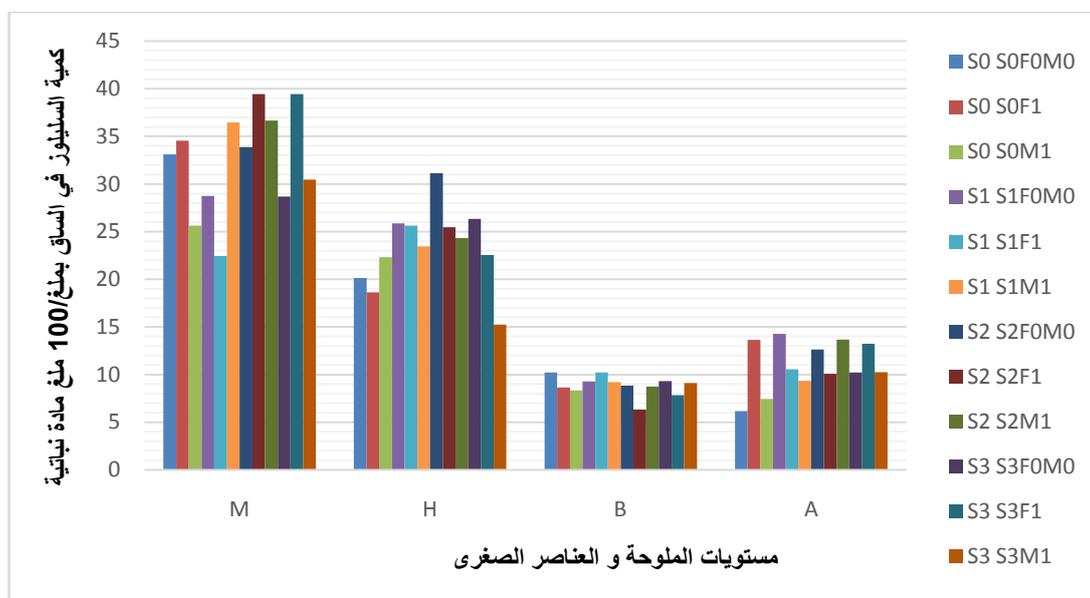
2-4-4- كمية اللجنين في الساق بملغ/100ملغ مادة نباتية QLS



الشكل (3-40) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على كمية اللجنين في الساق بملغ/100ملغ مادة نباتية

بينت صفة كمية اللجنين في الساق مقاومة كبيرة في خفض أثر الملوحة و ذلك من خلال الشكل (3-40)، حيث لم تأثر الملوحة إلا بنسبة 31.25% في وجود عنصري الحديد و الموليبدان، و قد كان تأثيرهما الإيجابي لهذه الصفة متقارب في مجمل المعاملات ، كما كان اكبر تأثير للحديد في المستوى الثاني (S₁: 30 mmol/L) بنسبة 69.83% عند الصنف الرابع للقول Aguadulce V₄ و اقله في المستوى الرابع (S₃: 150 mmol/L) بنسبة 3.26% عند الصنف نفسه Aguadulce V₄ مقارنة بالشاهد، أما اكبر تأثير إيجابي للموليبدان فكان في المستوى الثاني (S₁: 30 mmol/L) من الملوحة بنسبة 58.36% عند الصنف الرابع Aguadulce V₄ ، و اقله في المستوى الرابع (S₃:150 mmol/L) بنسبة 0.16% عند الصنف الأول Malti V₁ مقارنة بالشاهد.

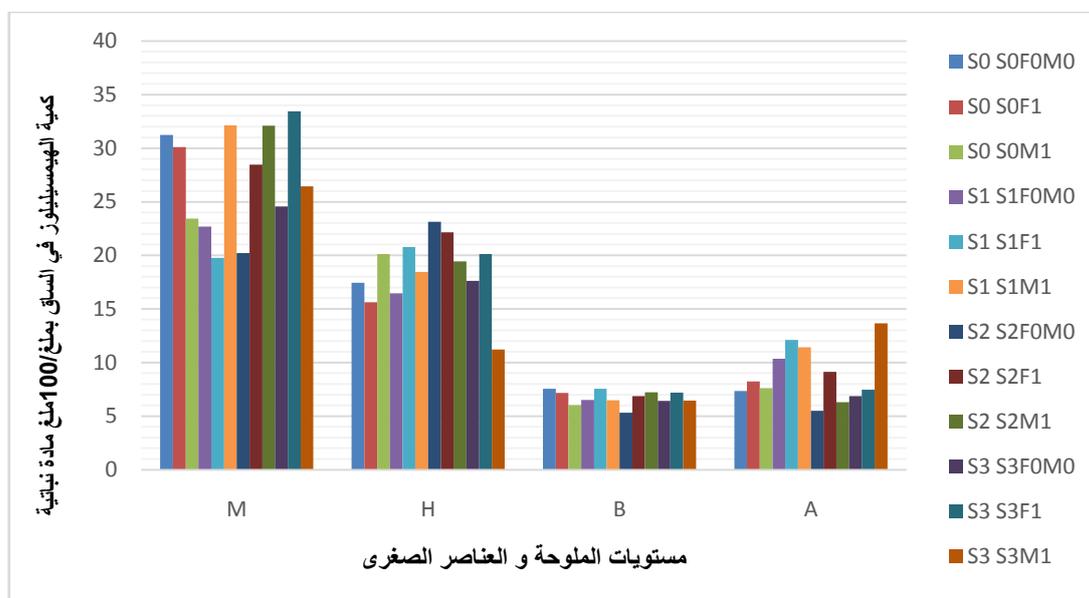
2-4-5- كمية السيليلوز في الساق بملغ/100ملغ مادة نباتية QCS



الشكل (3-41) أثر التداخل بين الملح و (Fe, Mo) على كمية السيليلوز في الساق بملغ/100ملغ مادة نباتية

من خلال الشكل (3-41) يتبين أن صفة كمية السيليلوز في الساق لم تقاوم الملح كثيرا في وجود العناصر الصغرى من الحديد و الموليبدان حيث أثرت الملح سلبا بنسبة 59.37% من مجموع المعاملات مقارنة بالشاهد، و قد أثرا العنصرين إيجابيا بعدد متساوي في كل العينات ، فالحديد كان اكبر تأثير له في المستوى الرابع من الملح (S_3 : 150 mmol/L) بنسبة 27.32% عند الصنف الأول Malti و اقله في المستوى الأول من الملح (S_0 : 0 mmol/L) بنسبة 4.16% عند الصنف الأول Malti أيضا، أما الموليبدان فكان اكبر تأثير له في المستوى الثاني (S_1 : 30 mmol/L) بنسبة 21.09% عند الصنف الأول Malti ، و اقله في المستوى الرابع (S_3 : 150 mmol/L) بنسبة 0.38% عند الصنف الأول Malti مقارنة بالشاهد.

2-4-6- كمية الهيمسيليولوز في الساق بملغ/100ملغ مادة نباتية QHS



الشكل (3-42) أثر التداخل بين الملوحة و (Fe, Mo) على كمية الهيمسيليولوز في الساق بملغ/100ملغ مادة نباتية

من خلال الشكل (3-42) يتبين أن الملوحة أثرت سلباً على صفة كمية الهيمسيليولوز في الساق وذلك بالنقص في الكمية عند تقديرها، و قد استجابت أصناف الفول إلى خفض اثر الملوحة عن طريق التداخل مع عنصر الحديد و الموليبدان ، حيث كانت نسبة الاستجابة الكلية حوالي 71.87% ، و قد كانت اكبر استجابة لعنصر الحديد في المستوى الثالث (S₂: 50 mmol/L) للصف Malt V₁ بنسبة 28.91% و أقلها بنسبة 10.55% في المستوى الرابع (S₃: 150 mmol/L) عند الصف Histal V₃. أما معاملات الموليبدان فقد سجل اكبر تأثير له في المستوى الثالث (S₂: 50 mmol/L) عند الصف Malt V₁ بنسبة 37.01% و أقلها فكانت في المستوى الرابع (S₃: 150 mmol/L) عند الصف Histal V₃ بنسبة 0.15%.

الفصل الرابع

مناقشة و تفسير النتائج

1- التحليل الوصفي لأثر الفعل النوعي لمعاملات الملوحة و أثر تداخلها مع مستويات عنصر الحديد و الموليبدان على أصناف نبات الفول:

1-1- مرحلة الإنبات

أ- على مستوى معاملات الارتباطات:

تظهر مصفوفة الارتباطات للتحليل الإحصائي الوصفي (ACP) المبينة في الشكل (1-4) أن أكبر ارتباط معنوي في الاتجاه الإيجابي كان بين المتغيرين نسبة الإنبات و قوة نشاط البذور (SV, GP) ($r=0,6936$)، في حين كان أقل ارتباط غير إيجابي بين المتغيرين مؤشر توتر الملوحة و قوة نشاط البذور (SV, STI) ($r= 0,0468$)، بالمقابل كان أكبر ارتباط سلبي معنوي بين نسبة الإنبات و مؤشر توتر المادة الجافة (DMSI, GP) ($r= -0,5929$).

جدول (1-4) مصفوفة معامل الارتباطات لمختلف المتغيرات المقدره على الأفراد أثناء الإنبات المعاملة بـ (Fe, Mo) تحت تراكيز الملوحة.

Matrice de corrélation (Pearson (n)) :						
Variables	GP	GR	GSI	DMSI	STI	SV
GP	1					
GR	-0,2673	1				
GSI	-0,1335	0,1177	1			
DMSI	-0,5929	0,2815	0,3496	1		
STI	-0,1725	-0,0739	0,4417	0,5092	1	
SV	0,6936	-0,5328	-0,1293	-0,5042	0,0468	1

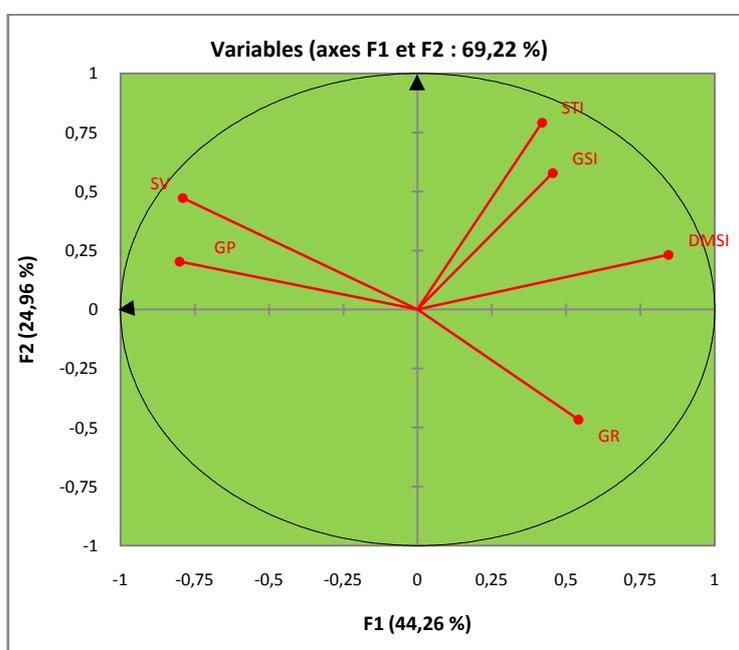
Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0,05

ب- على مستوى حلقة الارتباطات:

من بين المتغيرات التي تم تقديرها على صفات الإنبات لأصناف نبات الفول، أثبت التحليل الإحصائي الوصفي (ACP) أن صفة مؤشر توتر الملوحة (STI) تميزت بالتمثيل العالي لهذه الأفراد بنسبة 41.93% و المعبرة عن المحور الثاني بمصادقية قدرها 24.96%، بينما المحور الأول فقد مثله نسبة الإنبات (GP) بفاعلية قدرها 26.86% حيث عبر عن الأفراد بمصادقية 44.26% مقارنة بالمتغيرات الأخرى. الشكل (2-4)

جدول (2-4) فاعلية المتغيرات المقدره على الأفراد أثناء الإنبات المعاملة بعنصري (Fe ,Mo) تحت تراكيز الملوحة

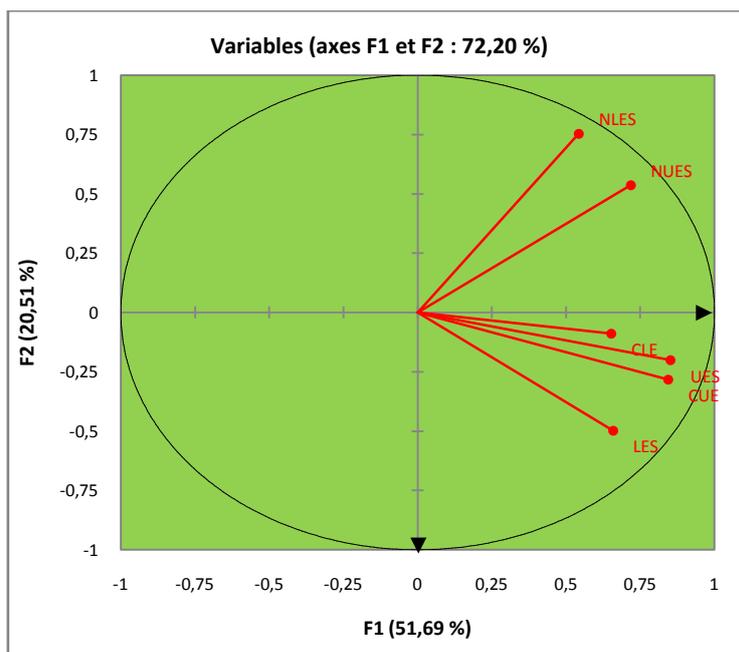
المحور 2	المحور 1	المتغيرات / المحاور
2,77	26.86	GP
14,49	11,03	GR
22,30	7,79	GSI
3,57	24.19	DMSI
41,93	6,58	STI
14,93	23,55	SV
24.96	44.26	مصادقية المحورين %



الشكل (1-4) حلقة معامل ارتباطات المتغيرات المقدره على الأفراد أثناء الإنبات

جدول (4-4) فاعلية المتغيرات المقدره على أفراد الثغور المعاملة بعنصري (Fe ,Mo) في وجود تراكيز الملوحة

المحور 2	المحور 1	المتغيرات / المحاور
23,40	16,59	NUES
3,25	23,33	UES
6,48	22,92	CUE
46,13	9,48	NLES
20,10	13,98	LES
0,64	13,70	CLE
20.51	51.69	مصدافية المحورين %



الشكل (2-4) حلقة معامل ارتباطات المتغيرات المقدره على أفراد ثغور أصناف نبات الفول المختلفة

1-2-2- صفات الجذور:

أ- على مستوى معامل الارتباطات:

يظهر من خلال هذه مصفوفة أن هناك ارتباطات إيجابية و أخرى سلبية، و اكبر ارتبا ط إيجابي كان بين الصفتين (TLREC و TSREC) ($r= 0.7648$) ، في حين اصغر ارتباط إيجابي غير معنوي بين الصفتين (SSREC و TSXR) ($r= 0.0008$)، و اكبر ارتباط سلبي غير معنوي بين الصفتين (SLXR و TLREC) الشكل (7-4).

جدول (5-4) مصفوفة معامل الارتباطات لمختلف المتغيرات المقدره على الجذور والمعاملة بـ (Fe, Mo) تحت تراكيز الملوحة.

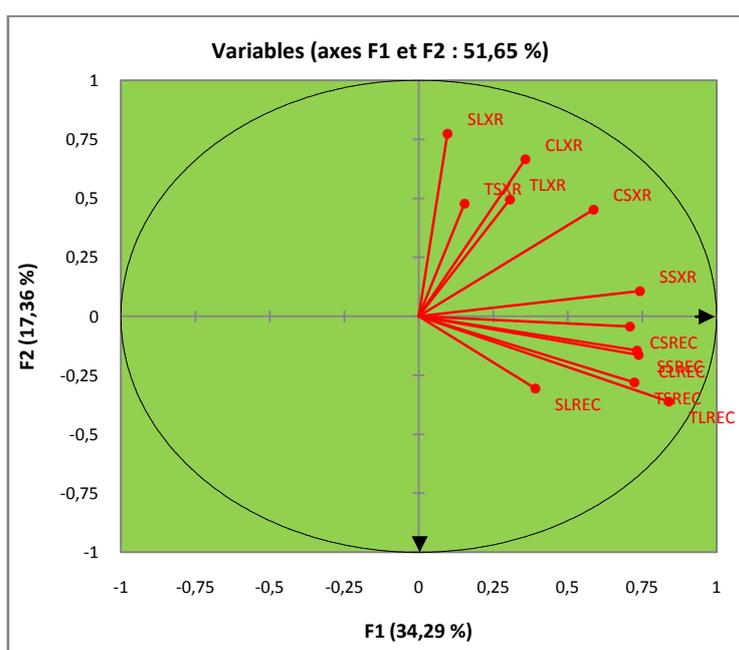
Matrice de corrélation (Pearson (n)) :												
Variables	SLREC	CLREC	TLREC	SSREC	CSREC	TSREC	SLXR	CLXR	TLXR	SSXR	CSXR	TSXR
SLREC	1											
CLREC	0,4299	1										
TLREC	0,3409	0,5883	1									
SSREC	0,1922	0,5072	0,6594	1								
CSREC	0,1680	0,5080	0,5497	0,3829	1							
TSREC	0,2284	0,5122	0,7648	0,4289	0,4963	1						
SLXR	-0,1884	0,0199	-0,2003	-0,0059	0,0232	-0,0323	1					
CLXR	-0,0868	0,2725	0,0572	0,1609	0,2588	0,0710	0,5209	1				
TLXR	0,1655	0,0685	0,1021	0,0713	0,2496	0,1598	0,3021	0,3281	1			
SSXR	0,1387	0,3540	0,5710	0,5466	0,4468	0,3872	0,0909	0,2545	0,0962	1		
CSXR	0,1406	0,2435	0,2679	0,3594	0,2824	0,2270	0,2922	0,3071	0,2510	0,6332	1	
TSXR	0,0100	0,0525	0,0561	0,0008	-0,0191	-0,0741	0,1372	0,1738	0,2609	0,1155	0,3645	1

ب- على مستوى حلقة الارتباطات:

تفوق المتغير SLXR في تمثيل الأفراد و إظهار اثر الملوحة على الأصناف المدروسة تحت الدراسة بنسبة 28.78%، مقارنة مع باقي المتغيرات و عبر عن المحور 2 بمصدقية قدرها 17.36، وبهذا فان المحور 2 هو الذي تحكم في توزيع الأصناف تحت الدراسة معبرا عن التوتر الملحي، بينما مثل نفس الأفراد المتغير TLREC في الأوراق بنسبة 17.14% مقارنة مع باقي المتغيرات، و شكل المحور الأول بفاعلية قيمتها 34.26% معبرا عن صفات الجذور المدروسة. الشكل (8-4)

جدول (6-4) فاعلية المتغيرات المقدره على جذور الأفراد المعاملة بعنصري (Fe ,Mo) في وجود تراكيز الملوحة

المحور 2	المحور 1	المتغيرات المحاور
4,47	3,71	SLREC
1,29	13,24	CLREC
6,24	17,14	TLREC
1,00	13,03	SSREC
0,09	12,21	CSREC
3,75	12,75	TSREC
28,78	0,23	SLXR
21,29	3,11	CLXR
11,76	2,27	TLXR
0,55	13,38	SSXR
9,81	8,37	CSXR
10,96	0,57	TSXR
17.36	34.29	مصدافية المحورين %



الشكل (3-4) حلقة معامل ارتباطات المتغيرات المقدره على صفات جذور أصناف مختلفة من نبات الفول

1-2-3- صفات الساق

أ- على مستوى معامل الارتباطات:

بينت مصفوفة الارتباطات المدونة في الشكل (4-13) أن العلاقة بين مساحة أكبر خلية بشرية للساق و سمك أصغر خلية بشرية للساق (TLSEC و TSSEC) تشكل أكبر ارتباطا إيجابيا معنوي ($r= 0,6782$)، في حين كانت أكبر علاقة في الاتجاه السالب بين مساحة أكبر وعاء خشبي للساق و مساحة أصغر وعاء خشبي للساق (SLXS و TSXS) بأكثر ارتباط غير معنوي قدره ($r= - 0,1655$).

الشكل (4-7) مصفوفة معامل الارتباطات لمختلف المتغيرات المقدره على سيقان الأفراد والمعاملة بـ (Fe, Mo) تحت تراكيز الملوحة.

