الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة منتوري – قسنطينة

كلية: علوم الطبيعة و الحياة الرقم:

قسم : البيولوجيا و علم البيئة السلسلة:

مذكرة:

قدمت لنيل شهادة الماجستير

في بيولوجيا النبات

تخصص: التنوع الحيوي والإنتاج النباتي

العنوان

علاقة التغذية المعدنية الكاتيونية لعنصر الحديد بكفاءة الكيمياء الضوئية لنمطين وراثيين من نبات الطماطم (*Lycopersicum esculentum* Mill.)

تقديم: بلارو صليحة

أعضاء لجنة المناقشة:

– م .م.بن تشيكو	رئيسا	أستاذ التعليم العالي	جامعة منتوري قسنطينة
– س. شوقي	مقررا	أستاذة محاضرة	جامعة منتوري قسنطينة
– م.بن لعريبي	عضوا	أستاذ التعليم العالي	جامعة منتوري قسنطينة
– م .باقة	عضوا	أستاذ التعليم العالي	جامعة منتوري قسنطينة

السنة الجامعية : 2009/2008

التشكرات

إن الحمد لله نحمده و نستعينه ، نستهديه و نستغفره ونعود بالله من شرور انفسنا و سيئات اعمالنا و اشكره لما و فقني إليه سبحانه وتعالى وما توفيقي إلا بالله.

ثم أتقدم بالشكر الجزيل والعرفان إلى الأستاذة شوقي سعيدة لقبولها الإشراف على هذا البحث والتي لم تبخل علينا بالمساعدة والتوجيهات القيمة طوال فترة العمل .

كما أتقدم بالشكر و التقدير للأستاذ الفاضل بن تشيكو محمد المنصف لقبوله مناقشة هذه الرسالة وكذا على ترأسه لجنة المناقشة.

كما اشكر الأستاذ الفاضل باقة مبارك جزيل الشكر لقبوله مناقشة هذه الرسالة بصفته عضوا ممتحنا.

كما أتوجه بأسمى معاني الشكر للأستاذ بن لعريبي مصطفى لقبوله مناقشة هذه الرسالة بصفته عضوا ممتحنا . و الذي لم يبخل علينا بالتوجيهات و الحث على الجد و العمل.

و في الختام أتقدم بالشكر الجزيل إلى كل من قدم لي يد المساعدة من قريب أو بعيد.

الإهداء

إلى أحب الناس إلى قلبي بعد الهادي الى الصراط المستقيم

ً محمد ً عليه الصلاة و السلام

أمي الغالية ً خميسة ً والى أبي العزيز ً محمد

إلى من كانوا سندا لي إخوتي و أخواتي

إلى كل صديقاتي و زميلاتي

والى أساتذة و طلبة الماجستير دفعة 2005

إلى كل من ساندني من قريب أو بعيد و لو بكلمة طيبة اهدي هذا العمل المتواضع.

ً الحمد لله على توفيقه ً

الفهرس

مقدمة.....1

الفصل الأول : استعراض المراجع

1-1-

عنصر الحديد.....3

1-2- صور الحديد 3

1-2-1-صور الحديد في التربة.....3

1-2-2- صور الحديد في النبات:.....4

1-3-دور الحديد في العمليات الإيضية.....5

1-3-1- دور الحديد في التمثيل الضوئي.....5

1-3-2- دور الحديد في تخليق الكلوروفيل.....6

1-3-3- دور الحديد في تحفيز بعض الإنزيمات.....8

1-3-4- دور الحديد في تنشيط البكتيريا العقدية.....9

1-4- صور تيسر انتقال الحديد..... 9

1-5- العوامل المؤثرة على تيسر الحديد.....10

1-6- التداخل بين العناصر الغذائية.....11

1-7- تخزين الحديد في النبات..... 12

1-8- استجابة النبات لنقص الحديد..... 13

1-9- بعض أسمدة الحديد و طرق إضافتها.....14

الفصل الثاني : المواد و طرق البحث

2-1- الهدف من الدراسة:.....16

2-2- تصميم التجربة.....16

2-3-.تنفيذ التجربة.....18

2-4- الدراسة التحليلية المطبقة.....18

2-4-1- الدراسة المورفولوجية.....18

2-4-2- الدراسة البيوكيميائية :.....19

2-4-3- الدراسة الفيزيولوجية:.....20

2-5- تحليل التربة 21

2-6-الدراسة الاحصائية المطبقة 22

الجزء الثالث : النتائج و المناقشة

النتائج:

3-1-تحليل التربة 23

3-2- التجربة الأولى إضافة الحديد في التربة على صورة Fe-EDTA.....23

3 -2- 1- مرحلة نمو الشتلة 23

ا- الدراسة المورفولوجية.....23

ب-الدراسة الفيزيولوجية..... 25

ج- الدراسة البيوكيميائية 27

3-2-2- مرحلة النمو الخضري.....31

ا- الدراسة المورفولوجية.....31

ب- الدراسة الفيزيولوجية..... 33

ج- الدراسة البيوكيميائية 35

3-3- التجربة الثانية إضافة الحديد على صورة $Fe\ SO_4 7H_2O$.....39

3-3-1- مرحلة نمو الشتلة.....39

ا- الدراسة المورفولوجية.....39

ب-الدراسة الفيزيولوجية..... 41

ج- الدراسة البيوكيميائية 43

3-3-2- مرحلة النموالخضري.....47

ا- الدراسة المورفولوجية.....47

ب-الدراسة الفيزيولوجية..... 48

ج- الدراسة البيوكيميائية 50

3-4-الدراسة الاحصائية.....55

3-4-1- التجربة الأولى إضافة الحديد في التربة على صورة Fe-EDTA.....55

3-4-1-1-مرحلة نمو الشتلة 55

ا- التحليل الوصفي لأثر فعل الحديد على نمطين من نبات الطماطم 55
ب- التحليل الاستدلالي لأثر فعل الحديد على نمطين من نبات الطماطم.....61
3 -4-1-2-مرحلة النمو الخضري.....63
ا- التحليل الوصفي لأثر فعل الحديد على نمطين من نبات الطماطم 63
ب- التحليل الاستدلالي لأثر فعل الحديد على نمطين من نبات الطماطم.....69
3 -4-2- التجربة الثانية إضافة الحديد رشا على الاوراق بصورة $Fe\ SO_4 7H_2O$.....71.
3-4-2-1-مرحلة نمو الشتلة 71
ا- التحليل الوصفي لأثر فعل الحديد على نمطين من نبات الطماطم 71
ب- التحليل الاستدلالي لأثر فعل الحديد على نمطين من نبات الطماطم.....76
3-4-2-2-مرحلة النمو الخضري.....78
ا- التحليل الوصفي لأثر فعل الحديد على نمطين من نبات الطماطم 78
ب- التحليل الاستدلالي لأثر فعل الحديد على نمطين من نبات الطماطم.....84
المناقشة
الخلاصة
المراجع
الملخص

قائمة المختصرات:

الرمز	المصطلح باللغة الاجنبية	المصطلح بالعربية
ACP	Analyse des Composantes Principales	تحليل المركبات النموذجية
Chl	Chlorophylle	الكلوروفيل
Car	Caroteine	الكاروتين
Ep	epinastie	الاستحثاث الورقي
etr	electron transport rate	معدل نقل الالكترونات
F0	Fluorescence minimale	الاستشعاع الابتدائي
Fm	Fluorescence maximale	الاستشعاع الأقصى
Fv	(F_m-F_0)Fluorescence variable	الأستشعاع المتغير
Fv/Fm	Antennane efficiency of PSII	فاعلية استقطاب الطاقة الضوئية للنظام الضوئي
Fru	Fructose	الفركتوز
Fe^{++}	Fer active	الحديد النشط
Fe T	Fer Totale	الحديد الكلي
glu	glucose	الجليكوز
lpi	leaf plastochrom Index	مؤشر النمو الورقي
ØPSII	Quantum efficiency of PSII	المردود الكمي للنظام الضوئي الثاني
Phé	Phéophytine	الفيوفيتين
Pi	Plastochrom Index	مؤشر نمو النبات
Q_A	Quinones	المستقبل الأول للالكترونات
qNP	Non-photochemical Quenching coefficient	معامل إخماد الكيمياء اللاضوئية
qP	Photochemical Quenching coefficient	معامل إخماد الكيمياء اللاضوئية
reg	Vetesse de croissance	النمو النسبي
EDTA	Ethyline diamine tetra acetic acid	ايثيلين ثنائي الأمين رباعي حمض الخليك
DTPA	Di ethylene triamine penta acetic acid	ثنائي الايثيلين ثلاثي الامين خماسي حمض الخليك
EDDHA	Ethylène diamine di-o-hydroxyphenyl acetic acid	ايثيلين ثنائي الأمين ثنائي الفينيل هيدروكسي حامض الخليك
HEDTA	Hydroxyle Ethylène diamine tri acetic acid	الايدروكسيل اتيل ثنائي الأمين ثلاثي حمـــض الخليك

المقدمة

مقدمـــــــة:

إن معدل النمو الديمغرافي بالجزائر في تزايد مستمر، الأمر الذي يتطلب اتخاذ إجراءات ميدانية عاجلة من اجل تحقيق الاكتفاء الذاتي، للتخلص من التبعية الغذائية من جهة و التصدير لإنعاش الدخل القومي من جهة أخرى. لأجل هذا عرفت الجزائر توسعا ملحوظا في مساحة زراعة الخضروات من بينها الطماطم التي تتوزع اغلبها عبر ولايات الشرق الجزائري :الطارف، قالمة ،عنابة ،سكيكدة و جيجل بنسبة 90%من الإنتاج الوطني مقارنة بولايات الوسط 7%و الغرب3%(Rachedi., 1993).
إلا أن المردود الكلي لم يكن كافيا لتغطية المتطلبات المحلية للشعب وعدم توفرها في السوق في بعض الأحيان ،هذا ما جعل الشركات الوطنية تتجه نحو استيراد الطماطم المصبرة ثلاثية و ثنائية التركيز من دول مختلفة، مثلا من تركيا 5526 طن\سنة ،الإمارات العربية المتحدة 1338 طن\سنة و6139 طن\سنة من ايطاليا (Medjahed.,2004).

يتضح مما سبق ذكره أهمية دراسة سبل النهوض بإنتاج نبات الطماطم من خلال رفع معدل الإنتاج عن طريق اختيار الأصناف الملائمة و ذات الجودة العالية. حيث تزرع في الجزائر أصناف استهلاكية مثل: Marmande,Aicha,Prima وصناعية منها:Riogrande,Heintz,Royal sluis .

يعتبر عامل التسميد من العوامل الأساسية للنهوض بهذا المحصول و تعويض ما تفقد التربة من عناصر غذائية. تتواجد بعض هذه العناصر التي تحتاجها المحاصيل في الأسمدة الازوتية الفسفورية و البوتاسية، لكن هذا غير كاف للتغذية المثلى لنبات الطماطم، فلابد من إعطاء اهتمام بالغ للتسميد بالعناصر الصغرى التي تؤثر على التوازن الجزيئي في التربة و داخل النبات على مستوى بعض العمليات الحيوية، مما يستوجب ضرورة إضافتها للنبات بمستويات تتلائم ومستويات K، P ،N مع الاخذ بعين الاعتبار العوامل الأخرى المؤثرة على النبات من صفات التربة و نوعية مياه الري، من بين هذه العناصر عنصر الحديد الذي يلعب دورا كبيرا في العديد من الوظائف الهامة، فهو عامل من عوامل بناء الخلية الحية إذ يدخل في مركبات تكوين المادة الخضراء في النبات (الكلوروفيل).

لذلك كانت دراسة أهمية الحديد لنمو النباتات اثر كبير في الحصول على المردود الأمثل خاصة عند الري على فترات متقاربة، مما يؤدي إلى حدوث غسيل للعناصر الغذائية وكون أي توتر بيئي يؤثر مباشرة على نظام الأغشية الكلوروبلاستية، مما ينتج عنه تغيرات على مستوى وظيفة جزيئه الكلوروفيل التي تنعكس على خصائص جهاز التركيب الضوئي، الذي فسر بآلية فيزيولوجية

تعرف بالاستشعاع الكلوروفيلي وهي أشعة حمراء تنعكس من جزيئة الكلوروفيل المتهيجة بالطاقة الضوئية الممتصة التي لا تتحول إلى طاقة كيميائية ولا حرارية إنما تكون على شكل فتونات مشعة .

من هذا المنطلق تم اختيار هذا الموضوع الذي نحاول من خلاله التعرف على مدى فاعلية عنصرالحديد المضاف إلى التربة على صورةFe-EDTA و رشا على الأوراق بصورة $FeSO_4 7H_2O$ على كفاءة الكيمياء الضوئية لنمطين وراثيين من نبات الطماطم *Lycopersicum esculentum* Mill. ، حيث تم اختيار صنفين هما (Marmande,Riogrande) أثناء مرحلة نمو الشتلة والنمو الخضري، طبقت على الأوراق عدة معايير مورفولوجية، فيزيولوجية و بيوكيميائية.

استعراض المراجع

I- استعراض المراجع :

1-1- عنصر الحديد :

سورة الحديد هي السورة الوحيدة من سور القرآن الكريم التي تحمل اسم عنصر من العناصر المعدنية المعروفة ؛ التي تدور حول قضية إنزاله من السماء ، بأسه الشديد ومنافعه للناس .....!! يقول الله جل و علا: (**وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنَافِعُ لِلنَّاس وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَنْ يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ**)(**الحديد: من الآية25**) هذه الآية الكريمة دليل واضح على أهمية عنصر الحديد فهو احد العناصر المعدنية الصغرى الضرورية لنمو جيد للنبات .

تحتوي هذه الآية القرآنية معجزة رقمية مبهرة وبناء محكم فالوزن الذري للحديد هو تقريبا (57) والعجيب أن رقم سورة الحديد في القرآن هو (57) أيضاً!! ، أما عدد الإلكترونات في ذرة الحديد فهو (26) إلكتروناً، هذا ما يسمى بالعدد الذري وهو عدد ثابت لكل عنصر من عناصر الطبيعة والعجيب أن رقم الآية التي ذكر فيها الحديد في سورة الحديد، مع البسملة هو (26) نفس العدد الذري للحديد!!!.

1-2- صورا لحديد :

1-2-1- صور الحديد في التربة:

يأخذ الحديد في التربة عدة صور إذ يدخل في تركيب معادن السلكات التي تعرف باسم الـ ferromagenesian silcates من الأولفين(Olivine) ،الهونبلند(Hornblende) والبوتيت(Biotite) التي تمثل المصدر الرئيسي للحديد (عبد المنعم بلبع، 1988)

(Mortvedt, 2000) ، كما يوجد ضمن مكونات بعض المواد العضوية على هيئة مركبات مخلبية هذه المركبات ذات أهمية كبيرة في تغذية النبات، يكون محتوى الحديد الذائب في المحلول الأرضي منخفضا جدا، حيث يشمل بجانب المركبات العضوية أيون الحديدوز Fe^{+2} ،الحديديك Fe^{+3} وأيدروكسيد الحديدوز Fe (OH) ، علما أنه في الأراضي جيدة التهوية قد ينعدم أيون الحديدوز Fe^{+2} و يكون الحديديك Fe^{+3} قليل الذوبان (Guerinot, 1994) .

يوجد الحديد في الأراضي الحمضية الواقعة في المناطق الرطبة على شكل ايونات مختزلة،تنتقل إلى الطبقات تحت السطحية من التربة لتترسب فيها و تبقى كميات قليلة منه في الطبقات السطحية، تتحول إلى اكاسيد مائية تعطي التربة ألوانا مختلفة حمراء و صفراء أو صفراء بنية، أما في الظروف القلوية للأراضي يتحول الحديد إلى حديد ثلاثي التكافؤ Fe^{+3} يقل تيسره للنبات(Palmgren, 2001).

1-2-2.صور الحديد في النبات:

تختلف كمية الحديد في النباتات، يكون تركيزه عادة في مدى يتراوح بين 20 إلى 300 جزء في المليون، أما إذا كان أقل من 20 جزء في المليون فهذا يعني أن هذه النباتات تعاني من نقص الحديد(Marschner *et al.*, 1986, Cohen *et al.*, 1998) ، كما يأخذ الحديد في النبات عدة صور هي كالآتي:

ا- أكاسيد حديدية:

يتفق الباحثون عموما على أن حالة الحديدوز Fe^{+2} (Ferrous) هي الحالة التي يكون فيها الحديد نشطا أثناء التحولات الأيضية في النبات ،أما الصورة المؤكسد Fe^{+3}لا يمكن امتصاصها إلا في حالة تمخلبها مع مكونات الأحماض العضوية التي يفرزها الجذر في الوسط الخارجي أو مع غرويات التربة (Romheld *et al.*, 1984) ،لذلك يرتبط بأيون (OH^-) ليعطي راسب دهيدروكسيد الحديديك ($Fe(OH)_3$ d'hydroxy ferique) القابل للذوبان (Alscher,2002) وبالتالي تيسر انتقاله إلى النبات، يتم هذا غالبا في القمة النامية للجذر هذه المنطقة ذات النشاط الأيضي العالي، مما يسمح للمكونات المختزلة (الأحماض العضوية) بتحويل Fe^{+3} إلى Fe^{+2} على مستوى الغشاء البلازمي للخلايا الجذرية، هذا الاختزال يتبعه منح الإلكترونات الى NADPعبرالغشاء البلازمي ليتحول الى NADPH الخلوي ويرفق بتحرير الكترونات ($1H^+/e^-$) (Briat *et al.*, 1999) لوحظ هذا في نبات الصوجا ونبات الطماطم .

بينت الأبحاث أن محتوى الأوراق الخضراء من كاتيونات الحديدوز Fe^{+2} يفوق بكثير محتوى الأوراق التي يظهر عليها الاصفرار لنفس النبات (Shingles *et al.*, 2002) .

ب . المركبات العضوية الحديدية:

- **بروتينات كبريتية:**

يتكون هذا النوع من البروتينات من رابطة كيميائية فعالة تتبادل بين جزيئة الحديد والكبريت (fer-soufre) (Karlin,1993) ، تتجمع هذه الروابط في البروتينات المحتوية على مجموعة الديول (thioles). توجد هذه البروتينات في سلسلة نقل الالكترونات في الكلوروبلاست على مستوى جهاز التركيب الضوئي و بالضبط في غشاء الثيلاكويد ،إذ يلعب دور المستقبل للالكترونات في النظام الضوئي الأول (PSI)، كما تتواجد على مستوى غشاء الميتاكوندري (Kispal *et al.*, 1999).

تعتبر هذه البروتينات الكبريتية المكون الرئيسي للفيرودوكسين (ferodoxine) وهو مرجع فعال يقوم بنقل الالكترونات بطرق كيميائية مختلفة ، فهو يعمل خلال عملية التمثيل الضوئي على تحويل الالكترونات من PSI نحو NADP ليحول إلىNADPH الذي يعتبر المستقبل النهائي للفسفرة الضوئية اللادورية (اللاحلقية) ، كما تمتلك هذه البروتينات نشاط إنزيمي عالي (Xoconostle *et al* ., 2000)

- **بروتينات هيمية:**

تحتوي البروتينات الهيمية على نواة رباعية البيرول في مركزها ذرة حديد تكون بصورة مرجعة مرتبطة بأربعة روابط تكافئية مع ذرة أزوت (Karlin *et al* ., 1993) . يعتبر السيتوكروم هيموبروتين أساسي في النبات، فهو مركب جيد لنقل وتحويل الالكترونات في الميتاكوندري (cyt .a b c) والكلوربلاست (cyt.b.f) (Siedow,1991) . وهناك سيتوكرومات أخرى منفصلة عن السلسلة التنفسية وسلسلة التمثيل الضوئي مثل (cyt. b)للشبكة الهيولية التي تدخل بفعالية في تركيب الأحماض الدهنية (Karp, 1998) ، ففي كل الحالة يمر الحديد بمراحل عديدة من حالة الإرجاع إلى حالة الأكسدة أثناء نقله للالكترونات التي تأتي من NADPH لتنقل حسب قوة الأكسدة \إرجاع المتزايدة من طرف FAD والحديد (Kim and Rees., 1992). يعتبر البيروكسيداز والكتلاز محفزات فعالة تلعب دورا كبيرا على مستوى العمليات الايضية للنبات(Hentze and Kuhn. , 1996).

1-3- دور الحديد في العمليات الأيضية:

1-3-1- دور الحديد في عملية التمثيل الضوئي:

البلاستيدة الخضراء هي المثبت للطاقة الضوئية في النبات بما أودع الله فيها من خصائص حيوية، فهي التي تقوم بعملية التمثيل الضوئي اللازمة لنمو النباتات وإنتاج الأنسجة النباتية المختلفة من جذور، أوراق، أزهار، ثمار وبذور ، تعتبر هذه العملية التي الوسيلة الوحيدة لتحويل طاقة الضوئية إلى روابط كيميائية تخزن في أعضاء جميع الكائنات الحية .

ذكر Smith (1984) أن البلاستيدات الخضراء تمثل الوسط الأكثر طلبا للحديد عند النباتات الخضراء لاحتوائها على 80% من الحديد الخلوي. إذ يحتوي جهاز التركيب الضوئي بشكل خاص على 21-22 ذرة حديد، هذا يعطي نموا جيدا للخلايا الأكثر حاجة للحديد لان نقصه (الحديد) يسبب انخفاض كفاءة الكيمياء الضوئية وعدم القدرة على امتصاص الأشعة الضوئية بسبب نقص كفاءة الجهاز الضوئي(Pascal and Done., 1994) كما يؤثر هذا النقص على نقل الإلكترونات في

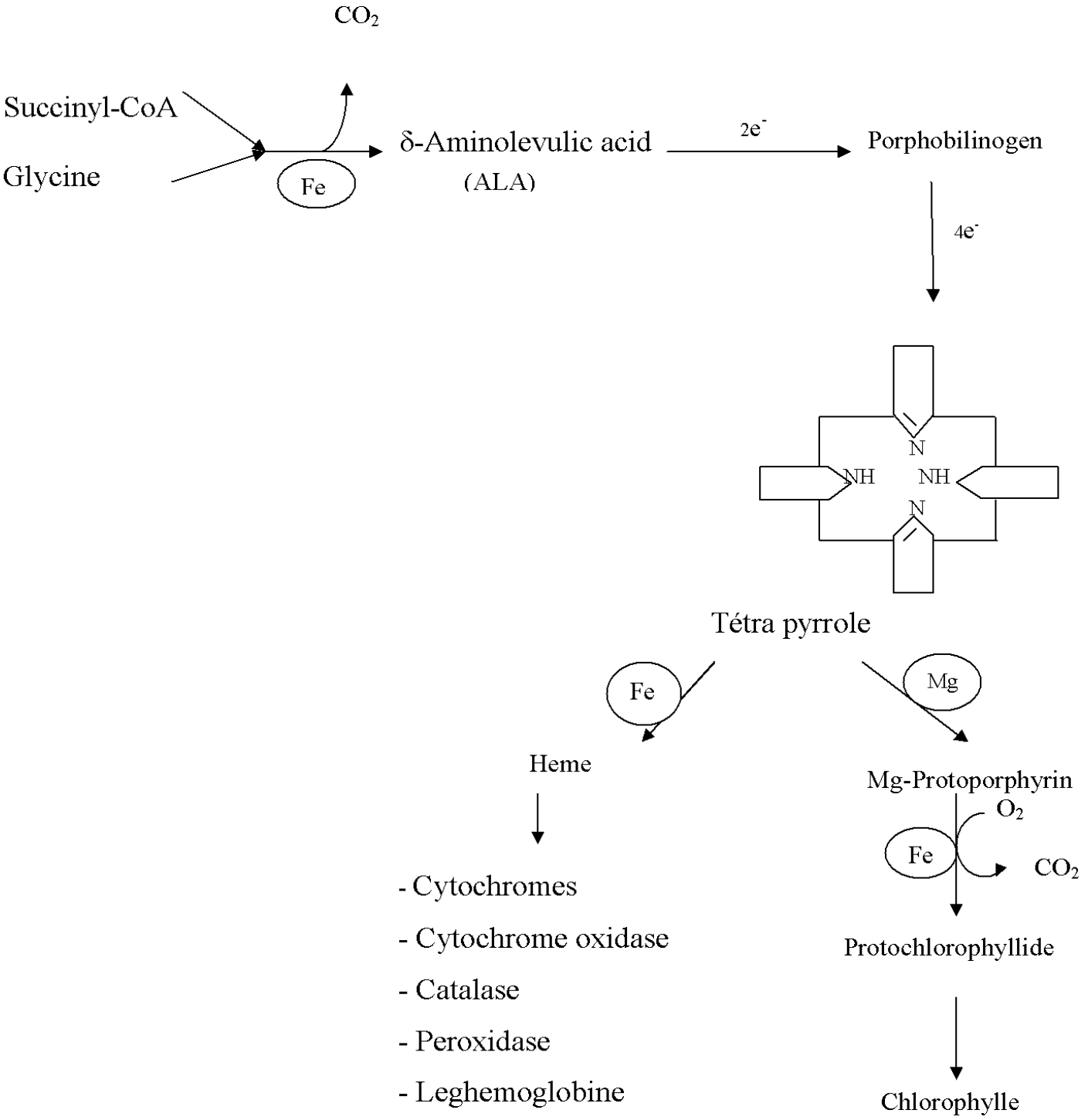
النظام الضوئي PSI و PSII وحدوث تلف في مراكز تفاعلهم (D_2, D_1)(ببتيدات عديدة مندمجة في غشاء الثيلاكويد تملك كفاءة اختزالية عالية) نتيجة وجود ذرة الحديد بين D_2, D_1 . (Richter ., 1993)

يحدث نقص الحديد تثبيتا ضوئيا،مما يساعد على زيادة تخليق صبغات: Zeaxanthin و Xanthophylle و Violaxanthin هذه المكونات تؤدي إلى تبعثر الطاقة الضوئية بشكل حرارة على مستوى جهاز التركيب الضوئي(Amy *et al.*, 2001,William *et al.*, 1994)،بالإضافة إلى ذلك نقص الحديد يسبب انخفاض نسبة الأحماض الدهنية غير المشبعة في الكلوروبلاست وخاصة على مستوى غشاء الثيلاكويد (Karem *et al* ., 1998) . و يؤثر كذلك على عملية تجديد المركب Ribulose 1-5 biphosphate في حلقة كالفن عند نبات الشمندر الحلو بسبب انخفاض نشاط إنزيم Ribulose-5 -phosphate kinase (Arulantham *et al.*, 1990).

2.3-1 . دورالحديد في تخليق الكلوروفيل:

قال سبحانه وتعالى : (وَهُوَ الَّذِيَ أَنزَلَ مِنَ السَّمَاء مَاء فَأَخْرَجْنَا بِهِ نَبَاتَ كُلِّ شَيْءٍ فَأَخْرَجْنَا مِنْهُ خَضِرًا نُّخْرِجُ مِنْهُ حَبًّا مُّتَرَاكِبًا)(سورة الأنعام من الآية : 99) إن الله عز وجل تحدث في هذه الآية الكريمة عن أعظم مادّة موجودة في الخليّة النباتية وهي البلاستيدات الخضراء التي تحوي على مادّة الكلوروفيل – الصبغة الخضراء – ((خَضِرًا)) في النبات. و الحديد جد مهم في تكوين هذا الكلوروفيل حيث ذكر كل من(1980) Katyal and Sharma و (2000) Romhelde أن نقص الحديد عند النبات يؤدي إلى ما يعرف بتبرقع الأوراق (chlorose) خاصة بين العروق ويعرف كذلك بيرقان داخل العروق هذا نتيجة نقص كمية الكلوروفيل في الأوراق، لأن مختلف مراحل البناء الحيوي تتطلب وجود عنصر الحديد (Tagliavini *et al.*, 2000).

ان تثبيط تكوين الكلوروفيل بفعل نقص الحديد، يؤدي إلى إتلاف تمثيل البروتينات بسبب انخفاض الريبوزومات التي هي مواقع تمثيله (Eisensien and Blemings., 1998). هذا ما يزيد في تركيز الأحماض الأمينية في الأوراق المبرقعة برولين (proline) ، بتاين (Betaine) ، يحدث هذا في الكلوروبلاست أكثر من السيتوبلازم(Aisen *et al.*, 1999) لأن الحديد له أهمية بالغة في تمثيل المكونات البروتينية لغشاء التيلاكويد كالمركبات الصبغية مثل الكلوروفيل، الكاروتين كتلاز والبيروكسيداز، انخفاض هذه المركبات بفعل نقص الحديد يسبب تلف مراكز استقطاب وتجميع الطاقة الضوئية.



شكل (1-1) مخطط مسار تخليق الكلوروفيل و المركبات الهيمية

Chereskin and Castelfranco (1982)

و أشار Richter (1993) أن ثلث بروتينات غشاء التيلاكويد و 50% من الكلوروفيل الكلي تسيطر على نظام الاستقطاب الضوئي وتحويل الطاقة المتجمعة إلى طاقة كيميائية. الحديد مهم خلال مراحل أكسدة مركب coproporphyrinogéne إلى protoporphyrinogéne وتحويل مركب Mg-protoporphyrine أحادي الميثيل (monométhylester) إلى مركب protochlorophllide لذلك نجد النقص في الحديد يؤدي إلى تراكم محتوى Mg- Protoporphyrine الأمر الذي يؤدي إلى عدم تخليق الكلوروفيل (Pascal and Dorne., 1994).

1-3-3- دورالحديد في تحفيز بعض الإنزيمات:

إن للحديد القابلية للتمخلب في صورة معقدات مخلبية (chelate) وكذلك تغيير تكافئه أي قدرته على التأكسد والاختزال داخل النبات و بذلك فهو ذو تأثيرات فسيولوجية مهمة

$$Fe^{+3} + e^{-} \rightleftharpoons Fe^{+2}$$ (Briat *et al.*, 1995)

فهو يلعب دورا مهما وضروريا في تنشيط العديد من إنزيمات الميتاكوندري التي تساهم في عملية التنفس منها peroxidase، catalase وcytochrome oxidase (Morri *et al.*,1993).

اكد كل من Stemmler and berthenlin (2003) أن الحديد يدخل في إنزيمات التنفس في صورة معقد بورفرين الحديد حيث يتحد الحديد مع الأكسجين و المعادلة تبين ذلك :

$$x\,Fe + O_2 \longrightarrow x\,FeO$$

هذا المركب المؤكسد x FeO يعطي الأوكسجين لمادة التنفس لذلك نجد أن نقص الحديد في الميتاكوندري يؤدي إلى انخفاض معدل التنفس . هذا النقص ينعكس على النشاط الأيضي ،حيث لوحظت هذه الظاهرة في ميتاكوندري جذور نبات الأرز نتيجة انخفاض محتوى بروتينات الحديد وتغير النشاط الأيضي للميتاكوندري (Pascal and Dorne ., 1994). كما أن للحديد دورا مرافق لعدة إنزيمات مثل Superoxide-dismutase هذا الإنزيم يحمي الأنسجة من الآثار الضارة لجدر الأوكسجين الحر(O_2^-)superoxide الناتج من عدة تفاعلات (Vancamp, 1996) والتفاعل التالي يبين ذلك:

$$O_2 + e^{+} \longrightarrow O_2$$

$$O_2 + O_2 + H_2 \xrightarrow[\text{Dismutase}]{\text{superoxide}} H_2O_2 + O_2$$

يتم هذا التفاعل على مستوى الكلوروبلاست حيث يتواجد هذا الإنزيم بنسبة 90% ،كما يتم كذلك على مستوى الميتاكوندري حيث نسبته تتراوح بين (4-5) % فقط (William *et al.*, 1994)

إذ يعتبر الحديد عنصرا مرافقا لإنزيم تخليق EFE(Ethyléne forming Enzyme) و هو amino cyclopropane-carboxylase ،اذ أن نقص انتقال الحديد الناتج عن أي توتر بيئي يتبعه خلل في وظيفة هذا الإنزيم، الأمر الذي يؤدي إلى تراكم الأ ثيلين المسؤول على تنشيط استطالة الجذر الرئيسي، فينعكس هذا على ارتفاع الاستحثاث الورقي epinastie (Aisen *et al.*, 1999) .

1-3-4- دورالحديد في تنشيط البكتيريا العقدية:

تشكل البقوليات مع بكتيريا التربة من جنس Rhizobium ،Bradyrhizobium التي تقوم بتثبيث الهيدروجين الجوي (N_2) و اختزاله إلى آمونيا (NH_4^+) في وجود إنزيم النيتروجيناز(nétrogénase)،الذي يحوي الملبدان(Mo) و الكبرتيت و الحديد(Tan *et al.*, 1990). هذا الأخير يدخل في تكوين بروتين اللجهموجلوبين (leghémoglobine) ،الذي يرتبط بالأوكسجين عند سطح كل خلية عقدية حيث يسهل انتشاره فيها و بالتالي تزويدها بالأوكسجين الذي تحتاجه في عملية التنفس (Ragland *et al* .,1993).

4-1. صور تيسر انتقال الحديد:

يكون الحديد متوفرا بكثرة في التربة على شكل اوكسيد الحديد أو على شكل راسب في صورة دهيدروكسيد الحديد hydroxyde ferrique،كما يوجد متمخلبا مع المركبات العضوية (siderophoresbacteriens, acidesorganiques, acidesfubriques) أو الصناعية (EDTA, EDDHA).

يتم انتقال الحديد من الوسط الخارجي (محلول التربة أو محلول مغذي) إلى الجذر عن طريق الخشب على صورة Fe^{+3}ممخلب بسترات(citrate) ،ثم يتجه نحو اللحاء على صورة Fe^{3+} ممخلب مع الحامض الأميني(nicotianamine)، يتوضع هذا الأخير في نسغ لحاء مختلف النباتات فهو مكمل لعمل السترات (citrate) المتمخلب مع Fe^{+3}في الخشب(Udo and Gunter., 1993) نتيجة تميزه بالخصائص التالية :

- قدرته على احتباس الحديد طيلة فترة نقله في اللحاء.
- حث اللحاء على شحن الحديد.
- يساعد على تحرير الحديد من اللحاء عندما يصل إلى الأوراق .

(Stephen and Scholz., 1993)

1-5-العوامل المؤثرة على تيسر الحديد:

يتوقف ظهور أعراض نقص الحديد في النبات على الكمية الميسرة له في التربة والتي تتحكم بها مجموعة من العوامل يمكن إيجازها فيما يلي:

✓ **pH محلول التربة:**

تعتمد درجة ذوبان الحديد بدرجة كبيرة على pH الوسط ، لدرجة أنه يحدث انخفاضا في تركيز الحديد الذائب قدره 1000 مرة ضعف مع كل زيادة في الـ pH قدرها وحدة واحدة .

وبالتالي يكون من الواضح أن تسير الحديد للنبات يقل بدرجة كبيرة مع ارتفاع رقم الـ pH (Palmgren , 2001) ، لذلك يكون نقص الحديد الميسر في الأراضي الجيرية في الغالب نتيجة ارتفاع رقم الـ pH لها ،حيث يصبح أيون الحديديك هو السائد (Briat *et al* ., 1999).

يمكن التقليل من شدة هذا النقص بانخفاض رقم الـ pH بإضافة المركبات ذات التأثير الحامضي مثل الكبريت المعدني لمثل هذه التربة ،كما يمكن زيادة تيسر الحديد للنبات في التربة القاعدية بإضافة المواد العضوية لها(Robinson *et al*., 1999). لكن عكس ذلك في الأراضي شديدة الحموضة حيث يمكن أن يتواجد أيون الحديدوز بتراكيز مرتفعة قد يصل إلى حد السمية (Grusak *et al* ., 1990).

✓ **المادة العضوية:**

يزداد الحديد الميسر للنبات بوجود المادة العضوية حيث يوجد في صورة مركبات مخلبية ذائبة في محلول التربة، لذلك يمكن القول بأن الأراضي الفقيرة في محتواها من المادة العضوية قد تعاني من نقص الحديد الميسر للنبات.(Kraemer, 2004)

✓ **قوام التربة** :

تقل كمية الحديد الميسر في الأراضي خشنة القوام كما هو الحال في الأراضي الرملية التي تحتوي على كمية قليلة من الحديد الكلي و بالتالي النباتات النامية بها تعاني من نقص الحديد.(Mortvedt, 2000)

✓ **محتوى الأراضي من الرطوبة** :

ذكر كل من(Stemmler et al (2003 أن ارتفاع رطوبة التربة الزراعية تقلل من التهوية وبالتالي تأثر على النمو فيصبح ضعيفا ،حيث يكون أكثر قابلية للتعرض لنقص الحديد خاصة في الأراضي الجيرية، ففي هذه الأراضي يجب الحذر من ارتفاع المحتوى الرطوبي بها وذلك بتجنب

الري المستمر الذي يؤدي إلى غسل العناصر الغذائية الأخرى، حيث لوحظ ظهـور الاصـفرار على النباتات النامية تحت هذه الظروف نتيجة حدوث التحلل المائي لكربونات الكالسيوم (Kraemer, 2004).

✓ **درجة الحرارة :**

إن انخفاض درجة الحرارة يقلل من معدل نمو النبات ،كما تقل معدنة المادة العضـوية التـي تساهم بجزء أساسي في تيسير الحديد نتيجة قلة نشاط الكائنات الدقيقة تحت هذه الظروف، لـذلك يمكن ظهور الاصفرار الناتج من نقص الحديد الميسر.(Weinberg, 2000)

1-6- التداخل بين العناصر الغذائية:

1-6-1- التداخل بين الحديد وبعض الأيونات:

إن زيادة الفسفور الذائب في التربة يقلل من امتصاص الحديد، حيث يعتقد أن الفوسفات يساعد على ترسيب الحديد في وسط النمو وجعله في صورة غير قابلة للامتصاص بواسطة النبات (Mckie *et al.*, 2001) .ارتفاع نسبة الفسفور في الوسط يؤدي إلى نقص الحديد مما يسبب اصفرار للنباتات ،حيث تبين أن التركيز العالي للفسفور يؤدي إلى ترسيب الحديد على أسطح الجذور أو داخلها وعدم انتقاله إلى الأوراق (Thomine *et al.*, 2000) نفس التأثير وجد مع زيادة Zn، Mo، Mn و Cu في وسط النمو ،حيث يحدث تنافس بين تركيزها و تيسير امتصاص الحديد للنبات إذ يمكن أن تظهر أعراض نقص الحديد تحت هذه الظروف.

أشارت بعض الأبحاث الى زيادة مستوى التسميد النيتروجيني خاصة إذا كان في صورة نترات يؤدي إلى ظهور أعراض نقص الحديد (Mortvedt ,2000) ، في حين إضافة الحديد مع النيتروجين في صورة آمونيا (NH_4^+) يزيد الإنتاج نتيجة التأثير الحامضي لهذا السماد ،لكن يحدث عكس هذا عند إضافته في صورة نترات No_3^- ذات التأثير القاعدي (Coppenet and Juste., 1994).

2-6-1- التداخل بين الحديد وبعض الكاتيونات:

تلعب كاربونات الكاليسيوم والمغنيزيوم دورا مهما و مباشرا في درجة ذوبان الحديد حيث تؤدي زيادة كمية الكاربونات إلى تحويل أيون الحديدوز الذائب إلى صورة غير ذائبة كأكسيد الحديديك أو هيدروكسيد الحديديك يتضح ذلك من المعادلات التالية:

$$Fe^{+2} + CaCO_3 \longrightarrow FeCO_3 + Ca^{+2}$$

$$2FeCO_3 + Ca(HCO_3)_2 + O_2 \longrightarrow Fe_2(CO_3)_3 + Ca(OH)_2$$

$$Fe_2(CO_3)_3 + 3H_2O \longrightarrow Fe_2O_3 + 3H_2CO_3$$

فوجود الكاربونات في التربة يشجع نقص الحديد الميسر للنبات وبالتالي ظهور الاصفرار عليها (Coppenet and Juste .,1994 , Mckie *et al* ., 2001)، كما أن ظهور أعراض نقص الحديد في الأراضي الجيرية يرجع إلى عرقلة أيون البيكاربونات HCo_3^- لامتصاص كاتيونات الحديد وانتقاله داخل النبات ، يتكون أيون البيكاربونات من عملية التحلل المائي لكربون الكالسيوم كما في المعادلة التالية: $CaCO_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow Ca^{+2} + 2HCO_3^-$

تؤثر البيكاربونات على امتصاص النبات للحديد ، إذ أن امتصاصه يؤدي إلى رفع قيمة pH المسافات بين خلوية للجذور وخلايا أنسجة الأوراق، فيترسب الحديد داخل النبات (الجذور) وتقل حركته في الخشب و اللحاء مما يحدث ظهور الاصفرار على الأوراق الحديثة (Watteau et Berthelin ., 1992). وللتقليل من ظاهرة الاصفرار الناتج عن نقص الحديد في الأراضي الجيرية يجب الاهتمام بمايلي :

- عدم زيادة رطوبة الأراضي أكثر من اللازم.
- زيادة نسبة CO_2 في المجال الأرضي للتقليل من أيون OH^- الناتج من التحلل المائي.
- إضافة بعض المركبات ذات التأثير الحامضي مثل الكبريت المعدني إلى مثل هذه الأراضي. (Coppenet and Juste ., 1994)

1-7- تخزين الحديد في النبات:

إن امتصاص كميات كبيرة من الحديد الموجود في التربة تؤدي إلى تراكمه في الأنسجة مما يتطلب أنظمة تخزين فعالة حتى نتجنب خطر السمية(Longnecker and Welch .,1990) ، تعتبر الأبوبلازم (apoplasme) احسن مكان لتخزين الحديد خصوصا على مستوى قشرة الجذر، من جهة أخرى أيون الفوسفات (PO_4^-) له القدرة على تكوين فوسفات الحديد في الأبوبلازم (apoplasme) (Portnoy *et al*., 2000) ، كذلك أوكسيدات الحديد المتواجدة في البلاستيدات تكون بأشكال متعددة تساعد على تخزين الحديد الحر و جعله غير سام و الاستفادة منه حسب احتياجات الخلية فهي تتكون من 24 وحدة بروتينية مشكلة حلقة مجوفة داخل جزيئة تعرف ب (ferritine) وهي بروتين حديدي يمكنه تخزين ما يقارب 4500 ذرة حديد(Hentz and kuhn , 1996)

1-8- ستجابة النبات لنقص الحديد:

1-8-1-استجابة مورفولوجية:

بينت الدراسات أن نقص الحديد في محلول التربة يؤدي إلى ظهور تغيرات مورفولوجية للجذر تتمثل في تكوين خلايا ناقلة تتميز بزيادة السيتوبلازم مقارنة بحجم الفجوة مما يؤدي إلى زيادة مساحة سطح الغشاء البلازمي للخلايا الجذرية (Adam and Smith., 2001) تتمثل هذه الخلايا في تعرقات الأوراق وبشرة الفلقتين وخلايا الأنسجة الجنينية.تغيب هذه الخلايا المميزة في الظروف العادية للنمو و ظهورها دليل على نقص الحديد في الوسط (Briggs, 1995، Schmidt and Bartels., 1996).

يسبب نقص الحديد قصر طول الجذر الرئيسي وزيادة قطر قمته النامية، كذلك زيادة طول وعدد الأوبارالماصة وارتفاع معدل اختزال الحديد على مستوى مساحة الجذور، زيادة حموضة المجال الجذري وارتفاع كفاءة انتقال الحديد(Robinson *et al.*, 1999, Schmidt *et al.*, 2000) ،.كل هذه التغيرات المورفولوجية هي استجابة النبات لمقاومة نقص الحديد وزيادة نسبة تيسر انتقاله إلى الأوراق(Eckard *et al.*, 2001).

تظهر الاستجابة لنقص الحديد عند بعض الأنواع النباتية مثل نبات الطماطم والفلفل والخيار بتركيب خلايا ناقلة متحولة .هذا النوع من التغيرات المورفولوجية يتم على مستوى خلايا مرتبطة بالأوعية والخلايا المرافقة (قصيبات ،خلايا غربالية) المتجمعة (Schmidt and Bartels .,1996) في حالة الحد من التغذية بالحديد ، الخلايا الناقلة تظهر على مستوى أدمة الجذور ،تتميز بانغماد في الجدار الخلوي مشكلة نتوءات من نوع تجويفي عند نبات الطماطم (Dahiya and Brewin ., 2000) (Schmid and Schikora, 2001),.

1-8-2- استجابة فيزيولوجية :

يسبب نقص الحديد تراكم مادة Riboflavine في جذور معظم النباتات ثنائية الفلقة وذلك نتيجة عدم تمثيل purine بسبب انخفاض نشاط إنزيم xanthine-oxidase الذي يمثل سترات إلى isociatrate (Susin *et al.*, 1993). الأمر الذي يساعد على تراكم الأحماض العضوية بالخلية الجذرية، مما يؤدي إلى زيادة حموضة عصارة الفجوة بالخلية الجذرية (Espen *et al* ., 2000) وانخفاضها في السيتوبلازم نتيجة زيادة نشاط إنزيم H^+-ATPase المتواجد في الغشاء البلازمي فيتحول ATP إلى ADP مع تحرير H^+ في الوسط الخارجي (Graciano and Sierge .,1990).

كما يزيد نقص الحديد من نشاط إنزيم NAD(H) dehydrogenase فيتحول إلى NAD (Schmidt, 1993) ،هذا التحول يحفز نظام الأكسدة والاختزال الذي يزيد من القدرة الاختزالية بالغشاء البلازمي للخلية الجذرية نتيجة ارتفاع نشاط إنزيم Fe^{+3}-citrate réductase ليتم اختزال Fe^{+3} إلى Fe^{+2} على مستوى جدار الخلية أي في المسافات البينية بينه وبين الغشاء البلازمي تاركا المادة المتمخلبة (سترات citrate) خارج سطح الجذر (Robinson et al ., 1999, Eckardt *et al*., 2001).

يؤدي نقص الحديد إلى تغير كاتيونات وأيونات العصارة النباتية في اللحاء ، وقد أشار بعض العلماء إلى أنه هناك أحماض عضوية هي السبب في انتقال الحديد من الجذور إلى الأوراق عبر اللحاء واحتمال وجود مثبطات كاتيونية في جذور ثنائية الفلقة (Ana *et al*.,2000).

فسر كل من Herbik *et al* (1999) و Espen *et al* (2000) ارتفاع نشاط glyceral dehyde3-phosphate dehydrogenase في جذور نبات الطماطم أثناء نقص الحديد بانخفاض الأكسدة التنفسية بينما يرتفع إنزيم Ascorbate peroxydase formate dehydrogenase في حالة نقص الحديد في جذور نبات الطماطم وينخفض نشاط كل من superoxide peroxidase و plastocyanine في الأوراق، مما يؤدي إلى انخفاض الأكسدة التنفسية و بالتالي انخفاض كفاءة التمثيل الضوئي.

1-9- بعض أسمدة الحديد و طرق إضافتها :

تستخدم مركبات الحديد كأسمدة لمعالجة نقص الحديد الميسر بالتربة الزراعية و تختلف طرق إضافة هذه الأسمدة حسب خواص التربة الفيزيائية و الكيميائية ،كذلك نوع السماد و المحصول، حيث تستعمل بعدة طرق منها رشا على الأوراق بصور مختلفة مثل كبريتات الحديدوز ($FeSo_4 7H_2O$) أو إضافتها مباشرة في التربة بصورة مركبات مخلبية صناعية التي تعتبر أكثر ثباتا مقارنة مع المركبات المخلبية لمختلف العناصر المعدنية الصغرى(Udo and Gunter., 1993) .

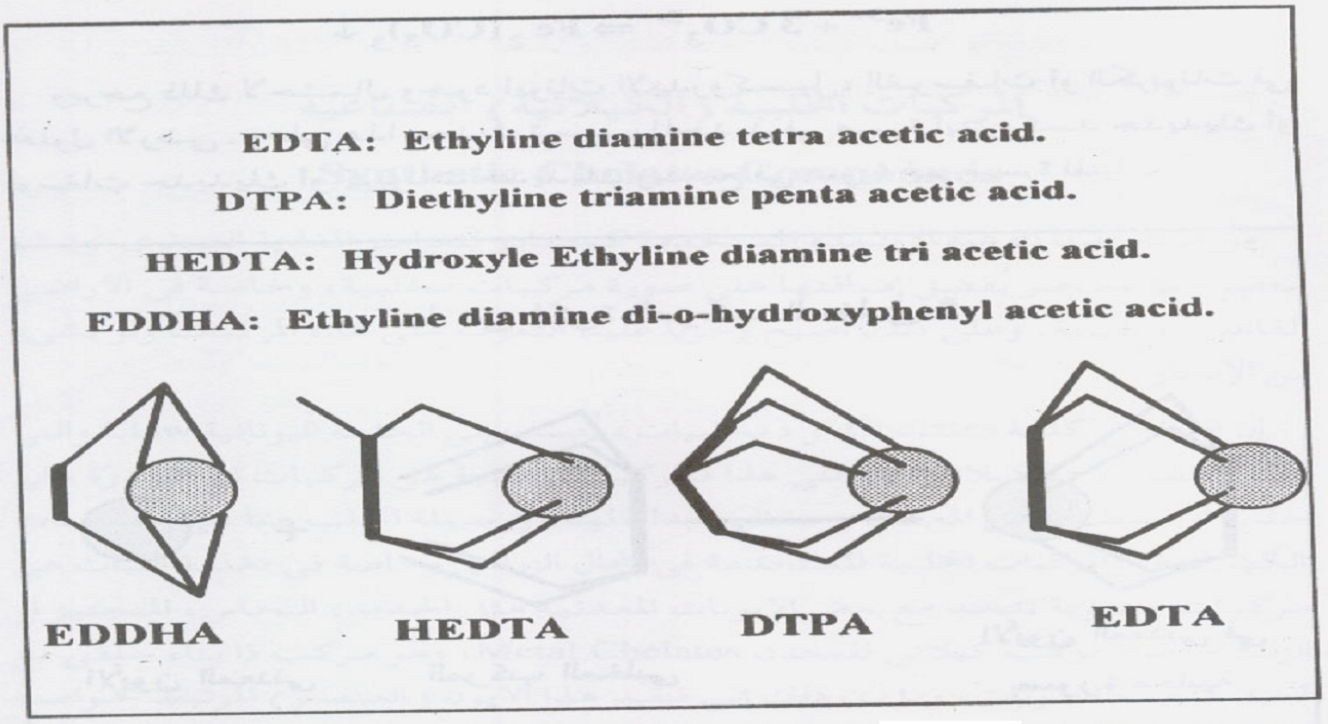
لدور الأول لهذه المركبات في تغذية النبات هو جعل الحديد ميسرا و جاهزا للامتصاص من طرف الجذور،حيث تمتص الحديد من المركب المخلبي عن طريق التبادل معه تاركا الجزء العضوي في محلول التربة (Fox *et al*., 1996).

نذكر بعض هذه المركبات المخلبية:

- ثنائي الإيثيلين ثلاثي الأمين خماسي حمض الخليك (DTPA)
- الإيثيلين ثنائي الأمين رباعي حمض الخليك (EDTA)

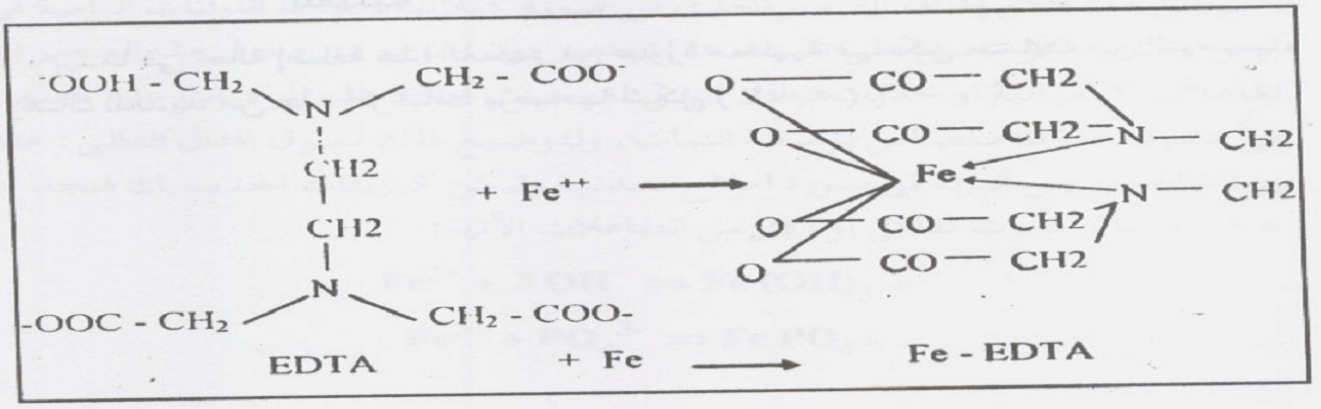
- إيثيلين ثنائي الأمين ثنائي الفينيل هيدروكسى حمض الخليك (EDDHA)
- الايدروكسيل اتيل ثنائي الأمين ثلاثي حمض الخليك (HEEDTA)

فيما يلي توضيح لبعض المركبات المخلبية و التركيب البنائي ل Fe-EDTA حسب(Brait *et al.*, 1995)



شكل (1 -2) : رسم تخطيطي لبعض المركبات المخلبية

ويمكن توضيح التركيب البنائى لمركب Fe - EDTA كما يلى :



المواد و طرق البحث

II- مواد و طرق البحث :

2-1- الهدف من الدراسة :

اجريت هذه التجربة خلال موسم النمو 2007-2008 بشعبة الرصاص (جامعة منتوري قسنطينة) حيث تمت مجموعة من الدراسات: المورفولوجية و الفيزيولوجية ، البيوكيميائية على اوراق نبات الطماطم (*Lycopersicum esculentum* Mill.) ، المعاملة بعنصر الحديد المضاف بطريقتين مختلفتين و ذلك لمعرفة مدى تاثير هذا العنصر على النبات خلال مرحلة نمو الشتلة و النمو الخضري.

2-2- تصميم التجربة:

صممت التجربة بالقطاعات العشوائية الكاملة و تم تقسيمها الى جزئين منفصلين هما:

- إضافة الحديد على شكل Fe-EDTA في المجال الجذري .
- إضافة الحديد على شكل $FeSo_4 7H_2O$ رشا على الأوراق .

احتوت كل جزء من التجربة على أربع معاملات من الحديد F_0 (شـــاهد)، F_1، F_2، F_3 ، كـــل معاملة كررت أربعة مرات وبذلك اشتمل كل جزء من التجربة على32 وحدة تجريبية.

1- المستويات:

تضمنت التجربة صنفين من نبات الطماطم(*Lycopersicum esculentum* Mill.)

هذا النبات العشبي و الحولي موطنه الاصلي امريكا الوسطى و الاستوائية، الوضع التصنيفي لـــه حسب Cronquist 1981هو:

Division : **Spermatophyta**
Sb/ division : Angiospermae
Classe : Dicotyledoneae
Sub/ class :Asterida
Order : Solanales
Famille : Solanaceae
Genre : *Lycopersicum.*
Espece : *Lycopersicum esculentum* Mill.
Var : - Riogrand
- Marmande

- Riograند(R): صنف مكسيكي(موجه نحو التعليب)

- Marmande(M): صنف فرنسي (موجه نحو الاستهلاك الطازج)

ب-المعاملات:

استعمل في كل جزء من التجربة أربع تراكيز مختلفة من الحديد على النحو التالي:

- إضافة الحديد في المجال الجذري بشكل Fe-EDTA كما يلي:

F_0: شاهد بدون إضافة الحديد

F_1: 15 µmol \ l

F_2: 25 µmol \ l

F_3: 50 µmol \ l

- إضافة الحديد رشا على الأوراق على صورة $FeSo_4 7H_2O$ بالتراكيز التالية :

F_0: شاهد بدون إضافة الحديد

F_1: 2.5 µmol \ l

F_2: 5 µmol \ l

F_3: 10 µmol \ l

ج- المكررات :

احتوى كل جزء من التجربة على أربعة معاملات، كل معاملة كررت أربعة مـــرات وجـــدول المعاملات(2-1) يبين ذلك:

جدول (2-1)المعاملات

Marmande				Riograند				الصنف
F_3	F_2	F_1	F_0	F_3	F_2	F_1	F_0	المعاملات / المكررات
M_1F_3	M_1F_2	M_1F_1	M_1F_0	R_1F_3	R_1F_2	R_1F_1	R_1F_0	1
M_2F_3	M_2F_2	M_2F_1	M_2F_0	R_2F_3	R_2F_2	R_2F_1	R_2F_0	2
M_3F_3	M_3F_2	M_3F_1	M_3F_0	R_3F_3	R_3F_2	R_3F_0	R_3F_0	3
M_4F_3	M_4F_2	M_4F_1	M_4F_0	R_4F_3	R_4F_2	R_4F_1	R_4F_0	4

2-3- تنفيذ التجربة: أجريت التجربة بشعبة الرصاص (جامعة منتوري قسنطينة) ،اشـــتملت علـــى مرحلتين:

2-3-1- مرحلة نمو الشتلة:

تم إنبات بذور الطماطم (Marmande, Riogrand) في أطباق بتري على أوراق ترشـــيح مبللة بالماء المقطر، تمت العناية بها(البذور) حتى ظهور الجذ ير والسويقة، بعدها نقلت البـــادرات إلى اكواب قطرها 10سم مملوءة بخليط من تربة، رمل و مادة عضـــوية غيـــر منحلـــة بنســـبة 1 :1 : 1وضعت كل الاكواب تحت ظروف مراقبة في غرفة نمو درجة حرارتها بين20-25 ^{0}م نهارا و 18-20 ^{0}م ليلا.

بدأت المعاملات من ظهور الورقتين الأوليتين إلى غاية ظهور الورقـــة 5-7 ، اســـتغرقت التجربة شهرين ، طبقت خلالها دراسة موروفولوجية، فيزيولوجية وبيوكيميائية على الأوراق.

2-3-2- مرحلة النمو الخضري:

للحصول على شتلات متجانسة في النمو، تمت العناية ببادرات نبات الطماطم مدة شـــهرين (فيفري-افريل) ،خلال هذه المدة كانت تسقى بالماء العادي (حنفية) ، بعد ظهور الورقة 5 نقلـــت الشتلات المتجانسة إلى أصص أبعادها 21سم/23 سم.

وضعت الأصص داخل البيت البلاستيكي المتواجد بشعبة الرصاص ، بدأت المعـــاملات بعـــد حوالي أسبوع من الزرع، استغرقت هذه التجربة أربعة أشهر (افريل- جويلية)، حيث طبقت على الأوراق دراسة مورفولوجية، فيزيولوجية وبيوكيميائية.

2-4- الدراسة التحليلية المتبعة:

2-4-1- الدراسة المورفولوجية:

- ✓ **قياس مؤشر النمو (LPI, PI):**

لمعرفة مدى تأثير عنصر الحديد على القمة النامية والأوراق المركبة تم تطبيق المعادلة المتبعة من طرف(Warren and Richard.,1976) ، حيث تم قياس مؤشر نمو النبات (PI) و مؤشر نمو الورقة (LPI) خلال مرحلة نمو الشتلة و النمو الخضري.

✓ **الاستحثاث الورقي (0^0) :**

نفذت هذه الدراسة لمعرفة تاثير عنصر الحديد حسب طريقة (Youssef *et a l*(2000 ، ذلك بقياس زاوية ميل نصل الورقة المركبة الأكثر توترا و الأقل توترا.

✓ **النمو النسبي (سم / يوم) :**

لتحديد اثر الحديد على نمو النبات، تم حساب النمو النسبي أثناء مرحلة نمو الشتلة و النمو الخضري حسب طريقة (Bernstein *et al*(1993، بإجراء قياسات على سرعة نمو النبات من بداية ظهور الورقتين الاوليتين.

2-4-2-**الدراسة البيوكيميائية:**

✓ **تقدير الكلوروفيلa. T .b و الفيوفيتين T .b.a ،الكاروتين (mg/g.MF) :**

تم تقدير هذه المتغيرات في أوراق النبات أثناء مرحلة نمو الشتلة والنمو الخضري تبعا لطريقة(1970) Francis *et al* مع بعض التعديل (1998)Hecazie *et al*.، حيث تم تحضير مزيج مكون من 75% اسيتون و 25% ايثانول، أخذ 0.1 غ من الأوراق الغضة وضعت في 10مل من المذيب السابق ، وضعت العينات في مكان دافئ و مظلم لمدة 48 ساعة.

تمت قراءة الكثافة الضوئية لكل وحدة تجريبية على حدى على طول موجات 470، 645، 647، 652، 663 نانومتر بواسطة جهاز Spectrophotomètre 20D.

✓ **تقدير الجليكوز والفركتوز (µg/100g/MF):**

تم تقدير السكريات حسب طريقة (1956)Dubois ،عن طريق التلوين بواسطة خليط من محلول الفينول بتركيز 5 % و حامض الكبريتيك المركزالمضاف الى العينة النباتية (المادة الغضة). ثم وضعت العينات في حمام مائي لمدة 20 دقيقة في درجة حرارة 30°م، قراءة الكثافة الضوئية في جهازSpectrophotomètre 20D على طول موجة 488 نانومتر بالنسبة للجليكوز و 490 نانومتر بالنسبة للفركتوز ،حسبت التراكيز من المنحنى القياسي .

✓ **.تقدير الحديد الكلي والحديد النشط (ppm) :**

تم استخلاص الحديد الكلي والحديد النشط في أوراق العينات النباتية ، اثناء مرحلة نمو الشتلة و النمو الخضري بواسطة الكاشف phenantroline المذاب في ماء مقطر مرتين ، يضاف 10مل منه الى العينة النباتية(المادة الطازجة) ، تترك العينة لمدة 16 ساعة تحت ظروف مخبرية

ثم يقدر كل من :

الحديد النشط (Fe^{++}) بواسطة جهاز Spectrophotomètre 20 D على طول موجة510 نانومتر تم حساب النتائج من خلال المنحنى القياسي المحضر من الحديد النقي.

أما الحديد الكلي بواسطة جهازAtomic Absorption A 20 plus على طول موجة 248.3 نانومتر ، حسبت النتائج من الجهاز مباشرة بعد ضبطه بمحلول قياسي تابع له Katyal and Sharma (1980).

✓ **تقدير الفوسفور PO_4^- (ppm):**

تم استخلاص الفوسفور في أوراق تبعا لطريقة الدوري وآخرون (1989). أثناء مرحلة نمو الشتلة و النمو الخضري بواسطة مخلوط من مولبدات الامونيوم و حامض الكبريتيك المركز و وحامض الاسكوربيك 20٪، تجرى عملية الهضم في حمام مائي حرارته 80 ^{0}م لمدة 6 ساعات حتى ظهور راسب ابيض، بعد الترشيح خففت العينات و تمت القراءة بواسطة جهاز Spectrophotomètre 20D على طول موجة 650 نانومتر وحسبت النتائج من المنحنى القياسي المحضر من KH_2PO_4 .

2-4-3-الدراسة الفيزيولوجية:

✓ **تقدير الاستشعاع الكلوروفيلي:**

لمعرفة تأثير التراكيز المختلفة للحديد على فاعلية الأنظمة الضوئية و مردودهم الكمي على جهاز التركيب الضوئي، تم تقدير الاستشعاع الكلوروفيلي على الورقة 5-7 أثناء مرحلة نمو الشتلة والورقة 11 لمرحلة النمو الخضري بواسطة جهاز (Hansatech fluorescence Monitoring System) FMS_2 ، بوضع حاجب آلي على العينة المراد قياسها لمدة10 دقائق من اجل تأقلمها لفترة مظلمة قبل القياس.

يستعمل هذا الجهاز ومضات اهتزازية قصيرة حتى لا يحدث تغيير في فسيولوجيا العينة المدروسة (الأوراق)، حيث تكون شدتها اقل من10.05 $S^{-1}\backslash m^{-2}\backslash \mu mol$ تساعد هذه الإضاءة على تحديد الاستشعاع البدائيF0 ، يحتوي الجهاز على مصباح هالوجيني يرسل إضاءة بيضاء غير متغيرة شدتها3000.0 $S^{-1}\backslash m^{-2}\backslash \mu mol$ ، كما يرسل إضاءة ازدواجية ذات إضاءة بيضاء شدتها 18000 $S^{-1}\backslash m^{-2}\backslash \mu mol$ على شكل ومضات قصيرة لمدة 0.3-5 ثواني مما يساعد على تحديد أقصى مستوى الاستشعاع F_m.

التغيير في الاستشعاع (F_V) هو الفرق بين إنتاج استشعاع البدائي (F0) و الأقصى (F_m) ، فالعلاقة F_V / F_m تتناسب مباشرة بمقدار الكفاءة القصوى للكيمياء الضوئية ، يتناقص الاستشعاع مباشرة بعد المرحلة المتهيجة في حالة شبه ثابتة (Fs)، تتميز هذه المرحلة البطيئة بان إشارة الاستشعاع الكلوروفيلي تكيفت تحت ظروف الإضاءة الاكتينية(الأشعة البيضاء)المتواصلة، حيث تتناقص الهزات المسجلة نتيجة إخماد الكيمياء الضوئية (qP)، التي تعكس صورة نقل الالكترونات من PSII إلى المستقبل الأول (Q_A) و هذا يمثل الكيمياء اللاضوئية (qNP) كمنافس لإخماد الكيمياء الضوئية (qP) (Schreiber and **Bilger**.,1986) .

هذا الجهاز المتصل بالحاسوب الالكتروني المسير بواسطة برنامج Windows PC تم من خلالها حساب:

- فاعلية الاستقطاب و تجميع الطاقة الضوئية (Fv/Fm).
- المردود الكمي للنظام الضوئي PSII Ø.
- معدل نقل الإلكترونات (etr).
- معاملات إخماد الكيمياء اللاضوئية (qNP).
- معاملات إخماد الكيمياء الضوئية (qP).

حيث تم تحويل هذه الثوابت على شاشة الجهاز إلى قيم رقمية.

2-5- عينة التربة:

تم أخذ عينة التربة من مشتلة الجامعة دائرة تربية النحل شعبة الرصاص ، جففت عجينة التربة هوائيا لمدة ثلاثة أيام ، تم نخلها في منخل قطر عيونه 2 مم ،أخذ 250 غ من هذه التربة أضيف لها الماء المقطر مع الخلط جيدا إلى غاية اختفاء الفقعات الهوائية، بعد حوالي ساعة من تحضيرها تم قياس pH في مستخلص عجينة التربة باستخدام جهاز (pH mètre) حسب طريقة Materiaux (1954).

✓ **تقدير الفوسفور الميسر في التربة:**

بعد تحضير مستخلص التربة تم ترشيحه بورق ترشيح Watman N^0=1 ، قدر الفسفور بطريقة التلوين بموليبدات الألمنيوم. أجريت القراءة بواسطة جهاز spectro photometre 20 D و حسبت النتائج باستعمال المنحنى البياني بتحضير تراكيز من KH_2PO_4 تبعا طريقة Chapman and Pratt(1961).

✓ **تقدير الحديد الميسر في التربة:**

تم استخلاص الحديد الميسر في التربة بواسطة خلات الامونيوم ذات pH =4.8 و بعد الرج لمدة 30 دقيقة أجريت عملية الطرد المركزي للحصول على محلول رائق ،قدر فيه الحديد بواسطة Atomic Absorption A 20 plus على طول موجة قدرها248.3 نانومتر تبعا لطريقة Black(1965).

✓ **تقدير المادة العضوية:**

تم تقدير المادة العضوية تبعا لطريقة Black(1965) .

✓ **تقدير الكاربونات الفعالة :**

تم تقدير الكاربونات الفعالة حسب طريقة(Richards(1954.

2-6 – الدراسة الاحصائية :

لتحديد المتغير الاكثر تمثيلا للأفراد المدروسة و تعيين اثر الفعل النوعي للحديد على نمطين وراثيين من نبات الطماطم المعاملة ب Fe-EDTA ب $FeSO_4 7H_2O$ ،خلال مرحلة نمو الشتلة و مرحلة النمو الخضري، أجريت على هذه المتغيرات دراسة إحصائية وصفية تمثلت في إتباع تحليل المركبات النمودجية (ACP) principales Analyes en conposantes ، تم من خلالها الحصول على مختلف الارتباطات الايجابية و السلبية بين المتغيرات المقدرة على الأوراق خلال مرحلة نمو الشتلة و مرحلة النمو الخضري ، هذه المتغيرات النمودجية الممثل للأفراد طبقت عليهم دراسة تحليلية استدلالية بإتباع تحليل التباين(ANOVA) تحت تصميم القطاعات العشوائية الكاملة Randomization total (RT) ، الهدف من ذلك هو تحديد ف البيانية و مقارنتها ب ف الجدولية و كذلك تقويم مدى تأثير التراكيز المقترحة للتجربة.

لمعرفة مجاميع الأفراد المتشابهة و المتباينة دعمت هذه الدراسة الاحصائية بواسطة برنامج إحصائي XL State version 2008

النتائج و المناقشة

III- النتائج:

3-1- تحليل التربة:

الجدول (3-1) بعض الخصائص الفيزيائية و الكيميائية للتربة المستعملة

Ph	Po_4^- الميسر (ppm)	الحديد Fe الميسر (ppm)	مادة عضوية ٪	الكاربونات ٪ $Caco_3$
8.4	21.3	0.84	2.31	9.78

يبين الجدول (3-1) أن التربة ذات pH تقريبا قاعدية و غنية بالمواد العضوية. كذلك جيرية لاحتوائها على 9.78 ٪من الكاربونات، حيث أشار Hillal *et al* (1974) إلى أن التربة المحتوية على نسبة كاربونات اكبر أو تساوي 8٪ فهي جيرية.

1.1.3 . التجربة الأولى (إضافة الحديد في المجال الجذري على صورة Fe-EDTA):

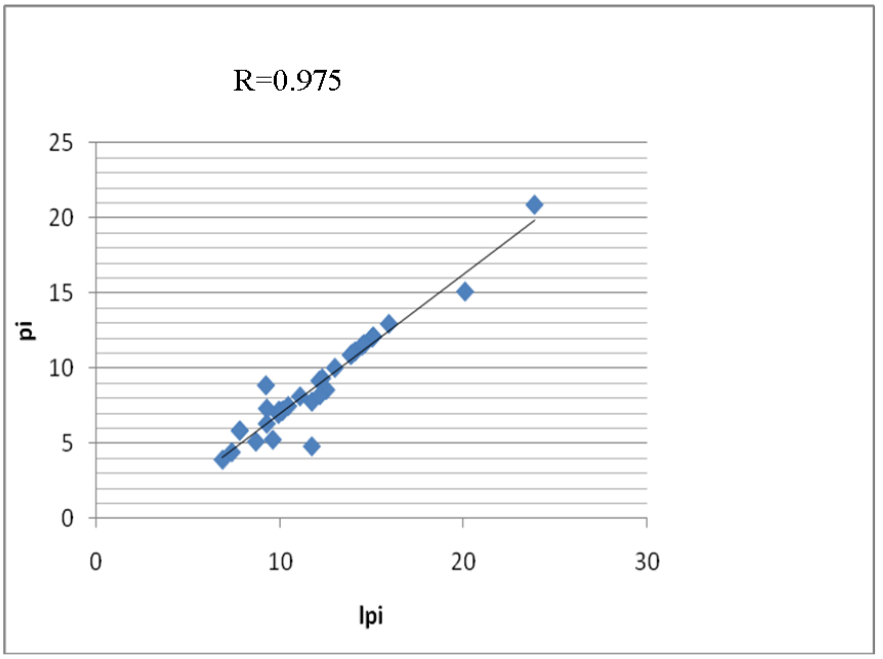
١- مرحلة نمو الشتلة:

- **التحليل الوصفي للأوراق على مستوى مصفوفة معامل الارتباطات:**

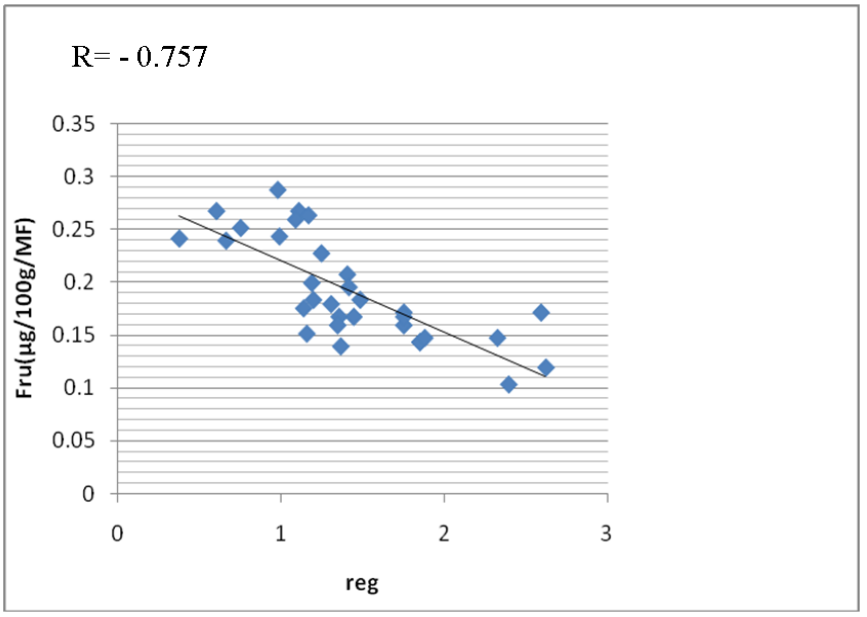
تبين من خلال تحليل مصفوفة معامل الارتباطات بين مختلف المتغيرات الموضحة في الجدول (3-1) أن أكبر ارتباط موجب سجل بين مؤشر تطور نمو النبات (Pi) و مؤشر تطور نمو الورقة (lPi) r = 0.957 في حين سجل أكبر ارتباط سلبي بين الفركتوز Fru و الماء النسبي Fru/tre r.= - 0.757 الشكل (3-1) الشكل (3-2) ،بينما سجلت ارتباطات أخرى بين مختلف المتغيرات تراوحت بين r=-0.753 و r=0.917.

الجدول (3-1)مصفوفة معامل الارتباطات بين المتغيرات المقدرة على أوراق نبات الطماطم خلال مرحلة نمو الشتلة المعاملة ب Fe-EDTA

Variables	pi	lpi	reg	Chl (a)	Chlo(b)	chlo(T)	Phe (a)	phe (b)	phe (T)	glu	fru	Fe T	ep	Fe ++	Car	ter	ØepsII	qp	qNP	F_v/Fm	etr	phs
pi	1																					
lpi	0,957	1																				
reg	0,328	0,293	1																			
Chl (a)	0,328	0,398	0,311	1																		
Chlo(b)	0,228	0,220	0,145	0,314	1																	
Chlo(T)	0,348	0,391	0,294	0,856	0,760	1																
Phé(a)	0,318	0,365	0,234	0,823	0,342	0,750	1															
Phé (b)	0,250	0,240	0,159	0,527	0,594	0,685	0,319	1														
Phé (T)	0,402	0,450	0,340	0,917	0,515	0,909	0,818	0,695	1													
glu	-0,391	-0,312	-0,597	-0,369	-0,379	-0,463	-0,232	-0,477	-0,485	1												
fru	-0,271	-0,309	-0,757	-0,408	-0,152	-0,363	-0,317	-0,173	-0,401	0,503	1											
Fe T	0, 49	0, 42	0,555	0,680	0,404	0,511	0,445	0,371	0,605	-0,306	-0,265	1										
ep	-0,100	-0,135	-0,366	-0,217	0,014	-0,144	-0,191	-0,109	-0,245	0,274	0,496	-0,233	1									
Fe++	0,514	0,543	0,678	0,673	0,469	0,719	0,548	0,407	0,724	-0,499	-0,670	0,600	-0,340	1								
car	0,059	0,088	0,342	0,514	-0,477	0,094	0,470	0,059	0,400	-0,190	-0,361	0,190	-0,294	0,762	1							
ter	0,124	0,237	0,383	0,436	0,213	0,415	0,409	0,383	0,539	-0,297	-0,403	0,290	-0,357	0,550	0,324	1						
ØepsII	0,155	0,131	0,450	0,490	0,274	0,486	0,432	0,409	0,462	-0,310	-0,204	0,001	-0,100	0,535	0,222	0,252	1					
qp	0,133	0,190	0,282	0,058	0,139	0,116	-0,019	0,056	0,125	-0,317	-0,439	-0,131	-0,134	0,768	-0,082	0,183	0,130	1				
qNP	-0,188	-0,188	-0,168	-0,503	-0,239	-0,471	-0,375	-0,367	-0,445	0,083	0,023	0,215	0,118	-0,325	-0,152	-0,115	-0,455	0,130	1			
Fv/Fm	0,160	0,141	0,297	0,553	0,535	0,672	0,470	0,560	0,577	-0,485	-0,100	0,189	-0,005	0,552	0,070	0,309	0,810	0,009	-0,354	1		
etr	0,059	0,051	0,242	0,141	0,355	0,300	0,190	0,332	0,283	-0,413	-0,130	0,086	-0,242	0,520	0,046	0,214	0,380	0,046	0,052	0,476	1	
phos	0,044	0,131	0,0 71	0,418	0,154	0,373	0,233	0,419	0,344	0,639	0,753	-0,109	0,376	-0,472	0,087	0,217	0,187	0,125	-0,116	0,179	0,212	1



شكل 3-1 اثر معاملات الحديد في صورة Fe-EDTA على العلاقة بين lpi /pi في الأوراق خلال مرحلة نمو الشتلة



شكل 3-2 اثر معاملات الحديد في صورة Fe-EDTA على العلاقة بين Fru/reg في الأوراق خلال مرحلة نمو الشتلة

- **التحليل الوصفي على مستوى حلقة الارتباطات:**

بينت المعطيات الموضحة على مستوى حلقة الارتباطات شكل (3-3) أن المحتوى الكلي (Phé T) مثل الأفراد في إبراز أثر فعل الحديد بنسبة 90% كما ساهم في تمثيل المحور 1 بمصداقية قدرها37.63% و عليه سمي المحور1 بـ "فاعلية الاستقطاب الضوئي Phé T" في حين عبر الفركتوز Fru على نفس الأفراد بنسبة قدرها65 % و عليه يكون قد مثل المحور 2 بفاعلية قدرها12.23 %لذلك سمي ب " توتر النمو Fru جدول (3-2).