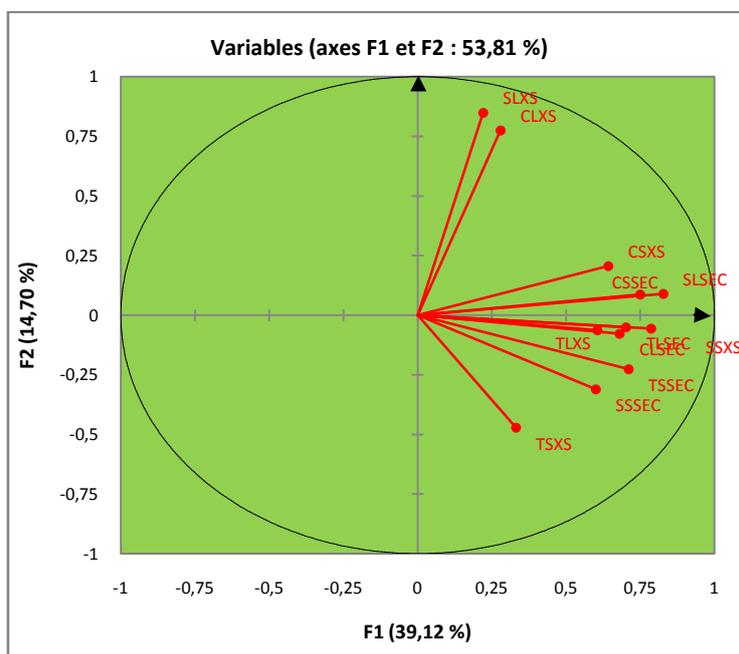
Matrice de corrélation (Pearson (n) :												
Variables	SLSEC	CLSEC	TLSEC	SSSEC	CSSEC	TSSEC	SLXS	CLXS	TLXS	SSXS	CSXS	TSXS
SLSEC	1											
CLSEC	0,4897	1										
TLSEC	0,5408	0,4916	1									
SSSEC	0,4277	0,5660	0,4113	1								
CSSEC	0,7556	0,3375	0,3934	0,3613	1							
TSSEC	0,4963	0,3881	0,6782	0,4389	0,3914	1						
SLXS	0,1509	0,1298	0,0574	-0,0330	0,1547	0,0387	1					
CLXS	0,2223	0,1841	0,2200	0,0484	0,2107	-0,0600	0,6289	1				
TLXS	0,4053	0,1965	0,2888	0,2933	0,5324	0,3149	-0,0093	0,1960	1			
SSXS	0,5678	0,5361	0,4290	0,2864	0,5719	0,4343	0,1174	0,1395	0,5282	1		
CSXS	0,5462	0,2992	0,2756	0,1428	0,3688	0,5074	0,3554	0,1288	0,3328	0,5464	1	
TSXS	0,0891	0,2454	0,0765	0,3121	0,1242	0,2058	-0,1655	-0,0870	0,2571	0,3830	0,1638	1

ب- على مستوى حلقة الارتباطات:

من بين المتغيرات التي تمت دراستها في تشريح الجذور أثناء النمو الخضري للدراسة الإحصائية الوصفية (ACP) أثبتت أن المتغير مساحة أكبر وعاء خشبي للساق (SLXS) مثل الأفراد أحسن تمثيل بنسبة تعبير تقدر بـ 40.81% مقارنة بباقي المتغيرات، و مثل المحور 2 بمصادقية قدرها 14.70%. في حين عبر المتغير مساحة أكبر خلية بشرية للساق (SLSEC) عن المحور 1 بفاعلية قدرها 15.5% و مثل الأفراد بنسبة 39.12% مقارنة مع باقي المتغيرات الشكل (4-14).

جدول (4-8) فاعلية المتغيرات المقدره على السيقان المعاملة بعنصري (Fe ,Mo) في وجود التراكيز الملحية المطبقة

المحور 2	المحور 1	المتغيرات المحاور
0,45	14,56	SLSEC
0,34	9,84	CLSEC
0,15	10,49	TLSEC
5,46	7,65	SSSEC
0,43	11,95	CSSEC
2,91	10,75	TSSEC
40,81	1,03	SLXS
34,08	1,65	CLXS
0,22	7,81	TLXS
0,18	13,17	SSXS
2,40	8,77	CSXS
12,57	2,33	TSXS
14.70	39.12	مصدافية المحورين %



الشكل (4-4) حلقة معامل ارتباطات المتغيرات المقدره على سيقان أصناف مختلفة من نبات الفول

1-2-4- الصفات البيوكيميائية

أ- على مستوى معامل الارتباطات:

تظهر مصفوفة الارتباطات المبينة في الشكل (4-16) أن كل هذه الارتباطات في الاتجاه الإيجابي، و أن أكبر ارتباط جد معنوي كان بين المتغيرين كمية السليلوز في الساق و كمية الهيميسليلوز في الساق (QCS و QHS) ($r= 0.9555$) في حين كان اقل ارتباط غير معنوي في الاتجاه الإيجابي أيضا بين المتغيرين كمية الهيميسليلوز في الجذر و كمية اللجنين في الساق (QHR و QLS) ($r=0.4034$).

جدول (4-9) مصفوفة معامل الارتباطات لمختلف متغيرات التحاليل البيوكيميائية للأفراد والمعاملة بـ (Fe, Mo) تحت تراكيز الملوحة.

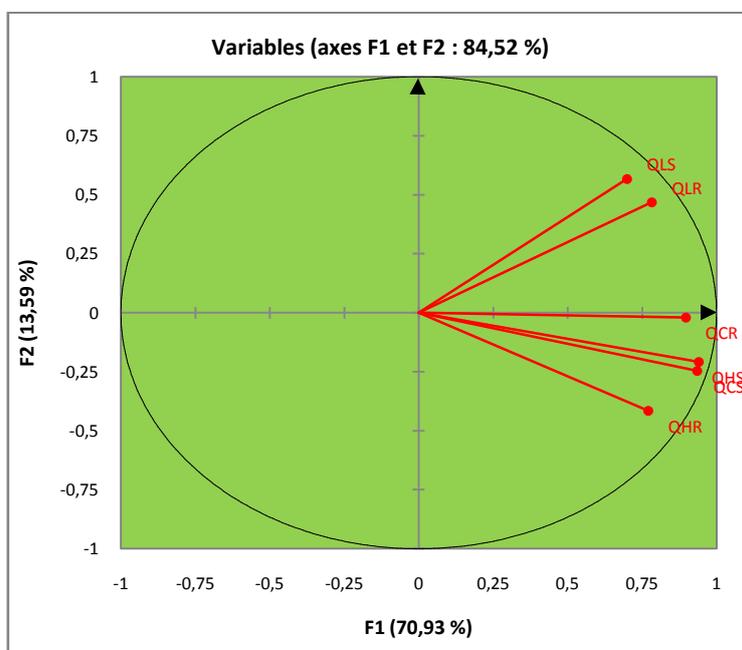
Matrice de corrélation (Pearson (n)) :						
Variables	QLR	QCR	QHR	QLS	QCS	QHS
QLR	1					
QCR	0,6987	1				
QHR	0,4150	0,5790	1			
QLS	0,6614	0,5202	0,4034	1		
QCS	0,6021	0,8390	0,7385	0,5033	1	
QHS	0,6137	0,8266	0,7375	0,5433	0,9555	1

ب- على مستوى حلقة الارتباطات:

من بين المتغيرات التي تم تقديرها على التحاليل البيوكيميائية لأصناف نبات الفول، أثبت التحليل الإحصائي الوصفي (ACP) أن كمية اللجنين في سياق الفول المختبرة (QLS) تميزت بالتمثيل العالي لهذه الأفراد بنسبة 39.37% و المعبرة عن المحور الثاني بمصادقية قدرها 13.59%، بينما المحور الأول فقد مثله كمية الهيميسليلوز في الساق (QHS) بفاعلية قدرها 20.78% حيث عبر عن الأفراد بنسبة 70.93% مقارنة بالمتغيرات الأخرى. الشكل (4-17)

جدول (4-10) فاعلية متغيرات التحاليل البيوكيميائية للأفراد المعاملة بعنصري (Fe, Mo) في وجود تراكيز الملوحة.

المحور 2	المحور 1	المتغيرات المحاور
26,82	14,39	QLR
0,05	18,87	QCR
21,07	13,96	QHR
39,37	11,48	QLS
7,38	20,52	QCS
5,31	20,78	QHS
13.59	70.93	مصدافية المحورين %



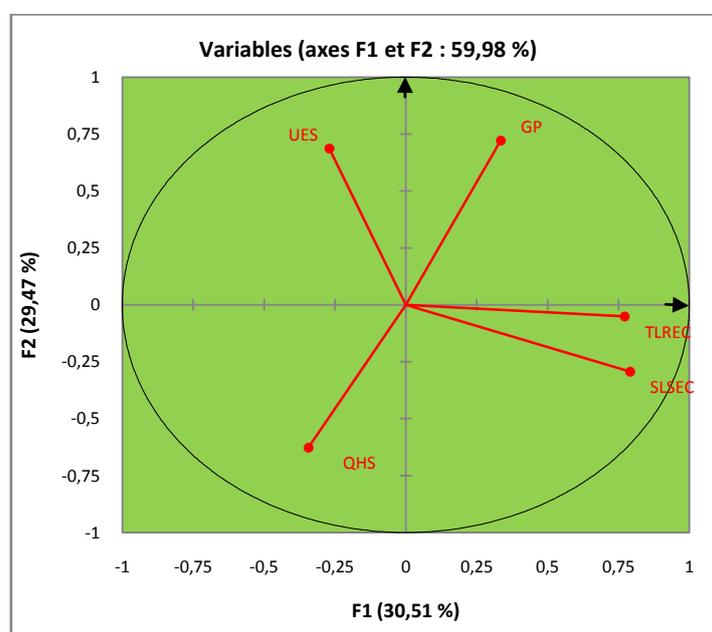
الشكل (4-5) حلقة معامل الارتباطات لمتغيرات التحاليل البيوكيميائية المقدره على الأصناف المختلفة من لنبات الفول

3-1- التحليل الوصفي للمتغيرات الأكثر تمثيل أثناء مرحلة الإنبات و النمو الخضري

أ- على مستوى معامل الارتباطات: من بين المتغيرات التي مثلت الأفراد أحسن تمثيل أثناء الدراسة لأصناف نبات الفول، أثبت التحليل الإحصائي الوصفي (ACP) أن صفة مساحة أكبر خلية بشرية للساق (SLSEC) تميزت بالتمثيل العالي لهذه الأفراد بنسبة 41,04% و المعبرة عن المحور الأول بمصادقية قدرها 30.51%، بينما المحور الثاني فقد مثله نسبة الإنبات (GP) بفاعلية قدرها 29.47% حيث عبر عن الأفراد بنسبة 35,31% مقارنة بالمتغيرات الأخرى. الشكل (4-19)

جدول (4-11) فاعلية المتغيرات الأكثر تمثيل للأفراد المدروسة أثناء مرحلة الإنبات و النمو الخضري

المحور 2	المحور 1	المتغيرات / المحاور
0,18	39,07	TLREC
5,84	41,04	SLSEC
26,65	7,75	QHS
32,02	4,79	UES
35,31	7,35	GP
%29.47	%30.51	مصادقية المحورين %



الشكل (4-6) حلقة معامل ارتباطات المتغيرات الأكثر تمثيل للأفراد المدروسة أثناء مرحلة الإنبات و النمو الخضري

ب- على مستوى منحنى توزيع الأفراد:

من خلال الشكل (4-21) تبين أن أفراد التجربة توزعت في أربعة مجموعات كالاتي.

المجموعة الأولى:

تمركزت هذه المجموعة في الجهة الموجبة للمحورين، و احتوت على الأصناف الثلاثة (Aguadulce, Broad, Histal) دون الصنف الأول Malti مما يدل على انه لم يكن له تأثير إيجابي في هذه الأفراد، كما تميزت أيضا بوجود تراكيز الملوحة ($S_0: 0 \text{ mmol/L}$, $S_1: 30 \text{ mmol/L}$, $S_2: 50 \text{ mmol/L}$) دون التركيز العالي ($S_3: 150 \text{ mmol/L}$) و نفس ذلك بان هذه الأفراد لم تتأثر بالملوحة العالية عند تداخلها مع العناصر المغذية. ظهرت في هذه المجموعة كل المعاملات من الحديد و الموليبدان سواء بالوجود أو بالغياب، كما أظهر التداخل بين الملوحة و العناصر الصغرى تأثيرا إيجابيا على صفات الثغور ، الجذور، الساق والتحاليل الكيميائية دون صفات الإنبات.

المجموعة الثانية:

كانت أفراد هذه المجموعة في الجهة السالبة للمحور الأول و الموجبة للمحور الثاني حيث لم يظهر الصنف الأول Malti و ظهرت بقية الأصناف الثلاثة الباقية (Aguadulce, Broad, Histal)، كما تميزت هذه المجموعة بظهور التراكيز الثلاثة الأولى من الملوحة ($S_0: 0 \text{ mmol/L}$, $S_1: 30 \text{ mmol/L}$, $S_2: 50 \text{ mmol/L}$) باستثناء فرد واحد للتركيز الرابع ($S_3: 150 \text{ mmol/L}$). ظهرت معاملات الموليبدان في هذه المجموعة دون ظهور معاملات الحديد مما يدل ان هذا العنصر لم يؤثر في هذه الأفراد. و قد ظهر التداخل بين الموليبدان و الملوحة في أغلب الصفات المدروسة لهذه المجموعة.

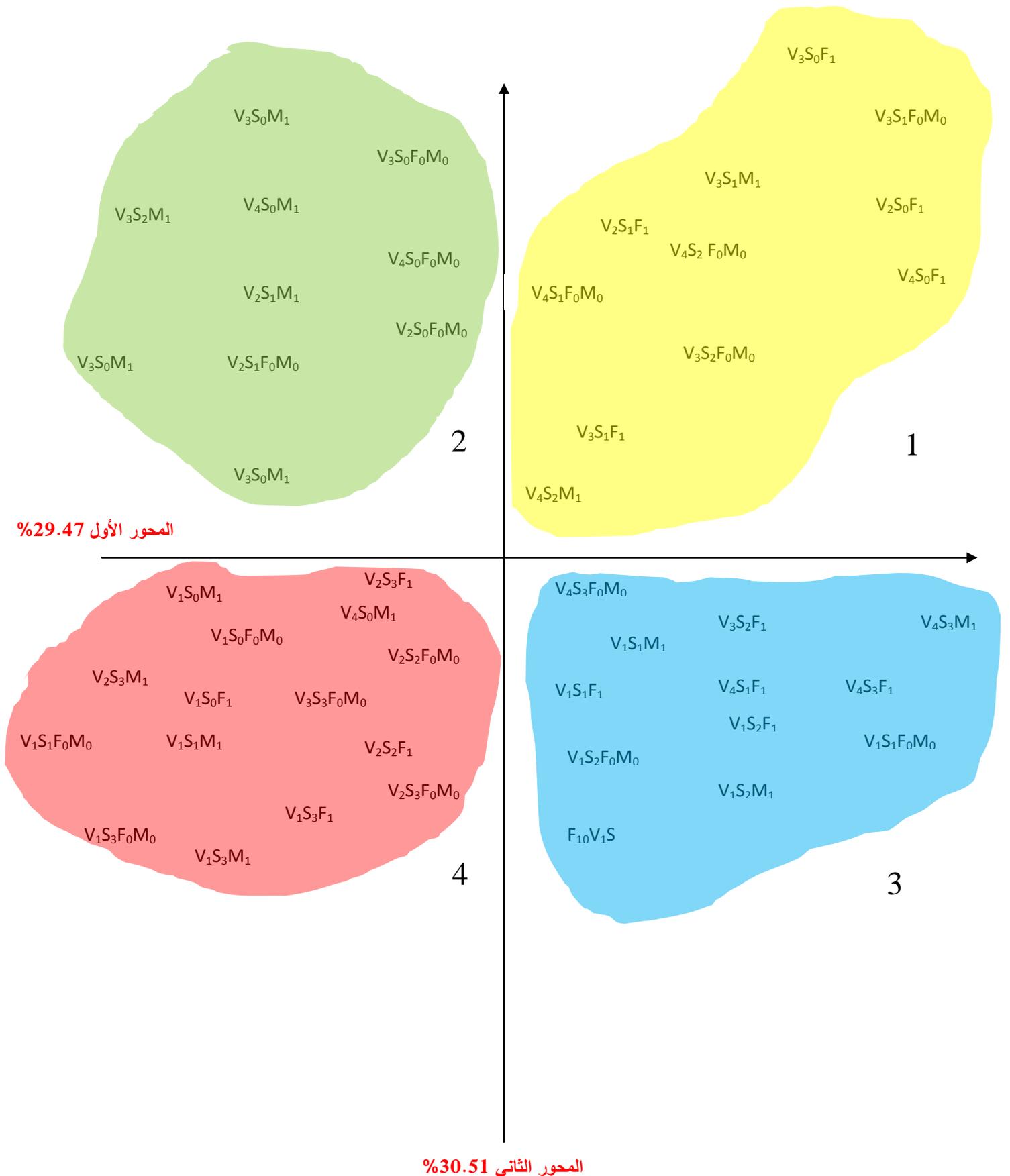
المجموعة الثالثة:

تمركزت هذه المجموعة في الجهة الموجبة للمحور الأول و السالبة للمحور الثاني، حيث ظهرت الأصناف الثلاثة (Aguadulce, Broad, Malti) و لم يظهر الصنف الثاني Histal مما يفسر عدم تأثره بهذه الأفراد ، كما تميزت هذه المجموعة باحتوائها على التراكيز المعاملة بالملوحة ($S_0: 0 \text{ mmol/L}$, $S_1: 30 \text{ mmol/L}$, $S_2: 50 \text{ mmol/L}$, $S_3: 150 \text{ mmol/L}$) مع وجود فرد واحد لم يعامل بالملوحة $S_0: 0 \text{ mmol/L}$ ، و يدل هذا على أن هذه الأفراد متأثرة بالملوحة بتراكيزها الثلاثة ، ظهرت المعاملات لعنصري الحديد و الموليبدان في هذه المجموعة سواء بالوجود أو الغياب، كما كان

تأثير التداخل بين العناصر و الملوحة ظاهرا في صفات كل من الانبات ، صفات الجذور، صفات الساق والتحاليل الكيميائية و لم يظهر تأثيرها على صفة الثغور.

المجموعة الرابعة:

تمركزت هذه المجموعة في الجهة السالبة للمحورين، و ظهر فيها الأصناف الثلاثة (Broad, Hista, Malti) و لم يظهر الصنف الرابع Agudulce مما دلّ على أنه أكثر الأصناف مقاومة للملوحة و أكثرها تأثرا إيجابيا بالعناصر الصغرى. كما ظهرت كل التراكيز الملحية ($S_3: 150 \text{ mmol/L}$, $S_2: 50 \text{ mmol/L}$, $S_0: 0 \text{ mmol/L}$) ما عدا التركيز الثاني $S_1: 30 \text{ mmol/L}$ مما يدل على أن هذا التركيز لم يكن له التأثير السلبي الواضح على أصناف الفول الأربعة . تبينَ في هذه المجموعة وجود عنصري الحديد و الموليبدان بالوجود و الغياب. أبدى التداخل بين العناصر الصغرى و الملوحة على كل الصفات المدروسة.



الشكل (4-7) منحنى توزيع الأفراد المعاملة بالملوحة تحت مستويات من معاملة الحديد و الموليبدان أثناء الإنبات و النمو الخضري

2- التحليل الاستدلالي لأثر الفعل الكمي لمعاملات الملوحة و أثر تداخلها مع مستويات عنصر الحديد و الموليبدان على الأصناف المدروسة

بتطبيق التحليل الوصفي بإتباع تحليل المركبات الرئيسية (ACP) على دراسة صفات مرحلة الإنبات و الدراسة التشريحية و الكيميائية للمرحلة الخضرية. تبين أن خمسة من المتغيرات وهي: نسبة الإنبات GP، سمك أكبر خلية بشرية للجزر TLREC، مساحة أكبر خلية بشرية للساق SLSEC، كمية الهيميسليلوز في الساق QHS، و مساحة ثغور البشرة العليا UES كان لها التمثيل العالي وهذا من خلال مصفوفة الارتباطات لهذا التحليل، كما أخذت هذه المتغيرات الخمسة للتحليل الكمي بإتباع تحليل التباين ANOVA بتصميم المنشقة Split plot لمعرفة أهم الاختلافات و الارتباطات بين المتغيرات المدروسة من أصناف و تراكيز الملوحة و العناصر الغذائية الصغرى (Mo, Fe)، وذلك عبر معاملتي الحديد و الموليبدان عند المتغير نسبة الإنبات GP و المتغير مساحة أكبر خلية بشرية في الساق SLSEC و اللذان تميزا بالتمثيل العالي لبقية المتغيرات.

2-1- أثر فعل التداخل بين معاملات الملوحة و مستويات عنصر الحديد على الأصناف المدروسة

يظهر من خلال الملحق (10) أن استجابة الأصناف الأربعة لعنصر الحديد تحت الظروف الملحية كانت متباينة فيما بينها تباينا معنوياً، فنلاحظ أن أكبر تباين معنوي كان بين الصنف V1 (Malti) و الصنف V4 (Aguadulce) sd: 15.56، و أقله كان بين الصنف V1 (Malti) و الصنف V3 (Broad) sd: 5.01. أما الاختلاف بين الصنف V2 (Hista) و الصنف V3 (Broad) فكان غير معنوي sd: 0.17، و يعتبر الصنف V4 الأكثر استجابة و الذي مثل المجموعة C في الملحق (9)، كما يبين أن الصنف V2 و V3 سلكا سلوكا متشابهاً، بينما الصنف V4 سلوك مقاوم، و الصنف V1 سلوك صنف حساس تجاه مستويات الملوحة. فجد على سبيل المثال في نسبة الإنبات GP القيم الآتية و هي في المستوى الثالث من الملوحة S₂ للأصناف (V4:88%, V3:69%, V2:62%, V1:58%) الشكل (3-1). كما نجد في صفة مساحة أكبر خلية بشرية للساق SLSEC هذه الاختلافات بين الأصناف (V4:419.04 μm², V3:153.21 μm², V2:121.88 μm², V1:54.87 μm²) الشكل (3-25). ونلاحظ من خلال الجدول (5-1) أن الصنف الرابع Aguadulce الأكثر استجابة معنوية لعنصر الحديد قدرها 80.69 وهو في المجموعة C، بينما الصنفين متقاربين في الاستجابة وهما في المجموعة B، و أقلهم الصنف الأول في المجموعة A. ويمكن تفسير هذا الاختلاف في الاستجابة لعنصر الحديد بين الأصناف الأربعة والتأثير الإيجابي لهذا العنصر على الصفات المدروسة و سبب تقدم الصنف الرابع Aguadulce عن باقي الأصناف يعود إلى العامل الوراثي، العدد و طبيعة الجينات المسؤولة عن امتصاص

عنصر الحديد عبر جدر خلايا الجذور و طرق نقله إلى باقي أعضاء النبات من ناحية ، وكذلك الجينات المسؤولة على آلية تفعيل وتنشيط الحديد للإنزيمات الداخل في تكوينها وعلى رأسها أنزيمات Catalase المرتبطة مع أنزيم Superoxide dismutase ، و البيروكسيداز Peroxidase، و أكسيديز oxidase التنفس الضوئي. كما يعتبر الحديد عنصراً أساسياً لتكوين جزئ الكلوروفيل بدخوله في الإنزيم المكون له وبذلك تزداد كل العمليات الحيوية والبنائية عند الصنف النباتي. وقد أثبت كثير من الباحثين من بينهم Gorafi et al., 2016 عند تقييمهم للتباين الوراثي في محتويات الحبوب من الحديد والزنك في 47 حبة قمح سداسي الصيغة الصبغية، وتحديد مواقع الواسمات المرتبطة بمحتويات الحديد والزنك. حيث قاموا بقياس Fe و Zn في الحبوب باستخدام التحليل الطيفي للانبعثات الذرية للبلازما المقترنة بالحث لكل صنف، وقاموا بالتنميط الجيني باستخدام علامات SSR. أظهرت النتائج تبايناً جينياً كبيراً لهذه المعادن. وحددوا ثلاثة أسطر ذات محتويات عالية من الحديد والزنك وستة مواضع للسمات الكمية ارتبطت ثلاثة منها بمحتوى الحديد والثلاثة الأخرى بمحتوى الزنك. أظهرت المعادن ارتباطاً إيجابياً مظهري وراثي (أكثر من 60%). وتوصلوا إلى أن جينات مكتسبة لكل صنف تتحكم في مستوى و كمية كل من معدني الحديد و الزنك، وهي موارد وراثية قيمة يمكن استخدامها لتنقية أصناف القمح ذات المحتوى المعدني العالي. كما توصل كل من Satbhai et al., 2017 في دراستهم على نبات رشاد الصخر *Arabidopsis* إلى أن الاختلاف الأليلي الطبيعي في الموضع FRO2 من الكرموسوم هو المسبب في تنظيم نمو الجذور في البيئات الناقصة لعنصر الحديد.