- **التحليل الوصفي على مستوى المنحنى البياني لتوزيع الأفراد:**

تحكم المحور 1 ذو الفعالية العالية و الممثل بفاعلية الاستقطاب الضوئي Phé(T) في توزيع الأفراد حول المحورين 1-2 حيث تشكلت ثلاث مجموعات متباينة الشكل (3-4) :

- **المجموعة الأولى:**

أفراد هذه المجموعة(M_3F_3,M_2F_3,M_1F_3,M_0F_3,R_3F_3,R_2F_3,R_1F_3,R_0F_3) تمركزت في الجهة الموجبة للمحور 1 و هي معاملة بالتركيز(F_3=50µmol)حيث كانت نسبة الحديد النشط (Fe^{++})، الكلوروفيل (a) Chl، الكلوروفيل الكلي (T) Chl، الفيوفيتين Phé(a), Phé(T) ،المردود الكمي للنظام الضوئي (ØPSII) ، فاعلية الاستقطاب و تجميع الطاقة الضوئية F_V/F_m مرتفعة .كما سجل انخفاض ،الفركتوز (Fru)، الجليكوز(glu) والفسفور (Po_4^-) ،الاستحثاث الورقي(ep) ، ومعاملات إخماد الكيمياء اللاضوئية (qNP) .

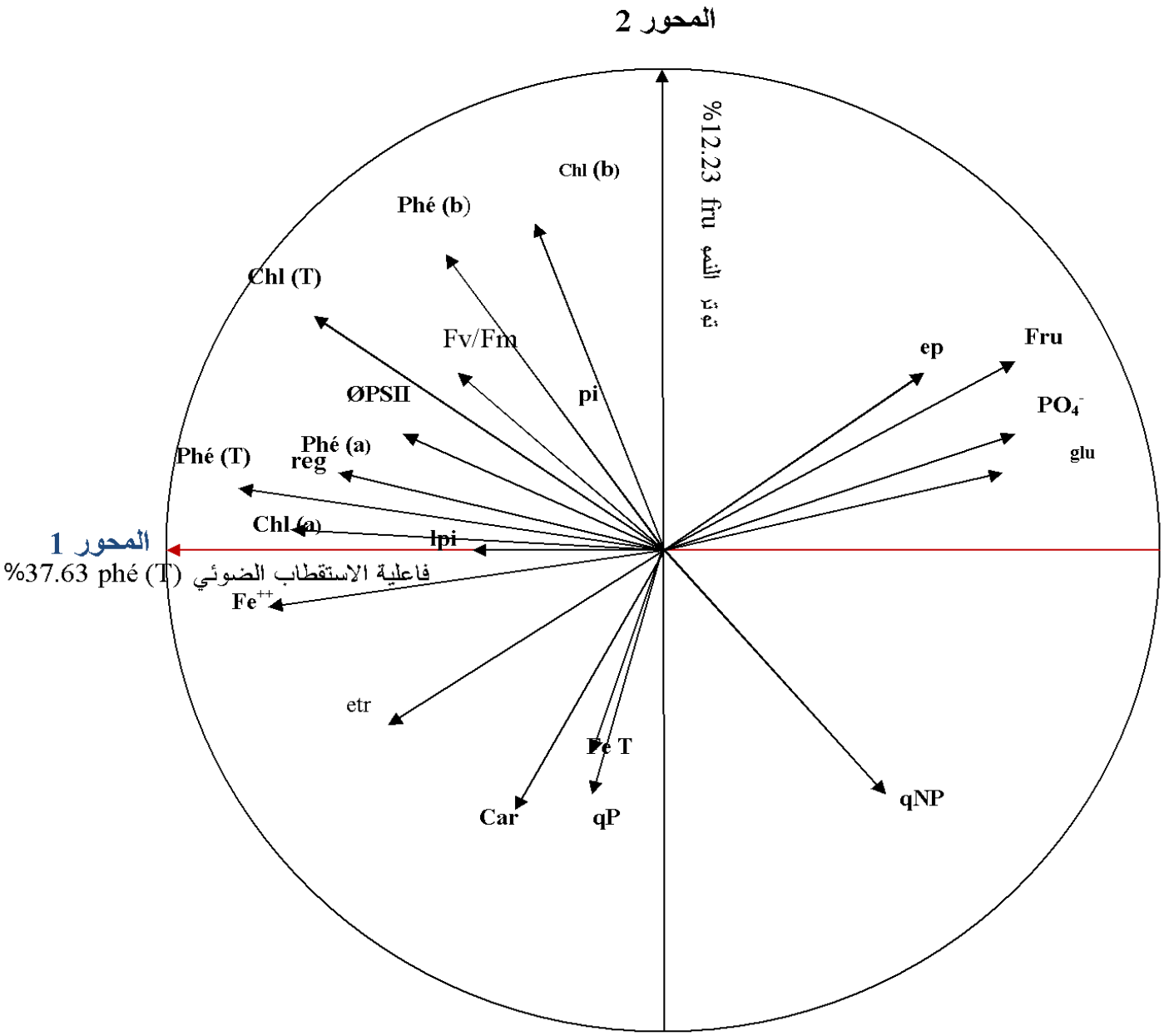
- **المجموعة الثانية:**

عند المعاملة بالتركيز (F_1=15µmol ،F_2=25µmol) تجمعت أفرادها (M_3F_1, M_2F_1,M_1F_1,M_0F_1 , R_3F_2, R_2F_2, R_1F_2 , R_0F_2, R_3F_1, R_2F_1, R_1F_1, R_0F_1) حول نقطة تقاطع المحورين 1-2و تميزت بزيادة محتوى (M_3F_2,M_2F_2,M_1F_2,M_0F_2, الكلوروفيل Chl(b) ،الفيوفيتين Phé(b) الحديد الكلي Fe (T) ومعاملات إخماد الكيمياء الضوئية (qP) ،الكاروتين (Car)، مؤشر نمو الورقة(lpi)،مؤشر نمو النبات(Pi).

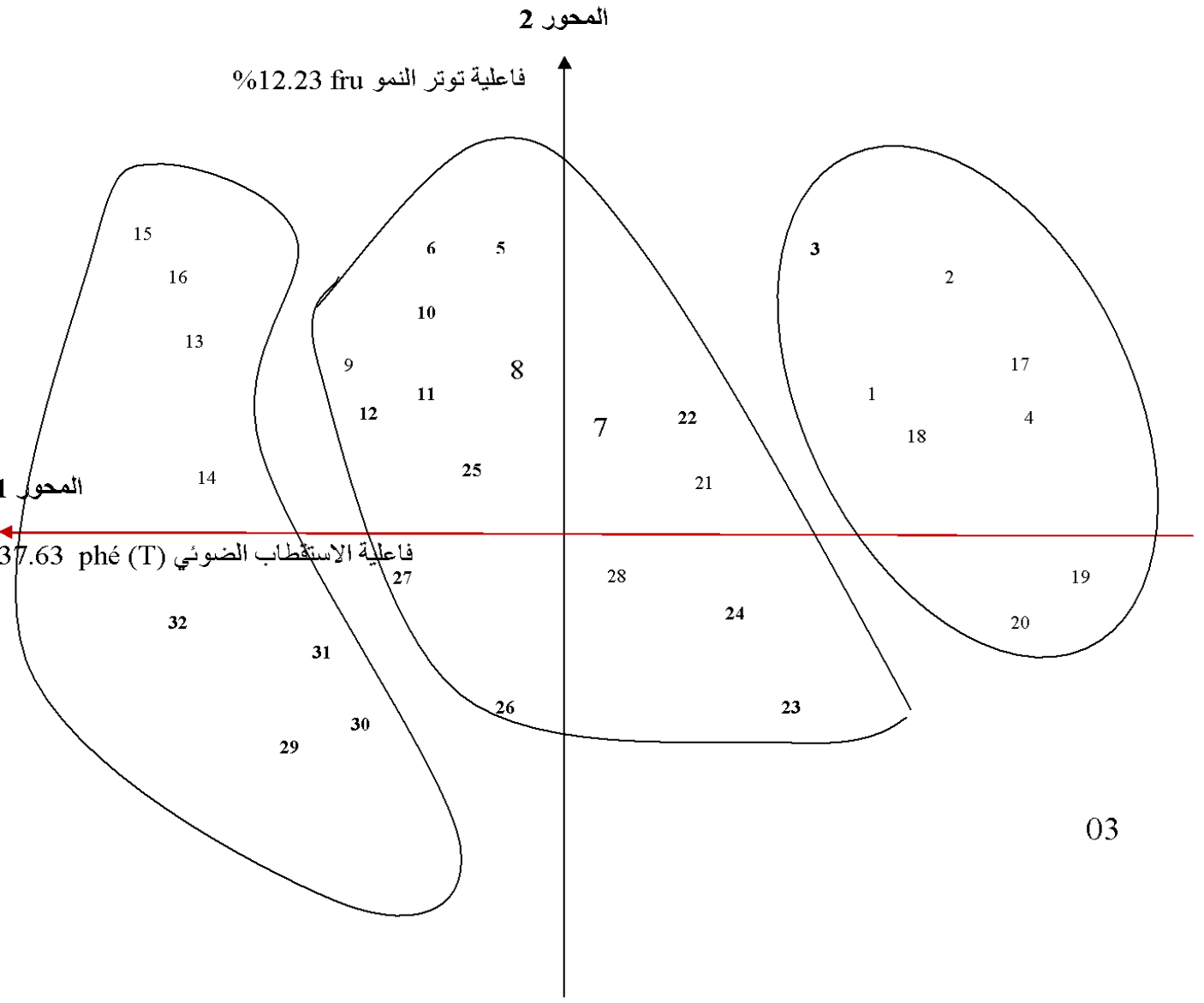
جدول (3-2): فاعلية المتغيرات المقدرة على أوراق نبات الطماطم في تمثيل

المحور 1-2 أثناء مرحلة نمو الشتلة المعاملة ب Fe-EDTA

المحور2	المحور 1	المتغيرات
لدراسة المورفولوجية		
0,001	0,466	Pi
-0,011	0,491	lpi
-0,518	0,612	reg cm/j
0,493	-0,371	ep (O^0)
الدراسة الفيزيولوجية		
-0,242	0,622	ØPSII (ur)
-0,376	0,237	qP (ur)
-0,396	-0,438	qNP (ur)
0,415	0,685	Fv/Fm (ur)
0,051	0,417	etr (ur)
الدراسة البيوكيميا ئية		
0,167	0,838	Chl (a) (mg/g.MF)
0,464	0,545	Chl (b) (mg/g.MF)
0,365	0,873	Chl (T) (mg/g.MF)
0,190	0,746	phé (a) (mg/g.MF)
0,343	0,661	Phé (b) (mg/g.MF)
0,197	0,906	Phé (T) (mg/g.MF)
0,269	-0,672	glu (µg/100g.MF glu
0,657	-0,623	Fru (µg/100g.MF)
-0.412	0.380	Car (mg/g.MF)
-0.316	0.201	Fe T (ppm)
0.074	0.861	Fe^{++} (ppm)
0.514	-0.600	PO_4^- (ppm)
12,23	**37,63**	مصداقية المحوران%



شكل (3-3) :حلقة ارتباطات المتغيرات المقدرة على أوراق نبات الطماطم المعاملة ب Fe- EDTA خلال مرحلة نمو الشتلة



شكل (3-4) :منحنى توزيع أفراد أوراق نبات الطماطم المعاملة ب Fe-EDTA

خلال مرحلة نمو الشتلة

➢ **المجموعة الثالثة:**

أفراد هذه المجموعة لم تعامل بالحديد (M_3F_0,M_2F_0,M_1F_0,M_0F_0, R_3F_0 ,R_2F_0,R_1F_0,R_0F_0,)و توزعت في الجهة السالبة للمحور 1 و بينت التحاليل المطبقة على الأوراق ارتفاع محتواها من الجليكوز glu ، الاستحثاث الورقي ep و معاملات إخماد الكيمياء اللاضوئية qNP و انخفاض في الكلوروفيل (a) ،الكلوروفيل الكلي (T) ، الفيوفيتين Phé(a) ، Phé(T) ،المردود الكمي للنظام الضوئي (ØPSII) و الحديد النشط(Fe^{++}) ،الفسفور(Po_4^-)، فاعلية استقطاب الطاقة الضوئية (Fv/Fm) و المردود الكمي للنقل الالكتروني(etr

ب- **مرحلة النمو الخضري:**

- **التحليل الوصفي على مستوى مصفوفة معامل الارتباطات:**

تبين مصفوفة معامل الارتباطات المدونة في الجدول (3-3) بين مختلف المتغيرات أن أكبر ارتباط إيجابي سجل بين Phé a/Phé T r = 0.951 ،أما أكبر ارتباط سلبي كان بين الفركتوز(Fru) و Phé T r = - 0.948 Phé T/ Fru الشكل (3-5) الشكل (3-6)، كما سجلت ارتباطات بين مختلف المتغيرات الأخرى تراوحت قيمها بين0.94=r, 0.885-=r .

- **التحليل الوصفي على مستوى حلقة الارتباطات:**

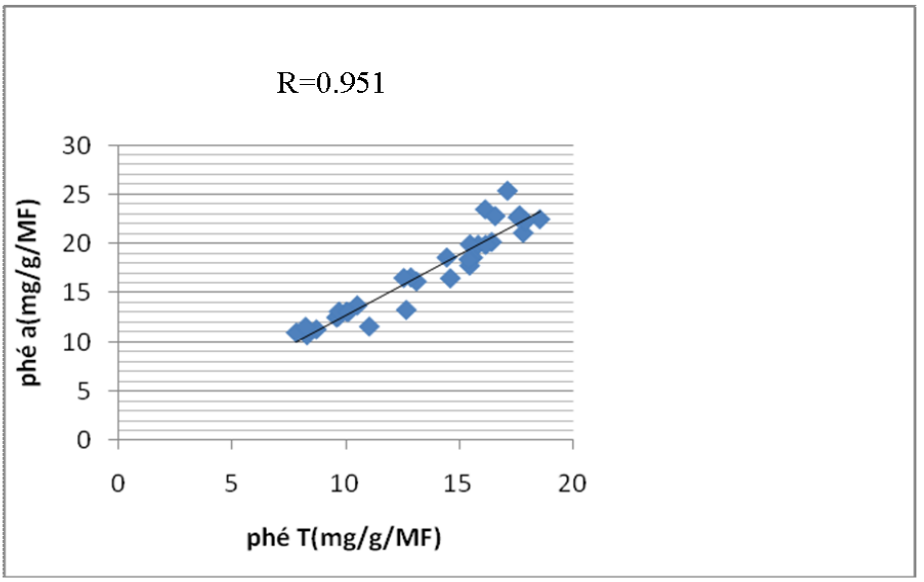
تبين المعطيات المدونة في الشكل (3-7) أن محتوى phé T تفوق في تمثيل الأفراد المدروسة بنسبة 97% مقارنة مع بقية المتغيرات و بذلك يكون قد عبر عن المحور 1 بمصداقية قدرها 52.31 % فاسند إليه "فاعلية الاستقطاب الضوئي" بينما عبر مؤشر نمو النبات Pi على نفس الأفراد بنسبة 82 % و مثل المحور 2 بفاعلية قدرها 13.22% و عبر عن " فاعلية نمو النبات" جدول (3-4).

- **التحليل الوصفي على مستوى التوزيع البياني للأفراد:**

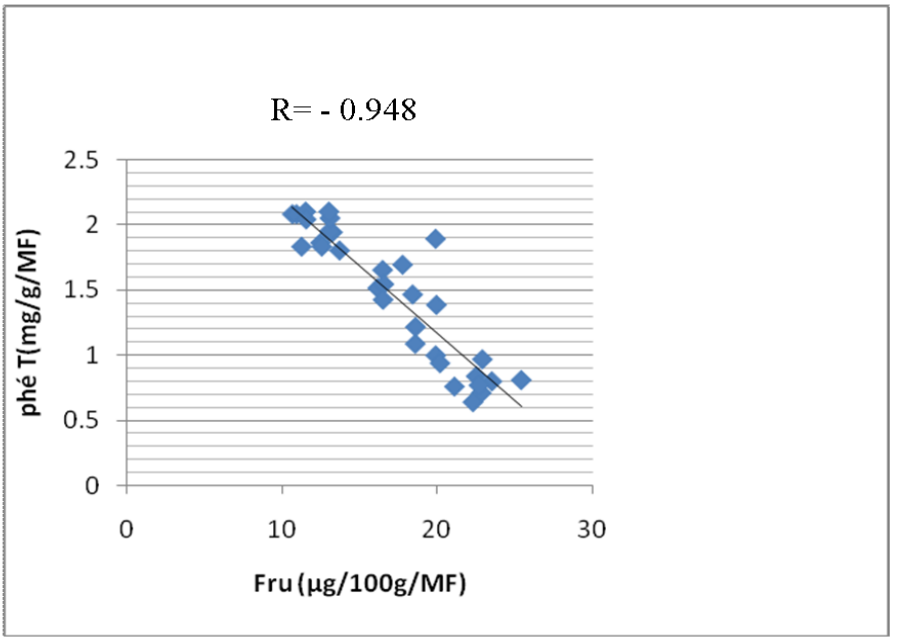
نحكم المحور 1 ذو الفعالية العالية و الممثل بفاعلية الاستقطاب الضوئي(Phé T) في توزيع الأفراد إلى ثلاث مجموعات متباينة كما هو موضح في شكل (3-8) .

جدول (3-5) مصفوفة معامل الارتباطات بين المتغيرات المقدرة على أوراق نبات الطماطم خلال مرحلة الشتلة المعاملة ب$FeSO_4 7H_2O$

Variables	pi	lpi	reg	Chl (a)	Chl (b)	Chl(T)	Phé (a)	Phé (T)	Phé (T))	glu	Fru	Fe T	ep	Po_4^-	Car	ter	ØepsII	qP	qNP	Fv/Fm	etr
pi	1																				
lpi	0,968	1																			
reg	0,456	0,426	1																		
chl (a)	0,584	0,630	0,298	1																	
Chl (b)	0,546	0,548	0,496	0,185	1																
Chl (T)	0,735	0,769	0,499	0,834	0,696	1															
Phé (a)	0,659	0,669	0,480	0,771	0,382	0,783	1														
Phé (b)	0,481	0,522	0,319	0,337	0,687	0,631	0,101	1													
Phé (T)	0,737	0,769	0,516	0,674	0,760	0,922	0,622	0,832	1												
glu	-0,376	-0,316	-0,430	-0,243	-0,205	-0,299	-0,475	-0,054	-0,289	1											
Fru	-0,281	-0,225	-0,583	-0,339	-0,288	-0,406	-0,443	-0,175	-0,369	0,326	1										
Fe T	0,543	0,529	0,646	0,617	0,497	0,736	0,730	0,409	0,712	-0,490	-0,776	1									
ep	-0,101	-0,118	-0,416	-0,130	-0,295	-0,268	-0,219	-0,273	-0,329	0,334	0,342	-0,449	1								
Po_4^-	-0,291	-0,274	-0,133	-0,253	-0,153	-0,269	-0,323	-0,116	-0,251	0,414	0,110	-0,284	-0,162	1							
Car	0,500	0,524	0,502	0,689	0,018	0,513	0,630	0,121	0,422	-0,269	-0,456	0,596	-0,142	-0,303	1						
ter	0,436	0,491	0,428	0,371	0,496	0,563	0,507	0,446	0,651	-0,229	-0,210	0,510	-0,395	-0,113	0,381	1					
ØepsII	0,453	0,442	0,033	0,446	0,165	0,429	0,398	0,213	0,367	-0,316	-0,250	0,407	-0,244	-0,132	0,284	0,153	1				
qP	0,015	-0,066	0,112	0,215	0,130	0,234	0,026	0,219	0,207	-0,200	-0,313	0,302	-0,084	-0,031	0,057	-0,032	0,294	1			
qNP	-0,492	-0,494	-0,282	-0,360	-0,375	-0,494	-0,524	-0,240	-0,484	0,201	0,184	-0,513	0,244	0,007	-0,187	-0,536	-0,320	0,091	1		
Fv/Fm	0,194	0,196	0,214	0,571	0,210	0,543	0,582	0,155	0,420	-0,368	-0,296	0,508	-0,336	-0,202	0,187	0,244	0,525	0,170	-0,504	1	
etr	0,348	0,401	0,211	0,641	0,197	0,584	0,610	0,161	0,444	-0,296	-0,167	0,500	-0,352	-0,138	0,464	0,407	0,517	0,137	-0,436	0,555	1
Fe++	0,488	0,525	0,604	0,487	0,644	0,717	0,399	0,665	0,717	-0,189	-0,437	0,598	-0,298	-0,121	0,452	0,728	0,808	0,671	-0,341	0,683	0,329



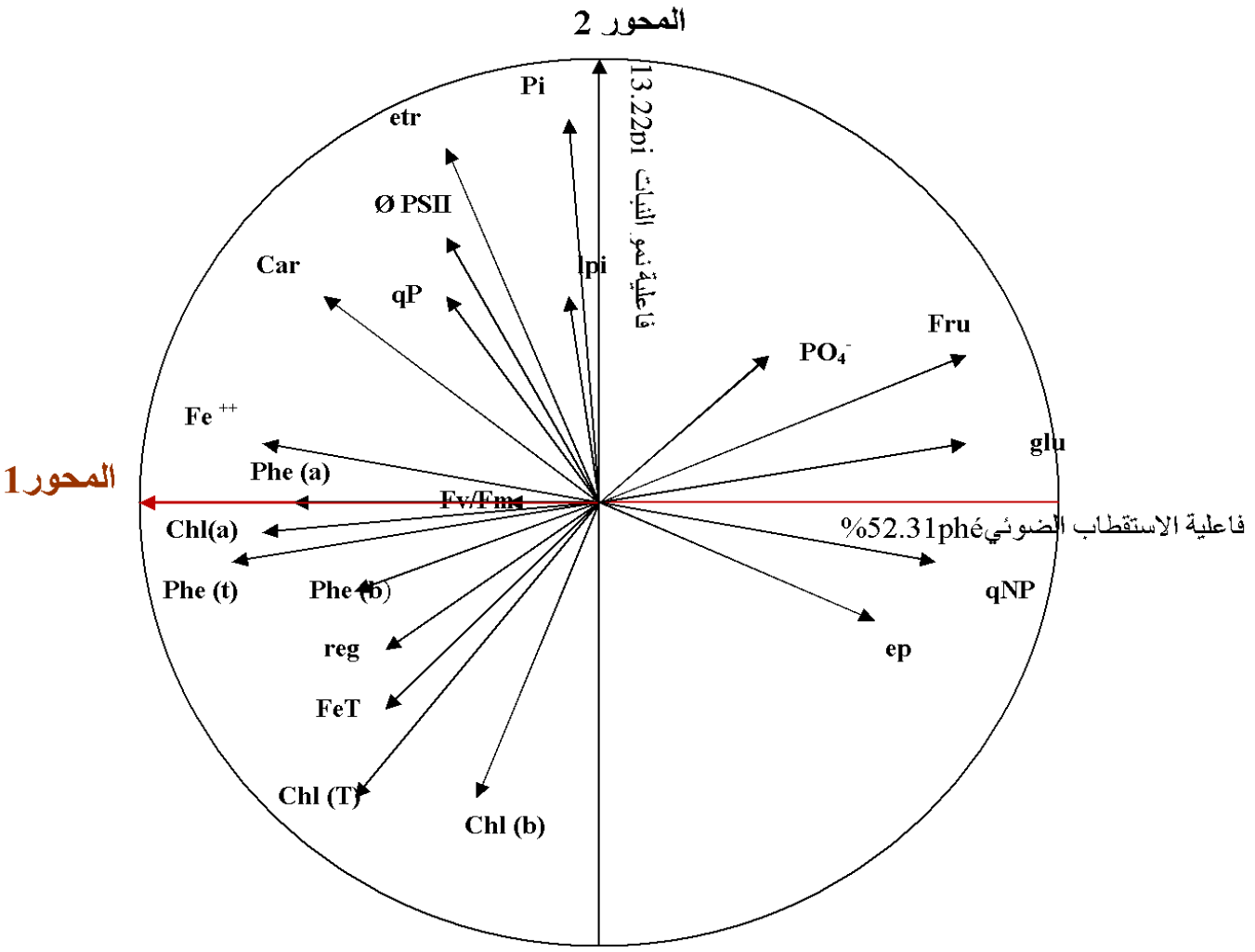
شكل 3-5 اثر معاملات الحديد في صورة Fe-EDTA على العلاقة بين phé T/phé a في الاوراق خلال مرحلة النمو الخضري



شكل (3-6)اثر معاملات الحديد في صورة Fe-EDTA على العلاقة بين Fru/phé T في الأوراق خلال مرحلة النمو الخضري

جدول(3-4) : فاعلية المتغيرات المقدرة على أوراق نبات الطماطم المعاملة ب Fe-EDTA في تمثيل المحور1 -2 خلال مرحلة النمو الخضري

المتغيرات	المحور 1	المحور2
الدراسة المورفولوجية		
Pi	0,079	0,822
lpi	0,109	0,331
reg cm/j	0,732	-0,269
$ep(O^0)$	-0.746	-0.192
الدراسة الفيزيولوجية		
ØPSII(ur)	0,364	0,547
qP(ur)	0,473	0,375
qNP(ur)	-0,802	-0,085
Fv/Fm(ur)	0,167	0,015
etr(ur)	0,456	0,698
الدراسة البيوكيميا ئية		
Chl (a) (mg/g.MF)	0,928	-0,004
Chl (b) (mg/g.MF)	0,407	-0,614
Chl (T) (mg/g.MF)	0,817	-0,440
Phé (a) (mg/g.MF)	0,944	-0,034
Phé (b) (mg/g.MF)	0,707	-0,061
Phé (T) (mg/g.MF)	0,978	-0,048
glu(µg/100g.MF	-0,881	0,063
Fru(µg/100g.MF	-0,911	0,187
Car(mg/g.MF	0.769	0.44
Fe T (ppm)	0.769	-0.366
Fe^{++} (ppm)	0.946	0.024
PO_4^- (ppm)	-0.456	0.38
مصداقية المحوران%	**52,31**	**13,22**



شكل(3-7): حلقة معامل الارتباطات بين المتغيرات المقدرة على أوراق نبات الطماطم المعاملـــة ب Fe-EDTA أثناء مرحلة النمو الخضري.

- **المجموعة الأولى:**

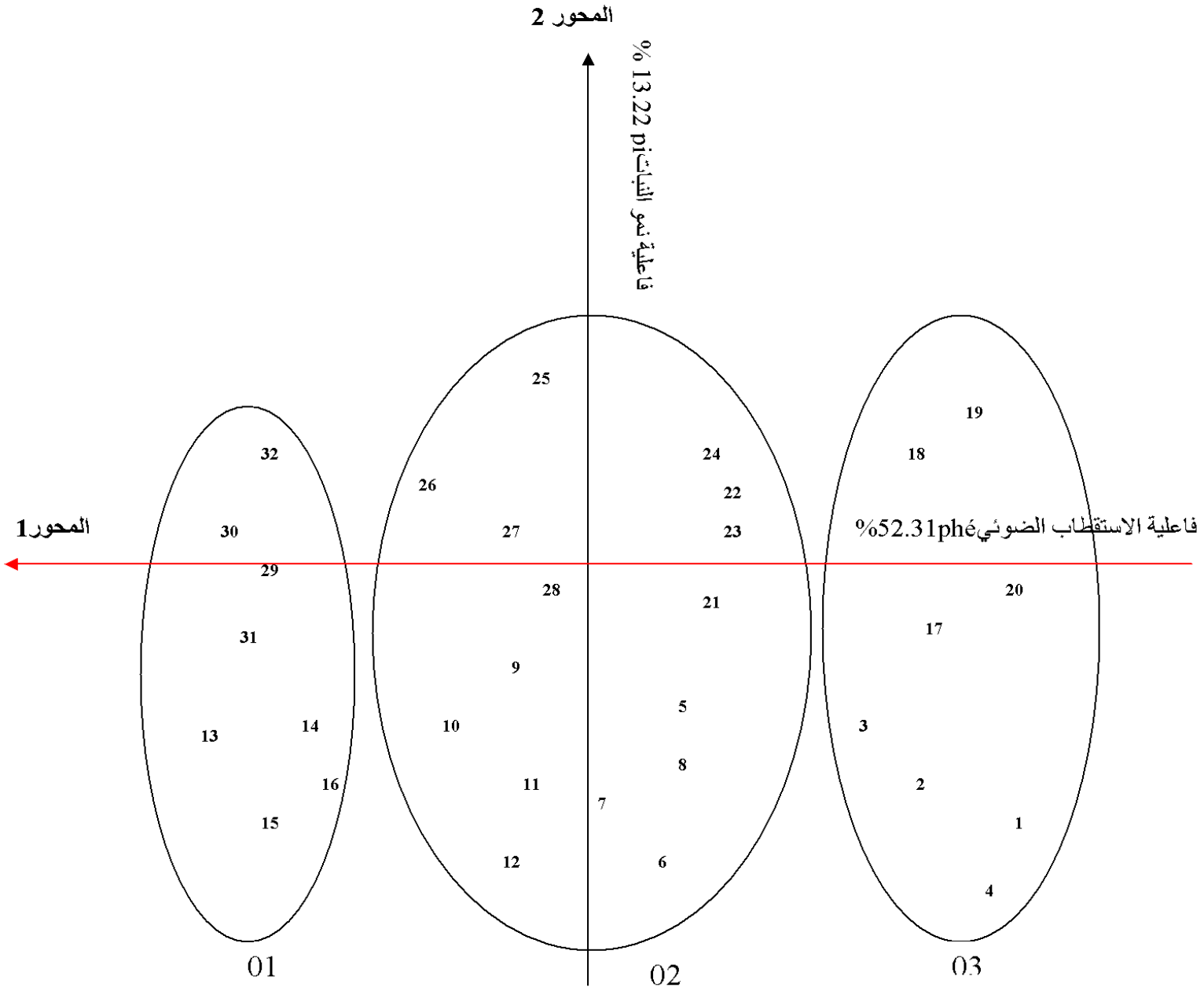
تجمعت أفراد هذه المجموعة (M_3F_3,M_2F_3,M_1F_3,M_0F_3 ,R_3F_3,R_2F_3,R_1F_3,R_0F_3)في الجهة الموجبة للمحور 1 الممثل بفاعلية الاستقطاب الضوئي هذه الأفراد تمت معاملتهم بالتركيز F_3=µmol50 للحديد حيث رافقت هذه المعاملات زيادة محتوى الأوراق من الحديد الكلي (Fe T) الحديد النشط(Fe^{++}) الكاروتين(Car) ، الكلوروفيل (a) ،الكلوروفيل الكلي الفيوفيتين Phé(a)، Phé(T) ، أي أن زيادة تركيز الحديد على صورة Fe-EDTA كان له تأثير ايجابي على هذه المتغيرات في حين انخفضت باقي المتغيرات .

- **المجموعة الثانية:**

التراكيز (F_2,F_1) أثرت أفراد هذه المجموعة حول نقطة تقاطع المحورين الأفراد (M_2F_2 , M_1F_2 , M_0F_2, R_3F_2, R_2F_2, R_1F_2, R_0F_2, R_3F_1, R_2F_1, R_1F_1, R_0F_1) ،حيث أثرت هذه المعاملات على محتوى (M_3F_2, M_2F_2, M_1F_2, M_0F_2, M_3F_1 , M_3F_2, الكلوروفيل(b) Chl ،فاعلية الاستقطاب و تجميع الطاقة الضوئية (F_V/F_m)و مؤشر نمو الورقة(lpi)مؤشر نمو النبات(pi) ،معاملات إخماد الكيمياء الضوئية (qP)، المردود الكمي للنظام الضوئي الثاني (ØPSII) .

- **المجموعة الثالثة:**

أفراد هذه المجموعة متوضعة في الجهة السالبة للمحور 1 و هي (R_2F_0, R_1F_0, R_0F_0,) (M_3F_0, M2F0, M1F0, M0F0 ,R_3F_0, و تميزت بارتفاع الاستحثاث الورقي (ep) معاملات إخماد الكيمياء اللاضوئية (qNP) ،الجليكوز (glu)و الفريكتوز(Fru)، الفسفور(PO_4^-)بينما سجل انخفاض في مؤشر نمو النبات(pi)، مؤشر نمو الورقة (lpi) بسبب انخفاض فاعلية الاستقطاب الضوئي (Fv/Fm) و المردود الكمي للنقل الالكتروني (etr) الأمر الذي أدى إلى انخفاض في إخماد الكيمياء الضوئية(qP).



(الشكل 3–8) منحى توزيع أفراد أوراق نبات الطماطم المعاملة بFe-EDTA أثناء مرحلة النمو الخضري

-1-2- التجربة الثانية (إضافة الحديد رشا على الأوراق بصورة $Fe\text{-}SO_4 7H_2O$):

أ- مرحلة نمو الشتلة:

- **التحليل الوصفي على مستوى مصفوفة معامل الارتباطات:**

يبين الجدول (3-5) إن مصفوفة معامل الارتباطات سجلت أكبر ارتباط إيجابي بين مؤشر نمو النبات (Pi)و مؤشر نمو الورقة (lPi)، r = 0.968 ، بينما سجل أكبر ارتباط سلبي بين الحديد الكلي Fe T و الفركتوز Fru r = - 0.776 الشكل (3-9) الشكل (3-10) أما بقية ا لمتغيرات سجلت ارتباطات تراوحت قيمها بين r=-0.536, r=0.922

التحليل الوصفي على مستوى حلقة الارتباطات:

يوضح الشكل (3-11) الذي يعبر عن حلقة معامل الارتباطات أن محتوى الكلوروفيل الكلي Chl T في الأوراق مثل الأفراد بنسبة قدرها93 % و عبر عن المحور1 بمصداقية قدرها43.85% وبالتالي اسند اليه "فاعلية التمثيل الضوئي " أما محتوى Phé(b) فقد مثل المحور 2 بفاعلية قدرها 9.76% و عبر عن الأفراد بمصداقية 63% مقارنة ببقية المتغيرات الجدول (3-6).

- **التحليل الوصفي على مستوى المنحنى البياني للأفراد:**

تحكم المحور 1 الممثل بفاعلية التمثيل الكلوروفيلي(Chl(T في توزيع الأفراد حيث يوضح الشكل (3-12) ثلاث مجموعات متباينة :

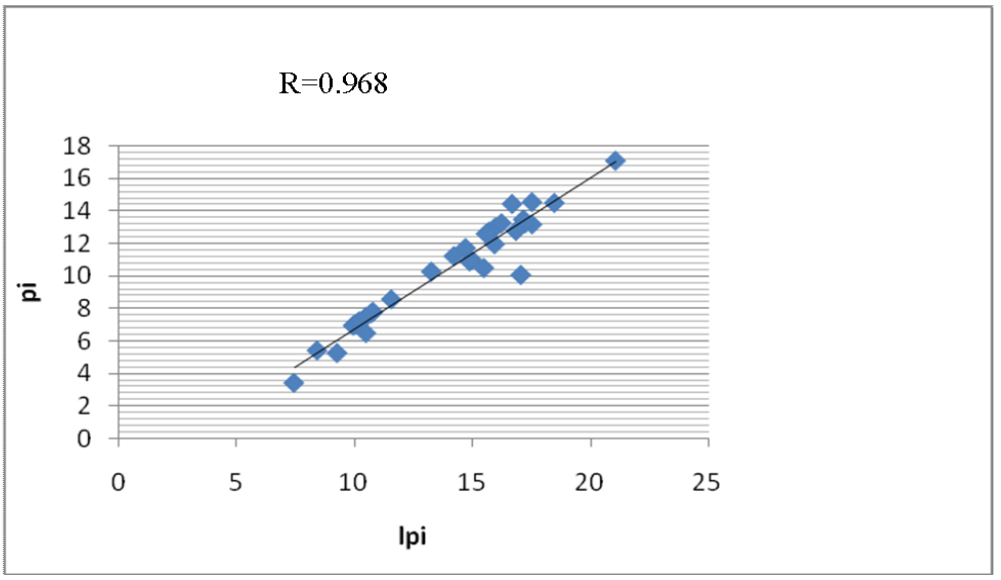
- **المجموعة الأولى:**

أفراد هذه المجموعة(M_3F_2,M_2F_2,M_1F_2 M_0F_2, R_3F_2 , R_2F_2,R_1F_2,R_0F_2)

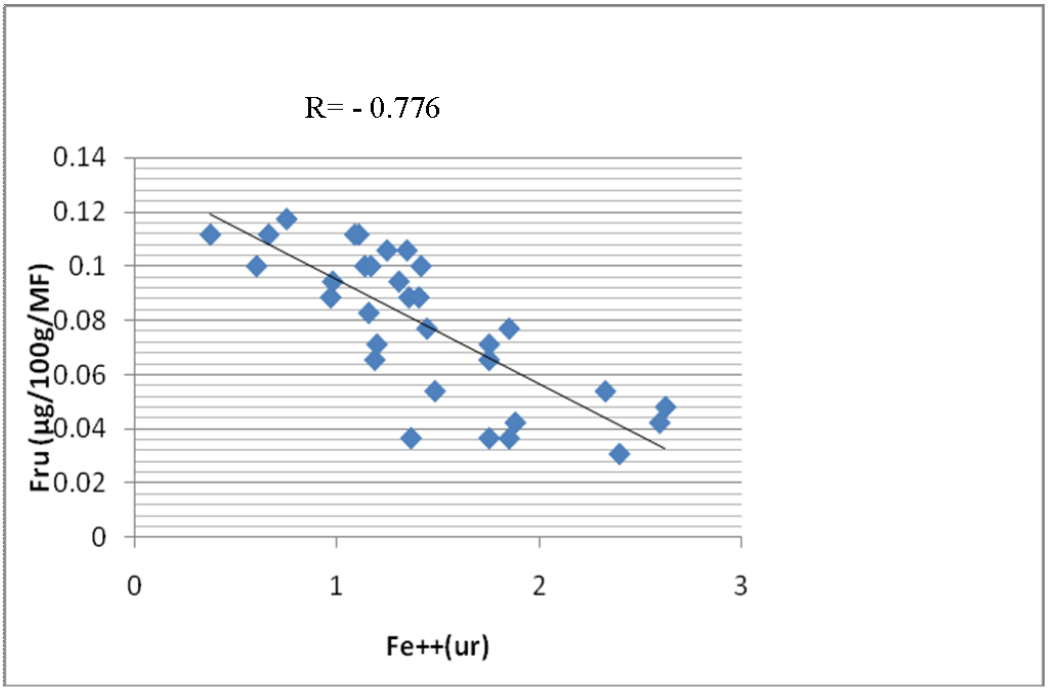
تتمت معاملتهم بالحديد بالتركيز F_2=5 µmol حيث تمركزت في الجهة الموجبة للمحور 1 الذي اسند إليه فاعلية التمثيل الضوئي و توزعت في هذه الجهة المتغيرات الكلوروفيل الكلي Chl(T) الكلوروفيل Chl(a)، Chl(b) ،مؤشر نموالورقة (lpi) ، مؤشر نمو النبات(pi) ،الكاروتين (Car) و معدل نقل الالكترونات(etr) ، الفيوفيتين Phé(a) ، Phé(T) الحديد النشط(Fe^{++})و الحديد الكلي (FeT)، في حين سجل انخفاض واضح في الفسفور (Po_4^-) الاستحثاث الورقي(ep) و معاملات إخماد الكيمياء اللاضوئية (qNP).

جدول(3-3)مصفوفة معامل الارتباطات بين المتغيرات المقدرة على أوراق نبات الطماطم خلال المرحلة الخضرية و المعاملة بـFe-EDTA

Variables	pi	lpi	reg	Chl (a)	Chl (b)	Chl (T)	Phé (a)	Phé (b)	Phé(T)	glu	Fru	Fe T	ep	Fe ++	Car	ØepsII	qP	qNP	fv/fm	etr	phs
pi	**1**																				
lpi	0,275	**1**																			
reg	-0,129	0,225	**1**																		
Chl (a)	0,050	0,129	0,747	**1**																	
Chl (b)	-0,316	-0,070	0,408	0,209	**1**																
Chl (T)	-0,197	0,024	0,715	0,717	0,832	**1**															
Phé (a)	0,027	0,102	0,725	0,912	0,376	0,785	**1**														
Phé (b)	-0,001	-0,148	0,432	0,673	0,163	0,498	0,512	**1**													
Phé (T)	0,020	0,025	0,711	0,941	0,347	0,781	0,951	0,753	**1**												
glu	-0,019	0,020	-0,584	-0,800	-0,419	-0,752	-0,856	-0,554	-0,856	**1**											
Fru	0,061	0,083	-0,741	-0,869	-0,420	-0,793	-0,874	-0,688	-0,918	0,807	**1**										
Fe T	0,553	0,536	0,591	0,680	0,494	0,738	0,685	0,629	0,752	-0,712	-0,690	**1**									
ep	-0,176	-0,327	-0,442	-0,597	-0,222	-0,497	-0,665	-0,484	-0,684	0,609	0,644	-0,584	**1**								
Fe ++	0,723	0,767	0,731	0,924	0,320	0,752	0,923	0,652	0,942	-0,800	-0,885	0,649	-0,651	**1**							
Car	0,433	0,206	0,520	0,821	-0,137	0,368	0,748	0,589	0,786	-0,558	-0,624	0,527	-0,570	0,768	**1**						
ØepsII	0,318	-0,041	0,116	0,235	-0,047	0,100	0,289	0,194	0,291	-0,373	-0,222	0,787	-0,310	0,683	0,329	**1**					
qP	0,199	0,362	0,292	0,415	-0,030	0,214	0,410	0,279	0,415	-0,350	-0,372	0,710	-0,415	0,729	0,486	0,398	**1**				
qNP	-0,001	-0,061	-0,408	-0,663	-0,352	-0,627	-0,748	-0,530	-0,764	0,670	0,631	-0,561	0,670	-0,526	-0,598	-0,436	-0,366	**1**			
fv/fm	0,224	0,021	0,174	0,087	0,120	0,135	0,098	0,082	0,105	-0,140	-0,140	0,534	-0,073	0,688	0,122	-0,160	0,033	-0,106	**1**		
etr	0,672	0,109	0,026	0,329	-0,025	0,169	0,405	0,217	0,389	-0,433	-0,254	0,125	-0,455	0,396	0,559	0,680	0,241	-0,499	0,109	**1**	
phs	0,153	0,077	0,280	0,262	0,381	0,361	0,267	0,1705	0,019	-0,863	-0,827	0,728	-0,725	-0,286	0,732	0,401	0,484	-0,818	0,193	0,513	**1**



شكل3-9 اثر معاملات الحديد على صورة $Fe\ SO_4 7H_2O$ على العلاقة بين **lpi/ pi** في الأوراق خلال مرحلة نمو الشتلة



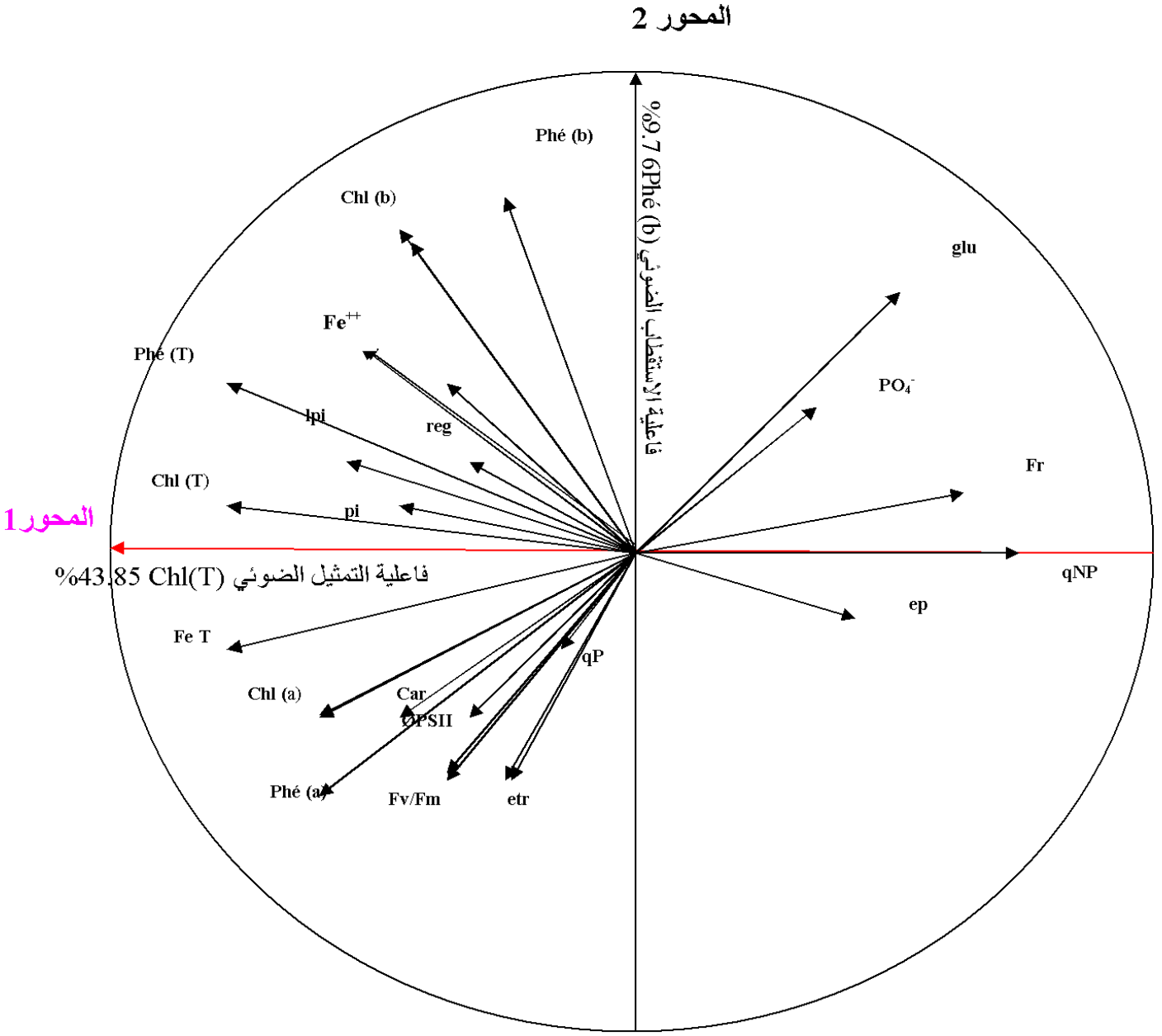
شكل3-10 اثر معاملات الحديد على صورة $Fe\ SO_4 7H_2O$ على العلاقة بين **FeT/ Fru** في الأوراق خلال نمو الشتلة

➢ **المجموعة الثانية:**

نقطة تقاطع المحورين توزعت هذه الافراد المعاملة بالتراكيز ($\mu mol10=F_3$, $\mu mol2.5=F_1$) حول نقطة تقـــاطع المحـــورين وهـــي(M_0F_3, R_3F_3,R_2F_3, R_1F_3, R_0F_3, R_3F_1, R_2F_1 R_1F_1, R_0F_1 M_3F_3 M_3F_1,M_2F_1,M_1F_1 ,M_0F_1, M_2F_3,M_1F_3) و تبين من تحليل الاوراق ارتفاع محتواها من Phé(b) ومعدل نقل الالكترونات etr، المردود الكمي للنظـــام الضـــوئي الثـــاني ØPSII، فاعليـــة الاستقطاب و تجميع الطاقة الضوئية F_V/F_m .

جدول(3-6):فاعلية المتغيرات المقدرة على أوراق نبات الطماطم المعاملـــة ب FeSo4 7H2o فـــي تمثيل المحور 1-2 أثناء مرحلة نمو الشتلة .

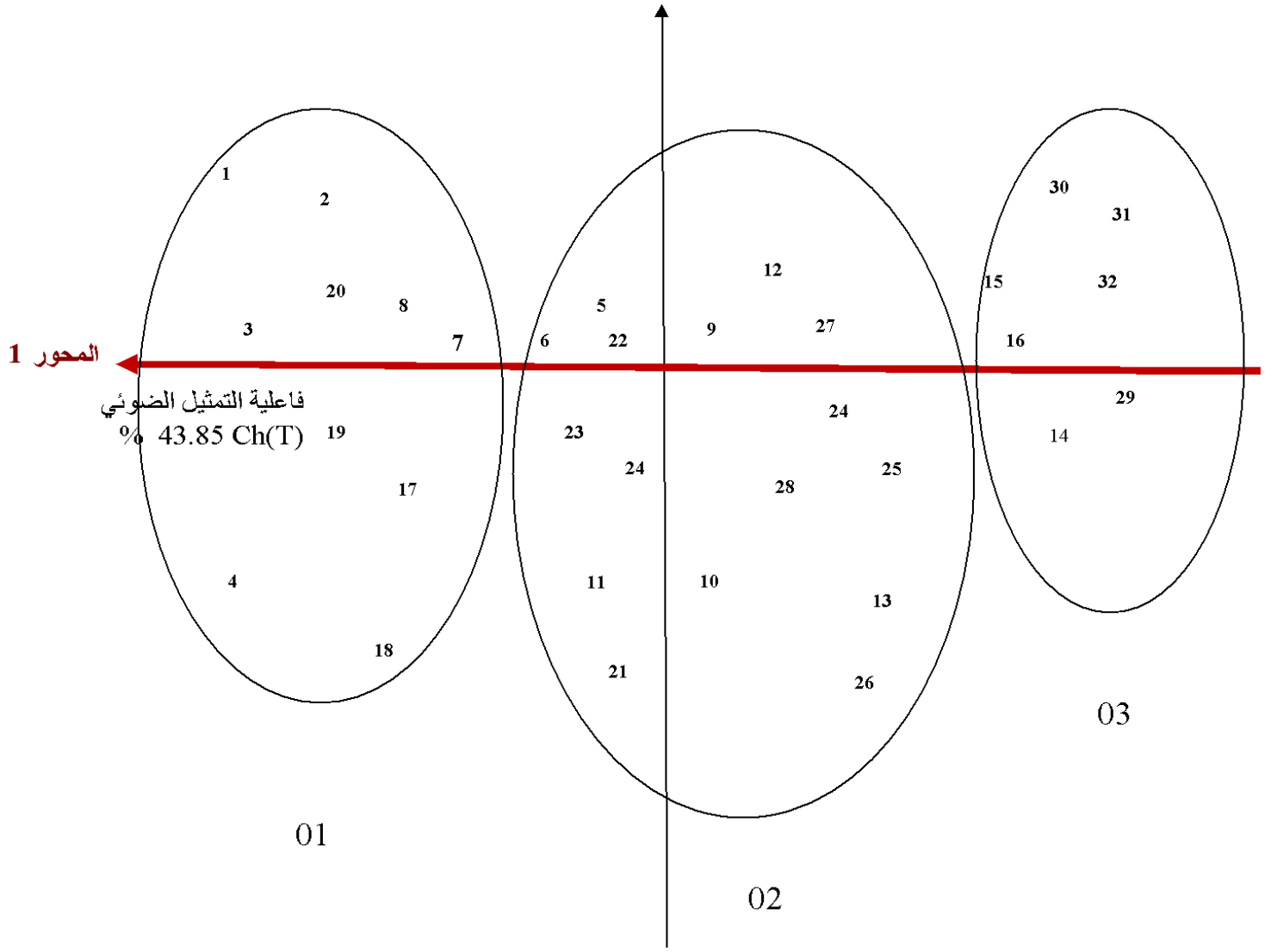
المتغيرات	المحور 1	المحور2
الدراسة المورفولوجية		
Pi	0,785	0,122
lpi	0,799	0,151
reg cm/j	0,642	0,153
ep O	-0.413	-0.044
الدراسة الفيزيولوجية		
ØPSII (ur)	0,523	-0,349
qP (ur)	0,210	-0,091
qNP (ur)	-0,591	0,002
Fv/Fm(ur)	0,566	-0,432
etr(ur)	0,626	-0,398
الدراسة البيوكيميا ئية		
Chl (a) (mg/g.MF)	0,774	-0,320
Chl (b) (mg/g.MF)	0,649	0,586
Chl (T) (mg/g.MF)	0,936	0,091
phé (a) (mg/g.MF)	0,820	-0,357
Phé (b) (mg/g.MF)	0,488	0,636
Phé (T) (mg/g.MF)	0,903	0,324
glu(µg/100g.MF	-0,479	0,341
Fru(µg/100g.MF	-0,546	0,141
Car (mg/g.MF)	0.626	-0.335
Fe T (ppm)	0.865	-0.135
Fe^{++} (ppm)	0.694	-0.267
PO_4^-(ppm)	-0.436	0.339
مصداقية المحورين%	**43.85**	**9.76**



شكل(3-11) :حلقة معامل الارتباطات بين المتغيرات المقدرة على أوراق نبات الطمـــاطم المعاملـــة ب $FeSo_47H_2o$ أثناء مرحلة نمو الشتلة

المحور 2

فاعلية الاستقطاب الضوئي Phé (b)



شكل (3-12) منحنى توزيع أفراد أوراق نبات الطماطم المعاملة بـ $FeSo_4 7H_2O$ خلال مرحلة نمو الشتلة

➢ **المجموعة الثالثة:**

افراد هذه المجموعة(M_3F_0,M_2F_0 M_1F_0,M_0F_0 $R_3F_0,R_2F_0,R_1F_0,R_0F_0$) لم تتم معاملتهم بالحديد F_0 شاهد) فتوزعهم في الجهة السالبة للمحور 1 هذا يدل على انخفاض محتوى كلوروفيل أوراقهم مقارنة بالمجموعة الأولى و زيادة الاستحثاث الورقي ep و محتوى الجليكوز glu و الفركتوز Fru في الأوراق و كذا محتوى الفسفور Po_4^- نتيجة انخفاض الحديد الكلي(Fe T) و الحديد النشط (Fe^{++}) مما أدى إلى انخفاض فاعلية استقطاب الطاقة الضوئية(Fv/Fm)و المردود الكمي للنقل الالكتروني(etr) مما تسبب في انخفاض النمو .

ب-**مرحلة النمو الخضري:**

- **التحليل الوصفي على مستوى مصفوفة معامل الارتباطات:**

تبين مصفوفة معامل الارتباطات المدونة في الجدول (3-7) إن اكبر ارتباط موجب قد سجل بين Ch(a) /Ch(T) r=0.97 في حين كان اكبر ارتباط سلبي سجل بين Phé(a)/glu ،حيث r=-0.87 الشكل (3-13) الشكل (3-14) ،كما سجلت ارتباطات أخرى بين مختلف المتغيرات تراوحت قيمهم بين r=0.932, r=-0.868.

التحليل الوصفي على مستوى حلقة الارتباطات :

يبين الشكل (3-15) إن محتوى الكلوروفيل الكلي Chl T ، في الأوراق تفوق في تمثيل الأفراد تحت الدراسة بنسبة 96 % مقارنة ببقية المتغيرات و عبر عن المحور 1 بمصداقية قدرها 48.04 % لذلك سمي هذا المحور بـــ "فاعلية التمثيل الضوئي" في حين عبر reg عن المحور 2 بنسبة 87% و بمصداقية قدرها08. 19% و اسند إليه " تطور النمو "جدول(3-8).

- **التحليل الوصفي على مستوى المنحنى البياني للأفراد:**

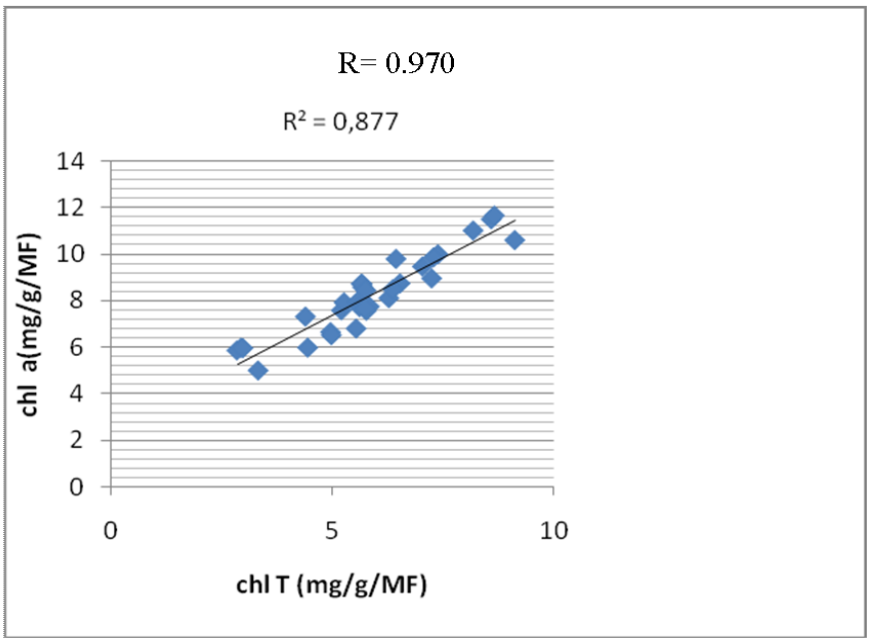
يوضح الشكل (3-16) أن محتوى الكلوروفيل الكلي Chl (T) في الأوراق تسبب في توزيع الأفراد إلى ثلاثة مجموعات و هي:

➢ **المجموعة الأولى:**

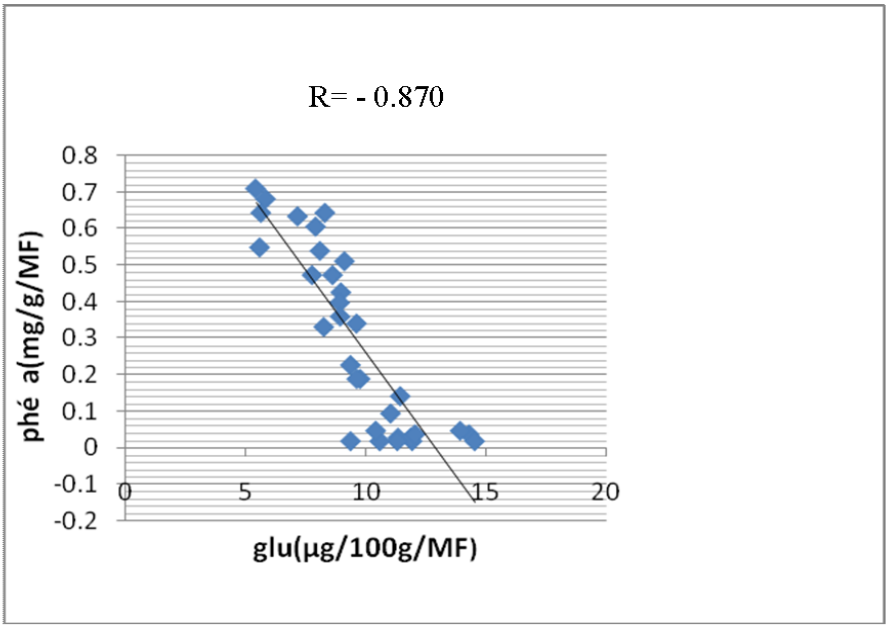
اشتملت هذه المجموعة الأفراد(M_3F_2,M_2F_2,M_1F_2 M_0F_2, R_3F_2 , R_2F_2,R_1F_2,R_0F_2) المعاملة بالحديد(F_2=5 µmol) حيث توزعت في الجهة الموجبة للمحور 1 و كانت مرفقة بزيادة محتوى الأوراق من Chl (T) ، Chl (a) ، Fe (T) و Fe^{++} phé(b), phé(T), phé(a),

جدول(3-5)مصفوفة معامل الارتباطات بين المتغيرات المقدرة على أوراق نبات الطماطم خلال المرحلة الخضرية و المعاملة ب$FeSO_4 7H_2O$

Variables	Pi	lpi	reg	chlo(a)	chlo(b)	chlo(T)	pheo(a)	pheo(b)	pheo(T)	glu	fru	fe^{++}	ep	fet	carot	eps2	qp	qnp	fv/fm	etr	pho
pi	**1**																				
lpi	-0,167	**1**																			
reg	-0,146	0,092	**1**																		
chlo(a)	0,769	-0,329	-0,024	**1**																	
chlo(b)	-0,054	0,208	0,679	-0,029	**1**																
chlo(T)	0,709	-0,239	0,215	0,937	0,323	**1**															
pheo(a)	0,675	-0,315	0,100	0,899	0,147	0,903	**1**														
pheo(b)	0,617	-0,200	-0,285	0,707	-0,098	0,635	0,553	**1**													
pheo(T)	0,735	-0,305	-0,055	0,929	0,059	0,901	0,932	0,817	**1**												
glu	-0,642	0,301	-0,084	-0,843	-0,209	-0,871	-0,868	-0,603	-0,863	**1**											
fru	-0,350	0,044	-0,654	-0,499	-0,659	-0,703	-0,621	-0,210	-0,521	0,676	**1**										
fe^{++}	0,404	-0,226	0,296	0,727	0,222	0,766	0,771	0,473	0,739	-0,805	-0,588	**1**									
ep	-0,444	0,029	-0,075	-0,643	-0,046	-0,625	-0,522	-0,618	-0,630	0,605	0,406	-0,477	**1**								
fet	0,221	-0,305	0,459	0,567	0,423	0,685	0,613	0,100	0,468	-0,614	-0,735	0,632	-0,247	**1**							
carot	0,674	-0,380	-0,274	0,902	-0,231	0,773	0,784	0,745	0,866	-0,768	-0,253	0,656	-0,587	0,351	**1**						
eps2	0,045	0,164	0,590	-0,001	0,595	0,207	0,189	-0,160	0,061	-0,124	-0,580	0,175	0,043	0,268	-0,269	**1**					
qp	0,308	-0,113	0,138	0,272	0,251	0,345	0,286	0,130	0,254	-0,368	-0,415	0,334	-0,170	0,338	0,227	0,256	**1**				
qnp	-0,412	0,507	-0,152	-0,661	-0,144	-0,677	-0,639	-0,371	-0,603	0,701	0,541	-0,553	0,318	-0,601	-0,613	0,064	-0,297	**1**			
fv/fm	0,387	-0,194	0,008	0,476	0,031	0,461	0,438	0,503	0,522	-0,432	-0,266	0,393	-0,419	0,153	0,423	0,000	0,245	-0,394	**1**		
etr	-0,113	0,158	0,688	-0,115	0,475	0,058	-0,028	-0,329	-0,162	0,062	-0,354	0,130	0,080	0,200	-0,320	0,522	0,037	-0,019	0,048	**1**	
pho	0,461	-0,243	0,412	0,734	0,462	0,856	0,809	0,441	0,752	-0,839	-0,858	0,786	-0,440	0,824	0,539	0,382	0,328	-0,631	0,330	0,140	**1**



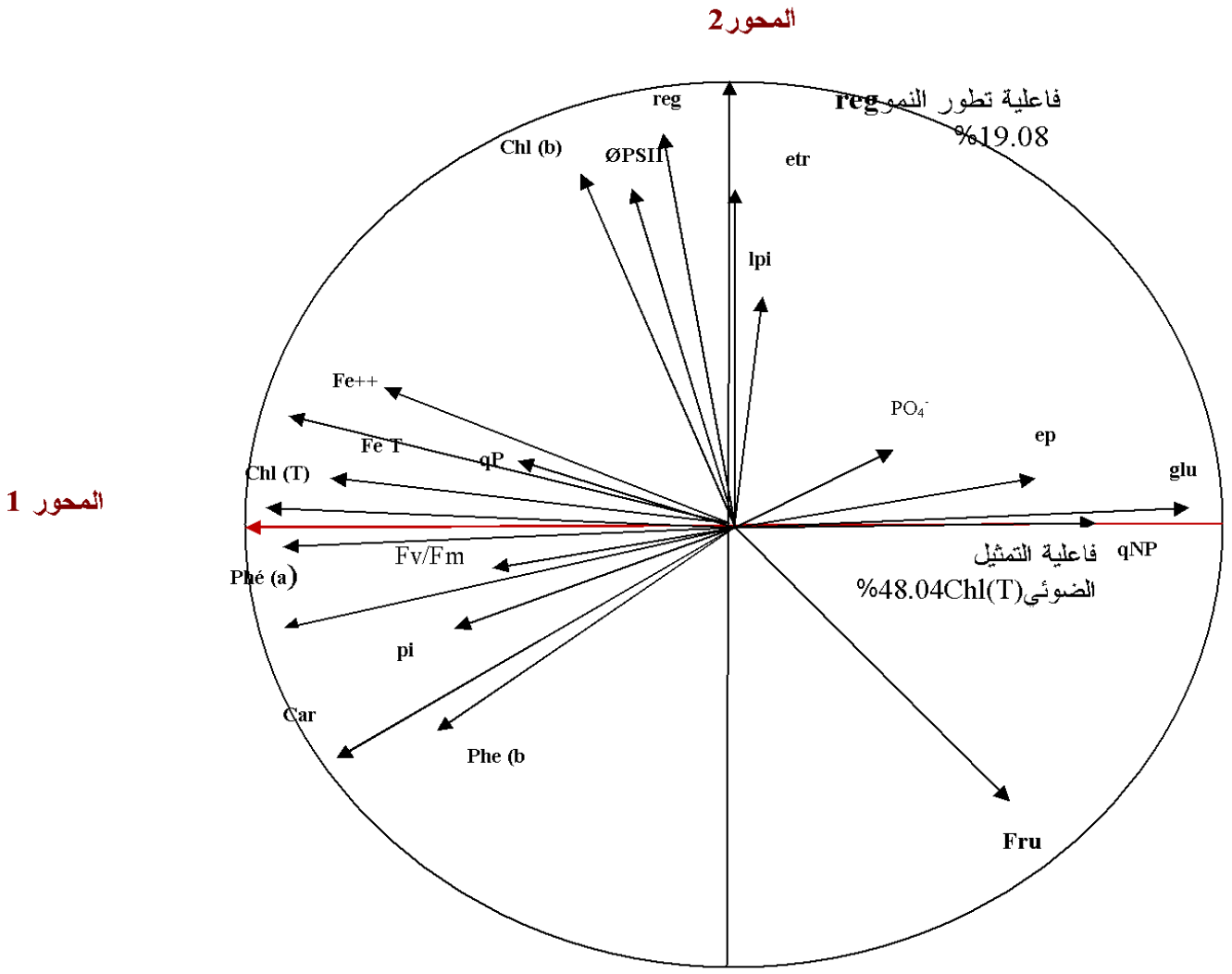
شكل 3-13اثر معاملات الحديد على صورة $Fe\ SO_4 7H_2O$ على العلاقة بين Chl T/Chl a في الاوراق خلال مرحلة النمو الخضري



شكل 3-14 اثر معاملات الحديد على صورة $Fe\ SO_4 7H_2O$ على العلاقة بين glu /phé a في الاوراق خلال مرحلة النمو الخضري

جدول (3-8): فاعلية المتغيرات المقدرة على أوراق أصناف نبات الطماطم المعاملة ب$FeSo_4 7H_2o$ في تمثيل المحور 1−2 أثناء مرحلة النمو الخضري

المحور 2	المحور 1	المتغيرات
	الدراسة المورفولوجية	
-0,280	0,636	Pi
0,246	0,335	lpi
0,873	0,180	reg
0,168	-0,642	ep(O^0)
	الدراسة الفيزيولوجية	
-0,754	0,171	ØPS2 (ur)
0,197	0,401	qP (ur)
0,010	-0,736	qNP (ur)
-0,145	0,526	Fv/Fm (ur)
-0,735	0,3 06	etr (ur)
	الدراسة البيوكيميا ئية	
-0,240	0,935	Chl (a) (mg/g.MF)
0,800	0,236	Chl (b) (mg/g.MF)
0,053	0,968	Chl (T) (mg/g.MF)
-0,043	0,928	phé (a) (mg/g.MF)
-0,481	0,671	Phé (b) (mg/g.MF)
-0,239	0,934	Phé (T) (mg/g.MF)
0.034	-0.935	glu µg/100g.MF
-0.608	-0.719	Fru µg/100g.MF
-0.502	0.812	car(mg/g.MF)
0.12	0.828	Fe T (ppm)
0.418	0.683	Fe^{++} (ppm)
0.324	-0.883	PO_4^- (ppm)
19.08	**48.04**	مصداقية المحوران %



الشكل (3-15): حلقة معامل الارتباطات بين المتغيرات المقدرة على اوراق نبات الطماطم ب $FeSO_4 7H_2O$ خلال مرحلة النمو الخضري

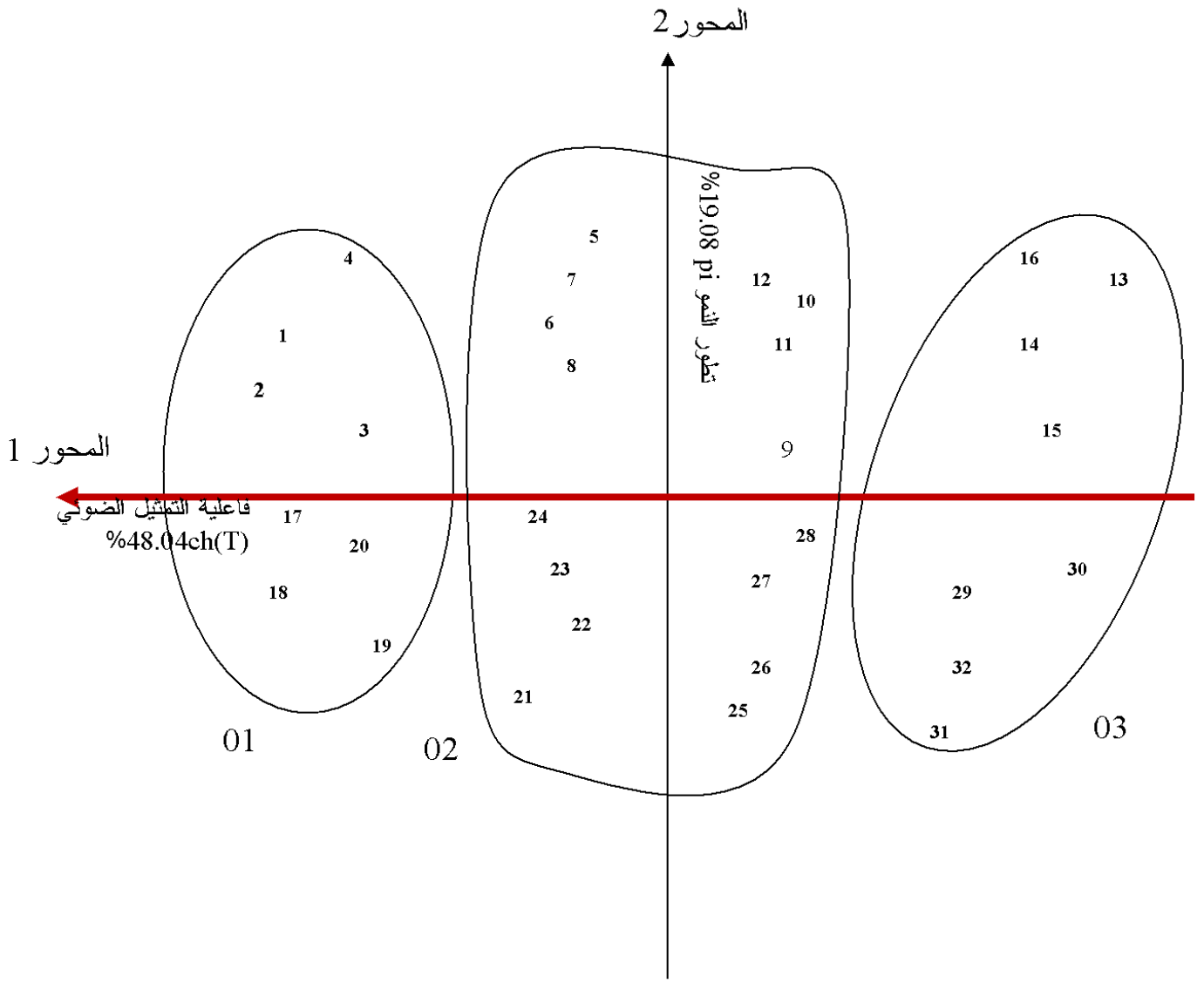
و Car ،فاعلية الاستقطاب و تجميع الطاقة الضوئية F_V/F_m . كما سجل انخفاض في الجليكوز ومعاملات إخماد الكيمياء اللاضوئية qNP ،الاستحثاث الورقي ep والفسفور Po_4^- .

- **المجوعة الثانية:**

توضعت في هذه المجموعة الأفراد ($R_3F_3, R_2F_3, R_1F_3, R_0F_3, R_3F_1, R_2F_1 R_1F_1, R_0F_1$) التي تمت معاملتهم ($M_3F_3M_2F_3M_1F_3 M_0F_3, M_3F_1,M_2F_1,M_1F_1 ,M_0F_1, M_2F_3,M_1F_3$) بالتراكيز F_1=2.5 µmol ,F_3=10 µmol و ظهر عليهم ارتفاع في المردود الكمي للنظام الضوئي الثاني ØPSII و الكلوروفيل chl(b) معامل نقل الالكترونات etr ،مؤشر نمو الورقة lpi ، معاملات إخماد الكيمياء الضوئية qP.

- **المجموعة الثالثة:**

تواجدت هذه الأفراد($M_3F_0,M_2F_0,M_1F_0,M_0F_0, R_3F_0,R_2F_0,R_1F_0,R_0F_0$) في الجهة السالبة للمحور 1 و هي الأفراد الغير معاملة بالحديد($\mathbf{F_0}$)حيث بينت الدراسة المطبقة على الأوراق ارتفاع الاستحثاث الورقي ep ،الفركتوز Fru و الجليكوز glu ،كذلك الفسفور في حين سجل تناقص المتغيرات الأخرى .



شكل (3-16) منحنى توزيع أفراد نبات الطماطم المعاملة ب $Fe\ SO_4 7H_2O$ أثناء المرحلة الخضري

2.3. التحليل الاستدلالي لأثر الفعل الكمي للحديد:

تم تحليل المتغير الذي اثبت مصداقيته في تمثيل الأفراد تحت الدراسة و إظهار اثر الفعل النوعي لمعاملات الحديد المضاف على صورة Fe-EDTA أثناء مرحلة نمو الشتلة و النمو الخضري تحت تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (ANOVA) و ذلك لاستنباط المجموعات المتشابهة و المتباينة التأثير تبعا لتقسيم اثر الفعل الكمي للأفراد حسب طريقة new man keuils على مستوى 5 % .

1.2.3. التجربة الأولى: المعاملة ب Fe-EDTA :

أ- مرحلة نمو الشتلة:

بين المتغير(phé T) الذي مثل الأفراد المعاملة بFe-EDTA المدروسة أثر الفعل الكمي للحديد على الأوراق من خلال تحليل ANOVA ، من تحليل التباين الموضح في الجدول(9.3) يتضح أن ف البيانية أكبر من ف الجدولية و هذا يدل على أن أثر فعل الحديد كان معنويا جدا على مستوى أكبر من 0.1 % و عليه تم تقسيم سلم تأثير الفعل الكمي بطريقة new man keuils على مستوى 5 % كما يلي:

جدول(9.3) تحليل تباين أثر المعاملات الحديد بصورة Fe-EDTA على كمية الفيوفيتين الكلي (phé T) في أوراق صنفين من نبات الطماطم أثناء مرحلة نمو الشتلة

مصدر التباين	درجة الحرية	مجموع مربع المربعات	مربع المتوسطات	F	Pr > F
معاملات الحديد	7	1305.461	186.494	87.11	<0.0001
الخطأ التجريبي	24	51.382	2.141		
التباين الكلي	31	1356.843			

❖ أثر فعل الحديد:

أثرت تراكيز الحديد المقترحة تأثيرات متباينة على الأفراد حيث تشكلت أربع مجموعات مختلفة هي:

- A أعطى المجموعة (F_3 = 50 µmol) ،تميزت أفرادها هذه المجموعة بنمو جيد .
- B أعطى المجموعة (F_2=25 µmol) ،أفراد هذه المجموعة كان نموهم اقل من المجموعة A

- (F_1 = 15 µmol) أعطى المجموعة C أظهرت أفراد هذه المجموعة نموا متوترا مقارنتا بالمجموعتين A، B .
- (F_0 شاهد بدون حديد) بدت على أفراد هذه المجموعة أعراض نقص الحديد .

❖ أثر فعل الصنف:

تبين من تحليل التباين إن هناك مجموعتين مختلفتين هما المجموعةA (Riogrand)و المجموعةB (Marmande) هذا يدل إن الصنفين سلكا سلوكا متباينا عند المعاملة بهذه التراكيز أثناء نمو الشتلة

❖ أثر فعل التداخل بين الحديد و الصنف .

كونت المعاملات بالتركيز العالي للحديد (F_3= 50 µmol) مجموعتين مختلفتين هما المجموعة A (R_3F_3, R_2F_3, R_1F_3, R_0F_3) و المجموعة C (M_3F_3, M_2F_3, M_1F_3, M_0F_3) التي سلكت نفس سلوك Riogrand تحت المعاملة بالتركيز (F_1= 15 µmol).

- تأثير المعاملات بالتركيز (F_2= 25 µmol) للحديد تسبب في تكوين مجموعتين متباينتينB (R_3F_2,R_2F2,R_1F_2 ,R_0F_2) و مجموعة D(M_0F_2, M_1F_2 ,M_2F_2, M_3F_2) و هذا يفسر بتباين تأثير التركيز F_2 على الصنفين.
- المعاملة بالتركيز (F_1= 15 µmol) للحديد تسبب في تشكيل مجموعتين متباينتين هما المجموعة C(R_0F_1 ,R_1F_1 ,R_2F_1,R_3F_1) و المجموعة E(M_0F_1,M_1F_1,M_2F_1,M_3F) التي سلكت نفس سلوك الأفراد Riogrand التي لم تعامل بالحديد (R_0F_0) .
- نتج من المعاملاتF_0 (الشاهد) مجموعتان هما :المجموعة E(RF_0) و المجموعةF (MF_0) كما هو موضح في الجدول (10.3) أي أن للصنفين تباين في النمو.

الجدول (10.3) سلم ترتيب أثر فعل الحديد المضاف على صورة Fe-EDTA على صنفي نبات الطماطم و التداخل بينهم تبعا لطريقة New man keuils على مستوى 5 % خلال مرحلة نمو الشتلة.