جدول (4-12) المجموعات التي تم فصلها أثناء تحليل التباين للأصناف المدروسة المعاملة بعنصر الحديد تحت تأثيرات مختلفة من الملوحة

الأصناف	أقل فرق معنوي	المجموعات			النتيجة
V1	58,28	A			الصنف V1 حساس للملوحة الصنف V2 و V3 متوسطا المقاومة الصنف V4 مقاوم
V3	65,50		B		
V2	65,75		B		
V4	80,69			C	
التركيز الملحية					
S3	49,81	A			كل التركيز أثرت تأثير متباين الأمر الذي أدى إلى سلوكات متباينة
S2	66,25		B		
S1	73,16			C	
S0	81,00			D	
معاملة الحديد					
(F ₀) الشاهد	64,11	A			معاملات الحديد أثرت تأثير بالغا بخلاف الشاهد
Fe	71,00			B	

2-2- أثر معاملات عنصر الحديد على الأصناف المدروسة بغض النظر عن معاملات الملوحة

يتبين لنا من خلال الملحق (11) الفرق المعنوي الواضح بين تأثير وجود عنصر الحديد و غيابه على جذر وأنسجة أصناف الفول المدروسة مما يدل على أن التركيز المقترح كان له التأثير على النتائج خلال التجربة بمرحلتها. حيث كان تأثير غياب عنصر الحديد في المجموعة A و وجوده في المجموعة B واضحا معنويا الملحق (12). فنجد في متوسط نسبة الإنبات GP عند الصنف الرابع $V_4S_2F_0:83\%$ Aguadulce و $V_4S_2F_1:88\%$ الشكل (5-1)، كما نجد أيضا في متوسط مساحة اكبر خلية بشرية للساق SLSEC عند الصنف الأول Malti $V_1S_2F_0:261.11\mu m^2$ و $V_1S_2F_1:336.12\mu m^2$ الشكل (3-25)، مما يدل على أن لعنصر الحديد دور أساسي لنبات الفول كغيره من النباتات، ففي الإنبات يلعب Fe دورًا بارزًا في سلسلة نقل الإلكترون في الميتوكوندري، الذي يولد معظم ATP في الفسفرة المؤكسدة. وتحتوي جميع إنزيمات سلسلة نقل الإلكترون في الميتوكوندري على الحديد، نظرًا لأن كمية كبيرة من ATP مطلوبة أثناء الإنبات، فمن المهم توفير إمدادات كافية من عنصر الحديد أثناء إنبات البذور (Ogawa et al., 1977). وفي دراسة لكل من Nozoye et al., 2007 باستخدام RNA_m المستخرج من إنبات بذور الأرز، تم إجراء التحليل بتقنية DNA microarray (تقنية جزيئية يتم استخدامها في الأبحاث العلمية لعدة أغراض كدراسة التعبير الجيني) لتحديد أنماط التعبير عن الجينات

المعرضة لزيادة عنصر الحديد أثناء إنبات البذور المبكر، تبين أن هناك عديد الجينات التي تشارك في الزيادة ، بما في ذلك تشارك الجينات (DMA) deoxymugineic acid (جينات مهمة لاكتساب الحديد وتعويض نقصه) في التخليق الحيوي ونقل المعادن ، تلك البيانات تشير إلى أن الطلب على الحديد مرتفع للغاية أثناء الإنبات. كذلك له الدور الأساسي في نمو أنسجة النبات سواء للمجموع الجذري أو الهوائي أثناء المرحلة الخضريّة ففي دراسة لكل من Rodríguez et al., 2016 على نبات البرسيم *Medicago sativa* بإضافة عنصر الحديد في وجود $CaCO_3$ ، حيث لاحظوا أن للحديد تأثير على مكونات جدر الخلايا في الساق و الجذر، كما له تأثير في وجود $CaCO_3$ أيضا . و بينت النتائج أن نقصه أظهر إختلالات كبيرة في تركيب الجدار و اختلال في المركبات المعدنية و عملية الامتصاص و النتج، وأدت المعاملة بعنصر الحديد إلى زيادة كبيرة في البروتينات المرتبطة بالجدار و نسبة اللجنين إلى البروتين و تركيب الأوعية الناقلة من خشب و لحاء و خلايا البشرة و القشرة و ذلك بالنسبة للسّمك و القطر. و في تجربة لنبات الفول *Vicia faba L.* من اجل زيادة تخصيب التربة من النيتروجين عوضا على السماد الكيميائي الضار بالتربة، تم رش أوراق الفول بالحديد (0 ، 40) غ/الهكتار¹ ، و قد أدى هذا الرش إلى زيادة نشاط النيتروجيناز بشكل كبير و إطالة فترة النشاط العالي من اختزال النترات مما أدى إلى زيادة في العدد الإجمالي للبراعم و زيادة في المردود للفول من 1500 إلى 2500 كغ/الهكتار (Vieira et al, 1998).

2-3- أثر معاملات الملوحة على الأصناف المدروسة بغض النظر عن مستويات الحديد

يتبين من خلال الملحق (13) أن تراكيز الملوحة المستعملة في التجربة كان لها تأثير متباين معنوي على صفات أصناف الفول الأربعة، فيوضح هذا الجدول أن أكبر تباين معنوي كان عند التركيز الأول ($S_0: 0 \text{ mmol/L}$) و التركيز الرابع ($S_3: 150 \text{ mmol/L}$) و يتدرج التباين بالتناقص بين ثنائيات التراكيز إلى أن يصل أقل تباين معنوي بين التركيز الأول ($S_0: 0 \text{ mmol/L}$) و التركيز الثاني ($S_1: 30 \text{ mmol/L}$)، مما يدل على أن الأصناف الأربعة استجابت بالتأثير السلبي لتراكيز الملوحة عليها من اقل تركيز إلى أعلاه، و هذا واضح في ال ملحق (14) حيث أن كل تركيز ميزته مجموعة معينة ($S_3 D, S_2 C, S_1 B, S_0 A$) مما يدل أن لكل تركيز تأثيرا مميزا، و كذلك في التأثير على الصفات المدروسة، فنجد مثلا في صفة نسبة الإنبات GP عند الصنف الأول Malti النسب الآتية ($S_3:43\%$, $S_2:53\%$, $S_1:49.25\%$, $S_0:70\%$) الشكل (3-1)، كذلك نجد في صفة مساحة ثغور البشرة العليا UES المساحات الآتية ($S_3:88.19 \mu\text{m}^2$, $S_2:91.66 \mu\text{m}^2$, $S_1:79.03 \mu\text{m}^2$, $S_0:109.22 \mu\text{m}^2$) الشكل (3-8)، ومن خلال هذه النتائج نقول أن الملوحة أثرت تأثيرا سلبيا في الصفات المدروسة على أصناف نبات الفول

بتراجع نسبة الإنبات و سرعته و كذلك في توتر المادة الجافة و قوة نشاط البذور، و الذي يعتبر مرحلة حاسمة في دورة حياة و نمو النبات، كما يعتبر مؤشر على استجابة بذور الفول للملوحة، و أثرت أيضا على طول البادرة و وزنها الجاف والتي تعتبر الانطلاقة الأولى التي يبني عليها النبات دورة حياته، و تعتمد عملية الإنبات على كمية الماء الكافية التي تنتشرها البذور و الداخلة عبر جدر خلايا أغشية هذه البذور ، و بذلك تلعب هذه الجدر الدور الأساسي في دخول الماء إلى البذور. كما يدخل الماء في جل العمليات الحيوية و الفسيولوجية التي تطرأ على عملية الإنبات. و يمكن تفسير تراجع و بطأ عملية الإنبات إلى انخفاض الجهد المائي للبذور بسبب تراكيز الملوحة في الوسط الخارجي و يزيد من ضغطه الأسموزي و الاختلالات البيوكيميائية الناجمة عن تدفق أيونات الصوديوم N^+ مما يحول من دخول الماء للبذور. و توافق هذه النتائج لما وصل إليه الكثير من الباحثين، حيث يقول كل من Boulghalaghet al., 2008 أن كلوريد الصوديوم يبطئ و يقلل من معدل إنبات البذور و امتداد فترة الإنبات ، و فسر الاضطرابات الملحوظة بانخفاض القدرة الاسموزية للوسط بعد إضافة الملح ، و هذا التأخير نتيجة الوقت الذي تستغرقه البذور في تشغيل الآليات التي تسمح لها بضبط و تعديل الضغط الاسموزي. و يفسر كل من Botía et al., 1998 هذا التأخير في الإنبات و التباطؤ في السرعة إلى التأخير في عمل الإنزيمات والهرمونات الموجودة في البذرة و المسئولة على عمليات الأيض المغذية للجنين في هذه المرحلة. إن عدم توفر الرطوبة الكافية للبذور و أغلفتها تؤدي إلى تثبيط معين للآليات التي تؤدي إلى خروج الجذور من الأغشية وبالتالي تأخر إنبات البذور (Gill et al., 2003). و يؤثر إجهاد الملوحة أيضا على الهرمونات النباتية التي هي مواد منظمة للنمو و ينتجها النبات ، مما يؤثر على العمليات الفسيولوجية بتركيزات منخفضة إما في الأنسجة البعيدة التي يتم نقلها إليها أو في الأنسجة التي حدث فيها تصنيع هذه الهرمونات (Davies et al., 1995). من الواضح أن هناك تغييرات كبيرة في مورفولوجيا و في تشريح النباتات التي تنمو في الترب المالحة. فهي تأثر على شكل و تركيب و أبعاد الجذر و تشريح الأوراق و الساق (Hu and Schmidhalter, 2001). فقد أثرت الملوحة خلال المرحلة الخضرية من التجربة على شكل و حجم و سمك الخلايا و جدرها سواء في البشرة أو في الأنسجة الداخلية و الحزم الوعائية للخشب و اللحاء. أفاد العديد من الباحثين من بينهم Junghans et al., 2006 أنه مع زيادة الملوحة كان هناك انخفاض في نمو نسيج الخشب، و أن عرض الحزم الوعائية وأقطار سيقان الأرز *Cedrus* قد تناقص في وسط كلوريد الصوديوم، كما أن التراكيز العالية من الملوحة قللت من النشاط الكومبيوم في نبات الحور الفراتي *Populus euphratica*. تسبب الملوحة انخفاض مساحة الأوراق الإجمالية ، و زيادة سمك الأوراق (Awang et al., 1993). تقلل الملوحة أيضا من نمو أنسجة الأوعية الخشبية و اللحاءية (Belda et Ho, 1993) ، و تزيد من كثافة الشعيرات الماصة وقد تقلل من كثافة الثغور (Lüdders et Kaminski, 1991).

2-4- أثر فعل التداخل بين الملوحة و عنصر الحديد و الأصناف المدروسة

يتبين من خلال الجدول (4-13) أن صفة نسبة الإنبات GP كان لها أكبر تمثيل معنوي F: 41.07 في اغلب العوامل من الأصناف و الملوحة و الحديد أو في تداخلهم مقارنة بالصفات الأخرى، و كان لصفة كمية الهيميسليلوز في الساق QHS أكبر تمثيل معنوي F: 114.84 للأصناف ، أما صفة مساحة ثغور UES البشرة العليا فكان لها أكبر تمثيل غير معنوي لتداخل الحديد و الملوحة و كذلك تداخل الأصناف و الملوحة. كما عاد أكبر تباين معنوي لتداخل الأصناف و الملوحة لصفة نسبة الإنبات.

و يُظهر الجدول (4-13) أن هناك تداخل إيجابي بين الملوحة و عنصر الحديد على الصفات و كان أكبره في صفة مساحة ثغور البشرة العليا UES F:2.36 ، فقد لاحظنا من خلال نتائج الصفات المدروسة أن وجود الحديد قلل من الأثر السلبي للملوحة سواء في مرحلة الإنبات أو المرحلة الخضرية، فالملوحة تؤثر على نمو النباتات في وسط نقص عنصر الحديد أو عدم تيسر امتصاصه في الأراضي الجيرية، حيث تنقسم النباتات إلى حساسة لنقص الحديد و غير حساسة، كما أن الحديد يؤثر على العديد من الأنشطة الفيزيولوجية و البيوكيميائية، حيث لاحظ Yousfi et al., 2007 أن تداخل إجهاد الملوحة و إجهاد نقص الحديد أدى إلى انخفاض ملحوظ في النمو لنبات دوار الشمس *Helianthus annuus* و نبات الشعير *Hordeum vulgare* و يزيد هذا التأثير بزيادة الملوحة، و بما أن الحديد يدخل في تركيب الإنزيم المكون لجزيء الكلوروفيل في غشاء الثايلاكويد، فإن الأوراق تُصاب بأعراض داء الكلور (اصفرار الأوراق و التواء حوافها و نقص مساحتها ...) الناتج عن نقص الحديد خاصة الفنية منها و هذا في وجود الملوحة. يؤثر الإجهاد الملحي على نقل الحديد إلى النباتات وهذا الانخفاض محتواه في الأعضاء الهوائية أكثر منه في الجذور (Shiyab et al., 2003) و إن الانخفاض الناجم عن الملوحة في نقل الحديد ناتج عن التنافس بين Na و Fe . كما أظهرت الملوحة أيضا أنها تقلل من محتوى الحديد في براعم الشعير و الذرة و البازلاء و مع ذلك فقد عززته في الطماطم و فول الصويا و الكوسا (Mass et al., 1972). ومن هنا يظهر أن العلاقة بين العناصر المغذية الصغرى و الملوحة معقدة وقد يزيد الإجهاد الملحي أو يُنقص أو لا يؤثر على محتوى الحديد في البراعم، و يمكن أن يعزى الاختلاف إلى أصناف النبات الواحد و الأنسجة الخلوية ومستوى الملوحة و تركيبها و تركيز الحديد في الوسط و ظروف النمو و مدة الدراسة (Grattan et Grieve, 1998). تؤدي الملوحة و نقص عنصر الحديد في النبات إلى انخفاض في نمو الفروع و الجذور و معدلات التمثيل الضوئي و النتج و تركيز الكلوروفيل و التوصيل الثغري كما يزيد معدل الصوديوم Na^+ في الفروع و

الجذور مع انخفاض في تركيز البوتاسيوم K^+ و الحديد Fe^{+2} ، و هذه التأثيرات تختلف باختلاف الطرز الوراثية و بين الأصناف للنوع الواحد من النبات (Abbas et al., 2015).

جدول (4-13) مقارنة (ف) البيانية بين المتغيرات الأكثر فاعلية أثناء الإنبات و النمو الخضري للأصناف المعاملة رشا بالحديد تحت ظروف ملحية و التداخل بينهم

Summary for all Ys:Fe

التداخلات	ف البيانية	GP	QHS	SLSEC	TLREC	UES
F	F	41,07	17,38	2,86	2,73	2,47
Variety	F	85,55	114,84	4,85	5,83	3,08
Fertilization	F	45,82	3,81	9,36	1,56	0,85
Salinity	F	170,05	0,31	3,23	3,96	2,28
Variety*Fertilization	F	3,00	0,43	0,44	0,43	3,88
Variety*Salinity	F	8,93	3,16	3,08	2,86	2,07
Fertilization*Salinity	F	0,48	1,11	0,08	0,70	2,36

2-5- أثر فعل التداخل بين معاملات الملوحة و مستويات عنصر الموليبدان على الأصناف المدروسة

من خلال الملحق (15) يتبين أن الأصناف الأربعة استجابت للمعاملة بعنصر الموليبدان و كان التباين فيما بينها معنوي، حيث كان أكبر تباين معنوي بين الصنفين الأول (Malti) و الرابع (Aguadulce) و اقله بين الصنفين الأول (Malti) و الثاني (Hista)، أما الصنفين الثاني (Hista) و الثالث (Broad) فلم يكن بينهما تباين معنوي و هو مشابه لما وجدناه عند معاملات الحديد. كما كان الصنف الأول في المجموعة A و الصنفين الثاني و الثالث في المجموعة B و الصنف الرابع الذي كانت له أكبر استجابة للموليبدان في المجموعة C الملحق (16). و كمثال عن القيم نجد أن نسبة الإنبات في المستوى الثاني من الملوحة S_2 (V4:90% ، V3:74.5% ، V2:61% ، V1:60%) الشكل (3-1)، و نجد في مساحة أكبر خلية بشرية للساق SLSEC ($V4:283.61 \mu m^2$ ، $V3:114.62 \mu m^2$ ، $V2:115.62 \mu m^2$ ، $V1:255.47 \mu m^2$) الشكل (3-25). إن لعنصر الموليبدان دور أساسي في النباتات عامة و في البقوليات خاصة لدخوله في تركيب عدة إنزيمات على رأسها إنزيم Sulphite oxidase ، Aldehyde oxidase ، Nitrate Réductase كما يدخل في تركيب حامض الاسكوربيك و في ميتابوليزم الفوسفور و منه فإن نقصه على عتبة النبات أو غيابه يؤثر تأثيرا واضحا على نمو النبات و محصوله. و تختلف النباتات والأصناف فيما بينها في مدى امتصاص و الاستفادة من عنصر الموليبدان و يعزى هذا الاختلاف إلى نوع النبات (أشجار، شجيرات، أعشاب)، و إلى نوع و تركيب المورثات المسؤولة على تفعيل هذا العنصر، و إلى البيئة التي يعيش فيها، و قد أثبت هذا الاختلاف كثير من الباحثين. أظهرت ثلاثة أنواع من

فول الصويا في تجربة لكل من Liu et al., 2005 التباين الوراثي لاستجابة الـ Mo، حيث تبين أن صنف Zhechun III أكثر تأثراً من صنفي Zhechun II و 3811 و ذلك في حالة نقص عنصر الموليبدان، و قد تم وضع عدة فرضيات لتفسير التباين في الاستجابة للموليبدان من بينها قد يكون اختلافاً في تكوين جدار الخلية أو نفاذية الغشاء والبروتينات المكونة لها أو أنشطة أنظمة مضادات الأكسدة الكلية أو مدى تأثير الجينات المتحكمة في نشاط الإنزيمات التي يدخل في تركيبها هذا العنصر (Liu et al., 2005).

جدول (4-14) المجموعات التي تم فصلها أثناء تحليل التباين للأصناف المدروسة المعاملة بعنصر الموليبدان تحت تأثيرات مختلفة من الملوحة

الأصناف	أقل فرق معنوي	المجموعات			النتيجة
V1	59,28	A			الصنف V1 حساس الصنف V2 و V3 متوسط المقاومة الصنف V4 مقاوم
V3	65,38		B		
V2	67,75		B		
V4	84,56			C	
التركيز الملحية					
S3	53,06	A			كل التركيزات أثرت تأثير متباين الأمر الذي أدى إلى سلوكات متباينة
S2	67,31		B		
S1	74,41			C	
S0	82,19			D	
معاملة الموليبدان					
الشاهد (M ₀)	64,11	A			معاملات الموليبدان أثرت تأثير بالغاً بخلاف الشاهد
M1	74,38			B	

2-6- أثر معاملات عنصر الموليبدان على الأصناف المدروسة بغض النظر على معاملات الملوحة يُوضح

الملحق (17) الفرق المعنوي الواضح بين تأثير وجود عنصر الموليبدان و غيابه على جدر وأنسجة أصناف الفول المدروسة مما يدل على أن التركيز المقترح كان له التأثير على النتائج خلال التجربة بمرحلتها. حيث كان غياب عنصر الموليبدان في المجموعة A و وجوده في المجموعة B الملحق (18). ونجد في متوسط نسبة الإنبات GP عند الصنف الرابع Aguadulce $V_4S_2M_0:83\%$ و $V_4S_2M_1:90\%$ الشكل (3-1)، كما نجد أيضاً في متوسط مساحة أكبر خلية بشرية للساق SLSEC عند الصنف نفسه $V_1S_2M_0:151.8\mu m^2$ Aguadulce و $V_1S_2M_1:283.61\mu m^2$ الشكل (3-25). ومن هنا يتبين أن للموليبدان دور أساسي لنمو نبات الفول كباقي النباتات، فهو منشط لعدة إنزيمات لتنفيذ تفاعلات الأكسدة والاختزال؛ تشمل الإنزيمات التي تتطلب الموليبدان

لتنشيطها على إنزيمات اختزال النترات Nitrate reductase و Xanthin dehydrogenase و Aldehyde Oxidase و Sulfite Oxidase. يؤثر فقدان نطاق نشاط الإنزيمات المعتمدة على Mo بشكل مباشر أو غير مباشر من خلال مستويات الموليبيد ان الداخلية المنخفضة على نمو النبات ، و على وجه الخصوص ، تلك العمليات التي تتطوي على استقلاب النيتروجين وتكوين حمض الأبسيسيك Abscisic Acid و حمض البوتانويك Butanoic acid المنشط لتكوين الجذور (Kaiser et al., 2005). ينشط الموليبيد ان عدة عمليات في مرحلة الإنبات من بينها تثبيط سكون البذور و الذي أثبته الباحثان Cairns et Kritzinger, 1992 في دراستهما على نبات القمح المعالج بعنصر الموليبيد ان حيث أوقف سكون بذور القمح التي كانت تُطيل مرحلة السكون و تسرع من عملية الإنبات. كما أن الزيادة في بنية جدر خلايا الساق و الزيادة في أبعادها يرجع إلى الدور الذي لعبه عنصر الموليبيد ان و قد أثبته كثير من الباحثين، ففي دراسة لكل من Alam et al., 2015 على نبات البيقية الموبرة (*Vicia villosa Roth*) و ذلك بإضافة الموليبيد ان لتربة الزراعة بتركيزين (0.5، 1.0) ملغ/كـلغ⁻¹ ، فقد أظهرت النتائج زيادة الكتلة الحيوية للنبات و من جدر خلايا الساق و الزيادة في أبعادها و من عدد العقيدات الجذرية و حجمها و نشاط إنزيم Nitrogenase و Nitrate reductase و زيادة امتصاص النيتروجين.