	F0	F1	F2	F3
M	B *D **F ***	BCE	BBD	BAC
R	ADE	ACC	ABB	AAA

*اثر فعل الصنف **اثر فعل الحديد ***اثر فعل التداخل بين الصنف و معاملات الحديد

ب – مرحلة النمو الخضري:

بين المتغير (phé T) الذي مثل الأفراد المدروسة اثناء النمو الخضري أثر الفعل الكمي للحديد على الأوراق من خلال تحليل (ANOVA) من التباين الموضح في الجدول(11.3) يتضح أن ف البيانية أكبر من ف الجدولية و هذا يدل على أن أثر فعل الحديد كان معنويا جدا على مستوى أكبر من 0.1 % وعليه تم تقسيم سلم تأثير الفعل الكمي بطريقة new man keuils على مستوى 5 % كما يلي:

الجدول (10.3) تحليل تباين أثر معاملات الحديد المضاف على صورة Fe-EDTA على كمية الفيوفيتين (phé T) في اوراق صنفي نبات الطماطم اثناء مرحلة نمو الشتلة.

مصدر التباين	درجة الحرية	مجموع مربع المربعات	مربع المتوسطات	F	Pr > F
معاملات الحديد	7	596.549	85.221	115.671	<0.0001
الخطأ التجريبي	24	17.682	0.737		
التباين الكلي	31	614.232			

❖ أثر فعل الحديد:

تشكلت تراكيز الحديد أربع مجموعات مختلفة هذا يدل على وجود تباين في تأثير التراكيز و هذه المجموعات هي:

- المجموعة A (F_3 = 50 µmol) اثر هذا التركيز تأثيرا ايجابيا على أفراد هذه المجموعة فكان هناك نموا متميزا .
- المجموعة B (F_2 = 25 µmol) تميزت أفراد هذه المجموعة بنمو اقل مقارنة بأفراد المجموعة A.
- المجموعة C (F_1 = 15 µmol) أظهرت أفراد هذه المجموعة سلوكا متوترا مقارنة بأفراد المجموعة A, B.
- المجموعة D(F_0 شاهد) كان نمو أفراد هذه المجموعة ضعيفا مقارنة بالمجموعات الأخرى .

❖ أثر فعل الصنف:

بين أثر فعل الصنف وجود تباين الصنفين المدروسين حيث تشكلت مجموعتان هما : مجموعة A (Riogrand) و مجموعة B (Marmande) أي الصنفين لهم سلوكا مختلفا تحت تأثير الحديد المضاف رشا على الأوراق بصورة Fe-EDTA.

❖ أثر فعل التداخل بين الحديد و الصنف:

المعاملة بالتركيز (F_3 = 50 µmol) للحديد و هو التركيز العالي أعطى مجموعة واحدة A هذا يعني أن الصنفين لهما نفس السلوك تحت هذا التركيز ($M_3F_3, M_2F_3, M_1F_3, M_0F_3, R_3F_3, R_2F_3, R_1F_3, R_0F_3$).

أثرت معاملات الحديد بالتركيز (F_2) على الصنفين بنفس المستوى حيث أعطت مجموعة واحدة B شملت الصنفين ($M_3F_3, M_2F_3, M_1F_3, M_0F_3, R_3F_3, R_2F_3, R_1F_3, R_0F_3$).

- المعاملة بالتركيز (F_1) أثرت تأثيرا متباينا حيث تكونت مجموعتان مختلفتان المجموعة C تشمل الأفراد (R_0F_1 ,R_1F_1 ,R_2F_1,R_3F_1) و المجموعة D أفرادها (M_0F_1,M_1F_1,M2F1,M3F1) هذه الأخيرة كان لها نفس سلوك أفراد (RF_0) .
- المعاملة ب (F_0 بدون حديد) تأثيرا متباينا مما تسبب في تكوين مجموعتين متباينتين هما المجموعة D(R_0F_0,R_1F_0,R_2F_0,R_3F_0) و المجموعة E كانت أفرادها (M_0F_0,M_1F_0,M_2F_0,M_3F_0).

جدول (12.3) سلم ترتيب أثر فعل الحديد المضاف على صورة Fe-EDTA على صنفين من نبات الطماطم و التداخل بينهم تبعا لطريقة New man keuils على مستوى 5 % خلال مرحلة النمر الخضري.

المعاملات	F0	F1	F2	F3
R	$A^{*}D^{**}D^{***}$	ACC	ABB	AAA
M	BDE	BCD	BBB	BAA

*اثر فعل الصنف **اثر فعل الحديد ***اثر فعل التداخل بين الصنف و معاملات الحديد

2.2.3. التجربة الثانية (المعاملة بـــ $FeSO_4 7H_2O$):

أ- مرحلة نمو الشتلة:

تم تحليل نتائج المتغير Chl(T) الذي تفوق في تمثيل الأفراد محل الدراسة و اظهر أثر الفعـــل النوعي للحديد تحت تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (ANOVA) و ذلك لتحديد أثر الفعل الكمي للحديد الذي تبين أنه معنوي على مستوى اكبر من 0.1 % اســـتنادا إلـــى ف البيانيـــة مقارنة ب ف الجدولية المدونة في الجدول (13.3).

جدول (13.3) تحليل التباين اثر معاملات الحديد بـــصورة $FeSO_4 7H_2O$ على محتوى الكلوروفيل الكلـــي(ChlT) في أوراق نبات الطماطم اثناء مرحلة نمو الشتلة .

مصدر التباين	درجة الحرية	مجموع مربع المربعات	مربع المتوسطات	F	Pr>F
معاملات الحديد	7	171.567	24.510	35.272	<0.0001
الخطأ التجريبي	24	16.677	0.695		
التباين الكلي	31	188.244			

❖ أثر فعل الحديد:

معاملات الحديد المضاف رشا على الأوراق بصورة $FeSO_4 7H_2O$ تحكمت في توزيع الأفـــراد إلى أربع مجموعات متباينة التأثر:

- المجموعة A (F_2 = 5 µmol) أفراد هذه المجموعة كان نموها متميزا
- المجموعة B (F_1 = 2.5 µmol) أظهرت هذه الأفراد نموا متوسطا مقارنة بالمجموعة A
- المجموعة C (F_3 = 10 µmol) اثر هذا التركيز تأثيرا سلبيا على نمو أفراد هذه المجموعة
- المجموعة D (F0 شاهد) أفراد هذه المجموعة نموهم كان متوترا مقارنة بباقي المجموعات .

❖ أثر فعل الصنف:

إن تقسيم **New man keuils** على مستوى 5 ٪ شكل مجموعتين مختلفتين A(Riograند) وB (Marmande) الذي يفسر بوجود اختلاف في سلوك الصنفين تحت تأثير معاملات الحديد بصورة $FeSO_47H_2O$ رشا على الأوراق.

❖ أثر فعل التداخل بين الحديد و الصنف:

- آثرت المعاملة بالتركيز F_2 =5 µmol حيث تكونت مجموعتان :المجموعة A(R_0F_2, R_1F_2, R_2F_2, R_3F_2) و المجموعةB (M_0F_2, M_1F_2, M_2F_2, M_3F_2)
- المعاملة بالتركيز (F_1) أعطت مجموعات متباينة B و C مع (R_0F_1, R_1F_1, R_2F_1, R_3F_1) و C وD مع (M_0F_1, M_1F_1, M_2F_1, M_3F_1) يبين تقسيم **New man keuils** على مستوى 5 ٪ وجود تداخل في المجموعة C و في نفس الوقت تباين في المجموعة B و D.
- المعاملات بالتركيز (F_3) للحديد على الأوراق نتج عنه مجموعات متباعدة حيث أعطى المجموعتين C (R_0F_3 , R_1F_3, R_2F_3, R_3F_3) ، D (R_0F_3 , R_1F_3, R_2F_3, R_3F_3) والمجموعة E التي احتوت الأفراد(M_0F_3, M_1F_3 , M_2F_3, M_3F_3).
- تراكيز F_0 للحديد بينت اختلاف في التأثير على الصنفين حيث أعطت مجموعتين مختلفتين D مع (R_0F_0, R_1F_0 , R_2F_0, R_3F_0) و E (M_0F_0, M_1F_0 , M_2F_0, M_3F_0) كما هو مبين في الجدول (14.3) .

الجدول (14.3) سلم ترتيب أثر فعل الحديد المضاف على صورة $FeSO_47H_2O$ على صنفين من نبات الطماطم و التداخل بينهم تبعا لطريقة New man keuils على مستوى 5 % خلال مرحلة نمو شتلة.

	F0	F1	F2	F3
R	$A^*A^{**}D^{***}$	ACB	ADA	ABC
R	AAD	ACC	ADA	ABD
M	BAE	BCC	BDB	BBE
M	BAD	BCD	BDD	BBE

*اثر فعل الصنف **اثر فعل الحديد ***اثر فعل التداخل بين الصنف و معاملات الحديد

ب- مرحلة النمو الخضري:

تفوقت نتائج المتغير Chl(T) في تمثيل الأفراد محل الدراسة لإظهار اثر الفعل النوعي للحديد حيث يتبين من دراسة تحليل التباين بإتباع تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (ANOVA) أن اثر الفعل الكمي للحديد كان معنوي على مستوى 0.1٪ عند مقارنة ف البيانية ب ف الجدولية المدونة في الجدول (15.3)

جدول (15.3)تحليل تباين اثر معاملات الحديد $FeSO_4 7H_2O$ على محتوى الكلوروفيل الكلي (ChlT) في أوراق نبات الطماطم أثناء مرحلة النمو الخضري.

مصدر التباين	درجة الحرية	مجموع مربع	مربع المتوسطات	F	Pr>F
معاملات الحديد	7	81.642	11.663	42.961	<0.0001
الخطأ التجريبي	24	6.516	0.271		
التباين الكلي	31	88.157			

❖ اثر فعل الحديد :

أثرت معاملات الحديد المضاف رشا على الأوراق بصورة $FeSO_4 7H_2O$ على الأفراد مما تسبب في توزيعهم إلى أربع مجموعات متباينة:

- المجموعة A ($\mu mol\ 5 = F_2$) تميزت أفراد هذه المجموعة بنموها الجيد .
- المجموعة B ($\mu mol\ 2.5 = F_1$) تراجع في نمو أفراد هذه المجموعة مقارنة بالمجموعة A .
- المجموعة C ($\mu mol\ 10 = F_3$) كان توتر أفراد هذه المجموعة واضحا وظهور بعض الحروق على الأوراق.
- المجموعة D (F0 شاهد) بدون إضافة الحديد كان نموها متوترا نتيجة نقص الحديد مقارنة بالمجموعتين C, B,A.

❖ اثر فعل التداخل بين الحديد و الصنف :

أثرت معاملات الحديد تأثيرا متباينا على الصنف:

إضافة المعاملة بالتركيز ($\mu mol\ 5 = F_2$) تكونت مجموعتان متباينتان :المجموعةA (M_3F_2 ,M_2F_2, M_1F_2, M_0F_2) و المجموعة B.(R_3F_2 ,R_2F_2 ,R_1F_2 , R_0F_2)

نتجت من المعاملات بالتركيز($\mu mol\ 2.5 = F_1$,$\mu mol\ 10 = F_3$) مجموعة واحدة احتوت أفراد الصنفين (M_3F_1,M_2F_1,M_1F_1,M_0F_1,R_3F_1,R_2F_1,R_1F_1,R_0F_1) و

(M_3F_3,M_2F_3,M_1F_3,M_0F_3 ,R_3F_3,R_2F_3,R_1F_3,R_0F_3) نقص الحديد في الحالة(F0 شاهد) اثر تأثيرا متباينا على الأفراد حيث تكونت المجموعةC (R_0F_0, R_1F_0 ,R_2F_0 ,R_3F_0) والمجموعةD (M_0F_0,M_1F_0 ,M_2F_0 ,M_3F_0) أي أن للصنفين نمو متباينا و الجدول (16.3) يبين ذلك :

الجدول (16.3) سلم ترتيب أثر فعل الحديد المضاف على صورة $FeSO_47H_2O$ علـــى صـــنفين نبـــات الطمـــاطم و التداخل بينهم تبعا لطريقة New man keuils على مستوى 5 % خلال مرحلة النمو الخضري

	F0	F1	F2	F3
R	A*D**D***	ABB	AAA	ACB
M	ADC	ABB	AAA	ACB

*اثر فعل الصنف **اثر فعل الحديد ***اثر فعل التداخل بين الصنف و معاملات الحديد

3-2-3-تحليل التربة:

الجدول (3-2-3) بعض الخصائص الفيزيائية و الكيميائية للتربة المستعملة

pH	Po_4^- الميسر (ppm)	الحديدFe الميسر(ppm)	مادة عضوية ٪	الكاربونات٪ $Caco_3$
6.8	21.3	0.84	2.31	8.76

يبين الجدول (3-1) أن التربة ذات pH تقريبا متعادل و غنية بالمواد العضوية ، كما أنها ذات طبيعة دبالية الأمر الذي يسمح بتهوية جيدة (Laib .,2004) ، كذلك جيرية لاحتوائها على 8.76 ٪من الكاربونات حيث أشار Hillal et al (1974) إلى أن التربة المحتوية على نسبة كاربونات اكبر أو تساوي 8٪ فهي جيرية.

المناقشة :

بينت نتائج التحليل الإحصائي الوصفي (ACP) المطبقة على المتغيرات في التجـــربتين لصـــنفي نبات الطماطم (*Lycopersicum esculentum Mill.*) Var:Riogrand,Marmande

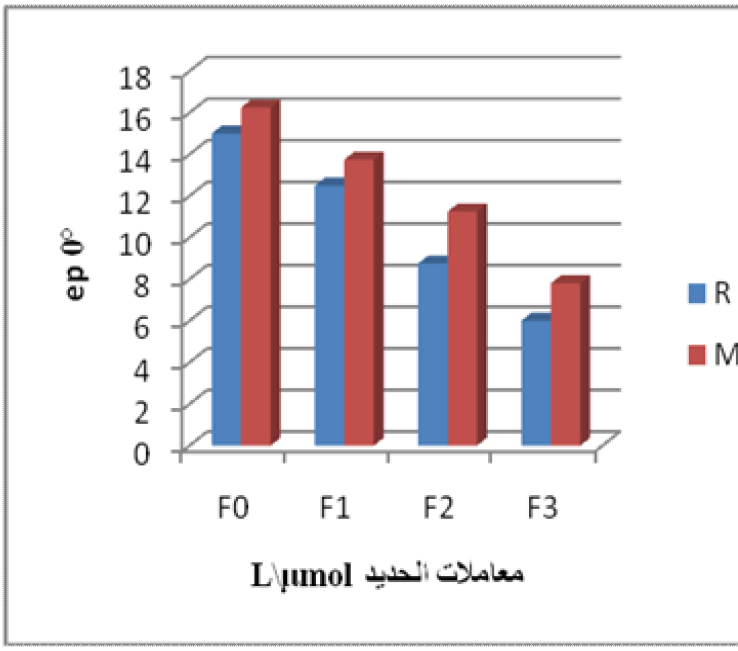
أن محتوى صبغة الفيوفيتين الكلي (phe T) في الأوراق مثلت الأفراد المدروسة خلال مرحلـــة نمو الشتلة ومرحلة النمو الخضري المعاملة ب Fe-EDTA بنسبة 91% و97% على الترتيب .كمـــا أن محتوى الكلوروفيل الكلي(Chl T) في أوراق النباتات المعاملة ب $FeSo_47H_2o$ خلال مرحلة نمو الشتلة ومرحلة النمو الخضري مثل كذلك الأفراد بنسبة 90% و 97% على الترتيب هذه المتغيـــرات أظهرت اثر الفعل الكمي للحديد والصنف والتداخل بينهم بمعنوية اكبر من 0.1٪ .

ا- أثر الحديد على المظاهر المورفولوجية:

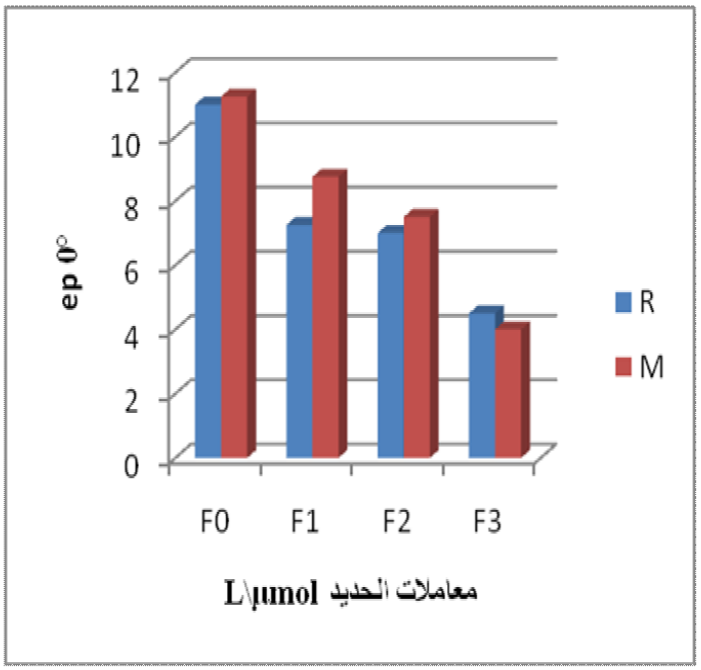
اظهر كل من الصنفين (Marmande , Riogrand) استجابة مورفولوجية لزيـــادة تركيـــز الحديـــد المضاف في المجال الجذري عل صورة Fe-EDTA و رشا على الأوراق بصـــورة $FeSO_47H_2O$ بخفض الاستحثاث الورقي (ep)خاصة عند التركيز (F_3=50 µmol /L) تحت المعاملة ب Fe-EDTA حيث سجل الارتباط Fe^{++}/ep : r=-0.640 , r=-0.651 أثناء مرحلة نمو الشتلة و مرحلة النمو الخضري على الترتيب .في حين تأثر الصنفان بمعاملات$FeSO_47H_2O$ عند التركيز (F_2=5 µmol /L) و كان الارتباط Fe^{++}/ep : r=-0.521، r=-0.647 أثناء مرحلة نمو الشـــتلة و مرحلة النمو الخضري على الترتيب.

يرجع هذا التناقص في الاستحثاث الورقي مع الزيادة في تركيز الحديد مقارنة بالشاهد إلى الزيادة في تخليق الاثيلن(EFE (Ethyléne Forming Enzyme الذي يعتبر الحديد مرافـــق إنـــزيم تخليقـــه (amino cyclopropane carboxylase) حيث يؤدي أي خلل في نشاط هذا الإنزيم إلى نقص فـــي الاثلن المسؤول على استطالة الجذر الرئيسي و ظهور ذبول على الأوراق و بالتالي الحث على ارتفاع الاستحثاث الورقي (Yousef et al., 2000 , Schmidt et al., 2000).

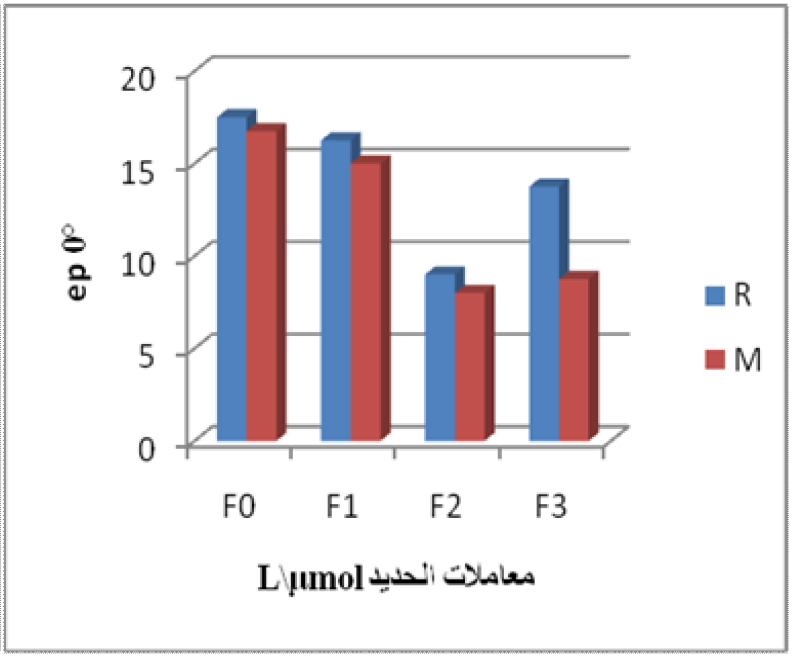
كما تبين الأشكال (4-1) (4-2) اختلاف بين الصنفين حيث كان الانخفاض عند الصنف Riogrand اكبر من الصنف Marmande في التجربتين أما معاملات الرش أثناء مرحلة النمو الخضـــري كـــان الانخفاض عند الصنف Marmande اكبر شكل (4-3) .و يرجع هذا إلى اختلاف الأصناف حســـب Wilkinson et al (1995).



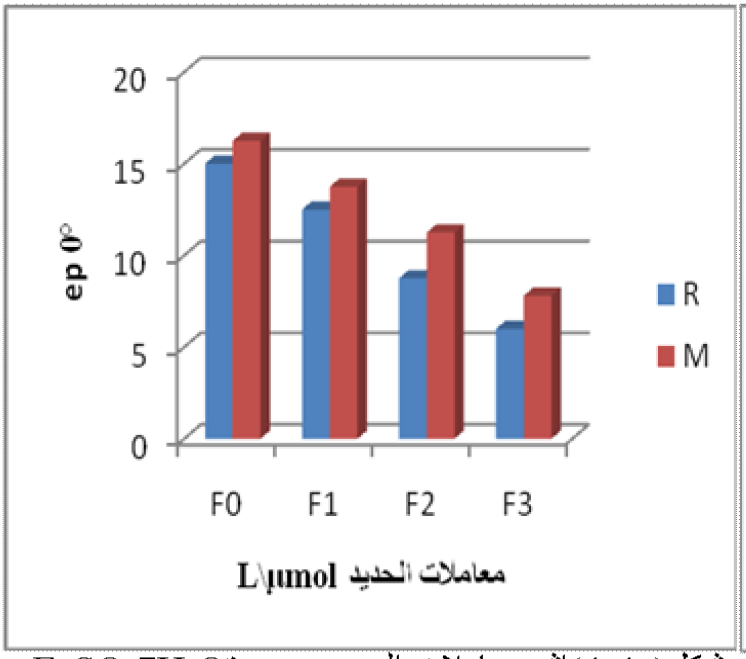
شكل(4-1)اثر معاملات الحديد ب Fe-EDTA على
لاستحثاث الورقي خلال مرحلة النمو الخضري



شكل(4-2)اثر معاملات الحديد بصورة Fe-EDTA
على الاستحثاث الورقي اثناء مرحلة نمو الشتلة

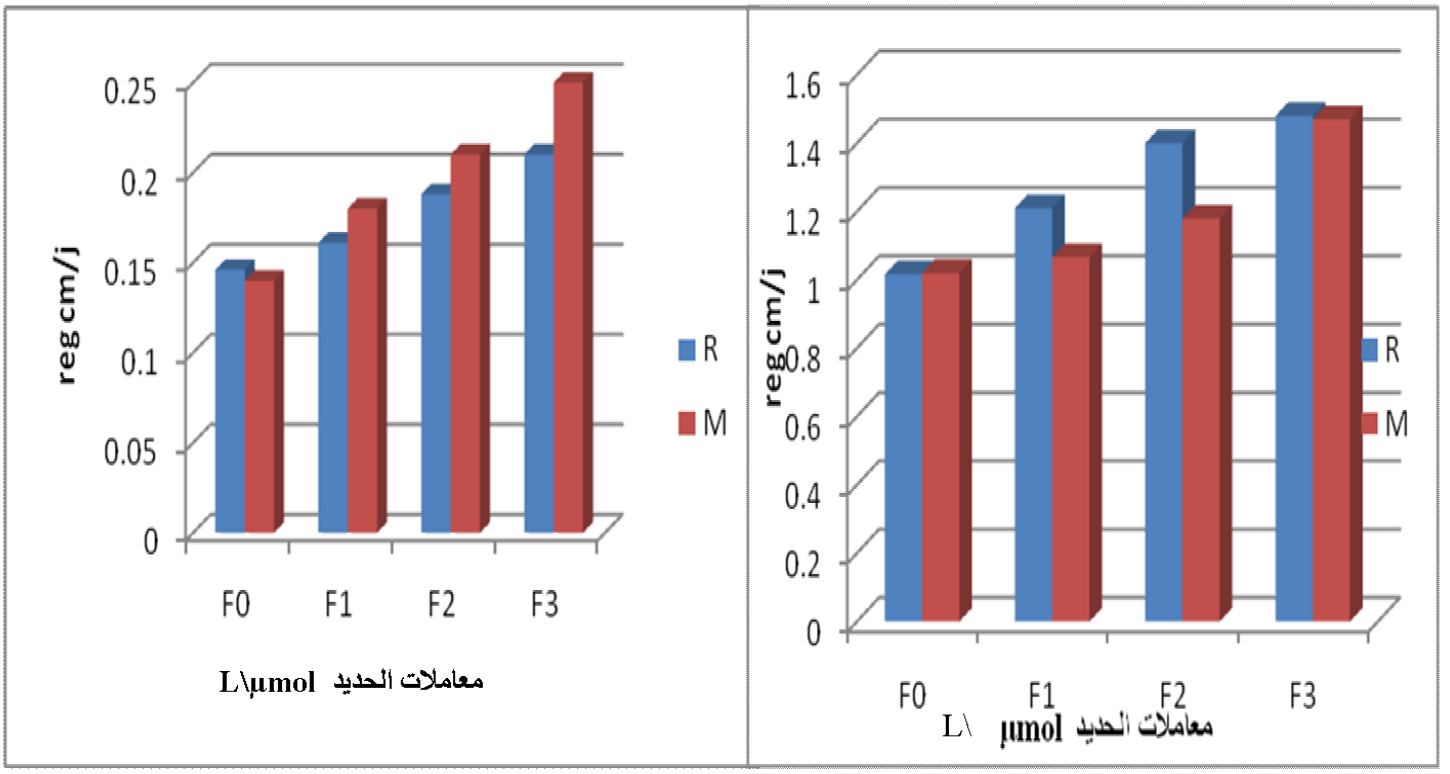


شكل(4-3)اثر معاملات الحديد على صورة
$FeSO_4 7H_2O$ على الاستحثاث الورقي أثناء مرحلة النمو
خضري



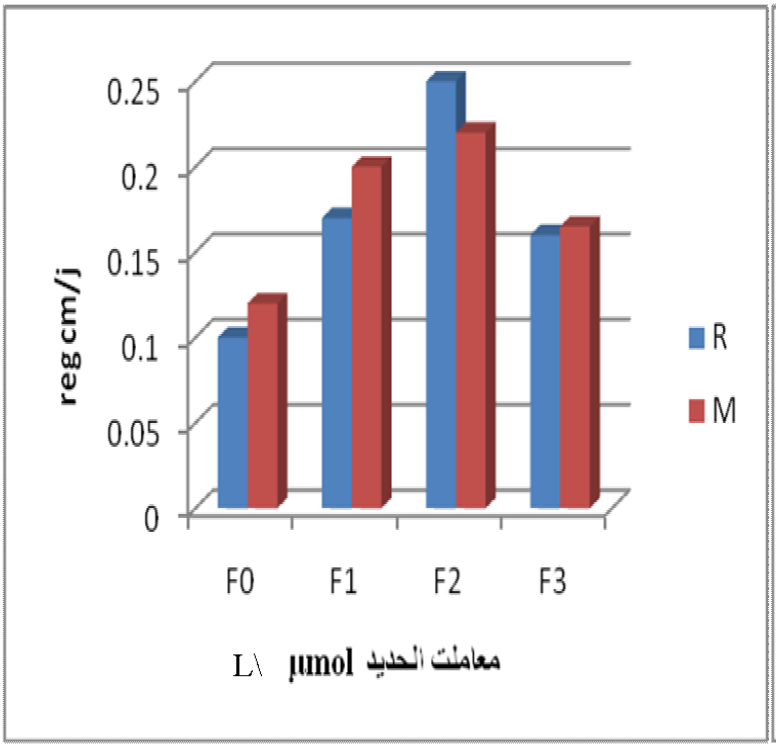
شكل(4-4)اثر معاملات الحديد بصورة$FeSO_4 7H_2O$
على الاستحثاث الورقي أثناء مرحلة نمو الشتلة المعاملة

أثرت معاملات الحديد على صورة Fe-EDTA بالتركيز العالي (L/ µmol 50=F3) تأثيرا ايجابيـــا على معدل النمو النسبي (reg) في كلتا المرحلتين Fe^{++}/reg : r = 0.731, r = 0.578 (مرحلة نمو الشتلة و مرحلة النمو الخضري على الترتيب) و هذا مقارنة بالتراكيز الأخرى(L/ µmol15 = F1 L/ µmol 25= F2) . في حين سجل التأثير الايجابي على معدل النمو النسبي لمعاملات الحديد على صورة $FeSO_4 7H_2O$ عند التركيز المنخفض(L/ µmol 5= F2) مقارنة بالتركيز العـــالي (10=F3 L/ µmol) أثناء مرحلة نمو الشتلة و النمو الخضري و كانت Fe^{++}/reg r=0.504، r=0.659 على الترتيب .يمكن القول أن معاملات الحديد بكلا الصورتين (سقيا ،رشا) قد حسن نمو النبات مقارنة بمعاملات الشاهد (F0) و هذا يتفق مع أعمال Wassif (1983) المطبقة على نبات الفاصوليا .



شكل (4-5)تأثير معاملات الحديد على النمو النسبي اثناء مرحلة النمو الخضري المعاملة ب Fe-EDTA

شكل (4-6)تأثير معاملات الحديد على النمو النسبي اثناء مرحلة نمو الشتلة المعاملة ب-Fe EDTA

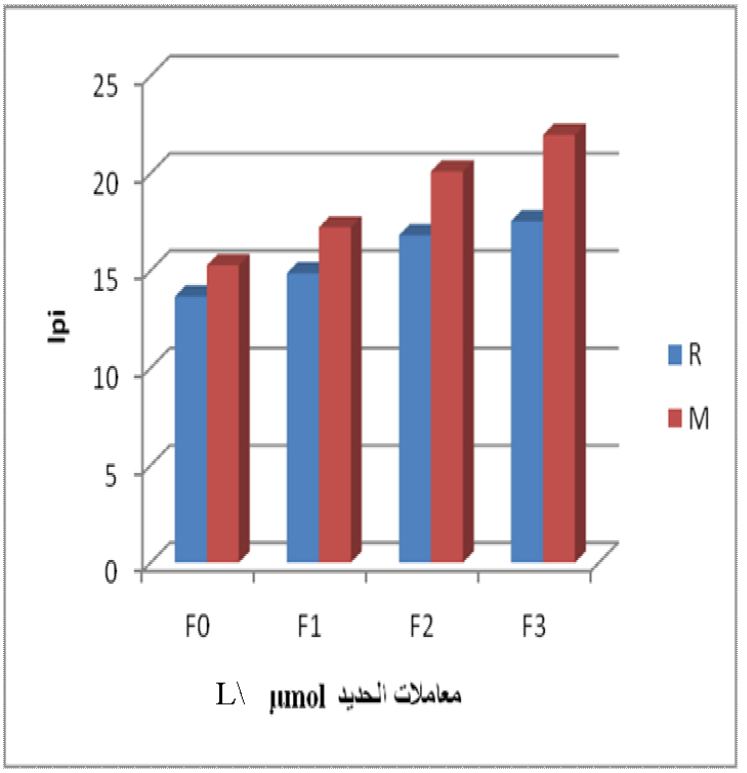


شكل (4-7)تأثير معاملات الحديد على النمو النسبي أثناء مرحلة النمو الخضري المعامة ب $FeSO_4 7H_2O$

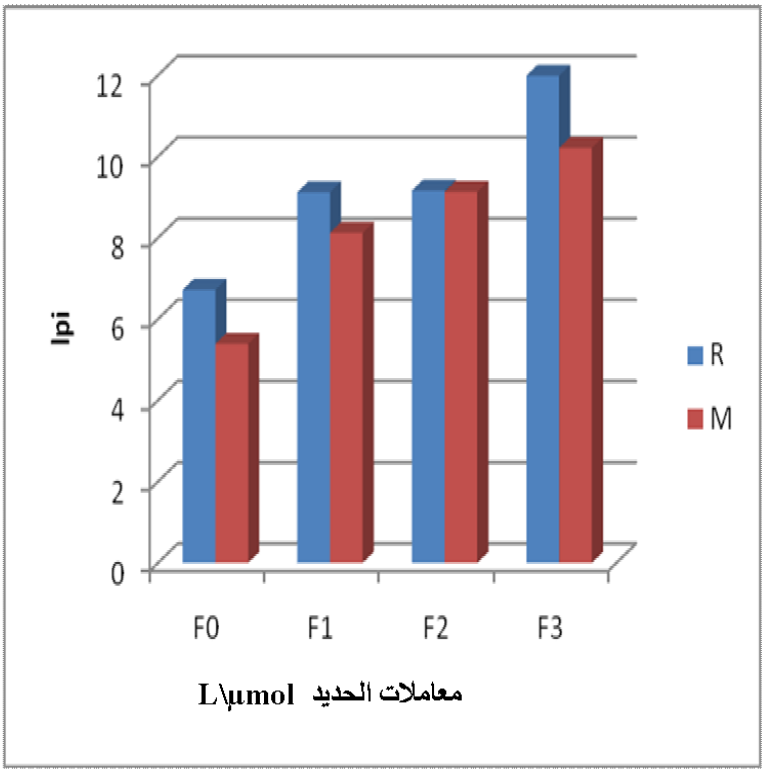
شكل (4-8)تأثير معاملات الحديد على النمو النسبي أثناء مرحلة نمو الشتلة المعامة ب $FeSO_4 7H_2O$

هذه الزيادة في النمو النسبي كانت مرفقة بزيادة نمو الورقة (lpi) و مؤشر نمو النبات pi نتيجة سهولة انتقال الحديد الميسر إلى الأوراق ،حيث بينت الأبحاث أن محتوى الأوراق الخضراء بالحديد النشط Fe^{++} يفوق بكثير محتوى الأوراق التي يظهر عليها الاصفرار حتى و لو كان محتوى الحديد الكلي كبيرا (Shingles et al ., 2002) هذه النتيجة يؤكدها الارتباط الموجب المسجل أثناء مرحلة نمو الشتلة و النمو الخضري عند المعاملة بـFe-EDTA (Fe^{++}/lpi: r=0.543، r=0.567) أما معاملات $FeSO_4 7H_2O$ فكانت الارتباطات r=0.525، r=0.305 أثناء مرحلة نمو الشتلة و النمو الخضري على الترتيب .فسر هذا من طرف Ana et al., 2000 بارتفاع النواتج الايضية في الأوراق مثل حامض الاسكوربيك الذي يلعب دورا كبيرا في نقل العناصر الغذائية داخل النبات و التدفق القليل للحديد في ستوبلازم خلايا الأوراق يؤدي إلى انخفاض نشاط إنزيم Fe-citrate reductase المتواجد بالغشاء البلازمي و يزيد من حموضة ستوبلازم هذه الخلايا التي تتلف نتيجة حدوث حروقات . حيث سجلت اعلى قيمة عند معاملة الصنف Riogrand بالتركيز العالي

(L/ µmol 50=F3)على صورة Fe-EDTA أثناء مرحلة نمو الشتلة شكل (4-10) أمـــا مرحلـــة النمو الخضري فكانت الزيادة عند الصنف Marmande شكل (4-9) .

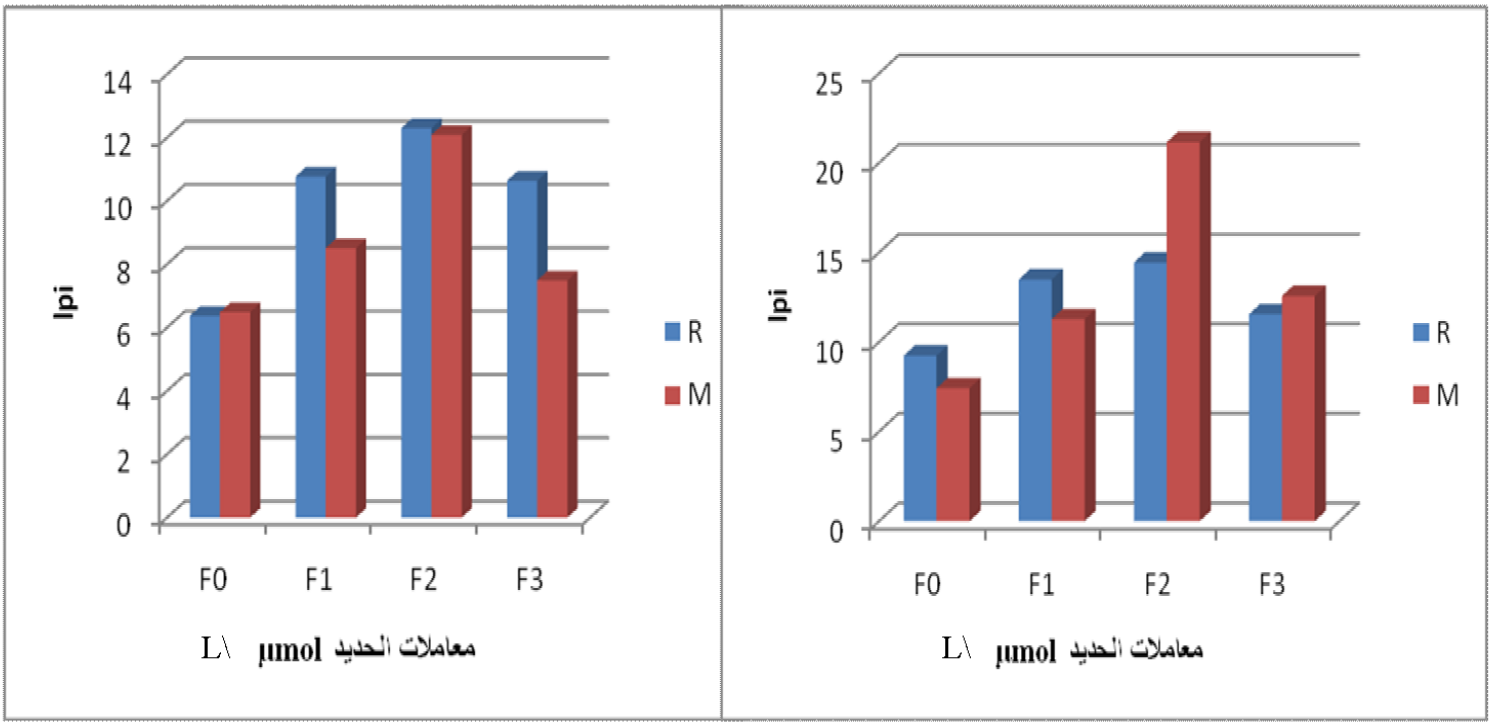


شكل (4-9)تأثير معاملات الحديد على مؤشر نمو الورقة أثناء مرحلة النمو الخضري المعاملة ب Fe-EDTA



شكل (4-10)تأثير معاملات الحديد على مؤشر نمو الورقة أثناء مرحلة نمو الشتلة المعاملة ب Fe-EDTA

في حين اثر التركيز (L/ µmol 5=F2) على صورة $FeSO_4 7H_2O$ تأثيرا متماثلا أثناء مرحلـــة نمو الشتلة. بينما تباين التأثير بين الصنفين عند التركيز (F3، F1) و سجلت Riograndشراهة اكبر للحديد عند هذه التراكيز شكل (4-12) .و اختلف تأثير التركيز(L/ µmol 5=F2) على الصنفين أثناء مرحلة النمو الخضري، فسجل الصنف Marmande نموا جيدا عند هذا التركيز مقارنـــة بالصـــنف Riograndو كذلك عند التركيز (L/ µmol 10=F3) .و تفـــوق الصـــنف Riograndالمعامـــل بالتركيز (L/ µmol 2.5=F1) شكل (4-11) و على العموم تميز الصنف بتفوق النمو مقارنة بالشاهد و هذا أثناء مرحلة نمو الشتلة و مرحلة النمو الخضري .