2-7- أثر معاملات الملوحة على الأصناف المدروسة بغض النظر عن مستويات عنصر الموليبيد ان

من خلال الملحق (19) يتضح أن تراكيز الملوحة تباينت فيما بينها تباينا معنويا وهو ما وجدناه أيضا عند معاملات الحديد، و كان اكبر تباين بين التركيز الأول ($S_0: 0 \text{ mmol/L}$) و الرابع ($S_3: 150 \text{ mmol/L}$) و سجلت أربع مجموعات مختلفة (A, B, C, D) الملحق (20) واقله بين التركيز الثاني ($S_1: 30 \text{ mmol/L}$) و الثالث ($S_2: 50 \text{ mmol/L}$). فمثلا في صفة نسبة الإنبات GP عند الصنف الأول Histal نجد النسب الآتية ($S_2: 63\%$, $S_3: 37\%$, $S_0: 79\%$, $S_1: 72\%$) الشكل (3-1)، كذلك نجد في صفة مساحة ثغور البشرة العليا UES المساحات الآتية ($S_0: 109.22 \mu\text{m}^2$, $S_1: 79.03 \mu\text{m}^2$, $S_2: 91.66 \mu\text{m}^2$, $S_3: 109.22 \mu\text{m}^2$) الشكل (3-8)، إن إنبات البذور هو مرحلة حرجة خلال دورة حياة النبات، تؤثر الملوحة على إنبات البذور من خلال التأثير السام للأيونات على جنين البذرة وتثبيط امتصاص الماء (Farooq et al., 2015). فبذور النباتات البقولية هي الأخرى تؤثر عليها ملوحة الوسط، حيث ذكر Shu et al., 2017 أن الإجهاد الملحي يمنع إنبات بذور فول الصويا عن طريق تقليل نسبة هرمون الجبرلين (GA) إلى هرمون حمض الأبسيسيك (ABA). كما وجد Kumar, 2017 بأن الملوحة تقلل من إنبات ونمو شتلات نبات فول الصويا *Glycine max*.

أثبت كل من Reginato et al., 2013 أن النباتات المعرضة للإجهاد الملحي خاصة لفترات طويلة تتغير مورفولوجيا و فسيولوجيا كطول النبات و طول و تركيب الجذور وتغير كثافة و توزيع الثغور والتي ثبت أنها ضرورية في الاجهادات خاصة الملحية منها، و من ثمة يتغير معه كمية خروج الماء عن طريق النتح و تغير كمية CO₂ الداخلة و المتراكمة في الأوراق ومنه تغير كمية التمثيل الضوئي و المواد المنتجة منه وخاصة المعرضة لملوحة NaCl. و تصبح خلايا البشرة للنبات المجهد بالملوحة أصغر حجما مما يؤثر ذلك على عدد خلايا الورقة وخاصة البشرية منها فيغير من مساحتها و عددها (Munns, 2002). كما تُظهر النباتات الملحية معدلات نتح منخفضة مقارنة بالغير ملحية وتنقص من مدة فتح الثغور و عددها مما يمنع فقدان الماء من النبات ويقلل من حركة الايونات الناتجة عن تيار النتح (Lovelock et Ball., 2002). وأفاد كل من Botti et al., 1998 في دراستهم على ستة أصناف من الجوجويا *Simmondsia chinensis* النابتة في الظروف الملحية أن أكثر هذه الأصناف مقاومة التي تحتوي على أكثر عدد من الثغور و الزوائد البشرية. إن انخفاض كثافة و عدد الثغور استجابة في مقاومة الملوحة الضارة، وهذه الصفة نجدها في المحاصيل الحقلية أيضا أثناء تعرضها للملوحة المائية (Shabala, 2013).

2-8- أثر فعل التداخل بين الملوحة و عنصر الموليبدان و الأصناف المدروسة

يتبين من خلال الجدول (5-14) أن صفة نسبة الإنبات GP كان لها أكبر تمثيل معنوي F:26.96 في اغلب العوامل من الأصناف و الملوحة و الموليبدان أو في تداخلهم مقارنة بالصفات الأخرى، وبذلك نقول أن عنصر الموليبدان كان تأثيره الايجابي أكثر في مرحلة الإنبات و أقله في صفة مساحة أكبر خلية بشرية في الساق SLSEC. و كان أكبر تباين معنوي لاستجابة الأصناف الأربعة عند صفة نسبة الإنبات GP و كمية الهيميسليلوز في الساق QHS. أما تأثير الملوحة فقد كان تأثيرها معنوي عند صفة نسبة الإنبات GP و تليها مساحة ثغور البشرة العلوية UES بتأثير غير معنوي. و كان لصفة مساحة أكبر خلية بشرية في الجذر TLREC أكبر تمثيل غير معنوي لتداخل الأصناف و الموليبدان ، أما صفة مساحة ثغور البشرة العليا UES فكان لها أكبر تمثيل غير معنوي لتداخل الموليبدان و الملوحة و كذلك تداخل الأصناف و الملوحة.

جدول (4-15) مقارنة (ف) البيانية بين المتغيرات الأكثر فاعلية أثناء الإنبات و النمو الخضري للأصناف المعاملة رشا بالحديد تحت ظروف ملحية و التداخل بينهم

Summary for all Ys: Mo

		GP	QHS	SLSEC	TLREC	UES
F	F	26.96	6.68	2.86	3.29	2.93
Variety	F	68,09	45,46	4,85	6,01	4,39
Fertilization	F	61,31	0,77	9,36	1,77	1,37
Salinity	F	89,152	0,183	3,231	3,383	9,043
Variety*Fertilization	F	0,04	0,70	0,44	1,75	0,13
Variety*Salinity	F	6,54	0,59	3,08	3,85	2,05
Fertilization*Salinity	F	0,36	0,63	0,08	0,83	1,34

2-9- أثر فعل الملوحة على وجود و غياب عنصر الموليبدين

إن زيادة الملوحة فوق عتبة التحمل و نقص عنصر الموليبدين يؤثران سلبا على الأنشطة و الوظائف الفسيولوجية للمركبات التي يدخل فيها هذا العنصر عند النبات. كما أن المعاملة بالموليبدين في هذه الظروف تعمل على تحسين هذه الوظائف و منه تحسين نمو النبات، وهذا ما تحصلنا عليه في الصفات المدروسة، فنجد في متوسط نسبة الإنبات GP عند الصنف الرابع Aguadulce $V_4S_2M_0:83\%$ و $V_4S_2M_1:90\%$ الشكل (3-1)، كما نجد أيضا في متوسط مساحة أكبر خلية بشرية للساق SLSEC عند الصنف نفسه $V_1S_2M_0:151.8\mu m^2$ و $V_1S_2M_1:283.61\mu m^2$ الشكل (3-25). وهذا ما وجدناه عند كثير من الباحثين حيث أكد كل من Bagheri et Jafari., 2012 في تجربة على نبات الشعير *Hordeum vulgare* و المعامل بعنصر الموليبدين Mo و بكتيريا *Azospirillum* و النامي في الظروف الملحية حيث كان التأثير إيجابيا لهذا العنصر و ذلك بزيادة النيتروجين الكلي و تحسن النمو لهذا النبات و أرجعوا هذا التحسن إلى الزيادة في تركيب السكريات العديدة Polysaccharide و تحسين التمثيل الضوئي . كما ترتبط الزيادة المحفزة بمعاملة Mo بزيادة Mg^{++} و الذي يصاحبه زيادة كبيرة في نشاط اختزال النترات (Sigel et Sigel, 2002). و قد لوحظ انخفاض في نشاط إنزيم النيتروجيناز لنبات الشعير *Hordeum vulgare* الملقح ب *Azospirillum* (بكتيريا مثبتة للنيتروجين)، وذلك في غياب الموليبدين نتيجة تأثير الملوحة على النبات. كما أن هناك أدلة تشير إلى أن تطبيق Mo ليس فقط يزيد من النشاط المحدد لإنزيم النيتروجيناز، و لكن يحسن نشاطه لفترة أطول، و يقوم بإدراج الأمونيا في المركبات العضوية و ذلك عن طريق نشاط الغلوتامين Glutamine المصنع على مستوى أعلى من الشاهد (Pollock et al., 2002). تستجيب النباتات المعالجة بعنصر الموليبدين في مقاومة الملوحة عن طريق تحليل النشاء و تراكم السكر و الفركتوز فيؤدي الفركتوز إلى زيادة استقرار الأغشية الخلوية و ضمان العمليات المتعلقة بها، و هي

من أليبت تحمل الملوحة عند النباتات، و يؤكد هذه الفرضية زيادة نسبة التمثيل الضوئي و زيادة النمو. وقد ذكر كل من Bagheri et Jafari., 2012 أيضا أن إضافة الموليبدان أدى إلى تقليل الآثار الضارة للملوحة خاصة على متوسط وزن الحبة وعدد الحبوب. و إلى زيادة معنوية في محتوى الفركتوز والسكرورز على التوالي. كما أدى تطبيق الموليبدان إلى زيادة معدلات التمثيل الضوئي بشكل ملحوظ في جميع مستويات الملوحة. و تم الحصول على أعلى محتوى نباتي من النيتروجين في جذور الشعير الملقحة ب *Azospirillum* مع تطبيق Mo ، و كان نشاط النيتروجين لا تمنعه شدة الملوحة في وجود الموليبدان . كما أظهرت البيانات أن تطبيق الموليبدان يؤثر إيجابياً على نشاط النيتروجين و تسبب في تأقلم النبات مع الإجهاد بشكل فعال عن طريق الزيادة محتوى الفركتوز ونسبة NH_4^+/NO_3^- وانخفاض أقل في محتوى النبات الكامل من النيتروجين.

2-10- مقارنة تأثيرات العناصر الصغرى (Mo, Fe) على استجابة الأصناف المدروسة تحت الظروف الملحية

يُظهر الجدول (21) التباين المعنوي بين ثلاثة مجموعات وهي مجموعة معاملات الشاهد (Control) و مجموعة معاملات الموليبدان (Mo) و مجموعة معاملات الحديد (Fe)، أي أن كل معاملة أثرت بتأثير مختلف على صفات أصناف الفول المدروسة، و هذا ما وضحه الجدول (22) حيث أن كل تأثير تميز في مجموعة منفردة (A, B, C)، و كان اكبر تباين معنوي بين معاملات الشاهد و معاملات الموليبدان و أقله بين معاملات الحديد و معاملات الموليبدان، مما يفسر أن تأثير العنصرين كانا أكثر تقارباً في أغلب النتائج، كما أن تأثير عنصر الموليبدان متقدم على تأثير الحديد ملحق (22)، فنجد على سبيل المثال في صفة نسبة الإنبات GP عند الصنف Broad ($V_3S_2M_1:74.5\%$, $V_3S_2F_1:69\%$, $V_3S_2M_0F_0:63\%$) الشكل (3-1)، كما نجد في صفة مساحة أكبر خلية بشرية في الساق SLSEC عند نفس الصنف Broad ($V_3S_2M_1:197.25 \mu m^2$, $V_3S_2F_1:153.21 \mu m^2$, $V_3S_2M_0F_0:81.26 \mu m^2$) الشكل (3-25). مما يدل على أن عنصري الحديد و الموليبدان بالتركيز المعامل في التجربة أحدثا الفارق في النتائج المدروسة من الإنبات إلى التحاليل البيوكيميائية و ذلك عند تداخلهما مع الملوحة، كما يدل هذا على الدور الأساسي لهذه العناصر عند نبات الفول تحت الظروف الملحية، و نعزي تأثير عنصر الموليبدان أكثر لدوره الهام عند البقوليات عامة و عند نبات الفول خاصة في تأثيره على امتصاص و زيادة عناصر معدنية كبرى أو صغرى أخرى هامة لنمو النبات من النيتروجين و الفوسفور و المغنزيوم، و ذلك من خلال دخوله في عدة إنزيمات أساسية للنمو على رأسها انزيم nitrogenase و nitrate reductase و في مساعدته للنبات على مقاومة الإجهاد الملحي كما بينت نتائج الدراسة.

جدول (16) تحليل التباين ANOVA بين مجموعات معاملات عنصري الحديد و الموليبدان و الشاهد في الصفات الخمسة

Category	LS means			
Control	64,11	A		
Fe	71,00		B	
Mo	74,38			C

الخلاصة

الخلاصة العامة و الآفاق المستقبلية:

تسبب ملوحة المياه أو ملوحة الترب بمختلف التراكيز عائق كبير أمام المحاصيل الزراعية و المنتجات الفلاحية و ذلك عند دخولها إلى النبات ، حيث تتداخل الملوحة مع عدة عوامل في النبات منها ما يؤدي إلى الأثر السلبي و منها ما يؤدي إلى الأثر الإيجابي. وجاءت هذه الدراسة بهدف معرفة أثر التداخل بين ملوحة كلوريد الصوديوم و عنصري الحديد Fe و الموليبدان Mo على أصناف من نبات الفول *Vicia faba L.* ومدى هذا التأثير الإيجابي أو السلبي لها على الجذر الخلوية لمختلف أجزاء النبات في مرحلة الإنبات و المرحلة الخضرية.

أختير لهذه التجربة أربعة أصناف من بذور نبات الفول و هي: Malti (V₁)، Hista (V₂)، Broad (V₃) و Aguadulce (V₄) ذات الأصول المختلفة، كما أخذ أربعة تراكيز من ملوحة NaCl (S₁: 30 mmol/L, S₂: 50 mmol/L, S₃: 150 mmol/L, S₀: 0 mmol/L)، و من العناصر الغذائية الصغرى الحديد على صورة Fe₂SO₄7H₂ بتركيز 0.6 μmol/L و الموليبدان على صورة (NH₄)₆Mo₇O₂₄4H₂O بتركيز 0.6 μmol/L على أن تشمل التجربة 192 وحدة تجريبية. مرت هذه التجربة بمرحلتين أساسيتين كما يلي:

مرحلة الإنبات: بعد عملية نقع البذور في محاليل العناصر الصغرى (الحديد، الموليبدان) و الشاهد بالماء المقطر وُضعت البذور في الأطباق بمعدل 25 بذرة لكل مكرر، ثم عوملت بمختلف تراكيز الملوحة المُحضّرة مسبقاً للمستويات الأربعة، بعد انتهاء فترة الإنبات حُسبت المعايير المطبقة في التجربة و هي (SV, STI, DMSI, GSI, GR, GP).

تبين واضحاً من خلال النتائج أن الملوحة بغض النظر عن العناصر المغذية الصغرى أثرت سلباً في الصفات المدروسة من نسبة الإنبات و سرعته و المادة الجافة و غيرها، حيث كانت أكبر نسبة تأثير لها عند صفة نسبة الإنبات GP (98%) و أقلها عند صفة سرعة الإنبات (34.38%)، كما تبين أن العناصر الصغرى عند تداخلها مع الملوحة أثرت بالإيجاب في هذه الصفات وكان أكبر تأثير لها في صفة قوة نشاط البذور SV بنسبة (87.5%)، و بين تحليل المركبات النموذجية ACP أن صفة نسبة الإنبات GP كان لها أكبر تمثيل للصفات، كما اظهر تحليل التباين ANOVA أن هذه الصفة استجابت للعناصر المغذية أكثر مقارنة بالصفات الأخرى و سجلت فروقات معنوية بين الأصناف و الملوحة و العناصر المغذية و التداخل بينها سواء في معاملات الحديد أو الموليبدان، و أن الصنف Aguadulce تفوق على باقي الأصناف استجابة للتداخل بين العناصر المغذية الصغرى و الملوحة.

المرحلة الخضرية: تضمنت هذه المرحلة نفس الخطوات لمرحلة الإنبات من حيث النقع، بعدها وضعت البذور في أصص ذات القطر 25سم و الارتفاع 30 سم و عُوملت بنفس تراكيز الملوحة سقيا و نفس تراكيز العناصر الصغرى رشا على المجموع الخضري، و طبقت عليها أربعة دراسات و هي:

دراسة صفات الثغور: أُخذت الأوراق من مختلف المكررات و من نفس العقد لمستوى واحد في جميع العينات إلى المخبر وُنزعت بشرتها العلوية و السفلية ثم طُبّق عليها القياسات التالية (NUES, UES, CUE, NLES, LES, CLE) و ذلك عن طريق المجهر الضوئي و كاميرا (Optika Microscopes-m-144)، حيث أظهرت الملوحة بمختلف تراكيزها تأثيرا سلبيا على الثغور في الجهتين العلوية و السفلية من الورقة بزيادة عدد الثغور و زيادة مساحتها ومحيطها و الذي نجم عنه خسارة في كمية الماء للنبات المجهد بالملوحة، وكان أكبر تأثير للملوحة على صفة عدد ثغور البشرة العلوية NUES . و بين تحليل المركبات النموذجية ACP أن صفة مساحة ثغور البشرة العليا UES كان لها أكبر تمثيل للصفات و أن تحليل التباين ANOVA أظهر أكبر تباين معنوي لتداخل الأصناف و العناصر الصغرى و كذلك بين الملوحة و العناصر المغذية تحت معاملات الحديد، و بين العناصر والملوحة أثناء معاملات الموليبدان.

دراسة صفات الجذور: أُخذت عينات الجذور إلى المخبر و أُجري بها مقاطع عرضية بواسطة جهاز التشريح (HM 325 Rotary Microtome) و فُحصت تحت المجهر المزود بالكاميرا Optika و طُبّق عليها القياسات التالية (SLREC, CLREC, TLREC, SSREC, CSREC, TSREC, SLXR, CLXR, TLXR, SSXR, CSXR,)، حيث أبدت الملوحة تأثيرا سلبيا على جذر خلايا الجذر بالزيادة في أبعادها المدروسة على حساب المجموع الخضري، وكان أكبر تأثير للملوحة على صفة مساحة أصغر وعاء خشبي للجذر TSXR ، كما بين تحليل المركبات النموذجية ACP أن صفة سمك أكبر خلية بشرية للجذر TLREC كان لها أكبر تفوق مقارنة بالصفات الأخرى في الاستجابة لتداخل العناصر المغذية و الملوحة، وأظهر تحليل التباين ANOVA أن هذه الصفة سجلت فروق غير معنوية للأصناف أو الملوحة أو العناصر المغذية أو التداخل بينهم تحت معاملات الحديد و الموليبدان.

دراسة صفات الساق: بنفس الخطوات العملية في دراسة صفات الجذور تمت دراسة صفات الساق و طُبّق عليها القياسات (TSXS SLSEC, CLSEC, TLSEC, SSSEC, CSSEC, TSSEC, SLXS, CLXS, TLXS, SSXS,)، وقد لوحظ تأثير الملوحة السلبى لهذه الصفات بتراجع أبعاد الخلايا و جدرها، و كان أكبر تأثير لها في صفة مساحة أصغر خلية بشرية للساق SSSEC بنسبة 68.75%، و أقلها في صفة مساحة أصغر وعاء خشبي

للساق CSXS بنسبة 15.62% فقط. وقد بين تحليل المركبات النموذجية ACP أن صفة مساحة أكبر خلية بشرية للساق SLSEC كان لها أكبر تمثيل من بين الصفات الأخرى في الساق، كما بيّن تحليل التباين ANOVA أن هذه الصفة سجلت فروق غير معنوية في معاملات الحديد و فروق معنوية تحت معاملات الموليبدان بين الأصناف و عنصر الموليبدان.

دراسة الصفات البيوكيميائية : في هذه التحاليل تم قياس كمية السليلوز و الهيميسليلوز و اللجنين الداخلة في تركيب جدر الخلايا، و ذلك بأخذ عينات من الجذور و السيقان في كل مكررات التجربة و إتباع طريقة Weende 1963 في حساب هذه القيم (QLR, QCR, QHR, QLS, QCS, QHS)، و قد كان للملوحة الأثر السلبى سواء في تحاليل البيوكيميائية للساق أو تحاليل الجذر، حيث كان أكبر تأثير لها في صفة كمية اللجنين في الساق QLS (59.37%) و أقلها كان في صفة QLR كمية اللجنين في الجذر بنسبة (25%)، بين التحليل المركبات النموذجية ACP أن صفة كمية الهيميسليلوز في الساق QHR كان لها أكبر تمثيل من بين الصفات الأخرى للتحاليل البيوكيميائية للساق، كما بيّن تحليل التباين ANOVA أن هذه الصفة سجلت فروق معنوية بين أصناف الفول في معاملات الحديد و فروق غير معنوية عند معاملات الموليبدان.