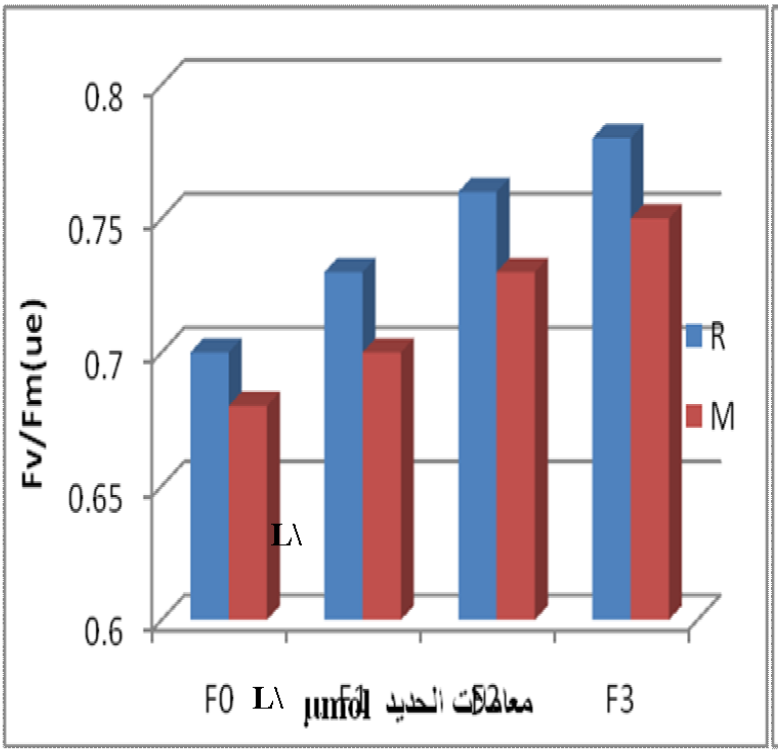


شكل (4-11)تأثير معاملات الحديد على مؤشر نمو الورقة أثناء مرحلة النمو الخضري المعاملة ب $FeSO_4 7H_2O$

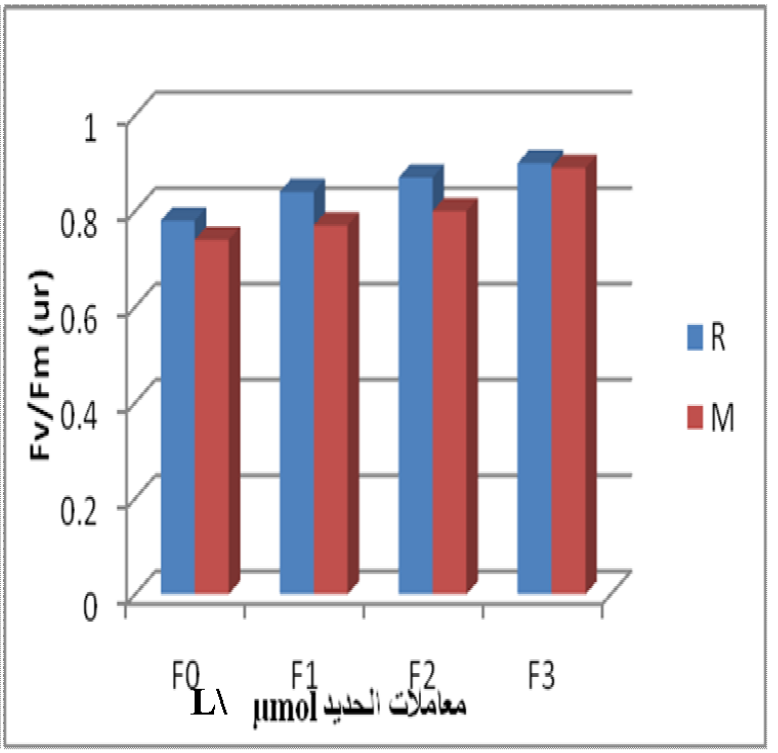
شكل (4-12)تأثير معاملات الحديد على مؤشر نمو الورقة أثناء مرحلة نمو الشتلة المعاملة ب $FeSO_4 7H_2O$

4-2- تأثير الحديد على العمليات الفيزيولوجية :

يعتبر الحديد العنصر المؤثر على مختلف العمليات الحيوية في النبات فقد بينت النتائج المتحصل عليها أن الحديد المضاف إلى التربة على صورة Fe-EDTA ورشا على الأوراق بصورة $FeSO_4 7H_2O$ له تأثيرات مختلفة على المظاهر الفيزيولوجية للنبات حيث ظهر على الصنفين استجابة الاستقطاب الطاقة الضوئية(Fv/Fm)بزيادة تركيز الحديد إذ سجل الصنف Riogrand مقارنة بالصنف Marmande استقطابا ضوئيا متميزا عند جميع معاملات الحديد على صورة Fe-EDTA أثناء مرحلة نمو الشتلة و مرحلة النمو الخضري و تفوق التركيز(F_3=50 µmol /L) على هذا التأثير مقارنة بالتركيز(F_1=15 µmol /L) و(F_2=25 µmol /L) و معاملات الشاهد (F_0)،شكل (4-13) والشكل (4-14) يوضح ذلك، كما سجلت هذه المعاملات الارتباطات (Fv/Fm) : Fe^{++} (مرحلة نمو الشتلة و مرحلة النمو الخضري على r=0.522، r=0.688 الترتيب).

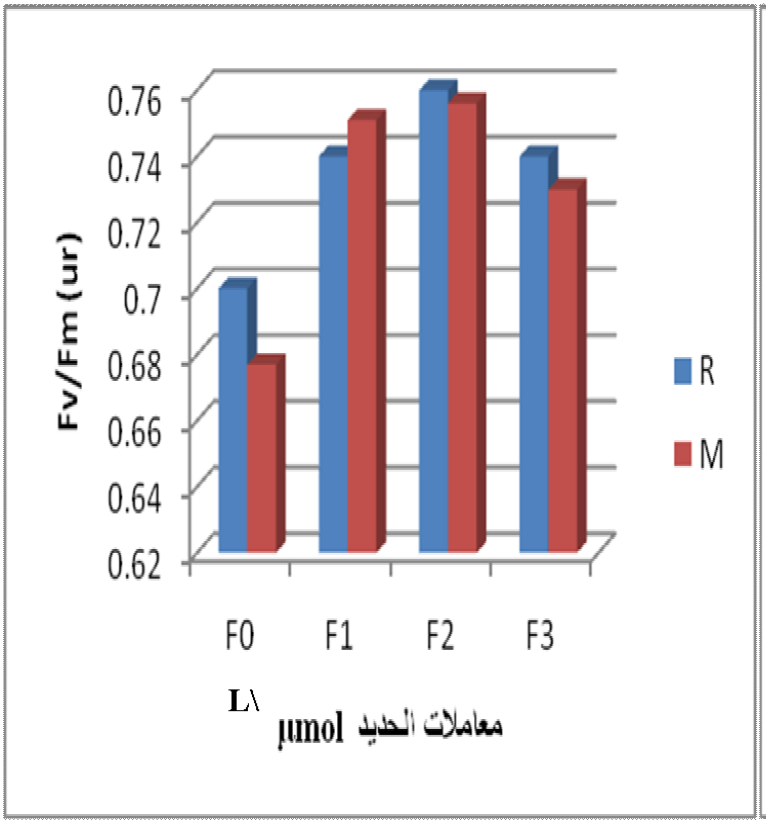


شكل (4-13) تأثير معاملات الحديد على فاعلية استقطاب الطاقة الضوئية للنظام الضوئي الثاني أثناء مرحلة النمو الخضري المعاملة ب Fe-EDTA

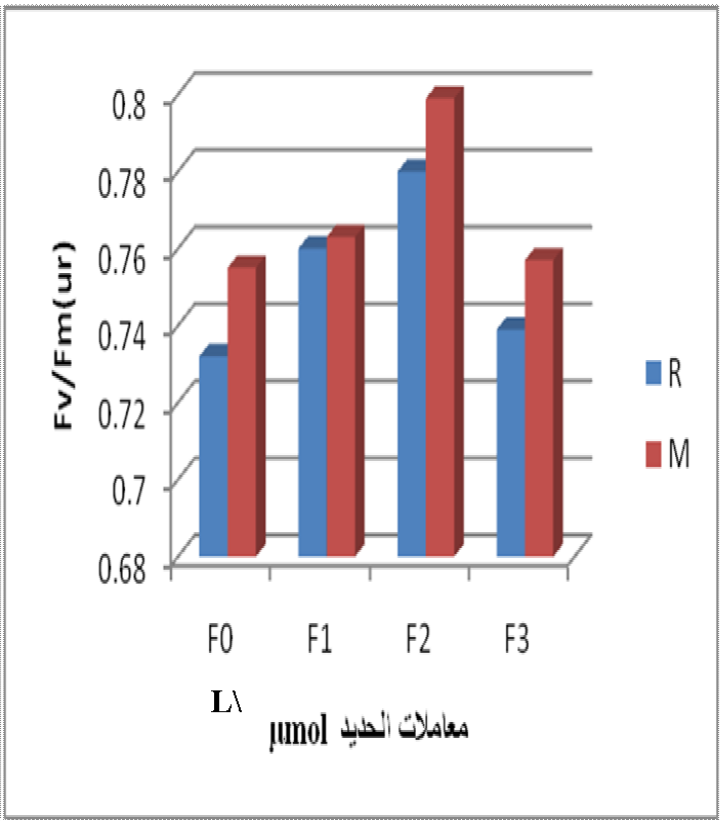


شكل (4-14) تأثير معاملات الحديد على فاعلية استقطاب الطاقة الضوئية للنظام الضوئي الثاني أثناء مرحلة نمو الشتلة المعاملة ب Fe-EDTA

بينما التأثير بالتركيز (F_2=5 µmol /L) على صورة $FeSO_4 7H_2O$ كان شبه متماثل لدى الصنفين أثناء مرحلة نمو الشتلة الشكل (4-16) فتفوق الصنف Marmande أثناء مرحلة النمو الخضري عند المعاملة بالتركيز (F_2, F_3) مقارنة بالتركيز(F_1) و الشاهد كما هو موضح في الشكل (4-15) . على العموم سجل ارتباطا ايجابيا عند المعاملة بهذه الصورة (Fv/Fm) / Fe^{++} r=0.33, r=0.419 خلال مرحلة الشتلة و المرحلة الخضرية على الترتيب.



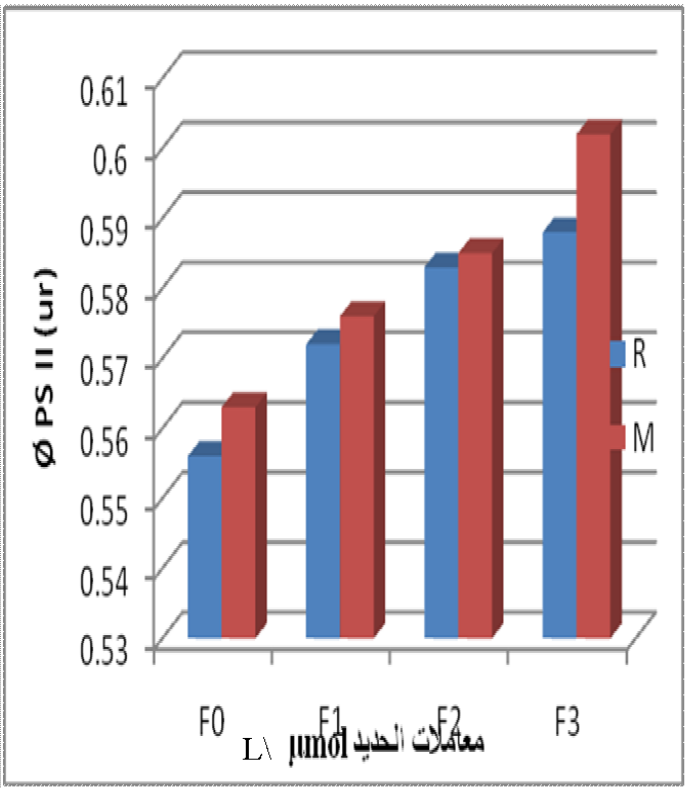
شكل (4-15) تأثير معاملات الحديد على فاعلية استقطاب الطاقة الضوئية للنظام الضوئي الثاني أثناء مرحلة النمو الخضري المعاملة ب $FeSO_4 7H_2O$



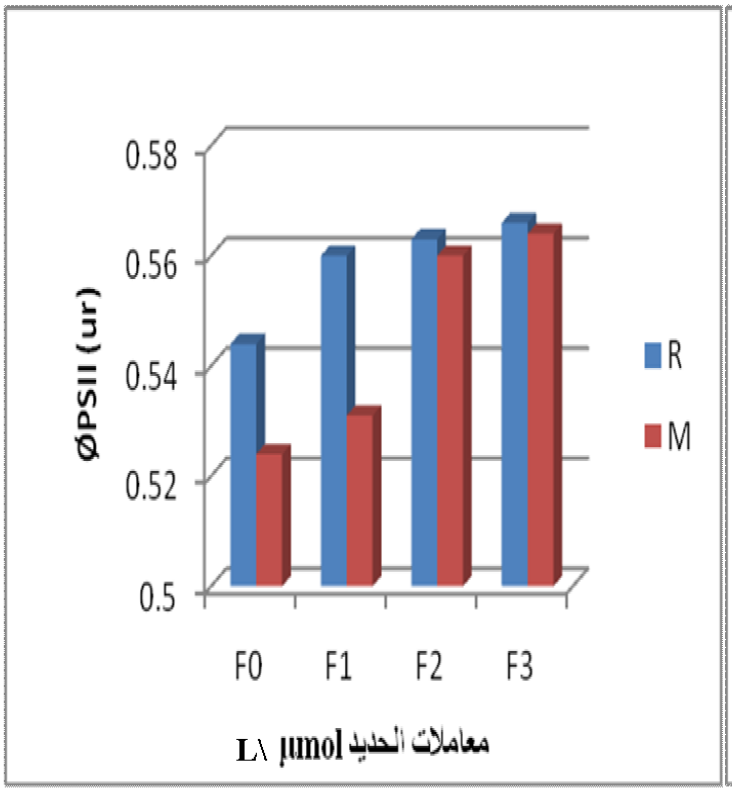
شكل (4-16) تأثير معاملات الحديد على فاعلية استقطاب الطاقة الضوئية للنظام الضوئي الثاني أثناء مرحلة نمو الشتلة المعاملة ب $FeSO_4 7H_2O$

تكون هذه الاستجابة نتيجة تأثير الحديد على كفاءة الكيمياء الضوئية و امتصاص الأشعة الضوئية حيث يؤدي نقص الحديد إلى نقص قدرة امتصاصها و ذلك لانخفاض مستقبل الصبغات(صبغات التمثيل الضوئي) Photosynthétiques وهذه النتائج تتفق مع(Pascal and Dorn.,1994) (Farineau and Morat., 2006). يؤثر هذا حسب Cyrin (2005) على معدل نقل الالكترونات في النظام الضوئي PSII حيث تؤدي زيادة امتصاص الصبغات بفعل تأثير الحديد إلى رفع طاقة الالكترون من مستوى منخفض إلى مستوى أعلى ،لذلك يؤدي نقص الحديد إلى حدوث تلف في مراكز التفاعل (D_1–D_2) لوجود ذرة حديد بين D_1, D_2 (Richter.,1993) كما إن المستقبل الأول للالكترونات للنظام الضوئي PSI مرتبط ببروتين (حديد ، كبريت) هو Fd (férrédoxine) من جهة أخرى نقص الحديد يؤدي إلى بعثرة الطاقة الضوئية على شكل حرارة .و يفسر هذا بارتفاع المردود الكمي للنظام الضوئي الثاني ØPSII بزيادة تركيز الحديد الذي يكون مرفق بزيادة بروتينات

غشاء الثيلاكويد التي لها علاقة مباشرة بنظام الاستقطاب الضوئي و تحويل الطاقة الضوئية المتجمعة الى طاقة كيميائية على مستوى الأنظمة الضوئية PSI، PSII (Vredenberg., 2000 و بينت الدراسة أن الصنف Riogrand اظهر (Iwata and Barber., 2004, Lix et al. 2005. مردودا كميا كبيرا للنقل الالكتروني ØPSII عند المعاملة بالتركيز (F_1=15 µmol /L) و معاملة الشاهد (F_0) على صورة Fe-EDTA مقارنة بالصنف Marmande في حين كان التأثير شبه متماثل في الصنفين عند المعاملة بالتركيز (F_2= 25 µmol /L) و (F_3=50 µmol /L) ، هذا أثناء مرحلة نمو الشتلة شكل (4-14) بينما تفوق الصنف Marmande أثناء مرحلة النمو الخضري عند جميع التراكيز تحت الدراسة شكل (4-13) و كانت الارتباطات Fe^{++}/ØPSII r= 0.535 r=0.683.



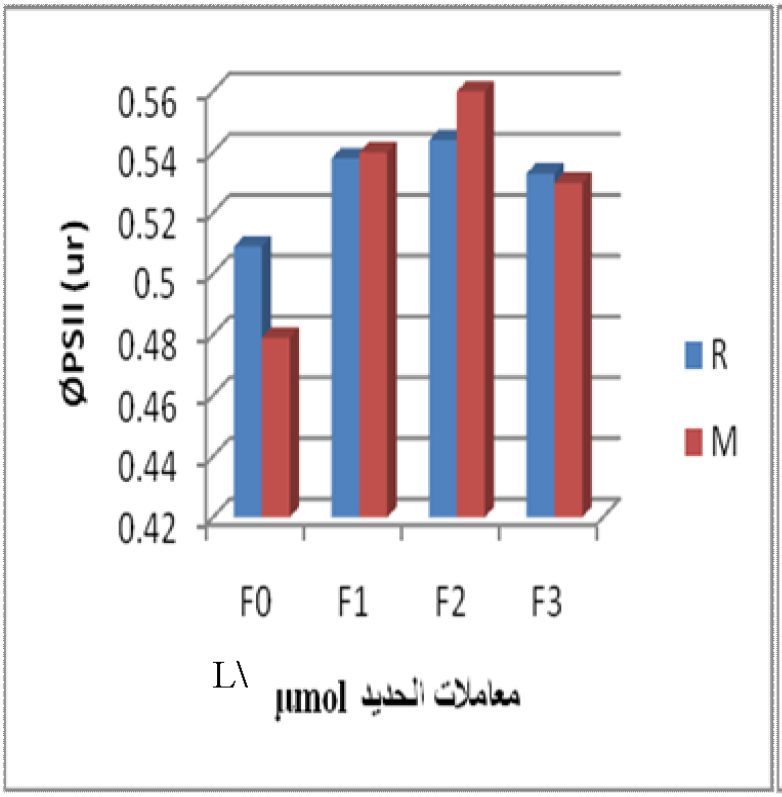
شكل (4-13) تأثير معاملات الحديد على المردود الكمي للنظام الضوئي ØPSII أثناء مرحلة النمو الخضري المعاملة ب Fe-EDTA



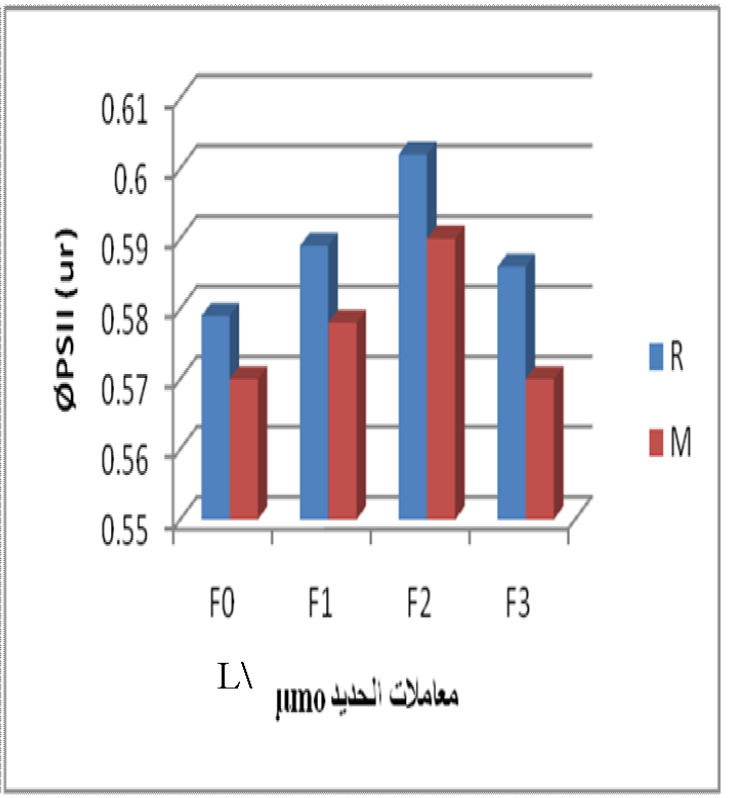
شكل (4-14) تأثير معاملات الحديد على المردود الكمي للنظام الضوئي ØPSII أثناء مرحلة نمو الشتلة المعاملة ب Fe-EDTA

أما المعاملة بالتركيز (F_2= 5 µmol /L) على صورة $FeSO_4 7H_2O$ آثرت تأثيرا ايجابيا على المردود الكمي للتدفق الالكتروني ØPSII و هذا في كلا المرحلتين ،حيث تماثل التأثير بين الصنفين أثناء مرحلة نمو الشتلة تحت التركيز (F_3=10 µmol /L) و (F_2=5 µmol /L) كما هو مبين في

الشكل (4-16) بينما اظهر الصنف Riogrand تفوقا متميزا أثناء مرحلة النمو الخضري و هذا تحت تأثير جميع معاملات الحديد شكل (4-15). سجل الارتباط (Fe^{++}/ØPSII): r=0.508 , r=0.782 (مرحلة نمو الشتلة و مرحلة النمو الخضري على الترتيب) .يمكن القول أن معاملات الشاهد (F_0) كانت وسطا جد ملائم للصنف Riogrand مقارنة بالصنف Marmande (Iwata and Barber., 2004).



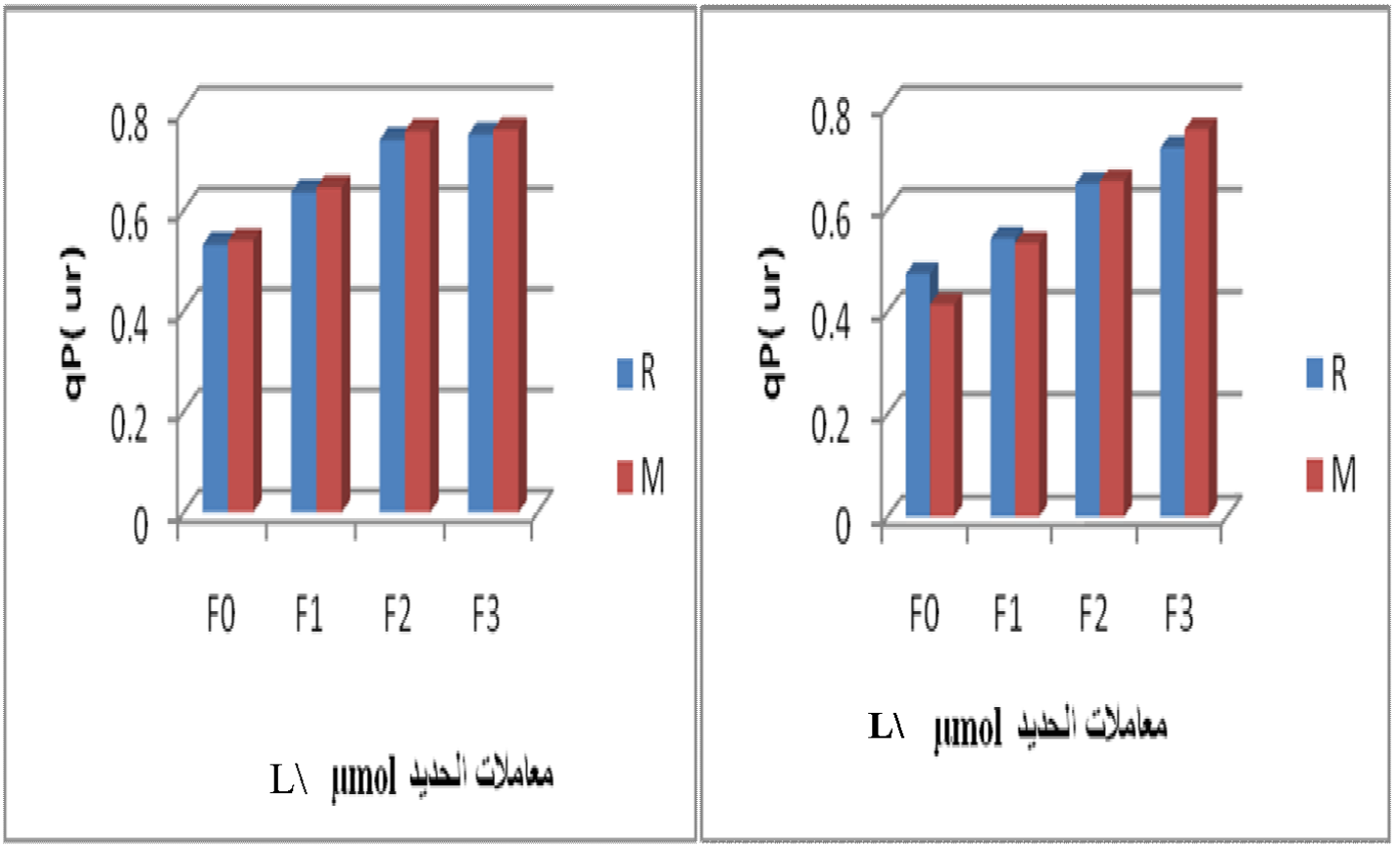
شكل (4-16) تأثير معاملات الحديد بصورة $FeSO_47H_2O$ على المردود الكمي للنظام الضوئي ØPSII اثناء مرحلة نمو الشتلة



شكل (4-15) تأثير معاملات الحديد بصورة $FeSO_47H_2O$ على المردود الكمي للنظام الضوئي ØPSII اثناء مرحلة النمو الخضري

أما القدرة الاختزالية للحديد النشط Fe^{++} على مستوى مراكز تفاعل الأنظمة الضوئية (D2-D1) تؤدي إلى ارتفاع فاعلية استعمال الطاقة المتهيجة بوجود إنزيمات الستروما التي تشترك في تثبيت Co_2 و يترتب عن ذلك زيادة إخماد الكيمياء الضوئية(qP)

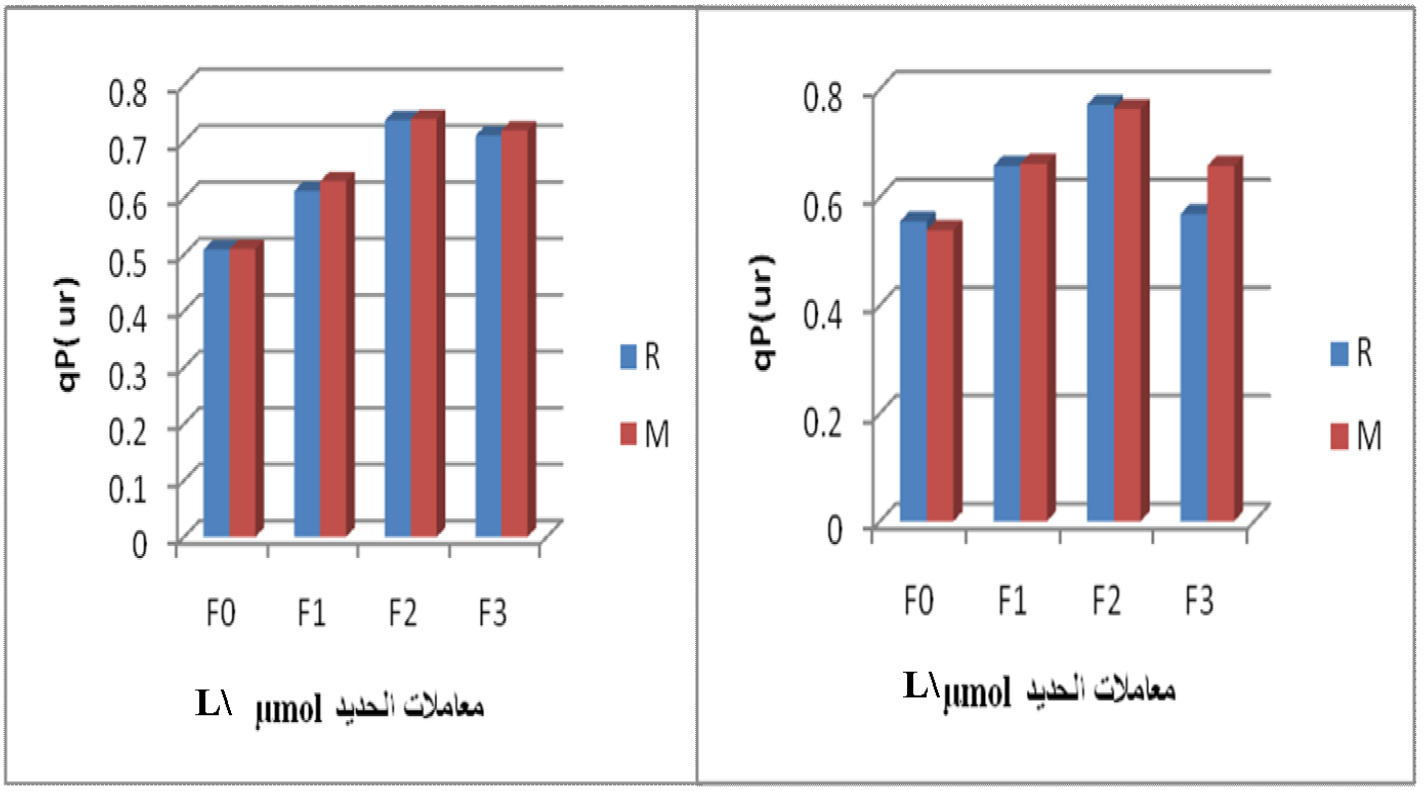
(Arulanantham.et al.,1990 ,Bilger et al., 1995)، حيث تبين النتائج ان المعاملات بالتركيز العالي للحديد (L/ µmol 50=F3) على صورة Fe-EDTA اعطى تفوقا ملحوظا على معامل اخماد الكيمياء الضوئية (qP) و هذا مقارنة بالتركيز (L/ µmol 25= F2)، (L/ µmol 15=F1) و معاملة الشاهد (F0) أثناء مرحلة نمو الشتلة و مرحلة النمو خضري لكلا التجربتين . كما في الشكل (4-17)(4-18) و التي كانت الارتباطات بها Fe^{++}/qP r=0.768 ، r=0.729 أثناء مرحلتي النمو (مرحلة نمو الشتلة و مرحلة النمو الخضري على الترتيب) .



شكل (4-17) تأثير معاملات الحديد بصورةFe-EDTA على إخماد الكيمياء الضوئية أثناء مرحلة النمو الخضري

شكل (4-18) تأثير معاملات الحديد بصورةFe-EDTA على إخماد الكيمياء الضوئية أثناء مرحلة نمو الشتلة

إما التركيز (L/ µmol 5= F2) على صورة $FeSO_4 7H_2O$ اظهر تفوقا على معامل إخماد الكيمياء الضوئية (qP) مقارنة بالتراكيز F2، F3 و الشاهد (F0) أثناء مرحلة نمو الشتلة و النمو الخضري لكل من الصنفين (Riogrand ، Marmande).شكل (4-19)(4-20) و كانت ارتباطات هذه المعاملة Fe^{++}/qP: r=0.611 ، r=0.38 ايجابية .



شكل (4-19) تأثير معاملات الحديد بصورة $FeSO_47H_2O$ على إخماد الكيمياء الضوئية أثناء مرحلة النمو الخضري

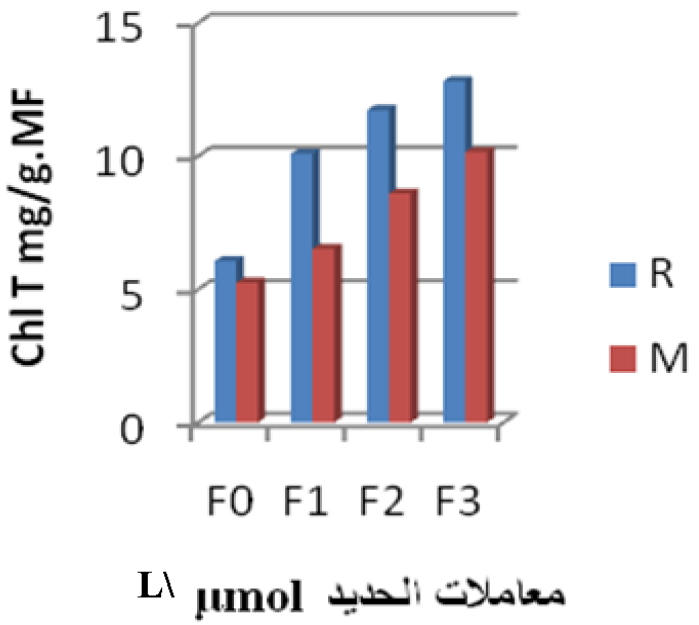
شكل (4-20) تأثير معاملات الحديد بصورة $FeSO_47H_2O$ على إخماد الكيمياء الضوئية أثناء مرحلة نمو الشتلة المعاملة

الأمر الذي انعكس على انخفاض الكيمياء اللاضوئية (qNP) أثناء مرحلة نمو الشتلة والنمو الخضري في كلا التجربتن (Terry.,1980, Schreiber et al., 1986, Farineau and Morat .,2006).

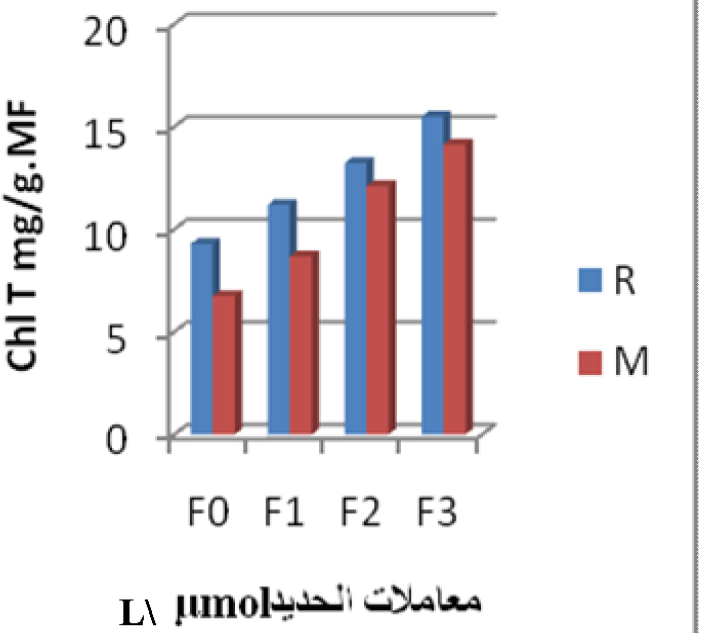
IV -3- تأثير الحديد على العمليات البيوكيميائية :

بينت النتائج المتحصل عليها أن معاملات الحديد المضاف في التربة على صورة Fe-EDTA ورشا على الأوراق في صورة $FeSo_47H_2o$ ،نتج عنها زيادة في محتوى الأوراق من الصبغات بزيادة تركيز الحديد مقارنة بالشاهد، حيث سجل ارتفاع في نواتج التمثيل الكلوروفيلي (Ch T) T Ch) r= 0.719 Fe^{++}/Ch T =0.752، r (Fe-EDTA) و r =0.617 =0.685، r $(FeSO_47H_2O)$r أثناء مرحلة نمو الشتلة و مرحلة النمو الخضري على الترتيب لكلا التجربتين . ذلك لان تخليق حمض Aminolevulic - § الذي يسبق تكوين الكلوروفيل كذلك تمثيل Protpchlorophyllide من Mg-protoporphyrin تتطلب ذرة حديد.

(Chereskin and Caselfrancol.,1982,Richter .,1993, Lix et al., 2000). كما تتفق هذه النتائج مع أعمال Terry and Zayed(1995) الذين بينوا أن نقص الحديد عند نبات الذرة (maise) يؤدي إلى نقص الكلوروفيل.من خلال الأشكال يتضح أن الصنف Riogrand اظهر استجابة كبيرة لمعاملات الحديد أثناء مرحلة نمو الشتلة و مرحلة النمو الخضري تحت معاملات Fe-EDTA شكل (4-22) (4-21).