و أخيرا نقول استجابات أصناف الفول الأربعة بمستويات مختلفة لتداخل العناصر الصغرى المغذية مع الملوحة عن طريق قياسات الصفات المدروسة في المرحلتين، وقد أبدت الصفات الخمسة (UES, QHS, SLSEC, TLREC, GP) استجابة أكبر لكل مجموعة من الصفات، و كان التأثير الإيجابي الأكبر كان عند معاملات عنصر الموليبدان مقارنة بعنصر الحديد في أغلب الصفات المدروسة خلال التجريبتين، كما تبين أن الصنف Aguadulce أكثر الأصناف مقاومة للملوحة و استجابة للعناصر المغذية الصغرى مقارنة بالأصناف الأخرى. وختاما نقترح في نظرتنا المستقبلية مايلي:

- الاهتمام أكثر بالمحاصيل البقولية لما لها من قيمة غذائية و اقتصادية هامة وذلك من خلال دراسات شاملة لجميع الصفات المرفولوجية، الفسيولوجية، البيوكيميائية، الوراثة و البيوتكنولوجية للوصول بدقة اكبر لمفهوم التأقلم والمقاومة الملحية و غيرها من الاجهادات المحيطة بهذا النوع من النباتات.
- انتقاء سلالات تحتوي على الصفات المقاومة للملوحة و الأكثر مردودا و هذا من خلال دراسات وراثية معمقة للجينات المسؤولة على النمو و المقاومة ضمن الخارطة الجينية للنبات.

- الاهتمام أكثر بدراسة العناصر الغذائية الصغرى و التغذية الكاتيونية الداخلة في التسميد و تحديد احتياجات كل نبات بل كل صنف بدقة لكل عنصر حتى يكون له الدور الفعال والمنوط في جميع أجزاء النبات.
- تحديد وقياس ملوحة المياه و ملوحة الترب لكل الأراضي الزراعية بدقة حتى يتسنى معرفة النباتات المناسبة لهذه التراكيز و المقاومة لها لتعود هذه الدراسات بالمحصول المناسب و الوفير.

الصنف (V₄ Agudulce) أكثر إستجابة لمعاملات العناصر الغذائية الصغرى (Mo، Fe) في حين الصنف V₁ Malti بقي جد حساس أما الصنفين V₂ Hista، V₃ Broad كان سلوكهما متماثل في مقاومة الملوحة سواء أثناء إضافة كبريتات الحديد أو موليبيدات الأومنيوم رشا على الأوراق.

الكلمات المفتاحية : التداخل، الملوحة، الموليبدان، الحديد، *Vicia faba.L*، الصفات الفزيومرفولوجية والبيوكيماوية و

التشريحية

Résumé

Le but de la recherche est d'évaluer l'interaction entre la salinité et les micronutriments représentés dans Fe et Mo, sur certaines caractéristiques physio-morphologiques, biochimiques et histologiques sur les feuilles, les tiges et les racines de quatre cultivars de la fève *Vicia faba*.L (V1 Malti, V2 Hystal, V3 Broad et V4 Aguadulce) pendant les phases de germination et de croissance végétative. une expérience factorielle a été conduite dans un dispositif en blocs complètement randomisé (split plot) avec quatre niveaux de NaCl (S₀: 0, S₁: S₂:) mmol/L, Chaque traitement était sous quatre niveaux de micronutriments, deux niveaux de fer sous forme de sulfate de fer Fe₂SO₄7H₂O (F0, F1), et deux niveaux de molybdène sous forme de Molybdate d'ammonium (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O (Mo0, Mo1), chaque traitement pour chaque niveau a été répété quatre fois (R1, R2, R3, R4), le travail a été exécuté sur 192 unités expérimentales dans des conditions contrôlées. Les résultats ont montré que les concentrations de salinité utilisées, quels que soient les oligo-éléments, affectaient négativement les caractères étudiés, car la concentration élevée (S₃ : 150 mmol/L) avait le plus d'effet sur ces caractères. Grâce à l'analyse des composés principale, il a été constaté que les cinq caractéristiques le rapport de germination : GP, la plus grande épaisseur de la cellule épidermique de la racine : TLREC, la plus grande surface de la cellule épidermique de la racine : SLSEC, la quantité d'hémicellulose dans la tige QHS, et la zone des stomates épidermiques supérieurs (UES). Ces traits ont eu la plus grande réponse par rapport aux autres variables étudiées pendant la germination et le stade de croissance végétative. En appliquant ces deux sels, sulfate de fer et molybdate d'aluminium, pulvérisé sur les feuilles, les effets néfastes de la salinité ont été éliminés. il a été conclu que les sels de molybdate d'aluminium étaient plus positifs par rapport au sulfate de fer, Aussi, les génotypes étudiés ont montré des comportements bien différenciés sous les fortes concentrations de NaCl S₃ : 150mol/L et S₂ : 50mMol/L pendant la phase de germination et de croissance végétative. L'indice de séparation des groupes selon l'analyse de variance indique que le cultivar (V4 Aguadulce) a été plus réactif aux traitements en micronutriments (Fe, Mo), tandis que le cultivar V1 Malti est resté très sensible, et les deux cultivars V2 Hystal, V3 Broad ont eu le même comportement en résistance à la salinité, que ce soit lors de l'ajout de sulfate de fer ou de molybdate d'aluminium pulvérisé sur les feuilles.

Mots clés : interaction, salinité, molybdène, fer, *Vicia faba*.L, caractéristiques physio -morphologiques, biochimiques et anatomiques.

abstract

The aim of the research is to evaluate the interaction between salinity and the micronutrients represented in Fe and Mo, on certain physio-morphological, biochemical and histological characteristics on the leaves, stems and roots of four cultivars of the bean. *Vicia faba*.L (V1 Malti, V2 Hista, V3 broads and V4 Aguadulce) during the germination and vegetative growth phases. A factorial experiment was conducted in a completely randomized block design (split plot) with four levels of NaCl (S0: 0, S1: S2 :) mMol, Each treatment was in four levels of micronutrients, two levels of iron in the form of iron sulfate $\text{Fe}_2 \text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (F0, F1), and two levels of molybdenum as Ammonium molybdate $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (Mo0, Mo1), each treatment for each level was repeated four times (R1, R2, R3, R4), the work was carried out on 192 experimental units under controlled conditions. The results showed that the salinity concentrations used, regardless of the trace elements, negatively affected the studied traits, as the high concentration (S3: 150 mmol / L) had the most effect on these traits. Through the main compound analysis, it was found that the five characteristics the germination ratio :, GP, the greatest thickness of the epidermal cell of the root: TLREC, the largest area of the epidermal cell of the root : SLSEC, the amount of hemicellulose in the QHS stem, and the area of the upper epidermal stomata (UES). These traits had the greatest response compared to other variables studied during germination and vegetative growth stage. By applying these two salts, iron sulphate and aluminum molybdate, sprayed on the leaves, the harmful effects of salinity were eliminated. It was concluded that the Ammonium molybdate salts were more positive compared to iron sulphate, Also, the genotypes studied showed well differentiated behaviors under the high concentrations of NaCl S3: 150mol / L and S2:: 50mMol / L during the phase of germination and vegetative growth. The group separation index according to the analysis of variance indicates that the cultivar (V4 Aguadulce) was more responsive to micronutrient treatments (Fe, Mo), while the cultivar V1 Malti remained very sensitive, and the two cultivars V2 Hista, V3 Broad had the same behavior in resistance to salinity, either when adding iron sulphate or aluminum molybdate sprayed on the leaves.

Key words: interaction, salinity, molybdenum, iron, *Vicia faba*.L, physio -morphological, biochemical and anatomical characteristics.

المراجع:

- أحمد مدلول الكبيسي و مشعل عبد خلف.(2012). استخدام نسجة التربة في استشراق حدود الماء الجاهز فيها. مجلة العلوم الزراعية العراقية. 43(4). (عدد خاص) 22-33.
- أحمد ع ح. (2016). تسميد محاصيل الخضر، دار الكتب العلمية للنشر و التوزيع. الطبعة الأولى . القاهرة ، ص: 90-93.
- أكرم عبد اللطيف حسن الحديثي، أحمد رياض عبد اللطيف العاني. (2016). حركيات مصادر مختلفة من الحديد في تربة كلسية، مجلة الأنبار للعلوم الزراعية مجلد 41 العدد 2 . ص 62-67.
- البشبيشي ط، شريف م. (1998). أساسيات في تغذية النبات، دار النشر للجامعات، الطبعة الأولى مصر، ص: 284 إلى 289.
- بوغديري العربي. (2000). دروس وتطبيقات في علم النبات ، ديوان المطبوعات الجامعية - بن عكنون - الجزائر. 211 ص.
- التحافي، سامي علي و حامد عجيل حبيب و نعمة هادي عذاب.(2013). تأثير الري بمياه مختلفة الملوحة و إضافة السماد العضويHumi-Feed في نمو وحاصل نبات الباقلاء. *Vicia faba* L. ، مجلة الفيلت للعلوم الزراعية 5 (4) : 307-315.
- حامد الصعدي.(2005). تربية النباتات تحت ظروف الإجهادات المختلفة و الموارد الشحيحة (Lew input) والأسس الفسيولوجية لها ، N:977-316-156-0 - دار النشر للجامعات مصر-331-ص.
- حسن أ. (2002). إنتاج الخضر البقولية. دار العربية للنشر، الطبعة الأولى القاهرة ص 317-346.
- الخطيب أ. (2007). أساسيات خصوبة الأراضي و التسميد ، جامعة الإسكندرية ، ص: 315. 316. 318.
- دانيال العوض. (2014). تأثير الملوحة (NaCl) في إنبات البذور ونمو البادرات المزروعة في المختبر لصنفين من نبات فول الصويا [*Glycin max* (L.) Merr.] مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية. المجلد (36) العدد (6) ص 9-17.
- دريد كامل عباس الطائي ، عبد سراب حسين الجنابي. (2017). تأثير ملوحة مياه الري و الأسمدة العضوية و الكيميائية في نمو و محتوى الأوراق من العناصر الغذائية لنبات اللهانة *Brassica oleracea* var. *Capitate* L. مجلة جامعة بابل - للعلوم الصرفه والتطبيقية. العدد (6) المجلد (35). ص3-18.

● سامي عبد الحميد حماد، المتولي مصطفى سليم، مجدي محمد الشاذلي. (2018). البيئة والزراعة العضوية في العالم العربي ص 29-45.

● سالم صلاح. س، سليمان محمد. ع، حسين بن ادريس. ا. (2017). تأثير التسميد بالعناصر الصغرى (الحديد ، الزنك و المنغنيز) على صفات النمو الخضري و الجذري لنبات السذب *Ruta graveolens L.*، مجلة العلوم و الدراسات الإنسانية -المرج ،العدد (27).جامعة بنغازي ، ص:2.

● عائشة رمضان محمد، عبد السلام محمد المثاني و محمد علي السعيد. (2017). تملح الترب الزراعية كأحد إشكاليات التنمية بمنطقة وادي الشاطئ. مجلة علوم البحار و التقنيات البيئية. المجلد(3) العدد(1). ص14-34.

● عبد الناصر أمين أحمد عبد الحفيظ. (2015). إصلاح الأراضي المتأثرة بالملوحة. ص 63-71.

● عبود ياسر هادي. (2016). تأثير إضافة مصادر الحديد في نمو و إنتاج الباذنجان *Solanum melogena L.* ، مجلة بابل العلوم الصرفة و التطبيقية . العدد الأول .المجلد 64. ص 179.

● علي بن عبد الله المحسن حسين الهلال. (2006). فسيولوجيا النبات تحت إجهاد الجفاف و الأملاح. جامعة الملك سعود، الرياض، ص 122-125.

● المصالح الفلاحية بالوادي. (2020). الدليل الإحصائي لولاية الوادي.

● محمد حمد الوهبي. (1997).العلاقات المائية في النبات مطابع .جامعة الملك سعود .ص224-235.

● محمد بن حمد محمد الوهبي.(1999). التغذية المعدنية في النباتات.النشر العلمي و المطابع. - جامعة الملك سعود.ص196-202 .

● مدحت مجيد الساهوكي، مصطفى جمال الخفاجي. (2014). آلية تحمل النبات لشد الملوحة. مجلة العلوم الزراعية العراقية، (45)5، 430-438.

● هشام عبد الوهاب عبد الكريم. (2013). تأثير تراكيز مختلفة من الحديد المخليبي (Fe-EDDHA) في نمو ثلاثة أصناف من الباقلاء (*Vicia faba L.*). مجلة ديالى للعلوم الزراعية، 5(2). ص 331-337.

Références:

- **Abbas, G., Saqib, M., Akhtar, J., & Haq, M. A. U. (2015).** Interactive effects of salinity and iron deficiency on different rice genotypes. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 178(2), 306-311. <https://doi.org/10.1002/jpln.201400358>
- **Akhtar, P. and F. Hussain (2009)** . Growth performance of *Vicia Sativa* L. under saline condition. *Pakistan Journal of Botany*, 41 (6): 3075-3080.
- **Alam, F., Kim, T. Y., Kim, S. Y., Alam, S. S., Pramanik, P., Kim, P. J., & Lee, Y. B. (2015).** Effect of molybdenum on nodulation, plant yield and nitrogen uptake in hairy vetch (*Vicia villosa* Roth). *Soil Science and Plant Nutrition*, 61(4), 664-675. <https://doi.org/10.1080/00380768.2015.1030690>
- **Alarcón, J. J., Domingo, R., Green, S. R., Sánchez-Blanco, M. J., Rodríguez, P., & Torrecillas, A. (2000).** Sap flow as an indicator of transpiration and the water status of young apricot trees. *Plant and Soil*, 227(1), 77-85.
- **Alcaraz, C. F., Martínez-Sánchez, F., Sevilla, F., & Helln, E. (1986).** Influence of ferredoxin levels on nitrate reductase activity in iron deficient lemon leaves. *Journal of plant nutrition*, 9(11), 1405-1413. <https://doi.org/10.1080/01904168609363537>
- **Al-Mutawa M.M.(2003).** Effect of salinity on germination and seedling growth of chickpea (*Cicer arietinum*) genotypes. *Int. J. Agric. Biol.* 5:226–229. <http://www.ejournalofscience.org>
- **AL-naimi., S. N. A.(2000):** Principles of Plant Nutrition (Translator). National Library institution for printing and publishing. University of Mosul. 2nd Édition. Iraq. pp:772.
- **Aurélié. M.(2009).** Réponses physiologiques des végétaux supérieurs aux stress métalliques. Caractérisation du rôle des parois cellulaires dans les stratégies défensives des cellules de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) face aux éléments traces métalliques (Doctoral dissertation, Université d'Artois- France).p35-38.
- **Ashraf, M., A. Kausar and M.Y. Ashraf, (2003).** Alleviation of salt stress in pearl millet (*Pennisetum glaucum*) through seed treatments. *Agronomie*, 23(3): 227-234. doi : 10.1051/agro:2002086
- **Awang, Y. B., Atherton, J. G., & Taylor, A. J. (1993).** Salinity effects on strawberry plants grown in rockwool. I. Growth and leaf water relations. *Journal of Horticultural Science*, 68(5), 783-790. <https://doi.org/10.1080/00221589.1993.11516413>.
- **Bagheri A.R. Jafari A.R. 2012.** Effect of Salinity and Molybdenum Application on Photosynthesis, Nitrogenase Activity and Yield of Barley Inoculated with *Azospirillum brasilense* *Cereal Research Communications* 40(2), pp. 235–245. <https://doi.org/10.1556/crc.40.2012.2.8>
- **Baki, G. A. E., Siefritz, F., Man, H. M., Weiner, H., Kaldenhoff, R., & Kaiser, W. M. (2000).** Nitrate reductase in *Zea mays* L. under salinity. *Plant, Cell & Environment*, 23(5), 515-521. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2000.00568.x>
- **Bambara, S., & Ndakidemi, P. A. (2010).** Effects of Rhizobium inoculation, lime and molybdenum on nitrogen fixation of nodulated *Phaseolus vulgaris* L. *African Journal of Microbiology Research*. 4(9), pp. 682-696. <http://dx.doi.org/10.5897/AJMR>
- **Belda, R. M., & Ho, L. C. (1993).** Salinity effects on the network of vascular bundles during tomato fruit development. *Journal of horticultural science*, 68(4), 557-564. <https://doi.org/10.1080/00221589.1993.11516385>.

- **Bhandal IS, Malik CP. (1988).** Potassium estimation, uptake, and its role in the physiology and metabolism of flowering plants. *International Review of Cytology*. 110, 205–254. [https://doi.org/10.1016/S0074-7696\(08\)61851-3](https://doi.org/10.1016/S0074-7696(08)61851-3)
- **Blaha, G., Stelzl, U., Spahn, C. M., Agrawal, R. K., Frank, J., & Nierhaus, K. H. (2000).** [19] Preparation of functional ribosomal complexes and effect of buffer conditions on tRNA positions observed by cryoelectron microscopy. 317, Pages 292-306. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(00\)17021-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(00)17021-1)
- **Bonawitz, N. D., & Chapple, C. (2010).** The genetics of lignin biosynthesis: connecting genotype to phenotype. *Annual review of genetics*, 44, 337-363. <https://doi.org/10.1146/annurev-genet-102209-163508>
- **Botia P., Carvajal M., Cerda A., Martinez V., (1998).** “Response of eight Cucumis melo cultivars to salinity during germination and early vegetative growth”, *Agronomie* 18, 503-513. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00885899>.
- **Boulghalagh J., Berrichi A., El Halouani H., Kouddane NE., (2008).** Impact de la salinité sur la germination et la croissance *in vitro* du Jojoba (*Simmondsia chinensis* [Link] Schneider). *Cahiers UAE*, (2-3), 25-30.
- **Bordeleou , Z.M. and D. Prevost .(1994).** Nodulation and nitrogen fixation in extreme environment . *Plant and Soil* . 161 : 115-125.
- **Bigot, J., & Binet, P. (1979).** Effect of salinity [of the nutritive solution] on the growth and Cx cellulase [= endo-beta (1, 4) glucanase] activity in the leaves of *Atriplex littoralis* L.,[a halophile]. *Physiologie vegetale*. 17(5), 347-362.
- **Brear, E. M., Day, D. A., & Smith, P. M. C. (2013).** Iron: an essential micronutrient for the legume-rhizobium symbiosis. *Frontiers in plant science*, 4, 359. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00359>
- **Brumbarova, T., Matros, A., Mock, H. P., & Bauer, P. (2008).** A proteomic study showing differential regulation of stress, redox regulation and peroxidase proteins by iron supply and the transcription factor FER. *The Plant Journal*, 54(2), 321-334. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2008.03421>.
- **Byrt, C. S., Munns, R., Burton, R. A., Gilliam, M., & Wege, S. (2018).** Root cell wall solutions for crop plants in saline soils. *Plant science*, 269, 47-55. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2017.12.012>
- **Cairns, A. L. P., & Kritzinger, J. H. (1992).** The effect of molybdenum on seed dormancy in wheat. *Plant and soil*, 145(2), 295-297.
- **Carpita, N. C. (1996).** Structure and biogenesis of the cell walls of grasses. *Annual review of plant biology*, 47(1), 445-476. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.47.1.445>.
- **Chougui, S., N. Yaklef and D. Abdelhamid,(2004).** Interaction Iron-Salinity. 1- Relation of photosynthesis/K⁺ (roots) with other morphological physiological and biochemical aspects of tomato (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Arab Univ. J. Agric. Sci. Ain Shams Univ. Cairo*, 12(2): 481-497.
- **Cramer, G. R., Läuchli, A., & Polito, V. S. (1985).** Displacement of Ca²⁺ by Na⁺ from the plasmalemma of root cells: a primary response to salt stress?. *Plant physiology*, 79(1), 207-211. <https://doi.org/10.1104/pp.79.1.207>.
- **Davies, J. M., Lowry, C. V., & Davies, K. J. (1995).** Transient adaptation to oxidative stress in yeast. *Archives of biochemistry and biophysics*, 317(1), 1-6. <https://doi.org/10.1006/abbi.1995.1128>

- **Darvill, A. L. A. N., McNeil, M., Albersheim, P., & Delmer, D. P. (1980).** The primary cell walls of flowering plants. *The biochemistry of plants*, . 91-162. <https://www.jstor.org/stable/4266559>.
- **Dixon, R & Kahn, D., (2004).** Genetic regulation of biological nitrogen fixation. *Nature Reviews Microbiology*, 2(8), pp.621–631.
- **Elsheikh , E.A.E. and M. Wood. (1995).** Nodulation and N₂ fixation by soybean inoculated with salt – tolerant rhizobia or salt – sensitive bradyrhizobia in saline soil. *Soil Biol. Biochem.* 27 : 657-661. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(95\)98645-5](https://doi.org/10.1016/0038-0717(95)98645-5).
- **Endler, A., Kesten, C., Schneider, R., Zhang, Y., Ivakov, A., Froehlich, A., ... & Persson, S. (2015).** A mechanism for sustained cellulose synthesis during salt stress. *Cell*, 162(6), 1353-1364. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.08.028>.
- **FAO & ITPS. (2015).** Status of the World’s Soil Resources Report – Main Report.p8-21.
- **FAO, I., & UNICEF. (2018).** WFP and WHO: The State of Food Security and Nutrition in the World 2018. *Building climate resilience for food security and nutrition*, 200.p 103-104.
- **Fageria, V. D. (2001).** Nutrient interactions in crop plants. *Journal of plant nutrition*, 24(8), 1269-1290. <https://doi.org/10.1081/PLN-100106981>.
- **Fateme Aghamir, Hossein ali Bahrami, , Mohammad JafarMalakouti, SaeidEshghi, ForoudSharifi(2016).** Seed germination and seedling growth of bean (*Phaseolus vulgaris*) as influenced by magnetized saline water*Eurasian Journal of Soil Science* , 5(1), p 39-46. <https://doi.org/10.18393/ejss.2016.1.039-046>.
- **Fathi, A., Zahedi, M., & Torabian, S. (2017).** Effect of interaction between salinity and nanoparticles (Fe₂O₃ and ZnO) on physiological parameters of *Zea mays* L. *Journal of Plant Nutrition*, 40(19), 2745-2755. <https://doi.org/10.1080/01904167.2017.1381731>.
- **Farooq, M., Hussain, M., Wakeel, A., & Siddique, K. H. (2015).** Salt stress in maize: effects, resistance mechanisms, and management. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(2), 461-481.
- **Fernandez, L., Prieto, M., & Guijarro, J. A. (2007).** The iron-and temperature-regulated haemolysin YhlA is a virulence factor of *Yersinia ruckeri*. *Microbiology*, 153(2), 483-489. <https://doi.org/10.1099/mic.0.29284-0>.
- **Feigin, A. (1985).** Fertilization management of crops irrigated with saline water. In *Biosalinity in Action: Bioproduction with Saline Water* . Springer, Dordrecht. 17(451) p. 285-299. Doi.10.1007/978-94-009-5111-2_19
- **Fourcroy, P., Tissot, N., Gaymard, F., Briat, J. F., & Dubos, C. (2016).** Facilitated Fe nutrition by phenolic compounds excreted by the *Arabidopsis* ABCG37/PDR9 transporter requires the IRT1/FRO2 high-affinity root Fe²⁺ transport system. *Molecular Plant*, 9(3), 485-488.
- **Fry S.C., 1988.** The Growing Plant Cell Wall: Chemical and metabolic analysis. *Longman Scientific and Technical, Harlow, Essex*, 330 p.

- **Garg N, Singla R. (2009).** Variability in the response of chickpea cultivars to short-term salinity, in terms of water retention capacity, membrane permeability and osmo-protection. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. **33**, 57-63.
- **Goodman, B.A.; and P.C. DeKock (1982).** Mössbauer studies of plant material. I. Duckweed, stocks, soybeans and pea. *J. Plant Nutr.* 5:345–353. <https://doi.org/10.1080/01904168209362963>
- **Gorafi, Y. S., Ishii, T., Kim, J. S., Elbashir, A. A. E., & Tsujimoto, H. (2016).** Genetic variation and association mapping of grain iron and zinc contents in synthetic hexaploid wheat germplasm. *Plant Genet Res*, 16. 1-9.
- **Gill P.K., Sharma A.D., Singh P., Bhullar S.S., 2003.** “Changes in germination, growth and soluble sugar contents of *Sorghum bicolor* L. Moench seeds under various abiotic stresses”, *Plant Growth Regulation* 40 (2), pp. 157-162.
- **Gill, S. S., & Tuteja, N. (2011).** Cadmium stress tolerance in crop plants: probing the role of sulfur. *Plant Signaling & Behavior*, 6(2), 215-222. <https://doi.org/10.4161/psb.6.2.14880>.
- **Grattan, S. R., & Grieve, C. M. (1998).** Salinity–mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia horticultrae*, 78(1-4), 127-157. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(98\)00192-7](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(98)00192-7).
- **Guerinot, M. L. (1991).** Iron uptake and metabolism in the rhizobia/legume symbioses. In *Iron Nutrition and Interactions in Plants* . Springer, Dordrecht. (p. 239-249). DOI: 10.1007/978-94-011-3294-7_29.
- **Hall, S. J., Silver, W. L., Timokhin, V. I., & Hammel, K. E. (2016).** Iron addition to soil specifically stabilized lignin. *Soil Biology and Biochemistry*, 98, 95-98. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.04.010>.
- **Haileelasia, T. H., & Teferii, G. (2012).** The effect of salinity stress on germination of chickpea (*Cicer arietinum* L.) land race of Tigray. *Current Research Journal of Biological Sciences*, 4(5), 578-583.
- **Henry, S., Divol, F., Bettembourg, M., Bureau, C., Guiderdoni, E., Périn, C., & Diévar, A. (2016).** Immunoprofiling of rice root cortex reveals two cortical subdomains. *Frontiers in plant science*, 6, 1139. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01139>.
- **Hellin, E., Hernandez-Cortes, J. A., Piqueras, A., Olmos, E., & Sevilla, F. (1995).** The influence of the iron content on the superoxide dismutase activity and chloroplast ultrastructure of Citrus limon. In *Iron nutrition in soils and plants* . Springer, Dordrecht. (pp. 247-254).
- **Hristoskova MV, Geneva M, Stancheva I. (2006).** Response of pea plant (*Pisum sativum* L.) to reduce supply with molybdenum and copper. *International Journal of Agriculture and Biology*. **08** (2), 218-220. doi 1560–8530/2006/08–2–218–220
- **Hu, Y., and U. Schmidhalter. (2001).** "Effects of salinity and macronutrient levels on micronutrients in wheat." *Journal of Plant Nutrition*, 24.2: 273-281. <https://doi.org/10.1081/PLN-100001387>

- **Janmohammadi, M., Dezfuli, P. M., & Sharifzadeh, F. (2008).** Seed invigoration techniques to improve germination and early growth of inbred line of maize under salinity and drought stress. *Gen Appl Plant Physiol*, 34(2-3), 215-226.
- **Jbir, N., Chaïbi, W., Ammar, S., Jemmali, A., & Ayadi, A. (2001).** Root growth and lignification of two wheat species differing in their sensitivity to NaCl, in response to salt stress. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences-Series III-Sciences de la Vie*, 324(9), 863-868.
[https://doi.org/10.1016/S0764-4469\(01\)01355-5](https://doi.org/10.1016/S0764-4469(01)01355-5).
- **Jiang W., Yang Z.F., Yu T., Hou Q.Y., Zhong C., Zheng G.D., Yang Z.Q., Li J. (2015):** Evaluation of the potential effects of soil properties on molybdenum availability in soil and its risk estimation in paddy rice. *Journal of Soils and Sediments*, 15: 1520–1530.
DOI: 10.1007/s11368-015-1107-5
- **Jin, C. W., Du, S. T., Chen, W. W., Li, G. X., Zhang, Y. S., & Zheng, S. J. (2009).** Elevated carbon dioxide improves plant iron nutrition through enhancing the iron-deficiency-induced responses under iron-limited conditions in tomato. *Plant Physiology*, 150(1), 272-280.
<https://doi.org/10.1104/pp.109.136721>.
- **Junghans, U., Polle, A., Düchting, P., Weiler, E., Kuhlman, B., Gruber, F., & Teichmann, T. (2006).** Adaptation to high salinity in poplar involves changes in xylem anatomy and auxin physiology. *Plant, cell & environment*, 29(8), 1519-1531.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2006.01529>.
- **Jürgen Möller. 2014.** Comparaison des méthodes de dosage des fibres sur produits agricoles. *Consulté le*, 8(08), 2019.
- **Kader, M. A. (2005).** A comparison of seed germination calculation formulae and the associated interpretation of resulting data. *Journal and Proceeding of the Royal Society of New South Wales*, 138, 65-75. doi: 10.1002/aps3.11366.
- **Kaiser, B. N., Gridley, K. L., Ngaire Brady, J., Phillips, T., & Tyerman, S. D. (2005).** The role of molybdenum in agricultural plant production. *Annals of botany*, 96(5), 745-754.
<https://doi.org/10.1093/aob/mci226>.
- **Kaledhonkar M.J., Keshari A.K., Van der zee S.E.A.T.M. (2006).** Relative sensitivity of ESP profile to spatial and temporal variability in cation exchange capacity and pore water velocity under simulated field conditions. *Agricultural Water Management*, 83: 58-68.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2005.10.001>.
- **Keles, Y., Oncel, I. (2004).** Growth and solute composition on two wheat species experiencing combined influence of stress conditions. *Russ. J. Plant Physiol.* 51:203–208. DOI: 10.1023/B:RUPP.0000019215.20500.6e.
- **Koyro, H. W. (1997).** Ultrastructural and physiological changes in root cells of Sorghum plants (*Sorghum bicolor* × *S. sudanensis* cv. Sweet Sioux) induced by NaCl. *Journal of Experimental Botany*.48(3), 693-706. <https://doi.org/10.1093/jxb/48.3.693>.
- **Kuiper, P. J. C. (1985).** Environmental changes and lipid metabolism of higher plants. *Physiologia plantarum*.64(1), 118-132. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1985.tb01221.x>.
- **Kumar A. (2017).** Germination behaviour of soybean varieties under different salinity stress. *Int. J. Appl. Agric. Res.* 12:69–76.

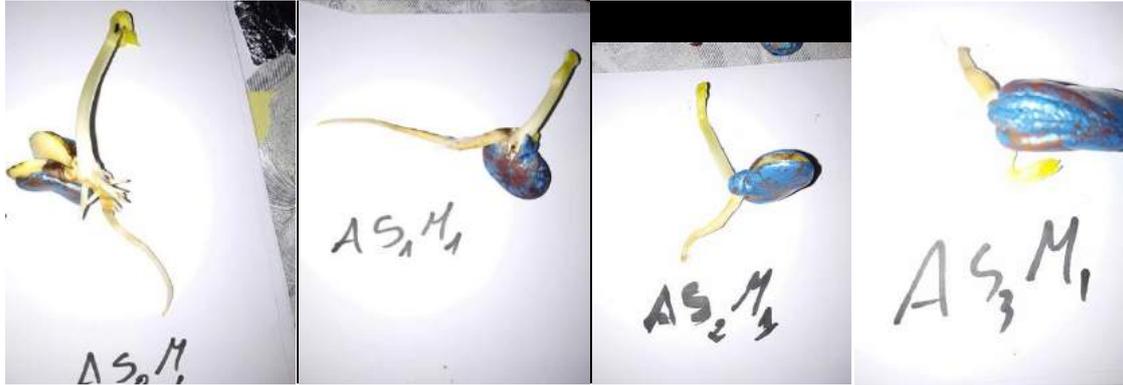
- **Lauchli, A. (1984).** Salt exclusion: an adaptation of legumes for crops and pastures under saline conditions. In, stapler, R. C. and Toenniessne. G. H. (Ed.) *Salinity tolerance in plants*. John Wiley & Sons, New York. pp. 171-189.
- **Lei, G. J., Zhu, X. F., Wang, Z. W., Dong, F., Dong, N. Y., & Zheng, S. J. (2014).** Abscisic acid alleviates iron deficiency by promoting root iron reutilization and transport from root to shoot in *A. rabidopsis*. *Plant, cell & environment*.37(4), 852-863. <https://doi.org/10.1111/pce.12203>.
- **Levigneron, A., Lopez, F., Vansuyt, G., Berthomieu, P., Fourcroy, P., & Casse-Delbart, F. (1995).** Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agricultures*, 4(4), 263-273.
- **Levitt, J. (1980).** Responses of Plants to Environmental Stress, Volume 1: Chilling, Freezing, and High Temperature Stresses. *Academic Press*. 510 p.
- **Liu, P., Yang, Y. S., Xu, G. D., Fang, Y. H., Yang, Y. A., & Kalin, R. M. (2005).** The effect of molybdenum and boron in soil on the growth and photosynthesis of three soybean varieties. *Plant Soil Environ*, 51(5), 197-205.
- **Lovelock, C. E., & Ball, M. C. (2002).** Influence of salinity on photosynthesis of halophytes. In *Salinity: environment-plants-molecules* . Springer, Dordrecht. (pp. 315-339). DOI: 10.1007/0-306-48155-3_15.
- **Lüdders, P., & Kaminski, V. (1991).** Einfluss von NaCl auf die Stomata-und Blatthaardichte bei Feigen in unterschiedlicher Luftfeuchte. *Mitteilungen Klosterneuburg Rebe und Wein, Obstbau und Früchteverwertung*, 41(2), 76-78.
- **Maciel, R., Sant'Anna Jr, G. L., & Dezotti, M. (2004).** Phenol removal from high salinity effluents using Fenton's reagent and photo-Fenton reactions. *Chemosphere*, 57(7), 711-719. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.07.032>.
- **Marschner, H., & Römheld, V. (1994).** Strategies of plants for acquisition of iron. *Plant and soil*, 165(2), 261-274.
- **Matijević, L., Romić, D., Romić, M., Maurović, N., & Kondres, N. (2014).** Faba bean (*Vicia faba* L.) salt stress response under different soil organic matter content. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 79(1), 13-18. <https://hrcak.srce.hr/120748>.
- **Mass, E. V., Ogata, G., & Garber, M. J. (1972).** Influence of Salinity on Fe, Mn, and Zn Uptake by Plants 1. *Agronomy journal*, Vol. 64(6), 793-795. <https://doi.org/10.2134/agronj1972.00021962006400060026x>.
- **McGrath S.P., Micó C., Zhao F.J., Stroud J.L., Zhang H., Fozard S. (2010).** Predicting molybdenum toxicity to higher plants: Estimation of toxicity threshold values. *Environmental Pollution*, 158: 3085–3094. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.06.030>.
- **Min, Y. U., Hu, C. X., & Wang, Y. H. (2006).** Effects of molybdenum on the intermediates of chlorophyll biosynthesis in winter wheat cultivars under low temperature. *Agricultural Sciences in China*, 5(9), 670-677. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(06\)60109-0](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(06)60109-0).
- **Munns, R. (2002).** Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, cell & environment*, 25(2), 239-250. <https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00808.x>.

- **Mustard, J., & Renault, S. (2004).** Effects of NaCl on water relations and cell wall elasticity and composition of red-osier dogwood (*Cornus stolonifera*) seedlings. *Physiologia plantarum*, 121(2), 265-271. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2004.00322.x>.
- **Nadi E, Aynehband A, Mojaddam M. (2013).** Effect of nano-iron chelate fertilizer on grain yield, protein percent and chlorophyll content of Faba bean (*Vicia faba* L.) *Int J Biosci.* 3:267–272. DOI:10.12692/ijb/3.9.267-272
- **Nabati, j., kafi, M., Nezami, A., Rezvani, MP., Masoumi, A., & Zare, m. m. (2014).** Effect of salinity on leaf and stem cellulose, hemicellulose and lignin, and stem cell walls characteristics of kochia (*kochia scoparia*). *Iranian Journal of Field Crops Research.* 11, No.4, Winter. 2014, p. 551-561. doi: 10.22067/GSC.V11I4.32368.
- **Nenova, V. (2008).** Growth and mineral concentrations of pea plants under different salinity levels and iron supply. *Gen Appl Plant Physiol*, 34(3-4), 189-202.
- **Nozoye, T., Inoue, H., Takahashi, M., Ishimaru, Y., Nakanishi, H., Mori, S., & Nishizawa, N. K. (2007).** The expression of iron homeostasis-related genes during rice germination. *Plant molecular biology*, 64(1), 35-47.
- **O'hara GW, Boonkerd N, Dilworth MJ (1988).** Mineral constraints to nitrogen fixation. *Plant Soil.* 108(1): 93-110.
- **Ogawa M, Tanaka K, Kasai Z (1977)** Note on the phytincontaining particles isolated from rice scutellum. *Cereal Chem.* 54:1029–1034.
- **Pollock, V.V., Conover, R.C., Johnson, M.K., Barber, M.J. (2002).** Bacterial expression of the molybdenum domain of assimilate nitrate reductase: Production of both the functional and nonfunctional molybdenum-containing domain. *Arch. Biochem. Biophys.* 2:237–248. [https://doi.org/10.1016/S0003-9861\(02\)00215-1](https://doi.org/10.1016/S0003-9861(02)00215-1).
- **Poljakoff-Mayber, A. (1975).** Morphological and anatomical changes in plants as a response to salinity stress. In *Plants in saline environments* . Springer, Berlin, Heidelberg. (pp. 97-117). DOI: 10.1007/978-3-642-80929-3_8.
- **Rabhi, M., Z. Barhoumi, R. Ksouri, C. Abdelly, M. Gharsalli, 2007.** Interactive effects of salinity and iron deficiency in *Medicago ciliaris*. *R. Biologies*, 330, 779-788. <https://doi.org/10.1016/j.crv.2007.08.007>.
- **Reginato, M. A., Reinoso, H., Llanes, A. S., & Luna, M. V. (2013).** Stomatal abundance and distribution in *Prosopis strombulifera* plants growing under different iso-osmotic salt treatments. *American Journal of Plant Sciences*, 4(12), p 11. DOI:10.4236/ajps.2013.412A3010.
- **Riley M.M., Robson A.D., Gartrell J.W., Jeffery R.C. (1987):** The absence of leaching of molybdenum in acidic soils from Western Australia. *Australian Journal of Soil Research*, 25: 179–184. <https://doi.org/10.1071/SR9870179>.
- **Rodríguez-Celma, J., Lattanzio, G., Villarroya, D., Gutierrez-Carbonell, E., Ceballos-Laita, L., Rencoret, J., ... & López-Millán, A. F. (2016).** Effects of Fe deficiency on the protein profiles and lignin composition of stem tissues from *Medicago truncatula* in absence or presence of calcium carbonate. *Journal of proteomics*, 140, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2016.03.017>.

- Roland, J. (1980). Visualisation des polysaccharides au niveau ultrastructural. *Les Polymères Végétaux-Polymères "Pariétaux et Alimentaires non Azotéz"*. Costes C. et Monties B., Paris, Francia, 30-45.
- **Shabala, S. (2013)**. Learning from halophytes: physiological basis and strategies to improve abiotic stress tolerance in crops. *Annals of botany*, 112(7), 1209-1221.
<https://doi.org/10.1093/aob/mct205>.
- **Sagi, M., Savidov, N. A., L'vov, N. P., & Lips, S. H. (1997)**. Nitrate reductase and molybdenum cofactor in annual ryegrass as affected by salinity and nitrogen source. *Physiologia Plantarum*, 99(4), 546-553. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1997.tb05355.x>.
- **Salha, B., & Chaabane, R. (2016)**. Effect of molybdenum and nitrogen on *Phaseolus vulgaris* L., *Cicer arietinum* L. and *Lens culinaris* M. seedlings grown under salt stress. *International Journal of Biosciences*. 8(6), p. 34-42. <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/8.6.34-42>
- **Satbhai, S. B., Setzer, C., Freynschlag, F., Slovak, R., Kerdaffrec, E., & Busch, W. (2017)**. Natural allelic variation of FRO2 modulates Arabidopsis root growth under iron deficiency. *Nature communications*, 8(1), 1-10.
- **Scheffer F., Schachtschabel P. (2002)**: Textbook of Soil Science. Heidelberg, 15. Auflage Spektrum Akademischer Verlag. (In German).p 593.
- **Shamim Ahmad, Rachid Ahmad, Muhammad Yasin Ashraf, M. Ashraf and Ejaz Ahmad Waraich (2009)**.Sunflower (*HELIANTHUS ANNUUS* L.) Response to drought stress at germination and seedling growth stages, *Pak. J. Bot.*, 41(2).654-647.
- **Shelden, M. C., Dias, D. A., Jayasinghe, N. S., Bacic, A., & Roessner, U. (2016)**. Root spatial metabolite profiling of two genotypes of barley (*Hordeum vulgare* L.) reveals differences in response to short-term salt stress. *Journal of Experimental Botany*, 67(12), 3731-3745.
<https://doi.org/10.1093/jxb/erw059>.
- **Sigel, A., Sigel, H. (2002)**. Molybdenum and Tungsten: Their Roles in Biological Processes. Metal Ions in Biological Systems. Marcel Dekker, New York, USA.p 526-528.
- **Singleton, P.W. ; S.A. Elswaify and B.B. Bohlool. (1982)**. Effect of salinity on *Rhizobium* growth and survival . *Appl. Environm. Microbiol.* 44 : 884-890.
DOI:<https://doi.org/10.1128/aem.44.4.884-890.1982>.
- **Taiz L, Zeiger E, Møller IM, Murphy A (2015)**. *Plant physiology and development*. Sunderland: Sinauer Associates, Incorporated; p 761.
- **Taiz, L., Zeiger, E.(2006)**. *Plant Physiology*. 4th Edn, Sinauer Associated Inc., 690 pp.
- **Taiz, L., & Zeiger, E. (1991)**. Surface protection and secondary defense compounds. *Plant Physiology*, 2, 347-376.
- **Tang, C., Robson, A. D., & Dilworth, M. J. (1990)**. The role of iron in nodulation and nitrogen fixation in *Lupinus angustifolius* L. *New Phytologist*, 114(2), 173-182.
<https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1990.tb00388.x>.
- **Tantawy,A.S. Salama, Y.A.M. Abdel-Mawgoud A.M.R. and Zaki M.F. (2013)**. Interaction of Fe and salinity on growth and production of tomato plants. *World Applied Sciences Journal*, 27(5):597-609. DOI: 10.5829/idosi.wasj.2013.27.05.13673

- **Uauy, C., Distelfeld, A., Fahima, T., Blechl, A., & Dubcovsky, J. (2006).** A NAC gene regulating senescence improves grain protein, zinc, and iron content in wheat. *Science*, 314(5803), 1298-1301. DOI: 10.1126/science.1133649.
- **Udovenko, G. V., Semushina, L. A., Saakov, V. S., Galkin, V. I., Koshkin, V. A., & Kunchenko, T. A. (1974).** effect of salinization on the state and activity of phot osynthesizing apparatus of plants. *Fiziol Rast Mosk.* p 632-629.
- **Vieira RF, Cardoso EJBN, Vieira C, Cassini STA (1998).** Foliar application of molybdenum in common beans. I. Nitrogenase and reductase activities in a soil of high fertility. *J. Plant Nutr.*, 21(1), 169–180. <https://doi.org/10.1080/01904169809365391>.
- **Welfare, K., Yeo, A. R., & Flowers, T. J. (2002).** Effects of salinity and ozone, individually and in combination, on the growth and ion contents of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) varieties *Environmental Pollution*, 120(2), 397-403. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00109-4](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00109-4).
- **Westermann DT (2005).** Nutritional requirements of potatoes. *Am. J. Potato Res.* 82: 301-307.
- **Wyn Jones RG, Brady CJ.(1979).** Speirs J. Ionic and osmotic relations in plant cells. In: Laidman DL, Wyn Jones RG, editors. *Recent Advances in the Biochemistry of Cereals*. London: Academic Press;. pp. 63–103.
- **Xu N., Braida W., Christodoulatos C., Chen J.P. (2013):** A Review of molybdenum adsorption in soils/bed sediments: Speciation, mechanism, and model applications. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 22: 912–929. <https://doi.org/10.1080/15320383.2013.770438>.
- **Yousfi, S., Mahmoudi, H., Abdelly, C., & Gharsalli, M. (2007).** Effect of salt on physiological responses of barley to iron deficiency. *Plant Physiology and Biochemistry*, 45(5), 309-314. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2007.03.013>.
- **Zhang, M., Hu, C., Sun, X., Zhao, X., Tan, Q., Zhang, Y., & Li, N. (2014).** Molybdenum affects photosynthesis and ionic homeostasis of Chinese cabbage under salinity stress. *Communications in soil science and plant analysis*, 45(20), 2660-2672. <https://doi.org/10.1080/00103624.2014.941855>.