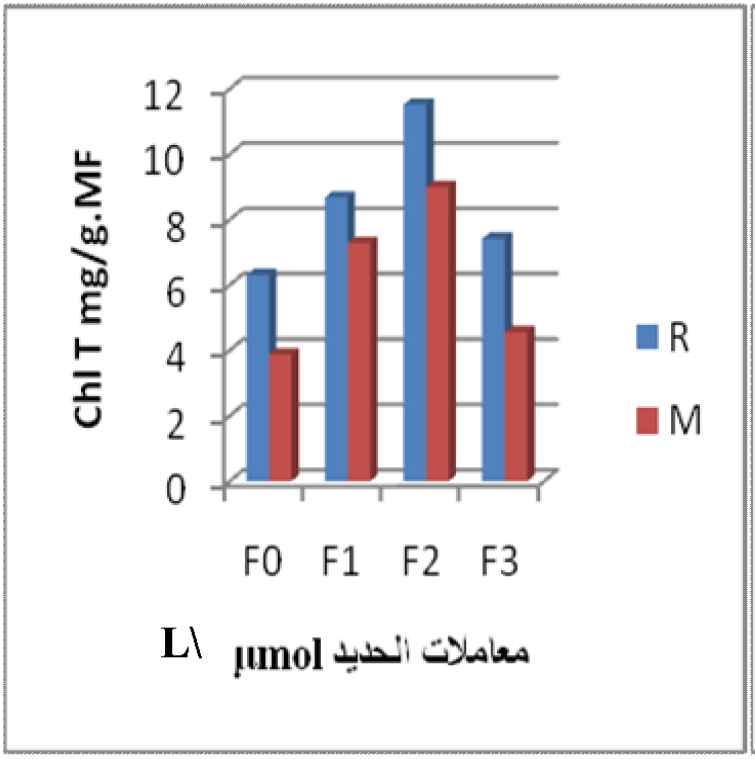


شكل (4-25)تأثير معاملات الحديد بصورة Fe-EDTA على محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي خلال مرحلة النمو الخضري

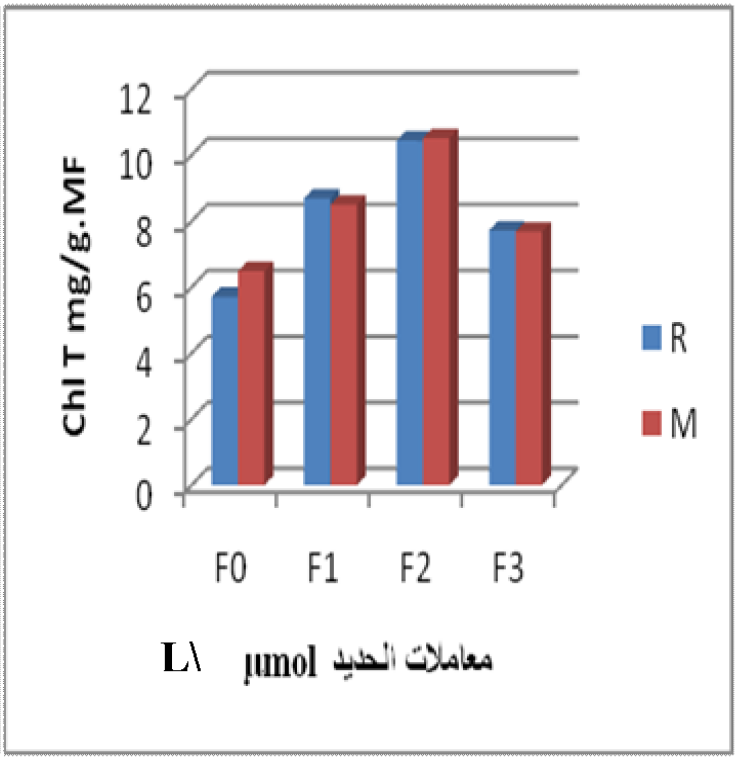


شكل (4-26)تأثير معاملات الحديد بصورة Fe-EDTA على محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي خلال مرحلة نمو الشتلة

تفوق كذلك الصنف Riogrand أثناء مرحلة نمو الشتلة أثناء المعاملة ب $FeSO_4 7H_2O$ مقارنة بالصنف Marmande بينما تقارب محتوى الكلوروفيل الكلي في أوراق الصنفين خلال مرحلة النمو الخضري شكل (4-27) (4-28) .



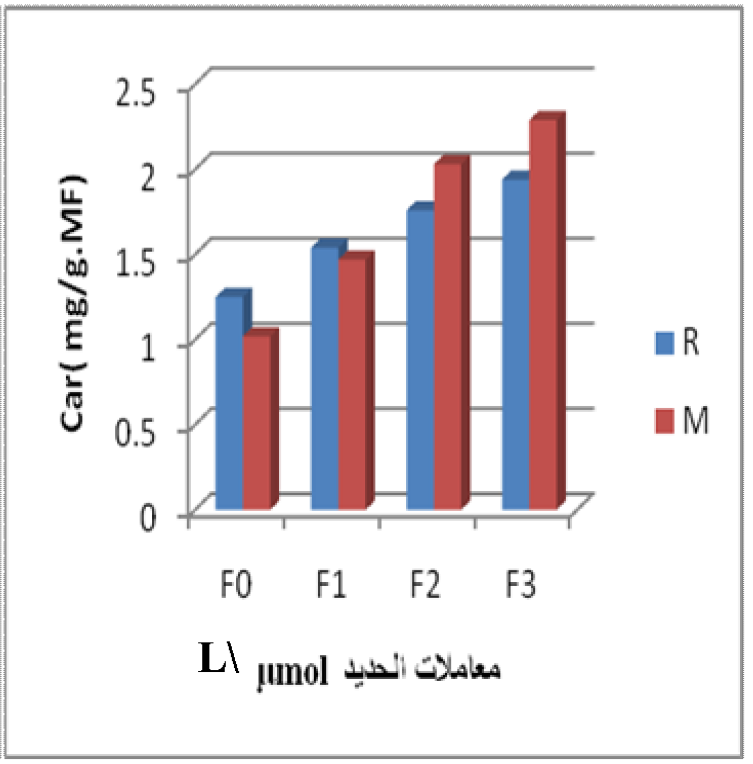
شكل (4-27)تأثير معاملات الحديد بصورة $FeSO_4 7H_2O$ على محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي خلال مرحلة النمو الخضري



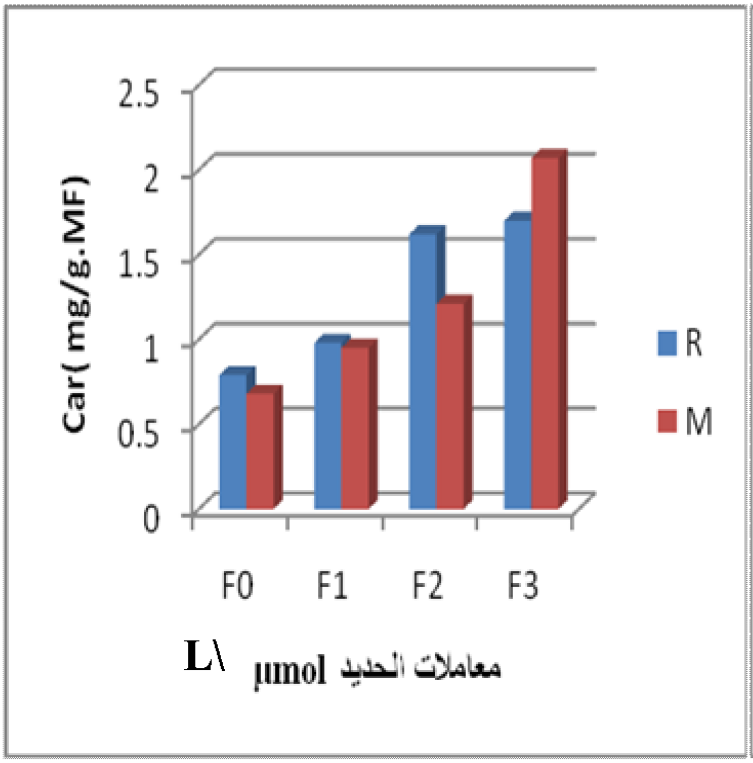
شكل (4-28)تأثير معاملات الحديد بصورة $FeSO_4 7H_2O$على محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي خلال مرحلة نمو الشتلة

هذه النتائج تتفق مع(1992)Ailkaki و Eckhard et al (2000) .

ارتفع محتوى الأوراق من الكاروتين(Car) المعاملة بالحديد إذ اظهر الصنفRiogrand استجابة اكبر عند التركيز (F_2 =25 µmol /L) أما الصنف Marmande فأبدى استجابة اكبر عند التركيز (F_3=50 µmol /L) عند المعاملات ب Fe-EDTA أثناء مرحلة نمو الشتلة شكل (4-29) (4-30) . أما مرحلة النمو الخضري فقد تفوق الصنف Riogrand عند التركيز المنخفض (F_1=15 µmol /L) و الشاهد .بينما ارتفع محتوى الأوراق من الكاروتين عند الصنف Marmande المعامل بالتراكيز (F_3,F_2) مقارنة بالصنف Riogrand.شكل (4-29) و كانت ارتباطات معاملات Fe-EDTA اثناء مرحلة نمو الشتلة و مرحلة النمو الخضري على الترتيب هي Fe^{++}/Car r=0.762 r= 0.768(Lix et al 2000).

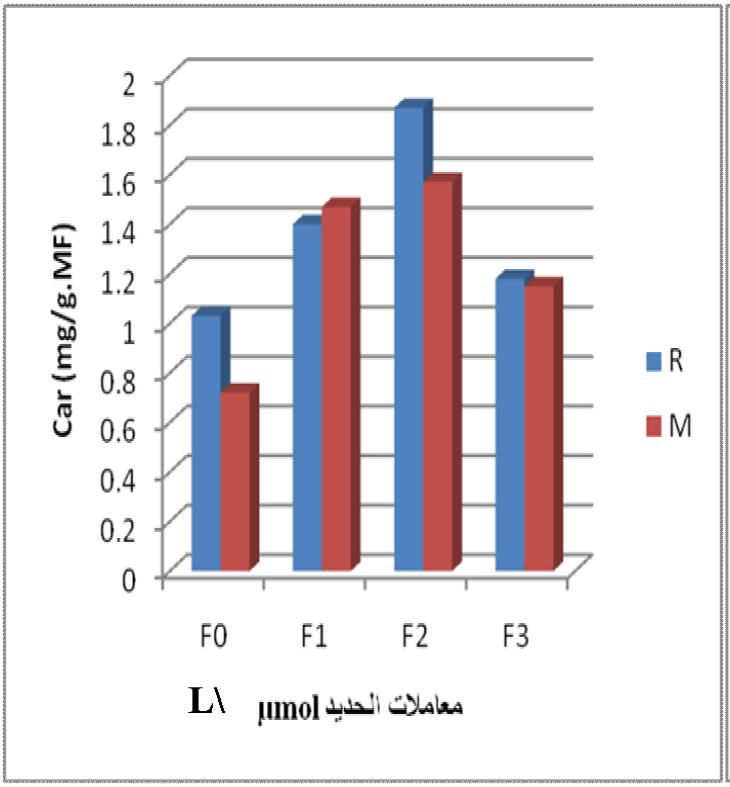


شكل (4- 29)تأثير معاملات الحديد بصورة Fe-EDTA على محتوى الأوراق من الكاروتين خلال مرحلة النمو الخضري

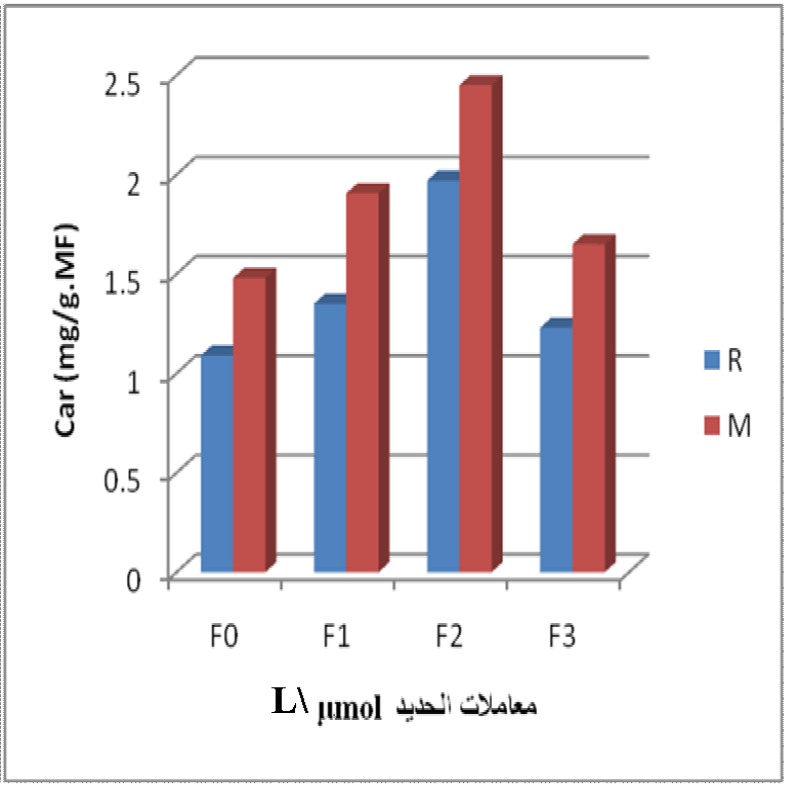


شكل (4- 30)تأثير معاملات الحديد بصورة Fe-EDTA على محتوى الأوراق من الكاروتين خلال مرحلة نمو الشتلة

في حين كانت معاملات الحديد بصورة $FeSO_4 7H_2O$ أكثر تأثيرا على محتوى الكاروتين في أورق الصنف Riogrand مقارنة بالصنف Marmande أما باقي التراكيز فكان للصنفين نفس الاستجابة تقريبا شكل (4-32). و اظهر الصنف Marmande استجابة اكبر لمعاملات الحديد عند كل التراكيز. كما هو مبين في الشكل (4-31) وسجلت الارتباطات r= 0.656، r=0.642 أثناء مرحلة نمو الشتلة و مرحلة النمو الخضري على الترتيب .



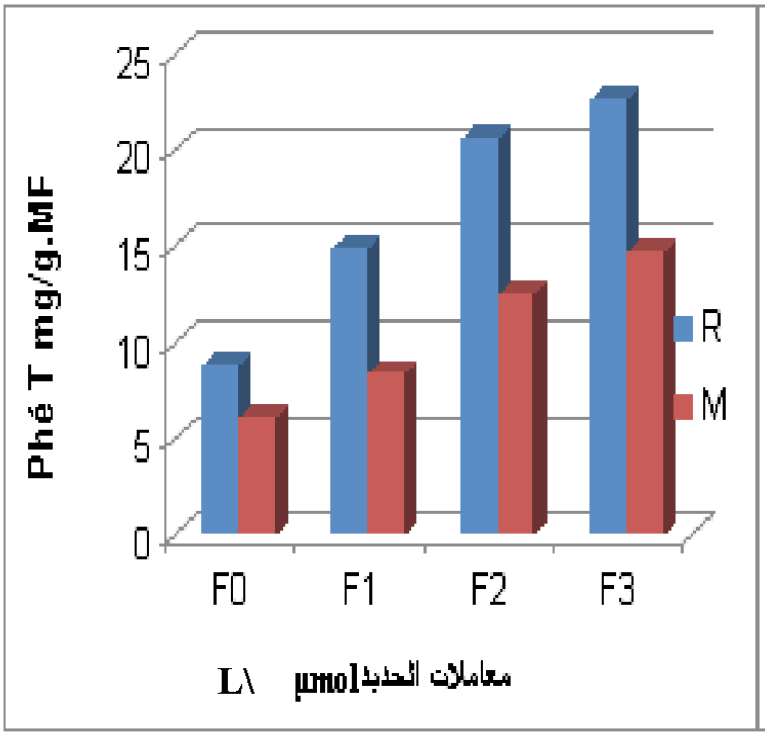
شكل (4- 31)تأثير معاملات الحديد بصورة $FeSO_4 7H_2O$ على محتوى الأوراق من الكاروتين خلال مرحلة النمو الخضري



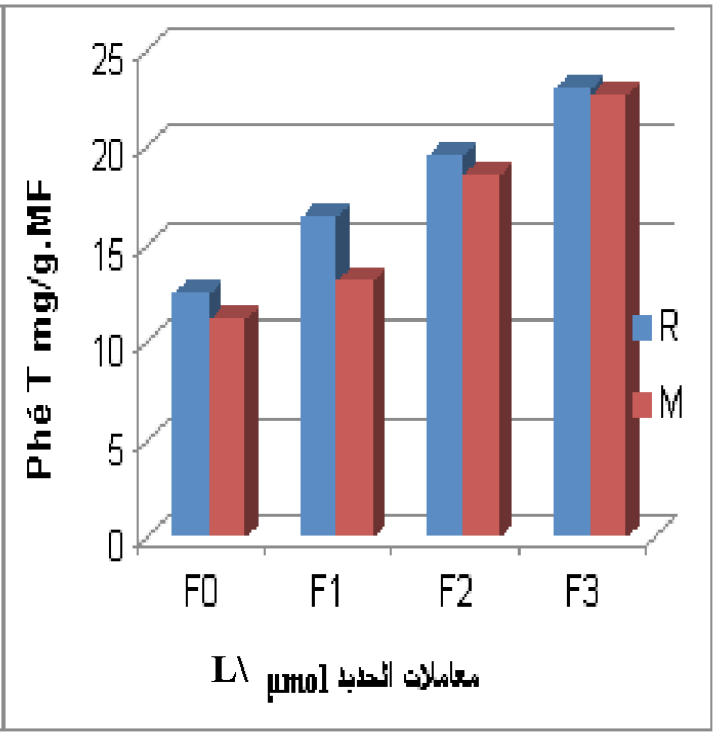
شكل (4- 32)تأثير معاملات الحديد بصورة $FeSO_4 7H_2O$على محتوى الأوراق من الكاروتين خلال مرحلة نمو الشتلة

ترجع هذه الزيادة في الكاروتين إلى الدور الذي يلعبه الحديد في تمثيل المكونات البروتينية لغشاء التيلاكويد منها الكاروتين الذي يقوم بامتصاص الطاقة الضوئية و نقلها الى الكلوروفيل (a) ليتمكن هذا الأخير من الأكسدة الضوئية (Zelitch et al., 1991, Morat- Gaudry et al., 2001).

كما زاد تركيز الفيوفيتين(phe T)بزيادة تركيز الحديد و سجلت الارتباطات التالية: Fe^{++}/phe T r= 0.942، r= 0.724 (Fe-EDTA) و r=0.717 ، r=0.468 ($FeSO_4 7H_2O$).و تبين الاشكال ان الصنف Riogrand ابدى استجابة اكبر لمعاملات الحديد(Fe-EDTA) حيث بلغت اعلى قيمة للفيوفيتين عند التركيزF_3=50 µmol /L مقارنة بالشاهد . كما تاثر الصنفMarmande لكن بصورة اقل من الصنف Riogrand الشكل (4-34) (4-33).

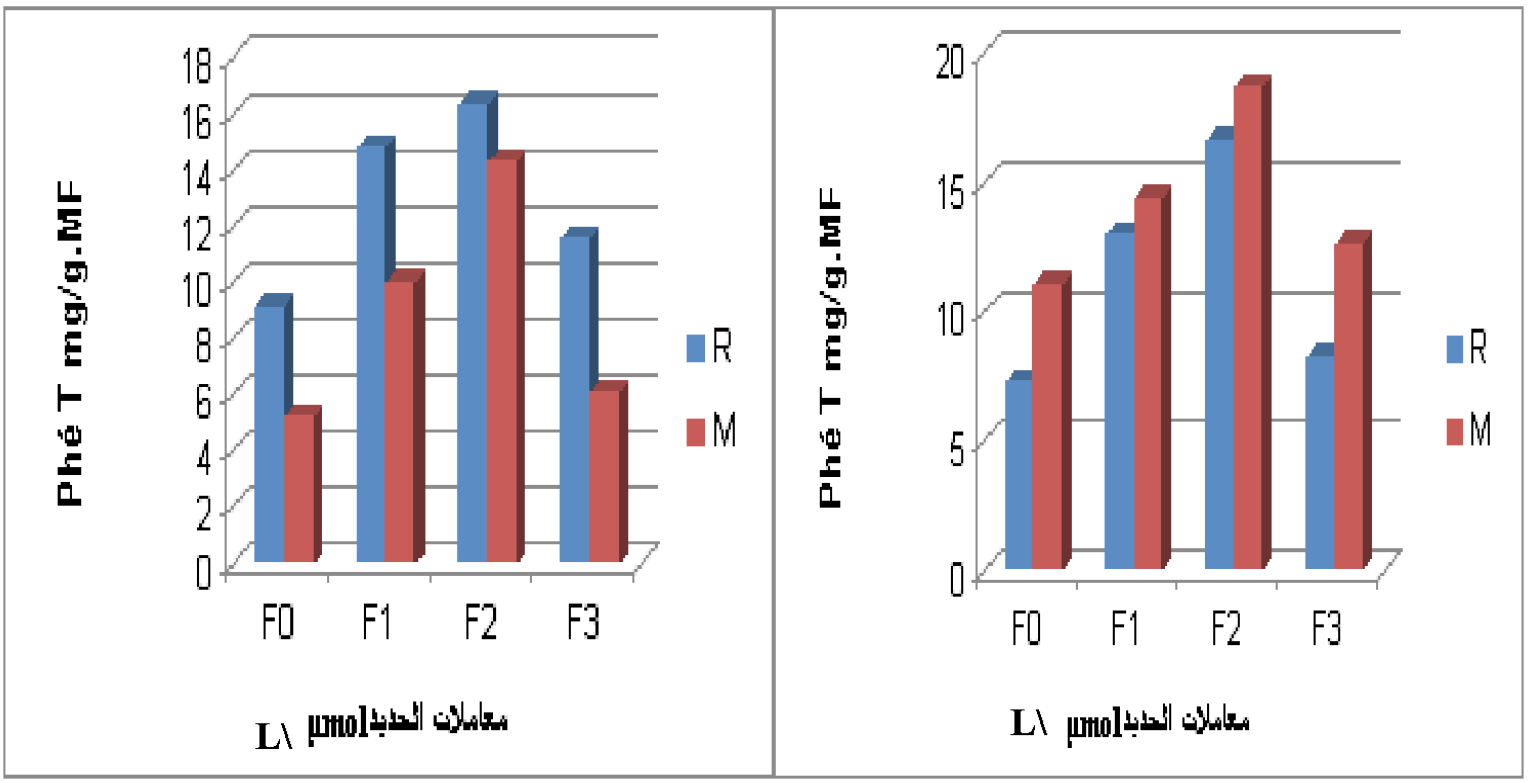


شكل (4- 33)تأثير معاملات الحديد بصورة Fe-EDTA على محتوى الأوراق من الفيوفيتين خلال مرحلة النمو الخضري



شكل (4- 34)تأثير معاملات الحديد بصورة Fe-EDTA على محتوى الأوراق من الفيوفيتين خلال مرحلة نمو الشتلة

أما معاملات الرش($FeSO_4 7H_2O$) فقد تفوق بها الصنف Riogrand أثناء مرحلة نمو الشتلة و سجل أعلى قيمة للفيوفيتين عند التركيز F_2 = 5 µmol/L، بينما انخفض عند التركيز F_3=10 µmol/ L و اظهر الصنف Marmande استجابة اكبر أثناء مرحلة النمو الخضري حيث ارتفع محتوى الفيوفيتين في أوراقه خاصة عند التركيز(F_2 = 5 µmol/L مقارنة بالتراكيز الأخرى F_1,F_2 و الشاهد F_0.



شكل (4- 35)تأثير معاملات الحديد بصورة $FeSO_4 7H_2O$ على محتوى الأوراق من الفيوفيتين خلال مرحلة النمو الخضري

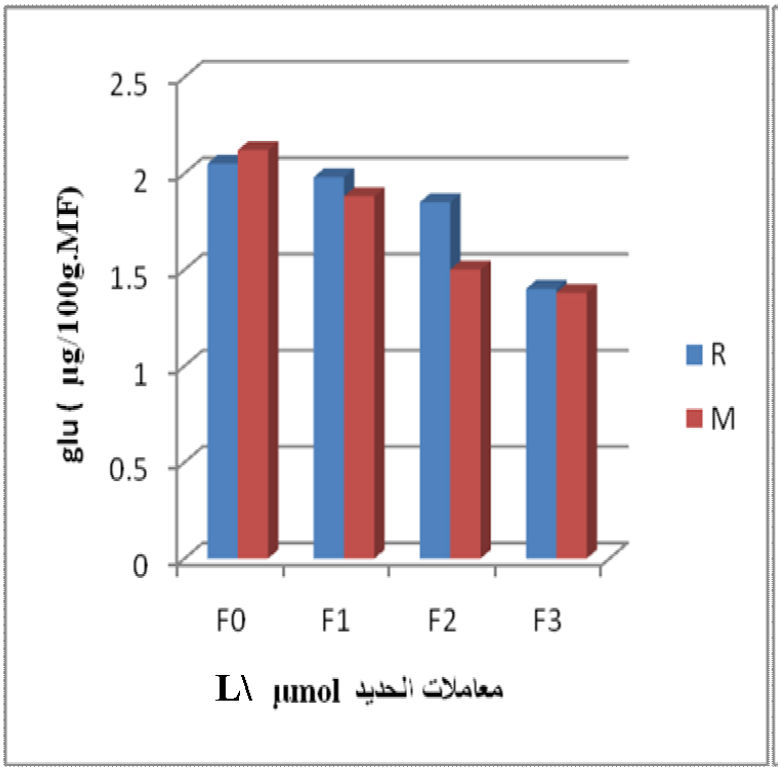
شكل (4- 36)تأثير معاملات الحديد بصورة $FeSO_4 7H_2O$ على محتوى الأوراق من الفيوفيتين خلال مرحلة نمو الشتلة

إذ يلعب الحديد دورا مهما في تكوين الكلوروفيل ، مما يزيد في نشاط الفيوفيتين(pheophytine) التي تعتبر إحدى مشتقات الكلوروفيل و لكن بدون ذرة Mg^+ و يعتبر المستقبل الأول للإلكترون المنطلق من جزيئة الكلوروفيل a ، ثم ينقله إلى البلاستوكينون Q_A (Richter., 1993 Farineau and Morat .,2006)

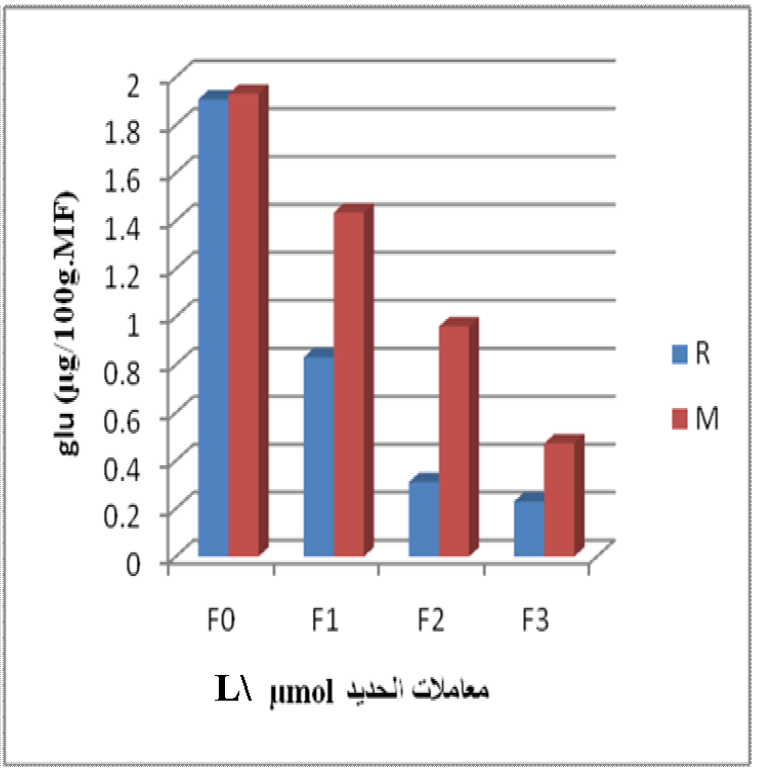
تناقص السكريات الذائبة (Fru , glu) بزيادة تركيز الحديد سببه نقص تواجدها بصورة حرة في النبات لارتفاع النشاط الايضي فالكاربون المثبت (CO_2) يحول الجليكوز إلى نشاء او سكروز الذي يفرز في الأنابيب الغربالية ثم ينقل مع الماء الى الأنسجة النامية أو مواقع التخزين (Laouar., 1999) ، كما أن معظم فوسفات الجليسيرالدهيد الناتج من دورة كالفن يتم نقله الى المادة الأساسية حيث يحول إلى فوسفات الجليكوز بعدها يحول إلى (Uridine diphosphate –glucose)

(UDP- glucose) ، التي ترتبط معه لتكوين فوسفات السكروز (Duff et al 2001) .

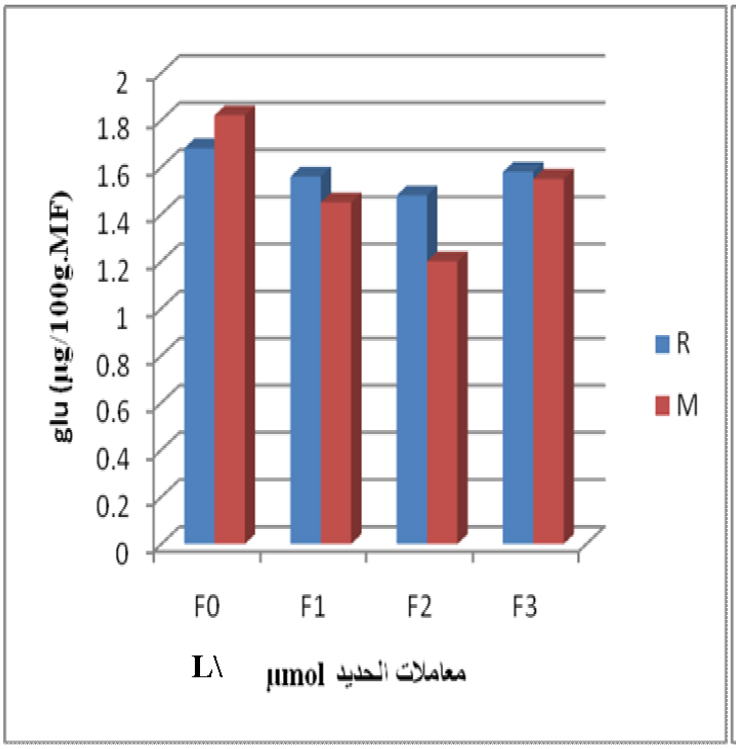
يتبين من النتائج المتحصل عليها أن محتوى الأوراق من الجليكوز لكلا الصنفين قد تشابه أثناء مرحلة نمو الشتلة مع تسجيل تفوق طفيف للصنف Riogrand عند التركيز F_2 في معاملات (Fe-EDTA) .كما تشابه تأثير التركيز العالي(F_3=50 µmol /L)على الصنفين و لوحظ اختلاف طفيف بين الصنفين عند التركيز F_1 والشاهد (F_0) شكل(4-38) . أما مرحلة النمو الخضري تحت نفس المعاملة فكان الانخفاض شديد عند الصنف Riogrand مع كل التراكيز مقارنة بالشاهد أما الصنفMarmande فقد انخفض محتوى أوراقه من الجليكوز لكن بصورة اقل من الصنف Riogrand شكل (4-37) . آثرت معاملات $FeSO_4 7H_2O$ أثناء مرحلة نمو الشتلة على محتوى الجليكوز في اوراق الصنفين مقارنة بالشاهد و كان الصنف Marmande اكبر من الصنف Riogrand شكل(4-40). نفس التأثير خلال مرحلة النمو الخضري حيث كان التناقص عند الصنف Marmande اكبر من Riogrand مع زيادة التركيز و بلغ أدنى قيمة عند التركيز(F_2=5 µmol /L) مقارنة بالشاهد (F_0) شكل (4-39) (شوقي ،.2005).



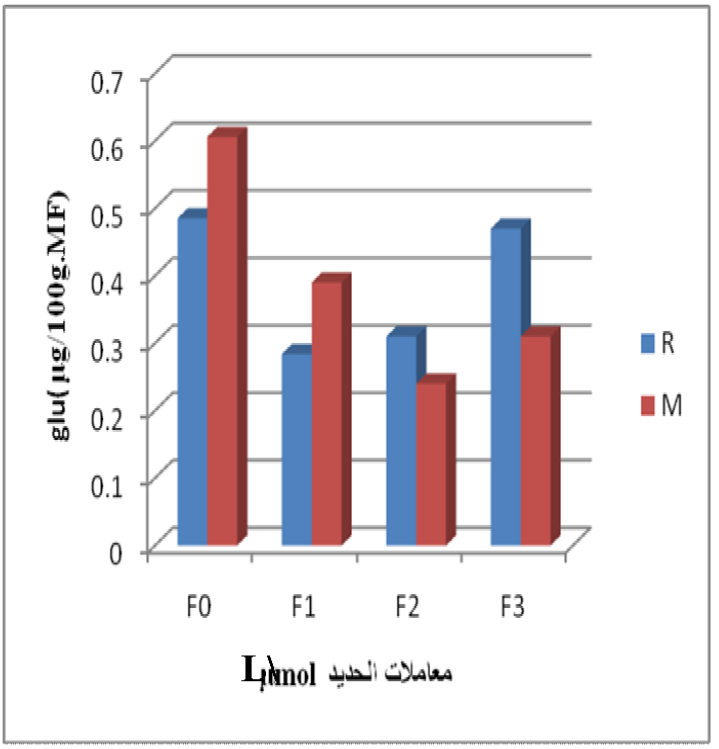
شكل (4- 38)تأثير معاملات الحديد بصورة Fe-EDTA على محتوى الأوراق من الجليكوز خلال مرحلة نمو الشتلة



شكل (4- 37)تأثير معاملات الحديد بصورة Fe-EDTA على محتوى الأوراق من الجليكوز خلال مرحلة النمو الخضري

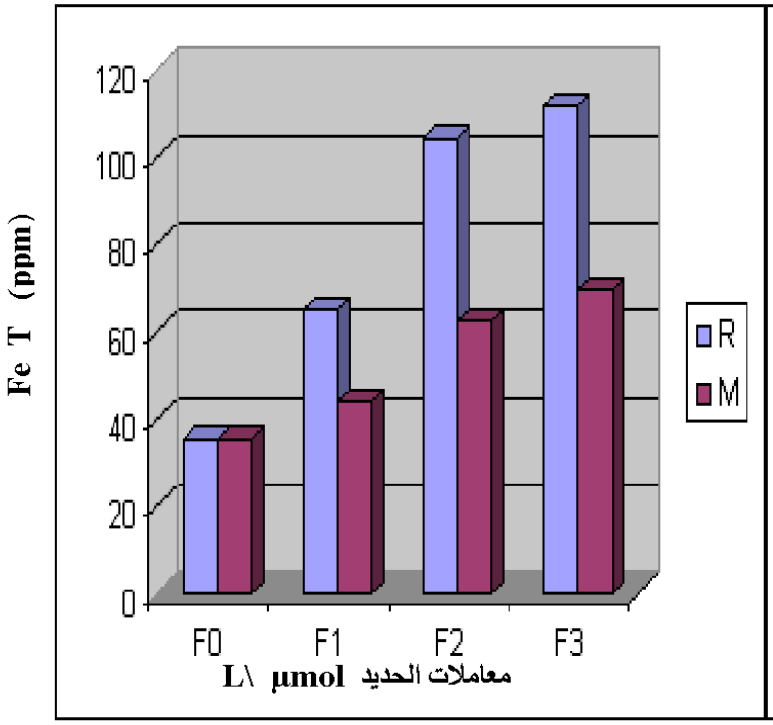


شكل (4- 39)تأثير معاملات الحديد بصورة $FeSO_4 7H_2O$ على محتوى الأوراق من الجليكوز خلال مرحلة النمو الخضري

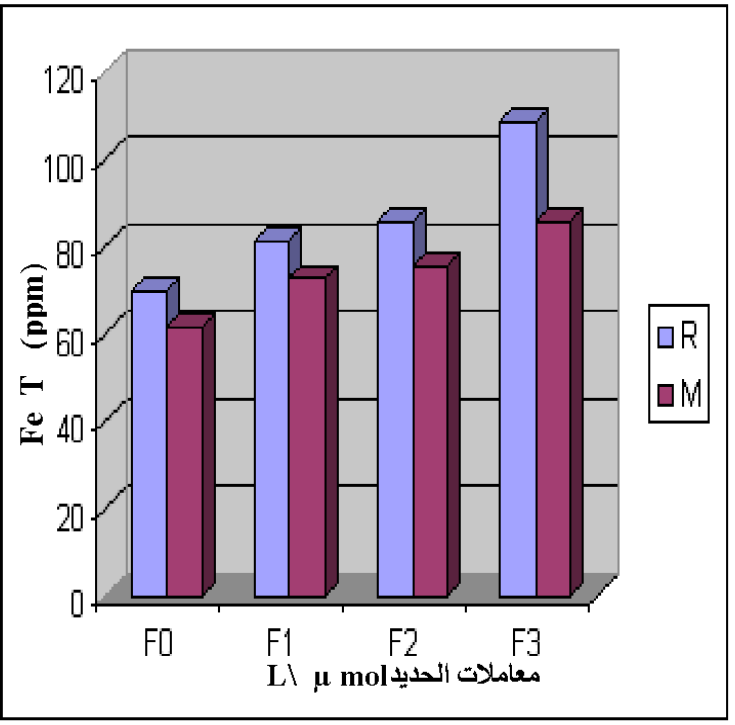


شكل (4- 40)تأثير معاملات الحديد بصورة $FeSO_4 7H_2O$ على محتوى الأوراق من الجليكوز خلال مرحلة نمو الشتلة

ارتفع الحديد الكلي في الأوراق بزيادة تركيز الحديد المضاف في التربة (Fe-EDTA) و رشا على الأوراق ($FeSO_4 7H_2O$)، حيث كان Fe^{++}/Fe T r= 0.600 r= 0.472 (Fe-EDTA) و r= 0.598 ، r= 0.632 ($FeSO_4 7H_2O$) أثناء مرحلة نمو الشتلة و مرحلة النمو الخضري على الترتيب . و تبين الأشكال (4-41) (4-42) تفوق الصنف Riograndعند كل معاملات الحديد (Fe-EDTA) و سجلت أعلى قيمة عند التركيز (F_3=50 µmol /L) مقارنة بباقي التراكيز F_1، F_2 و الشاهد F_0،كما تأثر الصنف Marmande لكن بصورة اقل من الصنف Riograndالصنف .

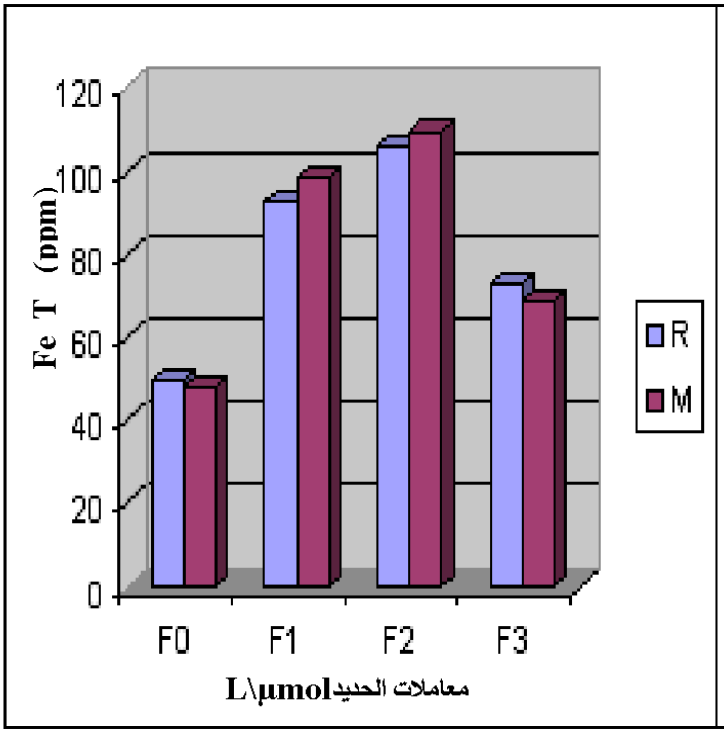


شكل (4- 41)تأثير معاملات الحديد بصورة Fe-EDTA على محتوى الأوراق من الحديد الكلي خلال مرحلة النمو الخضري

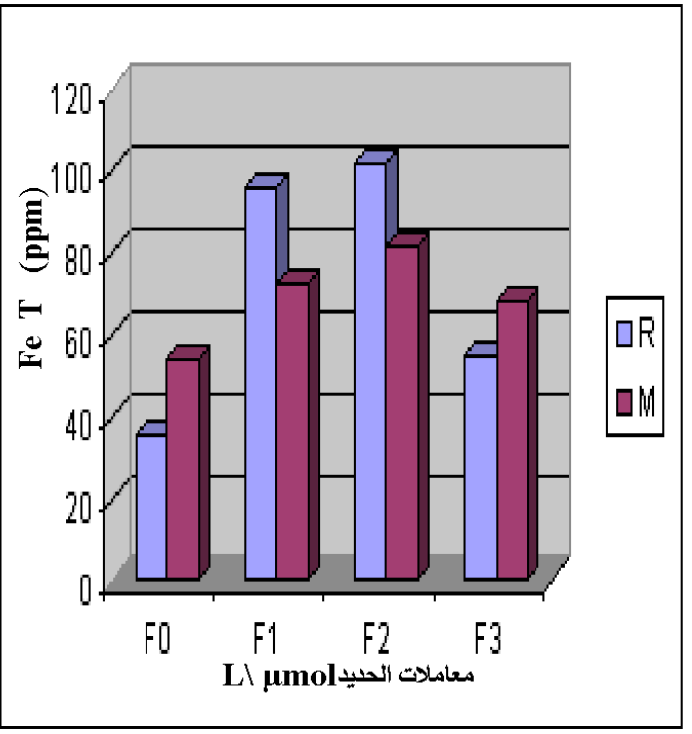


شكل (4- 42)تأثير معاملات الحديد بصورة Fe-EDTA على محتوى الأوراق من الحديد الكلى خلال مرحلة نمو الشتلة

أما معاملات الرش($FeSO_4 7H_2O$) فقد تباين التأثير بين الصنفين إذ أبدى الصنف Riogrand استجابة مع التركيز (F_3=10 µmol /L) و الشاهد. في حين كان الصنف Marmande أكثر تـــأثرا عند التركيز (F_2= 5 µmol /L) و (F_1= 2.5 µmol /L)، هذا أثناء مرحلة نمو الشتلة .بينما ظهر تاثير المعاملات اثناء مرحلة النمو الخضري على الصنفRiogrand عند التركيز (F_1=2.5µmol /L)، (F_2= 5 µmol /L) و في الصنف Marmande عند التركيز (F_3= 10 µmol /L) و الشاهد F_0.