الملاحق



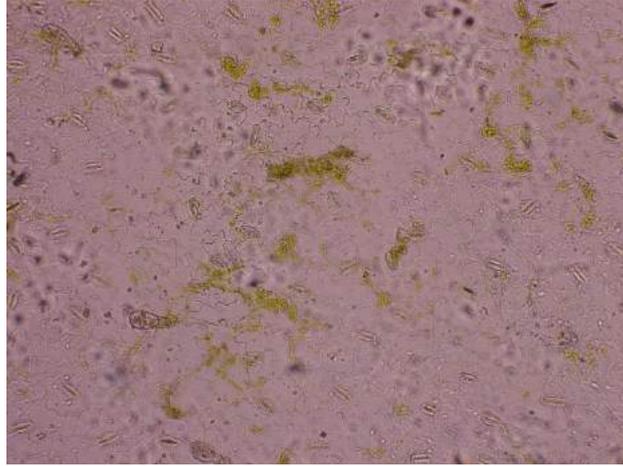
ملحق (1) صورة تبين أثر التداخل بين الملوحة و عنصري الحديد و المولبيدات على مرحلة الإنبات لصنف

Aguadulce

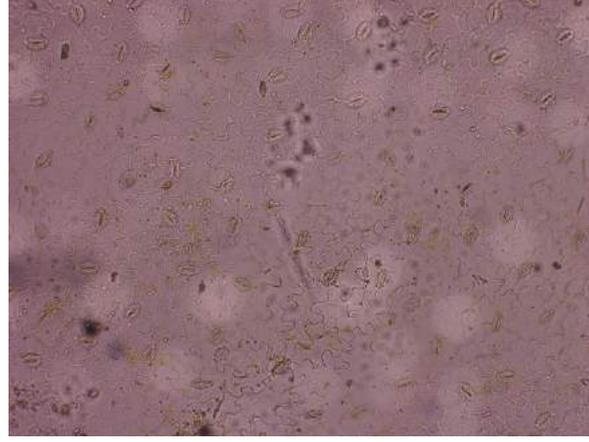


المساحة $1949.5\mu\text{m}^2$
المحيط $188.4\mu\text{m}$

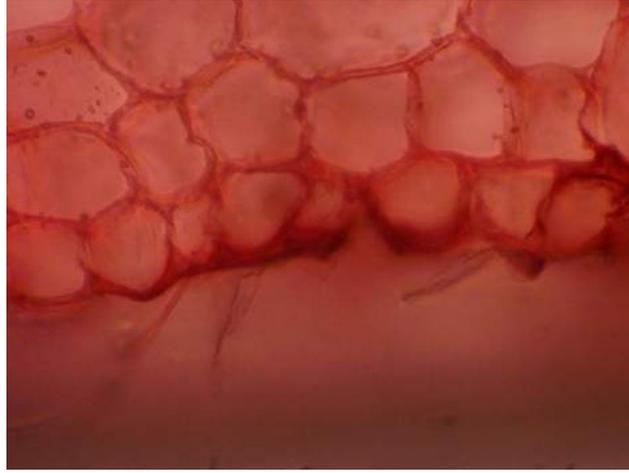
ملحق (2) صورة تبين مساحة و محيط الثغور لعينات أحد الأصناف



ملحق (3) صورة تبين عدد ثغور البشرة السفلية لعينات أحد الأصناف



ملحق (4) صورة تبين عدد ثغور البشرة العلوية لعينات أحد الأصناف

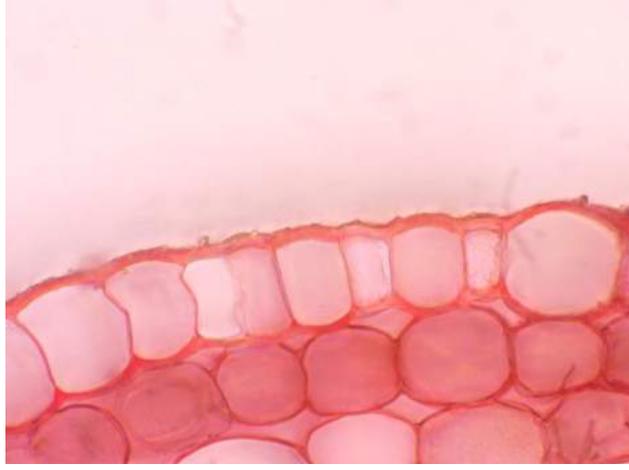


ملحق (5) صورة خلايا بشرة الجذر لعينات أحد الأصناف

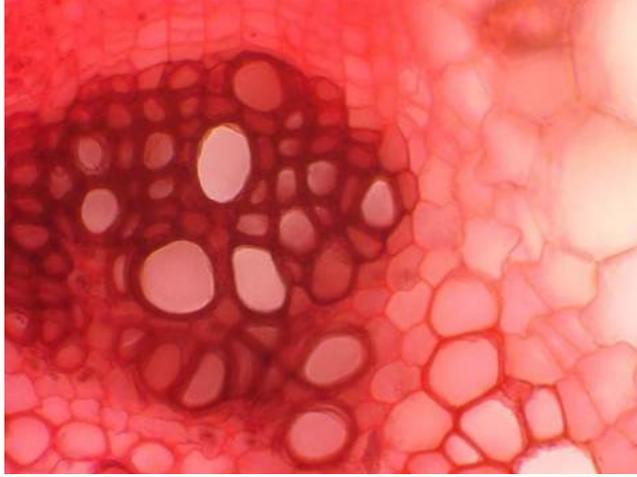


المساحة $65775.00\mu\text{m}^2$
المحيط $1161.85\ \mu\text{m}$
السك $23.45\ \mu\text{m}$

ملحق (6) صورة الأوعية الخشبية للجذر لعينات أحد الأصناف



ملحق (7) صورة خلايا بشرة الساق لعينات أحد الأصناف



ملحق (8) صورة الأوعية الخشبية للساق لعينات أحد الأصناف

ملحق (9) تحليل التباين ANOVA بين مجموعات الأصناف الأربعة في تأثير الحديد على صفة نسبة الإنبات

GP

Category	LS means	Groups		
V1	58,28	A		
V3	65,50		B	
V2	65,75		B	
V4	80,69			C

ملحق (10) تحليل التباين ANOVA لمعنوية ثنائيات الأصناف الأربعة في تأثير الحديد على صفة نسبة الإنبات

GP

Variety / Fisher (LSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr >Diff	Significant
V1 vs V4	-22,41	-15,56	2,26	< 0.001	Yes
V1 vs V2	-7,47	-5,19	2,26	< 0.001	Yes
V1 vs V3	-7,22	-5,01	2,26	< 0.001	Yes
V3 vs V4	-15,19	-10,55	2,26	< 0.001	Yes
V3 vs V2	-0,25	-0,17	2,26	0,87	No
V2 vs V4	-14,94	-10,38	2,26	< 0.001	Yes
LSD-value:			3,26		

ملحق (11) تحليل التباين ANOVA بين وجود عنصر الحديد و غيابه في صفة نسبة الإنبات GP

Fertilization / Fisher (LSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr >Diff	Significant
Control vs Fe	-6,89	-6,77	2,26	< 0.001	Yes
LSD-value:			2,3		

ملحق (12) تحليل التباين ANOVA بين مجموعتي وجود عنصر الحديد و غيابه في صفة نسبة الإنبات GP

Category	LS means	Groups	
Control (F ₀)	64,11	A	
Fe	71,00		B

ملحق (13) تحليل التباين ANOVA لمعنوية ثنائيات تراكيز الملوحة الأربعة في صفة نسبة الإنبات GP

Variety / Fisher (LSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr >Diff	Significant
S3 vs S0	-31,19	-21,66	2,26	< 0.001	Yes
S3 vs S1	-23,34	-16,22	2,26	< 0.001	Yes
S3 vs S2	-16,44	-11,42	2,26	< 0.001	Yes
S2 vs S0	-14,75	-10,25	2,26	< 0.001	Yes
S2 vs S1	-6,91	-4,80	2,26	< 0.001	Yes
S1 vs S0	-7,84	-5,45	2,26	< 0.001	Yes
LSD-value:			3,26		

ملحق (14) تحليل التباين ANOVA بين مجموعات الأصناف الأربعة في صفة نسبة الإنبات GP

Category	LS means	Groups			
S3	49,81	A			
S2	66,25		B		
S1	73,16			C	
S0	81,00				D

ملحق (15) تحليل التباين ANOVA لمعنوية ثنائيات الأصناف الأربعة في تأثير الموليبدان على صفة نسبة

الإنبات GP

Variety / Fisher (LSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr >Diff	Significant
V1 vs V4	-25,28	-15,56	2,26	< 0.001	Yes
V1 vs V3	-8,47	-5,19	2,26	< 0.001	Yes
V1 vs V2	-6,09	-5,01	2,26	< 0.001	Yes
V2 vs V4	-19,19	-10,55	2,26	< 0.001	Yes
V2 vs V3	-2,38	-0,17	2,26	0,87	No
V3 vs V4	-16,81	-10,38	2,26	< 0.001	Yes
LSD-value:			3,26		

ملحق (16) تحليل التباين ANOVA بين مجموعات الأصناف الأربعة في تأثير الموليدان على صفة نسبة

الإنبات GP

Category	LS means	Groups		
V1	59,28	A		
V3	65,38		B	
V2	67,75		B	
V4	84,56			C

ملحق (17) تحليل التباين ANOVA بين وجود عنصر الموليدان و غيابه في صفة نسبة الإنبات GP

Fertilization / Fisher (LSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr >Diff	Significant
Control vs Mo	-10,27	-7,83	2,26	< 0.001	Yes
LSD-value:			2,97		

ملحق (18) تحليل التباين ANOVA بين مجموعتي وجود عنصر الموليدان و غيابه في صفة نسبة الإنبات

GP

Category	LS means	Groups	
Control (Mo ₀)	64,11	A	
Mo	74,38		B

ملحق (19) تحليل التباين ANOVA لمعنوية ثنائيات تراكيز الملوحة الأربعة في صفة نسبة الإنبات GP

Variety / Fisher (LSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr >Diff	Significant
S3 vs S0	-29,13	-15,71	2,26	< 0.001	Yes
S3 vs S1	-21,34	-11,51	2,26	< 0.001	Yes
S3 vs S2	-14,25	-7,69	2,26	< 0.001	Yes
S2 vs S0	-14,88	-8,02	2,26	< 0.001	Yes
S2 vs S1	-7,09	-3,83	2,26	0,00	Yes
S1 vs S0	-7,78	-4,20	2,26	0,00	Yes
LSD-value:			4,19		

ملحق (20) تحليل التباين ANOVA بين مجموعات الأصناف الأربعة في صفة نسبة الإنبات GP

Category	LS means	Groups			
S3	53,06	A			
S2	67,31		B		
S1	74,41			C	
S0	82,19				D

ملحق (21) تحليل التباين ANOVA بين عنصري الحديد و الموليبدان و الشاهد في الصفات الخمسة

Fertilization / Fisher (LSD) / Analysis of the differences between the categories with a confidence interval of 95%:

Contrast	Difference	Standardized difference	Critical value	Pr >Diff	Significant
Control vs Mo	-10,27	-11,73	2,03	< 0.001	Yes
Control vs Fe	-6,89	-7,88	2,03	< 0.001	Yes
Fe vs Mo	-3,38	-3,34	2,03	0,00	Yes
LSD-value:			1,78		

NACL AND IRON INTERACTION ON SEED GERMINATION OF FOUR BROAD BEANS VARIETIES (*VICIA FABA* L.)

Hacene LAOUEDJ^{1*}, Saida CHOUGUI², Djilani GHEMAM AMARA¹, Khaled KHERRAZ¹, Zeid ALIA¹

¹ Department of Biology, Faculty of Nature and Life Sciences, Echahid Hamma lakhdar University, El Oued 39000, Algeria

² Department of Biology, Faculty of Nature and Life Sciences, Frère Mentouri Constantine University, Algeria

Abstract: This work aimed to determine the interaction iron-NaCl effect on germination characteristics (germination percent, germination rate, germination capacity, germination stress index, dry matter stress index, salinity tolerance index and seed vigor) of four varieties bean's plant *Vicia faba* L. The measurement was designed in the form of splitting segments with four replicates by treating each variety with four NaCl concentration (0, 50, 150, 200 mmol/L), In addition, the seeds were soaked in iron sulfate solution 0.6 μmol/L. The results showed that the salinity had a significant negative effect on the parameters studied during the germination phases and depended on the different salinity levels compared to the control. The iron element appeared a positive effect on these parameters. In addition, the salinity resistance in the presence of iron element of the four varieties in the following order; broad, Aguadulce then Malti and Histal with the same order. Moreover, the two parameters germination stress index and salinity tolerance index showed the best results in salinity resistance in the presence of iron element on the rest of the studied parameters.

Keywords: salt stress, iron, germination, *Vicia faba* L.

INTRODUCTION

The agriculture modern is facing major challenges to achieve a 70% production ceiling in order to meet the food needs of the world population (Tester et langride, 2010; FAO,2009). Salinity, due to the accumulation of salts (magnesium salts, sodium salts, sodium chloride ...) in agricultural land, which makes it unsuitable soil for agriculture, is one of the main obstacles to the realization of purpose sought (Reynolds et al.,2005).

Sodium chloride is one of the most common salts in soils and is the most effective and reduces the growth of agricultural production (Reynolds et al.,2005); salt soil effect lead to reduced cell division, small cell size, affecting the area of plant leaves, leading to lack plant photosynthesis, low germination rate and root shortening, seedling growth and prevents the absorption of nutrients necessary for plant growth (Ghoulam et al., 2002; Hakim et al. 2010; Romero-Aranda et al., 2001; Lallu and Dixit,2005).

The plant resistance salinity capacity due to two methods; the first one results from the osmotic pressure and the second by eliminating the toxic element effect (Munns,2002; Ozaslan&Parlak, 2008). An increase in the salinity concentration in the soil solution leads to an increase in osmotic pressure, which necessitates an increased effort of the plants to absorb the nutrients, which negatively affected their growth and production (Khodadad,2012; Ozaslan and Parlak, 2008).

At the germination phase, the ability of the embryo to absorb water is reduced resulting from low soil water potential owing to high concentrations and the accumulation of (Na⁺ Cl⁻) around the seeds (Munns et al., 2008). This effect is due to the rise of the water from the lower layers to the upper layers of the soil and after evaporation causes an increase in the

concentration of these salts in the surface layer around the seeds. (Jamil et al.,2006).

The increase in crops production is a necessity to achieve self-sufficiency, especially in the field of vegetables and legumes. The legume family is one of the most widely used and diversified food groups for example beans, haricot and lentils(Martin et al.,1994).

The broad bean is one of the most important vegetable protein sources, is achieved to (26% to 43%), carbohydrate (45% to 48%), many world population, especially poor countries, for a human and animal. It also has an important role in soil fertilization as they supply nitrogen to the soil with root nodes.

Iron is an essential micro-element, it is absorbed in the iron anion form, which is incorporated in the structure and enzymes activity involved in the metabolic processes, as well as in oxido-reduction reactions, in particular catalase, peroxidase and cytochrome oxidase. It contributes to the photosystems structure, mitochondrial enzymes, and phytoferritin. The iron deficiency symptoms are represented in leaves yellowing and burning edges.

The reason for this study determines response salinity tolerance in the availability of iron element on four varieties of broad bean at the germination phase by measuring various parameters under determined conditions.

MATERIALS AND METHODS

It has been selected four varieties of broad bean seeds (V1 - *Malti*, V2 - *Histale*, V3 - *Broad* and V4 – *Aguadulce*). The Fe₂SO₄7H₂O solution 6μg/L and the sodium chloride with four concentrations 0, 25, 50 and 150 mmol/L.

The experiments were carried out in great Petri plates. 20 seeds were sown in a Petri plate and germinated on papers imbibed with distilled water or in

*Correspondence: Ghemam Amara Djilan, Department of Biology, Faculty of Nature and Life Sciences., University Echahid Hamma lakhdar, El Oued, Algeria, gmail: saiddji@gmail.com



sodium chloride solutions, each has been treated with four salinity levels (S₀, S₁, S₂, S₃) Appropriate the concentrations 0, 25, 50 and 150 mmol/L respectively (in the presence F₁ or in the absence F₀ iron element treatment). The filter papers have been changed every two days to avoid salt accumulation.

The experiment consists of four varieties of bean seed, which designed as a random sampling method with four replicates, under the appropriate temperature is set (18 to 20°C) and in dark conditions. The following parameters have been calculated:

- Germination Percent GP %

$$GP = \frac{n}{N} \times 100$$

n: Number of seeds germinated, N: Total number of seeds (Fateme *et al.*, 2016)

5)

-Germination rate: GR%

$$GR = \frac{G1*Day1+G2*Day2+\dots+Gn*Dayn}{GP} \times 100$$

Gn: the number of germinated seeds in the n day (Kader,200+)

- Germination capacity: GC %

$$GC = \frac{\text{Total germinated seeds}}{\text{Total seeds tested}} \times 100$$

(Kiran & Bargali, 2016)

- Index of germination stress GSI

$$GSI (\%) = \frac{[P.I \text{ of stressed seeds} / P.I \text{ control seeds}] \times 100}{P.I: \text{ promotion index } nd2 (1) + nd4 (0.75) + nd6 (0.5) + nd8 (0.25); nd2: \text{ Germinated seeds in the n day (Shamim } et al., 2009).$$

- Dry matter stress tolerance index (DMSI)

$$DMSI = \frac{\text{Dry matter of stressed plant}}{\text{Dry matter of control plants}} \times 100$$

(Shamim *et al.*,2009)

- Salt tolerance index STI

$$STI = \frac{\text{Seedling Dry Weight (Root+Shoot)atx}}{\text{Seedling Dry Weight (Root+Shoot)atc}}$$

(Fateme *et al.*, 2016)

- Seed vigor SV

$$SV = [\text{seedling length (cm)} \times \text{germination percentage}]$$

(Janet *et al.*,2016)

RESULTS

Germination Percent GP %

The results in the table (1) shows there is a significant difference in the effect of the germination percent of all varieties, the third variety outperforms on the other varieties worth (94.22). The second variety exceeds the first and the fourth with the value of (85.26). Salinity has a negative effect on the three levels compared to the control. For the interaction salinity-iron element, the germination percent is exceeded in the presence of iron compared to its absence.

Table 1.

Effect of imbibition of seeds of *Vicia faba* L. in iron on the germination Percent under the effect of sodium chloride salinity

varieties	Element	Salinity levels mmol/L				V*E
		S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	
V ₁	Fe ₀	90.83	87.83	87.83	78.31	84.95
	Fe ₁	92.96	91.28	91.28	78.71	85.18
V ₂	Fe ₀	87.28	88.57	88.57	71.80	82.89
	Fe ₁	91.28	87.43	87.43	80.71	87.63
V ₃	Fe ₀	93.75	87.50	87.50	95.00	93.44
	Fe ₁	98.75	91.25	91.25	93.75	95.00
V ₄	Fe ₀	91.25	81.25	81.25	72.50	83.44
	Fe ₁	76.25	83.75	83.75	77.50	79.38
LSD		11.46				5.73
S		90.29	87.36	87.27	81.04	
LSD		4.05				V
V*S	V ₁	91.90	89.55	80.31	78.51	85.07
	V ₂	89.28	88.00	87.51	76.26	85.26
	V ₃	96.25	89.38	96.88	94.38	94.22
	V ₄	83.75	82.50	84.38	75.00	81.41
LSD		8.10				4.05
S*E						E
	Fe ₀	90.78	86.29	88.25	79.40	86.18
	Fe ₁	89.81	88.43	86.29	82.67	86.80
LSD		5.73				2.87

Germination rate: GR%

The results in Table (2) showed an increase in germination rate of the first variety on the other varieties and are estimated at 86.69, 74,59,52,81 and 60.13 respectively. The high concentration of salinity (S₂ and S₃) has an increased germination rate. There

was also an increase in the germination rate in the presence of iron (71.23) compared to their absence (65.88) on all varieties and salinity levels. The interaction salinity -iron element, the germination rate in the presence of iron exceeded their absence.

Table 2.

Effect of imbibition of seeds of *Vicia faba L.* in iron on the germination rate under the effect of sodium chloride salinity

Varieties	Element	Salinity levels mmol/L				V*E
		S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	
V ₁	Fe ₀	82.38	85.00	84.25	82.00	84.95
	Fe ₁	91.00	90.00	101.50	95.00	85.18
V ₂	Fe ₀	67.81	69.75	68.75	62.25	82.89
	Fe ₁	81.38	74.25	83.00	78.25	87.63
V ₃	Fe ₀	52.63	50.50	50.25	55.50	93.44
	Fe ₁	53.00	49.50	47.75	45.25	95.00
V ₄	Fe ₀	60.69	61.25	56.50	75.25	83.44
	Fe ₁	59.56	58.75	60.25	69.25	79.38
LSD		18.25				9.12
S		67.47	67.38	69.03	70.34	
LSD		6.45				V
V*S	V ₁	77.88	87.50	92.88	88.50	86.69
	V ₂	80.25	72.00	75.88	70.25	74.59
	V ₃	61.88	50.00	49.00	50.38	52.81
	V ₄	49.88	60.00	58.38	72.25	60.13
LSD		12.90				6.45
S*E						E
	Fe ₀	63.19	66.63	64.94	68.75	65.88
	Fe ₁	71.75	68.13	73.13	71.94	71.23
LSD		9.12				4.56

Germination capacity: GC %

Table (3) represents the varieties effect on the germination capacity, which appears the superiority of the variety V₃ (95.00) on other varieties, no significant differences between the other varieties V₁, V₂ and V₄.

The negative effect of salinity on germination capacity, particularly at the first three salinity concentrations compared to the control.

Concerning the interaction iron - varieties on the germination capacity, the results represented that the superiority of the variety V₃ on all the other varieties in the presence or absence of iron. An increase in germination capacity in the presence (88.82) of iron compared to its absence (88.10) in all varieties and salinity levels.

Table 3.

Effect of imbibition of seeds of *Vicia faba L.* in iron on the germination capacity under the effect of sodium chloride salinity

varieties	Element	Salinity levels mmol/L				V*E
		S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	
V ₁	Fe ₀	90.83	88.83	86.88	80.40	86.73
	Fe ₁	92.96	93.32	82.92	81.83	87.76
V ₂	Fe ₀	90.81	88.57	83.92	71.80	83.78
	Fe ₁	93.32	87.43	91.10	80.71	88.14
V ₃	Fe ₀	96.25	87.50	97.50	98.75	95.00
	Fe ₁	98.75	91.25	96.25	93.75	95.00
V ₄	Fe ₀	91.25	85.00	88.75	82.50	86.88
	Fe ₁	82.50	87.50	82.50	85.00	84.38
LSD		11.63				5.82
S		92.08	88.67	88.73	84.34	
LSD		4.11				V
V*S	V ₁	91.90	91.07	84.90	81.12	87.24
	V ₂	92.07	88.00	87.51	76.26	85.96
	V ₃	97.50	89.38	96.88	96.25	95.00
	V ₄	86.88	86.25	85.63	83.75	85.63
LSD		8.23				4.11
S*E						E
	Fe ₀	92.29	87.47	89.26	83.36	88.10
	Fe ₁	91.88	89.88	88.19	85.32	88.82
LSD		5.82				2.91

Index of germination stress GSI

Table (4) shows the effect of salinity on the germination stress index in the presence of the iron element, the V_2 (136.31) was significantly higher than V_3 and V_4 .

The results showed non-significant differences, S_1 (120.81) was higher than the other salinity levels, whereas the results of the interaction salinity-iron showed a significant superiority of the S_1 level of V_2 and V_3 . As well as a significant difference of V_1 and V_4 .

Table 4.
Effect of imbibition of seeds of *Vicia faba* L. in iron on the Index of germination stress under the effect of sodium chloride salinity

	Varieties	Salinity levels mmol/L				V
		S0	S1	S2	S3	
V*s	v_1	98.00	145.00	106.00	108.50	114.38
	v_2	145.00	134.50	75.00	190.75	136.31
	v_3	88.25	103.75	110.50	80.25	95.69
	v_4	96.75	100.00	90.00	96.75	95.88
Lsd		55.91				27.95
S		107.00	120.81	95.38	119.06	
Lsd		27.95				

Dry matter stress tolerance index (DMSI)

No great change significantly with the increase in salt stress concentrations in the four varieties (Table 5),

The data analysis of variance of dry matter stress tolerance index revealed the minimum DMSI values were recorded at S_3 (101.56) whereas the maximum

values for DMSI were observed under S_1 (110.94) application in all varieties. Highly significant differences among different broad bean varieties, the V_4 maintained the highest value for DMSI (123.38); which was the minimum in V_1 (94.38).

Table 5.
Effect of imbibition of seeds of *Vicia faba* L. in iron on the Dry matter stress tolerance index under the effect of sodium chloride salinity

Var	Varieties	Salinity levels mmol/L				V
		S0	S1	S2	S3	
V*s	v_1	103.50	80.75	97.75	95.50	94.38
	v_2	80.75	105.00	97.25	114.00	99.25
	v_3	135.00	88.25	111.50	103.75	109.63
	v_4	111.75	169.75	119.00	93.00	123.38
Lsd		43.76				21.88
S		107.75	110.94	106.38	101.56	
Lsd		21.88				

Salt tolerance index STI

The salt tolerance index at the seedling stage also showed a little genotypic variation. V_4 (98.38) had the highest salt tolerance index while the V_2 (92.56) is the lowest. Therefore, the effects of different salt

concentrations on salt tolerance indices of cultivars were of importance. the salt concentrations increased the salt tolerance indices. The lowest value of salt tolerance index was determined at S_0 (88.94) and the largest S_3 (104.31) (Table6).

Table 6.
Effect of imbibition of seeds of *Vicia faba* L. in iron on the Salt tolerance index under the effect of sodium chloride salinity

Var	Varieties	Salinity levels mmol/L				V
		S0	S1	S2	S3	
V*s	v_1	96.50	93.25	109.75	90.50	97.50
	v_2	93.25	63.50	85.50	128.00	92.56
	v_3	69.50	108.25	90.00	112.00	94.94
	v_4	96.50	118.50	91.75	86.75	98.38
Lsd		29.87				14.93

S		88.94	95.88	94.25	104.31	
lsd		14.93				

Seeds vigor SV

The measurement of the average shoot and root length was determined at the end germination stage. After drying the seedlings at 104 °C for 24 hours, the dry weight was determined. Interaction effect of seed iron treatment and salts stress significantly affected the seeds vigor (SV) in the four varieties. the genotype

significantly effect on the SV, V₃ have high SV (499.03) followed by V₄, V₂ and V₁ (397.59, 271.19, 255.94) respectively (table7). The SV seed higher in all varieties of seeds treated by iron compound compared to non-treated. The effect of salinity on SV represents high value in S₂ compared to the control and less value in S₁ and S₃.

Table 7.

Effect of imbibition of seeds of *Viciafaba L.* in iron on seeds Vigor under the effect of sodium chloride salinity

Varieties	Element	Salinity levels mmol/L				V*E
		S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	
V ₁	Fe ₀	261.25	296.00	238.50	247.50	260.81
	Fe ₁	277.00	261.25	223.25	242.75	251.06
V ₂	Fe ₀	269.25	267.25	302.75	214.25	263.38
	Fe ₁	261.25	278.50	305.75	270.50	279.00
V ₃	Fe ₀	482.75	419.25	549.25	497.25	487.13
	Fe ₁	581.25	400.75	552.50	509.25	510.94
V ₄	Fe ₀	427.50	331.25	430.00	353.25	385.50
	Fe ₁	361.50	480.00	455.00	342.25	409.69
LSD		125.06				62.53
S		365.22	341.78	382.13	334.63	
LSD		44.22				V
V*S	V ₁	269.13	278.63	230.88	245.13	255.94
	V ₂	265.25	272.88	304.25	242.38	271.19
	V ₃	532.00	410.00	550.88	503.25	499.03
	V ₄	394.50	405.63	442.50	347.75	397.59
LSD		88.43				44.22
S*E						E
	Fe ₀	360.19	328.44	380.13	328.06	349.20
	Fe ₁	370.25	355.13	384.13	341.19	362.67
LSD		62.53				31.27

DISCUSSION

The increased concentration for any saline types has negative effects on seed germination and seedling growth so that the seeds cannot absorb the water necessary to germinate, due to the increase in the concentration of salts in the medium around the seeds, resulting in high osmotic pressure inhibiting the germination process.

Also, the salinity has a negative effect on the all parameters studied, these results are compatible with Pearson and Bauder (2003), their results confirm the negative effect by raising the osmotic pressure of the medium around the seeds or by the presence of toxic ions in the solution, which affected the embryo germination.

Generally, salinity levels have once been negatively affected, and again positively, as low levels play a catalytic role in accelerating germination, particularly sodium chloride salt (Ganatsas&Tsakaldimi, 2007).

Other effects of salinity include the effect on the activity of a number of germination enzymes, such as the Amylase and Invertase (Almustouri et al.2001).

Sodium salts in general and sodium chloride, in particular, are the most efficient elements of salinity,

which concentrate on reducing the rate and speed of germination, the length of roots and the vegetative part, dry and fresh weights and the leaf surface. Due to the effect of salinity on a number of important biological processes, including photosynthesis, protein and carbohydrate synthesis, nutrient uptake and transition (Elsahookie, 2013).

The increase of salinity in the middle of the growth of the plants decreases the germination percentage with the time necessary to finish the germination. The salts increase the osmotic pressure of the growth medium, thus reducing the amount of water available to be absorbed by the seeds causing inhibition or retardation of germination (Othman et al.2006).

For iron, most of its addition has had a positive impact, this agrees with Naghuib et al. (2005) and Farooqi et al (2012), that microelements such as iron, zinc, and manganese are among the mineral constituents of different enzymes and are associated with the metabolism of sugars, photosynthesis and protein synthesis. Where iron has important functions in food metabolism of the plant such as activation of catalase enzymes associated with the enzyme

Superoxide dismutase and photosynthesis and chlorophyll content.

Iron (Fe) is involved in the transport of electrons in many ubiquitous metabolic processes such as respiration and photosynthesis and is required as a co-factor of numerous enzymes. Inside seeds, Fe is essential for embryo development (Stacey *et al.* 2002) but might also become toxic at high concentrations.

Iron is an essential micronutrient for all organisms. It is involved in several vital plant functions, including photosynthesis, respiration and chlorophyll biosynthesis. It is a component in heme, Fe-sulfur cluster, and other Fe binding sites. The Fe in different soil types is available in the form of insoluble Fe (III) makes it a scarce element for plant's uptake (Römheld & Marschner, 1986).

All the varieties showed significant resistance to salinity at germination speed. The positive effect was greater in the presence of iron for most results, these results are consistent with the findings of many scientists Matter et Al-Yazal (2002) to determine the response of *Ambrosia maritima* to paper fertilization with some minor elements (Iron, zinc, and manganese) in the form of clavicle and concentrations (0.5, 1.5 and 2.0%). All the concentrations resulted have a significant effect on the plant length, number of plant branches, plant diameter, fresh and dry weight.

Interaction of the iron element with salinity levels shows that the presence of the iron element has a positive effect on these parameters, and the effect of salinity was close and this is what noted by (Ginle, 1982), That the impact of salt increase positive to growth and production due to low absorption of toxic salts (NaCl). As a result of increased plasmolysis of absorption cells and reduced permeability of cytoplasmic membranes to ions. Other researchers (Cayuela *et al.* 1995) interpreted this effect to encourage some physiological changes such as increased sugar and organic acids in leaves and seedling roots, which were associated with increased tolerance to salinity. The four varieties differed in their resistance to salts in the presence of the element of iron and increased tolerance to salinity compared to the witness and this is confirmed by many, (Misra & Bansa, 1992), a study on Rosemary plant to determine the effect of leaves fertilization spraying with some minor elements (iron, manganese, and zinc), each of them individually or their mixtures with a concentration of (50 mg / L) of each element led to a significant increase in plant height and number of main branches as well as fresh weight and dry weight of grass. The seeds of bean varieties showed varying resistance to salinity levels during germination stages with a slight improvement in the presence of the iron element, as confirmed by Jacoub (1995). The effect of salinity has repercussions on the growth and lengthening of plant members because the increase of the osmotic tension of the soil solution around the root reduces the absorption of water and increases the absorption of salts Which in turn lead to inhibition of enzymatic activity in the growth and expansion of elongation of cells and then weakness in growth.

CONCLUSIONS

From previous results it is clear that the first variety, V 3 Broad recorded the greatest salinity resistance in the presence of iron followed by the third variety, followed by the variety V 4 Aguadulce).

Salinity with these different concentrations have an inhibiting effect on the germination process of bean seeds, and this effect continues until the beginning stage, which is the end of the germination phase.

It was also found that the iron element contributed to salinity resistance when interact with it at all the levels studied. We also expect better results for this element in other concentrations, both for salinity or for iron.

AUTHORS CONTRIBUTION

Laouedj H.: performed the experiment, collect the results, analyzed it, reached the goals; Chougui S.: design of the study under the supervision of the experiment; Ghemam Amara D.: computational and statistical study; Kherraz K.: translated the article; Alia Z.: correct writing and expression errors.

FUNDING

This research was not funded by any institution, industrial group or any other party.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

- Almansouri M, Kinet JM, and Lutts S. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant Soil* 23, 243-254, 2001.
- Aghamir F, Hossein AB, Malakouti M J, Eshghi S, Sharifi F. Seed germination and seedling growth of bean (*Phaseolus vulgaris*) as influenced by magnetized saline water. *Eurasian Journal of Soil Science* 5,1, 39,46, 2016.
- Bauer P, Breczky Z, Brumbarova T, M. Klatte, and Wang HY. Molecular regulation of iron uptake in the dicot species *Lycopersicon esculentum* and *Arabidopsis thaliana*. *Soil Sci. Plant Nutr* 50: 997 – 1002, 2004.
- Cayuela E, Perez AF, Caro M, Bolarin MC. Priming of seeds with NaCl induces physiological changes in tomato plants grown under salt stress. *Physiologia Plantarum* 96, 231-236, 1996.
- Elsahookie MM. *Breeding Crops for Abiotic Stress: Molecular Approach and Epigenetic* College of Agriculture University of Baghdad, p.244; 2013.
- Elsahookie, M.M. *Breeding Crops for Abiotic Stress-A Molecular and Epigenetic Approach*, Coll of Agric. , Univ. of Baghdad, pp.244, 2013.
- FAO. High-Level Expert Forum how to Feed the world in 2050, Economic and Social Development, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy, 2009.

- Farooqi M, Wahid A, Kadambot H, and Siddique M. Micro-nutrient application through seed treatments-a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 12,1, 125-142, 2012.
- Fischer RA, Turner N. Plant productivity in the arid and semiarid zones. *Annual Review of Plant Physiol* 29, 277-317, 1978.
- Ghoulam C, Foursy A, Fares K. Effects of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. *Environmental and Experimental-Botany*, 47: 39-50, 2002.
- Ganatsas PP, Tsakalidimi MN. effect of light conditions and Salinity on Germination Behavior and Early Growth of Umbrella Pine (*Pinus pinea* L.) seed The *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 82(4), 605-610, 2007.
- Hakim MA, Juraimi AS, Begum M, Hanafi MM, Ismail M.R, Selamat A. Effect of salt stress on germination and early seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.). *African Journal of Biotechnology* 9(13):1911-1918, 2010.
- Jacoub M R. Effect of chemical fertilization on growth and oil yield of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) plants. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Cairo University, 1995.
- Jamil M, Lee DB, Jung KY, Ashraf M, Lee SC, Rha ES. Effect of Salt (NaCl) stress on germination and early seedling growth of four vegetable species. *Journal of Central European. Agriculture*, 7, 273-282, 2006.
- Jan M, Moradi P, Dezfuli F, Shari F. Seed invigoration techniques to improve germination and early growth of inbred line of maize under salinity and drought, *Plant physiology* 34(3-4), 215-226, 2016.
- Kader M A. A Comparison of Seed Germination Calculation Formulae and the Associated Interpretation of Resulting Data. *Journal & Proceedings of the Royal Society of New South Wales* 67, 68, 2005.
- Khodadad M. Effect of Salt Stress on Germination and Early Seedling Growth Stage of Sugar Beet Cultivars, *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture* 6(2): 120-125, 2012.
- Kiran B, BARGALI S S. Germination capacity of seeds of leguminous plants under water deficit conditions: implication for restoration of degraded lands in Kumaun Himalaya, *Tropical Ecology* 57 (3), 2016.
- Lallu and R.K. Dixit. Salt tolerance of mustard genotype at seedling stage. *Indian J. Pl. Physiol* 14(2): 33-35, 2005.
- Matter F .MA, and Al-Yazal, M.A. Response of dampsisa plants (*Ambrosia maritime* , L.) to foliar spray with some Micronutrients. *Annale of Agric .Sci., Moshtohor, Vol (40) No. (1) pp: 181-197, 2002.*
- Martin I, Tenoria JL, Ayerbe L. Yield growth and water use of conventional and semi leafless peas in semi-arid environments. *Crop Sci.* 34, p. 1576–1583, 1994.
- Misra A, Bansal R. P. Effect of iron on growth and chemical composition of Japanese min (*Mentha arvensis* L.) *Acta physiologia plantarum* 141-273, 1992.
- Munns R. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell & Environment* 25(2), 239-250, 2002.
- Munns R, Tester M. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59, 651-681, 2008.
- Naghuib, NY, M.Y. Khalil and S.E. El Sherbeny. A Comparative Study on the productivity and chemical constituents of various sources and species of *Calendula* plants as affected by two foliar fertilizers. *J. Appl. Sci. Res* 1(2): 176-189, 2005.
- Othman.Y, Al-KaraKi G, Al- TawahaA.R, and Al-Horani. Variation germination and ion uptake in genotype barley under salinity condition. *Agric. Sci* 2: 11-15, 2006.
- Ozaslan P, Parlak AM. Effect of Salinity in Irrigation Water on Plant Development Parameters of Sainfain (*Onobrychis viciifolia* Scop.) and Soil Stalination. *Ankara Universities Ziraat Faculties Tarim Bilimleri Dergisi* 14(4), 320-325, 2008.
- Pearson KE, and Bauder JW. The basics of salinity and sodicity effects on soil physical properties. *Water quality and irrigation management* P: 1-9, 2003.
- Römheld V, Marschner H. Evidence for a specific uptake system for iron phytosiderophores in roots of grasses. *Plant Physiol.* 1986 Jan; 80(1):175-80, 1986.
- Reynolds M, Mujeeb P, Kazi A, and Sawkins M. Projects for utilizing plant adaptive mechanisms to improve wheat and other crops in drought and salinity prone environments. *Annual Applied Biology*, 146:239-259, 2005.
- Romero, Aranda R, Soria T, Cuartero J. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant Science* 160, 265–272, 2001.
- Stacey RD, Griffin D, and Shaw P. Complexity and Management: Fad or Radical Challenge to Systems Thinking, Routledge, London, 2002.
- Shamim A, Rachid A, Muhammad Y A, M. Ashraf and Ejaz A.W. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Response to drought stress at germination and seedling growth stages, *Pak. J. Bot.*, 41(2). 647 654-, 2009.
- Tester M, & Langridge P. Breeding technologies to increase crop production in a changing world. *Science* 327 (5967), 818 – 822, 2010.

العنوان

أثر التداخل بين التغذية المعدنية الكاتيونية للعناصر الغذائية الصغرى على بنية الجذر الخلوية لنبات الفول *Vicia faba* L. النامي تحت ظروف الري بالمياه المالحة

ملخص

إن الهدف من البحث هو تقويم التداخل بين الملوحة و بين العناصر الغذائية الصغرى و المتمثلة في عنصر الحديد Fe و الموليبدان Mo ، على بعض الصفات الفزيومرفولوجية والبيوكيماوية و التشريحية على كل من الأوراق ، الساق، و جذور أربعة أصناف من نبات الفول *Vicia faba* L. (مالطي V₁ Malti ، هيستال V₂ Histal ، برواد V₃ Broad و أقواديس V₄ Aguadulce). أثناء مرحلتي الإنبات والنمو الخضري و قد تم تصميم لذلك تجربة عاملية بتصميم القطاعات المنشقة (split splot) حيث تضمنت أربعة تراكيز من الملوحة على صورة NaCl (S1, S2, S3, S4)، كل معاملة كانت تحت أربعة مستويات من العناصر الغذائية الصغرى، مستويين على صورة كبريتات الحديد (F0, F1) Fe₂SO₄7H₂O، ومستويين من الموليبدان على صورة موليبدات الأومنيوم (Mo0, Mo1) (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O، كل معاملة لكل مستوى كررت بأربعة مرات (R1, R2, R3, R4)، و بالتالي فالتجربة احتوت على 192 وحدة تجريبية تحت ظروف مخبرية مراقبة. أظهرت النتائج أن تراكيز الملوحة المستعملة بغض النظر على العناصر المعدنية الصغرى أثرت سلبا على الصفات المدروسة حيث كان التركيز العالي (S₃: 150 mmol/L) الأكثر تأثيرا على هذه الصفات ومن خلال تحليل المركبات النموذجية تبين أن الصفات الخمسة نسبة الإنبات: GP, سمك اكبر خلية البشرة للجذر: TLREC و مساحة اكبر خلية البشرة للجذر: SLSEC و كمية الهيمسيليلوز في الساق QHS و مساحة ثغور البشرة العلوية UES الأكبر استجابة مقارنة بالمنغيرات الأخرى المدروسة أثناء الإنبات و مرحلة النمو الخضري. بتطبيق هاذين الملحين كبريتات الحديد و موليبدات الأومنيوم رشا على الأوراق تم التخلص من الآثار الضارة للملوحة. و أثناء مقارنة تأثيرهما امكن إستنتاج أن أملاح موليبدات الأومنيوم كانت أكثر إيجابية مقارنة من كبريتات الحديد، كما أن الأنماط الوراثية المدروسة أظهرت سلوكيات متميزة جيداً تحت التراكيز العالية لـ S₃: 150mol / L و NaCl S₂: 50mMol / L أثناء مرحلة الإنبات و النمو الخضري حيث يشير مؤشر فصل المجموعة وفقاً لتحليل التباين أن الصنف (V₄ Aguadulce) أكثر إستجابة لمعاملات العناصر الغذائية الصغرى (Fe، Mo،) في حين الصنف V₁ Malti بقي جد حساس أما الصنفين V₂ Histal ، V₃ Broad كان سلوكهما متماثل في مقاومة الملوحة سواء أثناء إضافة كبريتات الحديد أو موليبدات الأومنيوم رشا على الأوراق.

الكلمات المفتاحية: التداخل، الملوحة، الموليبدان، الحديد، *Vicia faba* L، الصفات الفزيومرفولوجية والبيوكيماوية و التشريحية.

لجنة المناقشة:

أ.د باقة مبارك	رئيسا	جامعة الأخوة منتوري قسنطينة 1	أستاذ التعليم العالي
أ.د شوقي سعيدة	مشرفا	جامعة الأخوة منتوري قسنطينة 1	أستاذ التعليم العالي
أ.د لعور حسين	ممتحنا	جامعة فرحات عباس سطيف 1	أستاذ التعليم العالي
د.بولعسل معاذ	ممتحنا	جامعة الأخوة منتوري قسنطينة 1	أستاذ محاضر «أ»
د. شمس أحمد خليفة	ممتحنا	جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي	أستاذ محاضر «أ»
د. رزق الله شفيقة	ممتحنا	جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي	أستاذ محاضر «أ»