شكل (4- 43)تأثير معاملات الحديد بصورة $FeSO_4 7H_2O$ على محتوى الأوراق من الحديد الكلي خلال مرحلة النمو الخضري

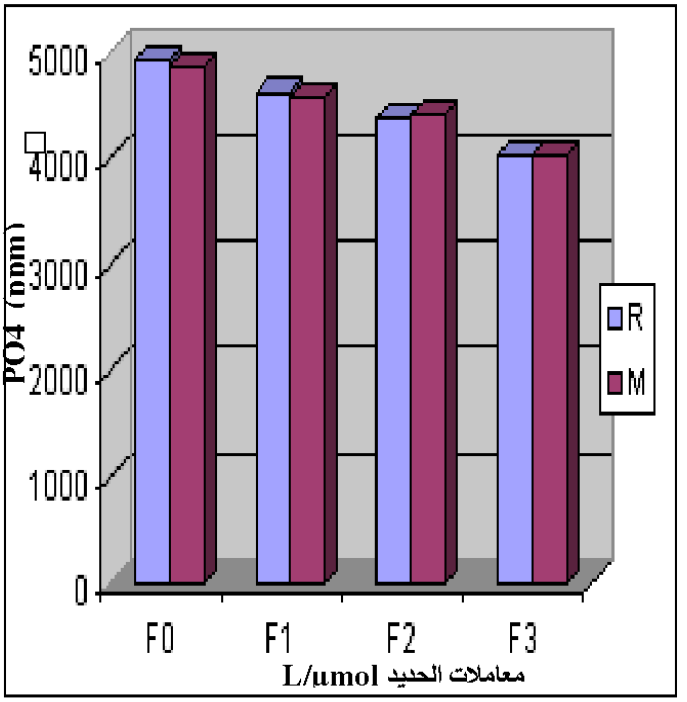


شكل (4- 44)تأثير معاملات الحديد بصورة $FeSO_4 7H_2O$ على محتوى الأوراق من الحديد خلال مرحلة نمو الشتلة

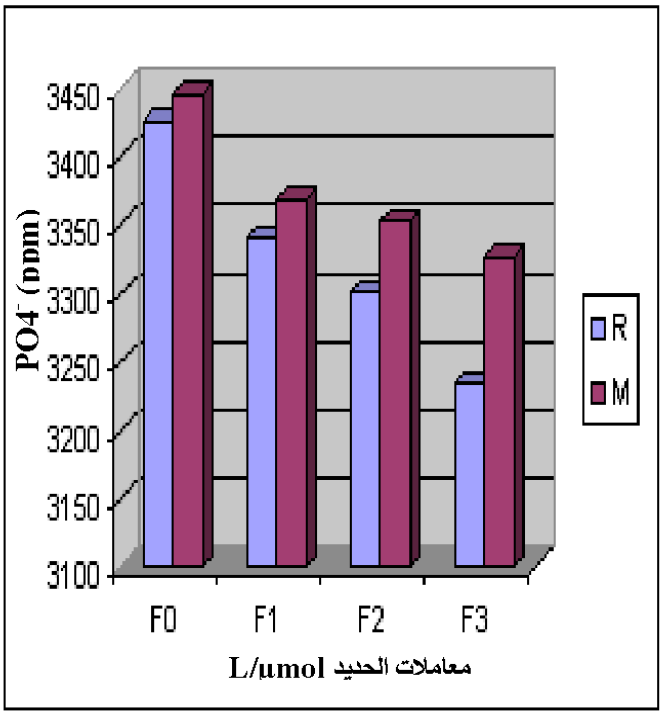
تعود هذه الزيادة إلى وجود الحديد الممخلب أي في صورة ميسرة (Fe-EDTA, $FeSO_4 7H_2O$)مما يساعد على انتقاله إلى النبات و الاستفادة منه ،هذه النتيجة تتفق مع نتائج كل من Udo and Gunter (1993), Wassif (1983) .

انخفض الفسفور بزيادة تركيز الحديد مقارنة بالشاهد حيث كان ارتباطه بالحديد سلبي و يرجع هذا الانخفاض في الفسفور حسب (Mckie et al .,2001) إلى تشكل فوسفات الحديد الغير ميسر للنبات .كما بينت الأبحاث أن تركيز كل من الحديد و الفسفور في جذور نبات الطماطم النامية في المحلول المغذي كانت أعلى من القمم النامية و يرجع ذلك إلى ترسيب فوسفات الحديد في الجذور بسبب تكوين معقدات خاملة (Liu et al.,1998).

تبين النتائج أن محتوى الفوسفور في أوراق الصنف Riogrand أثناء مرحلة نمو الشتلة في معاملات Fe-EDTA كان أكثر تأثرا مقارنة بالصنف Marmande وكانت ادني قيمة عند التركيز F_3=50µmol/ l في حين الصنفين نفس السلوك تقريبا أثناء مرحلة النمو الخضري تحت جميع المعاملات المطبقة الشكل(4-45) (4-46).



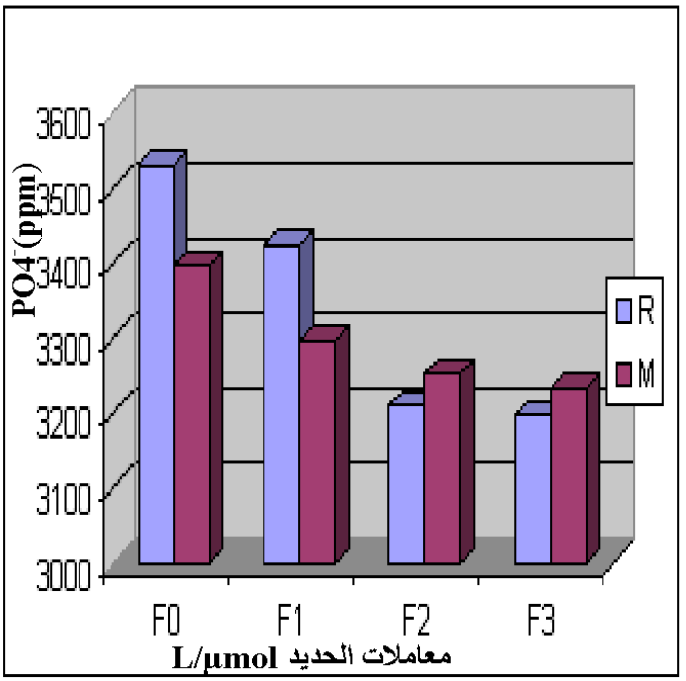
شكل (4- 45)تأثير معاملات الحديد بصورة Fe-EDTA على محتوى الأوراق من الفوسفور خلال مرحلة النمو الخضري



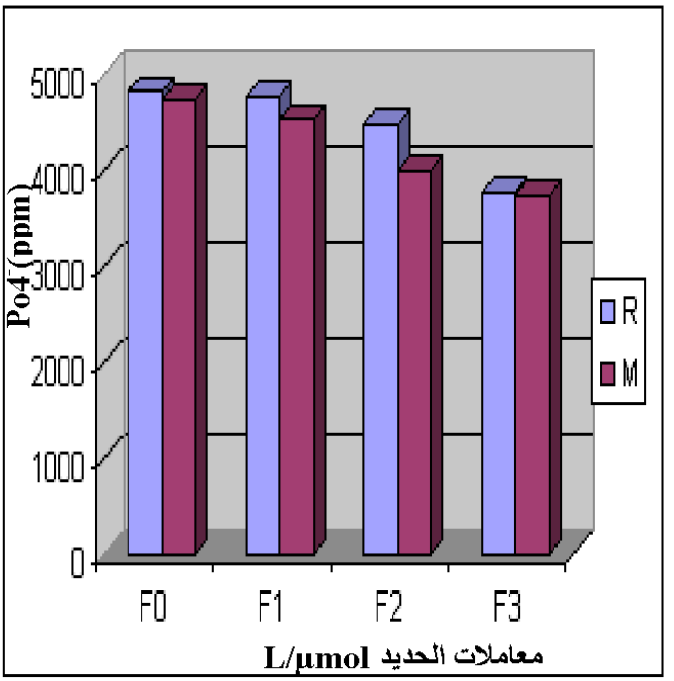
شكل (4- 46)تأثير معاملات الحديد بصورة Fe-EDTA على محتوى الأوراق من الفوسفور خلال مرحلة نمو الشتلة

بينما ظهر انخفض الفوسفور في أوراق الصنف Marmande أثناء مرحلة نمو الشتلة في معاملات $FeSO_47H_2O$ عند التركيز F_1 و الشاهد F_0 في حين كان الصنف Riogrand أكثر تأثرا عند التركيز F_2 و F_3 الشكل (4-48).

أثناء مرحلة النمو الخضري في معاملات $FeSO_47H_2O$ انخفض محتوى الفوسفور في أوراق الصنفين مع زيادة تركيز الحديد و كان لهم نفس السلوك تقريبا الشكل (4-47) (4-48



شكل (4- 48)تأثير معاملات الحديد بصورة $FeSO_4 7H_2O$ على محتوى الأوراق من الفوسفور خلال مرحلة نمو الشتلة



شكل (4- 47)تأثير معاملات الحديد بصورة $FeSO_4 7H_2O$ على محتوى الأوراق من الفوسفور خلال مرحلة النمو الخضري

الخلاصة العامة :

تضمنت هذه الدراسة إضافة عنصر الحديد إلى التربة بصورة Fe-EDTA و رشا على الأوراق بصورة $FeSO_4 7H_2O$ بهدف معرفة مدى فاعلية عنصر الحديد على كفاءة الكيمياء الضوئية لنمطين وراثيين من نبات الطماطم *Lycopersicum esculentum Mill* .Var: (Marmande,Riogrand أثناء مرحلة نمو الشتلة و مرحلة النمو الخضري و طبقت مجموعة من الدراسات المورفولوجية و الفزيولوجية و البيوكيميائية على الأوراق .

١- مرحلة نمو الشتلة :

بينت نتائج الدراسة المطبقة خلال هذه المرحلة من النمو التأثيرات الايجابية لعنصر الحديد المضاف ($FeSO_4 7H_2O$، Fe-EDTA) على مختلف مظاهر النمو المورفولوجية و الفيزيولوجية و المحتوى البيوكيميائي مقارنة بالشاهد . حيث ارتفع النمو النسبي(reg) بزيادة تركيز الحديد المضاف بصورة Fe-EDTA و كانت الارتباطات (Fe^{++}/ reg) r = 0.578 هذه الزيادة كانت مرفقة بانخفاض الاستحثاث الورقي (reg/ ep) r =- 0.366 و السكريات (reg/ glu) r = -0.597 ، reg/ Fru r= -0.757 ،بينما ارتفع مؤشر نمو النبات بزيادة تركيز الحديد (Fe^{++}/ pi) r= 0.714 الذي كان متبوعا بزيادة في مؤشر نمو الورقة(pi / lpi) r = 0.957 . كما ان زيادة الحديد الميسر في التربة رافقه زيادة محتوى الكلوروفيل الكلي (Fe^{++}/ Ch T) r= 0.719 .هذه الزيادة لها ارتباط كبير بزيادة الفيوفيتين الكلي (Ch T/ phe T) r= 0.909 حيث كانت لهم علاقة باستقطاب الطاقة الضوئية phe T /(Fv/Fm) r= 0.577 و معدل نقل الالكترونات (etr/phe T) r= 0.539 كذلك المردود الكمي للنظام الضوئي PSII(ØPSII / phe T) r= 0.462 في حين انخفض معامل اخماد الكيمياء اللاضوئية (qNP/ phe T) r= -0.445.

أما الحديد المضاف بصورة $FeSO_4 7H_2O$ فقد زاد من نسبة الحديد الميسر للنبات و هذا اثر بصورة إيجابية على النمو النسبي (Fe^{++}/ reg) r=0.60.4 و الذي اثر بدوره على مؤشر نمو النبات (reg/pi) r= 0.456 و مؤشر نمو الورقة (reg/lpi) r= 0.624 ، حيث كان الارتباط بين مؤشر نمو الورقة و مؤشر نمو النبات كبير (pi/lpi) r=0.968 في حين انخفض محتوى السكريات الذائبة في الأوراق بزيادة النمو (reg/glu) r= - 0.430 و(reg/Fru) r= - 0.5.83 انخفض كذلك الاستحثاث الورقي (reg/ep) r=- 0.414.

هذه الزيادة في النمو كانت مرفقة بزيادة في تمثيل مختلف الصبغات فكان (phe T /pi) r= 0.737

و (phe T /lpi) r= 0.769 ، كما سجل ارتباط كبير بين الفيوفيتين الكلي (phe T) و الكلوروفيل الكلي(Ch T)(Chl T/ phe T) r= 0.922 ،و هذا راجع إلى زيادة استقطاب الطاقة الضوئية (Fv/Fm) (Chl T/ (Fv /Fm) r= 0.543 .و كانت لزيادة محتوى الكاروتان في الأوراق علاقة بزيادة الكلوروفيل الكلي (Chl T/ Car) r= 0.513 و زياد في معدل نقل الالكترونات (Chl T /etr) r= 0.563 ، المردود الكمي للنظام الضوئي (Chl T /ØPSII) r =0.429. في حين انخفض معامل إخماد الكيمياء اللاضوئية (Chl T /qNP) r= 0.494 .

ب- **مرحلة النمو الخضري** :

أثر تركيز الحديد المضاف في المجال الجذري بصورة Fe-EDTA أثناء مرحلة النمو الخضري تأثيرا ايجابيا على النمو النسبي للنبات (Fe^{++}/ reg) r= 0.731 ، الذي كان مرفقا بزيادة في تمثيل الصبغات (reg /Chl T) r= 0.715 ، (reg/phe T) r =0.711 و كان الارتباط (Chl T /phe T) كبير r= 0.781 . هذه الزيادة في phe T كانت مرفقة بنقص السكريات (phe/glu) r=- 0.856 ، (phe T / Fru) r= -918 .كما انخفض الاستحثاث الورقي (phe/ep) r=- 0.684 و معامل إخماد الكيمياء اللاضوئية (phe/qNP) r= - 0. في المقابل زاد معامل إخماد الكيمياء الضوئية(phe/qP) r= 0.415.

كما أن للحديد المضاف بصورة $FeSO_4 7H_2O$ تأثيرات ايجابية على مختلف المتغيرات حيث زاد محتوى الكاروتين في الأوراق (Fe^{++}/ Car) r= 0.656 ، الذي كان مرفقا بزيادة الكلوروفيل الكلي (Car /Chl T) r= 0.773 ، هذا الأخير كانت له علاقة ب الفيوفيتين (Chl T / phe T) r=0.901 و زيادة الكلوروفيل الكلي له علاقة سلبية على كمية السكريات الذائبة في الأوراق (Chl T /glu) r= - 0.817 ، (Chl T / Fru) r = - 0.703 و الاستحثاث الورقي (Chl T / ep) r= -0.625 و معامل إخماد الكيمياء اللاضئية (Chl T/qNP) r=- 0.77 في حين ارتفع معامل استقطاب الطاقة الضوئية((Chl T/(Fv/Fm) r= 0.461.

أن المراقبة المرفولوجية ، البيوكيميائية والفيزيولوجية على أفراد هاتين التجربتين أثناء مرحلة نمو الشتلة و مرحلة النمو الخضري بينت إن إضافة الحديد على صورة Fe-EDTA بتركيز F3(L/µmol) ذات تأثير ايجابي أكثر من التراكيز الأخرى باعتبار أن للحديد متطلبات عالية على مستوى أنظمة الأكسدة و الاختزال فتجمعه في الحجرة الجذرية على صورة $\underline{Fe^{3+}}$ و في الستروما(stroma) و اللحاء على صورة phytopheritine بجعله غير سام .بينما تفوق تأثير F2

(5 µmol /L) لما أضيف رشا على الأوراق على صورة $FeS_4 7H_2O$ قد يرجع سبب ذلك إلى انغلاق الثغور و منع انتشار Co_2 لإتمام عملية التمثيل الضوئي .

هذه المتغيرات المختبرة ساهمت في شرح سلوك الصنفين (Marmande،Riogrand) أثناء معاملتهم بالحديد بإضافته إلى التربة على صورة Fe-EDTA و رشا على الأوراق بصورة $FeS_4 7H_2O$ فتبين أن الصنف Riogrand أكثر استجابة و شراهة للحديد مقارنة بالصنفMarmandeو هذا طيلة مراحل النمو . يتبين من هنا أن إضافة الحديد ($FeS_4 7H_2O$، Fe-EDTA) ضروري تطبيقها خاصة:

1- عند زراعة الخضروات التي يعتمد نموها على الري المستمر مما يتسبب في صرف و فقد العناصر الغذائية الصغرى خاصة عنصر الحديد إلى الطبقات السفلى للتربة .

2- التربة الجيرية التي عادة ما تحول محلول التربة أكثر قلوية الأمر الذي يكون عائقا أمام تيسر انتقال العناصر الغذائية الصغرى إلى النبات .

3- التربة الصحراوية التي تكون عادة فقيرة بالمادة العضوية مما يتسبب في نقص انتقال العناصر الغذائية الصغرى نتيجة ارتفاع pH محلول التربة .

يبقى من اهتماماتنا في إطار أعمال مستقبلية :

1- تحديد المجال المناسب لإضافة الحديد على صورة $FeS_4 7H_2O$ كونه اقتصاديا من جهة و أثره على البناء الضوئي من جهة أخرى .

2- تقويم اثر فعل الصنف على امتصاص عنصر الحديد و كفاءة تخزينه في الأنسجة النباتية

3- الاهتمام بالمركبات المخلبية الأخرى و كفاءتها على تيسر انتقال عنصر الحديد إلى النبات مثل : HEDTA , EDDHA , CDTA , DTPA .

4- تحديد طبيعة الحديد في الأعضاء النباتية و علاقة ذلك بالاستشعاع الضوئي باستعمال القياس الاستشعاعي Atoradiographe .

المراجع

المراجع العربية :

القرآن الكريم

الدوري م. و. ،السعداوي س . ،العاني م . و المشهداني س . ، 1989- مقارنة تحمل الملوحة لاربعة تراكيب وراثية من الشعير المحلية العراقية لعلوم الحياة .المجلد 8 :11-25

بلبع ع. م . ،1988 –خصوبة الأراضي و التسميد كلية الزراعة جامعة الإسكندرية دار الطباعة الجديدة ص 183-185

المراجع الأجنبية:

Adam S .and SmithW., 2001- Iron stress-induced changesin root epidermal cell fate are regulated indepently from physiological responses to low ironavailability .plant physio ;125 :1679-1

Aisen P.,Wessling R .M,Leibold E.A,1999-Iron metabolism. Curn Opin chem. 3:200-206

Alscher R.G., Erturk N. and Heath L.S., 2002-Role of superoxide dismutases (SODs) i n controlling oxidative stress in plant .J E xp Bot ; 53 :1331-41

Amy S.V.,Robert C.B .and Harry Y.Y., 2001-Transgenic tobacco with suppressed zeqxanthin formqtion in susceptible to stress-induced photoinhibition.Photosynthesis Research 67;27-39

Ana F.L., Fermin M., Abadia A . and Abadia A.J., 2000- Effec of iron deficiency on the composition of the leaf apoplastic fluid and xylem sap.in sugar beet inplication for iron and carbon transport. Plant physiol ; 124 :873-884

Arulantham A.R., Rao I.M . and Terry N., 1990- Limiting factores in photosynthesis .IV Regenerotion of ribulos 1,5-bisphosphate limits photosynthesis at low photochemical capacity .plant physio ; 93 :1465-75

Bernstein N ,Andre L .and Wendy K.S .,1993-Kinematics and dynamics of sorghum (Sorghum bicolour.L) leaf development at various Na+/Ca +salinity .Plant Physiol 103:1107-1114

Bilger W.,Schreiber U. and Bock M.,1995-Determination of the quantum efficiency of photosystem II and non-photo chemical quenching of chlorophyll fluorescence in the field.Oecologia 102:425-432

Black C.A .,1965-Methode of soil Analysis part :2 Chimical and .Microbiogical properties .Am Soc of Agr .Inc Publisher Madison .Wisconsin .U.S.A.

Brait J.F., Fobis-Loisy L . and Grignon N 1995-Cellular and molecular aspects of iron metapolim in plants .Biol cell; 84:69-81

Briat J. F., Lobréaux S., Grignon N. and Vansuyt G., 1999-
Régulation of plante ferritin synthesis. How and w hy ! cell Mol life sci 56 :155-66

Briggs C.L., 1995- The initiation development and removal of embryo sac wall in growths in the developing seeds of solanum .L-an ultrastructural study. Ann Bot ; 76 :429-439

Chapman H.D. and Pratt P.F., 1961-Methods of analysis for scils plant and waters .University of California division of Agr Sci Berkeley Calif .

Chereskin B.M. and Castelfranco P.A .,1982- Effects of iron and oxygen on chlorophyll biosyntesis II-observation on the biosynthetic patway in isolated etiochloplaste .Plant Physiol 68:112-116

Cohen C.K., Fox T.C., Garvin D.F. and Kochian L.V., 1998- The role of iron –deficiency stress responses in stimulating heavy- metal transport in plant physiol ; 116 :1063-72.

Coppenet M. and Juste C., 1994- Les oligo-éléments chez les plantes, carences et toxicité .in M.Bonneau et B.Souchier pédologie, tome 2, Constituants et propriétés du sol .Masson, Paris ; 579-584.

Cronquist A., 1981-Anintergrated system of classification of flowering plante .Columbioa University Press N.Y

Dahiya P. and Brewin N.J., 2000-Lmmunogold localization of callose and other cell wall component in pea nodule transfer cells .protoplasma ; 214 :210-8

Dubois M.,Gilles K.A.,Hamilton J.K.,Rebres A.P. and Fred S .,1956-Colotimetric method for determination of sugar and related subestances .Analyse Chemistry .28:350-356

Duff A.P.,Andrews T.J. and Curni P.M.C.,2000-The transition betzeen.the open and closed shotes of rubisco is triggered by the inter phosphate distance of the bound biphosphate j.Mol .Biol 298:903-916

Eckard V., Mas-marques A .and Bukhout T., 2001-Two iron –regulated cation transporters from tomate complement metal uptake-deficient yeast mutants .plnt Mol Biol ; 45 :437-448.

Eisensein R.S. and Blemings K.P., 1998-Iron regulatory proteins iron responsive elements and iron homeastasis J Nutr 128 :2295-2298

Espen L., Dell orto M., Denisi P. et Zocchi G., 2000-Métabolique responses in cucumber (cucumus sativys) roots Under Fe-deficiency .Ap31 –nuclear magnetic resonance in vivo study .planta ; 210 :985-992

Fancis H.W.,Blaydes D.F . et Devlin R.M.,1970-Experiments in plant physiology (eds van Nostrande)Reinhold Campany P 245

Farineau J. et Morot-Gaudry J.F .,2006-La photosynthese :Processus physiques moleculaeres et physiologiques edition INRA.spunger Verlag P .402

Fox T.C., Shaff J.E., Grusak M.A., 1996 - Direct measurement of Fe-labeled Fe^{2+} influx in roots of pisum sativum using a chelator buffer system to control free Fe^{+2} in solution plant physio ;111 :93-100

Graciano Z .and Siergo C. C., 1990-Fe-Uptae mechanism in Fe-efficient cucumber roots Plant.Physiol ; 92 :908-911

Grusak M.A., Welch R.M. and Kochian L.V., 1990 - Does iron deficiency in pisum sativum elnhance the activity of the root plasmalemma iron transport protein Plant Physio ; 94 :1353-7

Guerinot M.L., 1994- YiY .iron ; nutritions, noxious, and not readily

available, Plant Physio /104 :815-20

Hecazie A ,Abou-bakr Z ., Nam M.and Khalfallah A., 1998-Affect of some antitranspirants on growth and some metabolic products of wheat plants under water interval irrigation systems .Desert .Ins .Bull 48:153-171

Hentze M. and Kuhn L., 1996- Molecular control of verte brate iron metabolism: Mrna-based regulatory circuits operated by iron., nitric oxide, and oxidative stress. Proc Natl Acad Sci USA ; 93 :8175-82

HerbiK A., Giritch A., Horstmann G., Becker R.,Balze H.J., Baumlien H . and Stephan U.W. , 1999- Iron and copper nutrition –depedent changes in protein expression in a tomato wild type and the nicotianamine –free mutant chloronerva .Plant Physiol; 111:533-540.

Hillal M.H., Auter et Yamaty A .,1974- Achemical and biological approche words the definition of calcareas soil .I.Move iment and retention of p32 in soilas affected by partical size of calicium carbonate fraction .Plant soil 99.p469

Iwata S. and Barbaer J., 2004-Structure of photosystem II and molecular architecture of oxygen-evolving.centne-**cun.**opin struct .Biol 14:447-453

Karem S., Bernard P., Odile R. and Gabril C., 1998-.Photochemical efficiency of photosystem 2 and xanthophyll cycle component in laeves exposed to water stress and high light .photsynthesis Rescearch ; 56 :57-66

Karlin K D., 1993-Metalloenzymes.structural motifs .and inorganic model. S cience .261.701-8

Karp G., 1998- Biologie cellulare et Moléculaire.Bruxelles : de Boeck université : 177-240

Katyal J.C. and Sharma B.D., 1980-Anew technique of plante analysis to resolve iron chlorosis. Plant nd soil ; 55 :105-119

Kim J . and Rees D.C., 1992-Structural models for the metal centers in th mitrogenase molybdenum –iron protein. Science .257 :1677-82

Kispal G .,Csere P .,Prohl C .,Lill R., 1999- The mitochndrial protéine Atm1p and Nfs1p are essential for biogenèses of cytosolic Fe/S proteins .EMboj .18 :3981-9

Kraemer S.M., 2004-Iron axide dissolution and solubility in the presence of siderophores .Aquat.Sci ; 66 :3-18.

Liu D.H., Adler K. and Stephan U.W., 1998-Iron-conaining particles accumulate in organelles and vacuoles of leaf and root cells in the nicotianamine-free tomato mutant chloronerva protoplasma ; 201 :213-20

Lix.,Bjorkmann O.,Shih C.,Grosenann A.R., Rosen quist M.,MJanson S. and Niyogi K.,2000-Apigment-binding protein essential for regulation of photosynthetic light harvesting Nature . 403 :391-395.

Longnecker N. and Welch R.M., 1990- Accumulation of apoplastic iron in plant roots .Afactor in the resistance of soybeans to iron-deficiency induced chlorosis.plant physio ; 92 :

Marschner H., Romheld V.and Kissel M., 1986-Different strategies in higher plqnts in mobilization and uptake of iron .j Plant Nutr ,9:3-7

Materiaux .,1954-Contribution de l etude de l analyse granulometrique Ann Agro.Serie A.I (1)P:59

Mckie A.T., Barrow D., Latunde-Dada G .O., 2001-An iron –regulated ferric associated with the absorption of dietary iron. Science ; 291 :1755-9.

Medjahed.,2004-L'algerie continue d'impoter la tomate .libertè : Samedi 11-12-2004.

Morat-Gaudry J.F.,Job D .,Lea P.J., 2001-Amino acid metabolism in:Plant Nitrogen P.Lea J.F.Morot-Gaudry .eds.INRA editions springer .Verlag 167-211

Morri S., Nishizawa N., Hayashi H., Chino M., Yoshimura E and Lshihara J., 1993-Why are Young rice plants highly susceptible to iron deficiency ? Ln : chen Y, Hadar Y, eds .iron nutrition in sol and plants (Nethrlands Netherlands) : Kluwer Academic Publishers : 175-88

Mortvedt J.J., 2000- Bioavailability of micronutrients .in M.C.summer (ed.), Handbook of soil science, CRC press, Boca Raton, D71-D88

Palmgren M.G., 2001-Plant plasma membrane H+ -ATP as :Powerhouses for Nutriant Uptake .Annu Rev plant Physio plant Mol Biol ;52 :817-45

Pascal N., Dorne A.J., 1994- Inhibition of fatty acid desaturation in sycamore cells deprived of iron .FEBS Lett ; 353 :95-8

Portnoy M.E., Liu X.L., Culotta V.C., 2000- Sacharomyces cerevisisae expresses three functionally distinct homologues of the nramp family of metal transporters .Mol cell Biol ; 20 :7893-902

Rachedi M.F.,(1993)-Production national évolution importation et possibilités intensification pour l' autosatisfaction total àcourt terme (Journèes d'ètudes et de reflexion sur la tomate industrielle 26-27 avril) P :2-4

Ragland M., Theil E.C., 1993- Ferritin (mRNA, protéine) and iron concentration during soybean nodule development plant Mol Biol.21:555-60

Richards L.A.,1954-Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils Agr .Hand book N 60.U.S Dept of Agr.

Richter G., 1993- Métabolisme des végétaux –physiologie et biochimie .5 edition georg thieme verlag. P525

Robinson N.J., Procter C.M., Connolly E.L., Guerinot M.L., 1999- Aferric-chelate reductase fer iron uptake from soils .N ATURE .397/694-7

Romheld V., Mùller C., Marschner H., 1984- Localization and capacity of proton in roots of intact sunflower plants .plant physio ; 76 :603-6

Romheld V., 2000- Thé chlorosis paradox : Feinactivation in leaves asa s econdary event in Fe deficiency. chlorosib J plant Nutr ; 23-(inpress)

Schmidt W.,1993-Iron strees –induced redox reactions in bean roots .Physio plant .89:448-452

Schmidt W and Bartels M .,1996-Formatio of root epidermal transfer ceel in plantag .Plant physio110:216,224

Schmidt W., Schikora A., Pich A., Bartels M., 2000-Hormones induce an Fe-deficiency-like root epidermal cell pattern in the Fe-inefficient tomato mutant fer. Protoplasma ; 213 :67-73.

Schmidt W and Schikora A., 2001-Different pathways are involved in phosphate and iron stress-induced alterations of root epidermal cell development .plant physiol

Schreiber U and Bilger W .,1986- Rabid assessment of stress effects on plant leaves by chlorophyll fluorescence measurements .In:Tenhunen JD, Catarino FM , Lange OL and Oechel WL (eds) Plant Response to Stress –Functional Analysis in Mediterranean Ecosysteme , Vol G 15 ,PP 27-53 .Springer-Verlag, Berlin/heidelberg

Shingles R., North M .Mcarty R .E., 2002-Ferrous ion transport across chloroplaste inner envelope membranes. Plant physio/128.1022 :103

Siedow J .N., 1991-Plant lipoxygenase : structure and function Annu Rev plant Mol Biol ; 42 :145-88

Smith B.N., 19984-Iron in higher plants : storage and metabolic role J plant nutr ; 7 :759-66

Stemmler S., Berthelin J., 2003-Microbial activity as a major facter in the mobization of iron in the humid tropic .Eur.J. soil Sci ; 54 :725-733

Stephan U.W and Scholz G.,1993-Nicotianamine mediator of iron and heavy metals in the phloem .Physiol ;522-529

Susin S., A bian J. and Sanchez – Baeza F., 1993- Riboflavin 3 – and 5-sulfate, two novel flavins accumulating in the roots of iron – deficient sugar beet (Beta vulgaris). J Biol chem 1993 ; 268 : 20958-6

Tan C., Robson A.D and Dilworth M.J., 1990-Asplit root experiment shows that iron is required for nodule initiation in Lupinus augustifolius L .New phyto ; 115 :61-7

Tagliavini M.,Abadia J., Abadia H .and Tsipouridis B.,2000-Agronomic menas for the control of iron chlorosis in deciduous fruit plant J plqnt .Nutr 23

T**erry N., 1980-** Limiting factors in photosynthsis .I.Use of iron stress to control photochemical capacity in vivo. Plant Physiol 65 :114-120

T**erry N and Zayed A.M .,1995**-Physiology and biochemistry of leaves under iron deficiency .in :Abadia J ,ed.Iron nutrition in soil and plants .Dordrecht (Netherlands) :Kluwer Academic Publishers :94-283

Thomine S.,Wang R.,Ward J.M .,Crawford N.M.,Schroeder J.I.,2000-cadmium and iron transport by members of a plant metal transporter family in Arabidopsis with homology to Nramp genes.Proc .Natl Acad Sci USA;99,499-6

Udo W.S. and Gunter S., 1993-Nicotianamine mediator of transport of iron and heavy metal in the phloem .physiol plant ; 88 :522-529

Vancamp W., Camp W. ,Capian K.,Van-montagu M.,Mze D. and Slooten L,1996- Enhancement of oxidative stress tolerance in transgenix tobacco plants over producing Fe-Superaxide dismutase in chloroplast . Plant physiol.112:1703-1714.

Vert G., Grotz N.and Dedaldechamp F., 2000-IRT1, an Arabidopsis Transporter Essential for iron uptake from the soi land for blant Growth. Plant cell ; 14 :1223-33

Vredenberg W.J.,2000-Athree-state modelfor energy trabbing and chlorophyll fluorescence in photosystem II incorporating radical pair recombination .Biophys J.79;26-38

Warren K.C. and Richard I.G.,1976-The groth and development of the leaf in tomato *(lycopersicum esculentum Mil*l.) I-the plastochrome index a suitable bases of description .

Can J Bot .54:2421-2428

Wassif M.M .,El kadi M.A.,El Bagouri I.H and Robishy A.A.,1983-Yield of podder bean as afunotion of mioronutrients application and saline water irrigation .Desert .Inst Bull A.R.E. N 14P:180

Watteau F.et Berthelin J., 1992 - Présence de sidérophores dans les matiéres organiques de sols calcimagnésiques et acides .C.R..Acad.Sc ; 315 :1549-1554.

Weinberg .E.D, 2000-Modulation of intra macrophage iron metabolism during microbial cell invasion Microbes and Infection ; 285-89.

Willkinson J.Q., Lanahan M.B., Yen H.C., Giovqnnoni J.J. and Klee H.J., 1995-An ethylene-inducible co;ponent of signal transduction encoded by never-ripe .Science 270l;1807-1809

William W.A., Barbara D.A., Amy S. and David M.B., 1994-Photoinhibition during winter stress : Involvement of sustained xanthophyll cycle-dependent energy.Aust J plant physiol.22 :261-276

Xoconostle-cazare B.,Ruiz –Medrano R. and Lucas W .J., 2000-Proteolytic processing of CmPP36 .aprotein from The cytochrome b5 reductase family .is required for entry into the phloem translocation pathway .plant j 24 :735-47

Zelitch I.,Everlyn A.H.,Brian M.G.,Neil A.M . and Timothy .N.,1991-Leaf catalase m-RNA and catalase perotein levels in a high catalase Tabacco mutant zith O_2- resistant photosynthesis. Plant Physiol 97; 1592.1595

Youssef E.L., Mohamed K and Mohamed B.,2000-Salt stress effect on epinasty in relation to ethylene production and water relation in tomato .Agronomie .20:399-4.6

الملحق

نتائج قياسات معاملات السقي ب Fe-EDTA أثناء مرحلة نمو الشتلة:

			M				R	
14.46	13.48	10.22	9.127	13.98	12.11	11.87	9.72	Pi
10.21	9.13	8.12	5.39	11.99	9.16	9.12	8.72	lpi
0.25	0.214	0.18	0.14	0.21	0.188	0.161	0.146	reg cm/j
0	7.5	8.75	11.25	0	7	7.25	11	ep
7.48	5.09	3.42	2.64	9.48	9.26	6.64	4.32	Chl a (mg/g.MF)
2.67	3.51	3.1	2.62	5.35	4.74	4.45	1.74	Chl b (mg/g.MF)
10.15	8.6	6.52	5.25	12.81	11.73	10.09	6.06	Chl T (mg/g.MF)
12.96	10.04	6.53	5.6	16.8	16.71	16.5	7.2	Phe a (mg/g.MF)
3.59	3.18	2.066	1.67	3.66	3.15	3.13	1.78	Phe b (mg/g.MF)
14.66	12.49	8.36	6.03	22.67	20.57	14.79	8.81	Phe T (mg/g.MF)
1.38	1.5	1.88	2.12	1.4	1.85	1.98	2.05	glu µg/100g.MF
0.597	1.05	1.256	1.85	1.21	1.37	1.697	2.35	Fru µg/100g.MF
69.53	62.7	43.98	35.34	111.6	104.4	65.14	35.32	Fe T(ppm)
54.5	54	49.25	35.75	58.75	57.25	55	31	Fe ++(ppm)
3446.25	3368.7	3353.19	3327.3	3425.5	3340.2	3301.5	3234.2	PO_4^-(ppm)
2.07	1.21	0.95	0.68	1.7	1.62	0.98	0.97	Car(mg/g.MF)
0.564	0.56	0.531	0.524	0.566	0.563	0.56	0.544	ØPSII (ur)
0.76	0.757	0.745	0.74	0.750	0.74	0.6	0.532	qP (ur)
0.012	0.013	0.014	0.016	0.011	0.014	0.015	0.019	qNP (ur)
0.75	0.73	0.7	0.68	0.78	0.76	0.763	0.7	Fv/Fm(ur)
							2.877	etr(ur)

نتائج قياسات معاملات الرش ب $FeSO_4 7H_2O$ أثناء مرحلة نمو الشتلة:

M				R				
11.26	16.09	12.01	9.74	13.36	17.51	14.2	10.57	Pi
7.49	12.09	8.51	5.396.49	10.64	12.3	10.77	6.37	lpi
0.165	0.22	0.2	0.12	0.16	0.25	0.171	0.1	reg cm/j
11.5	0	7.5	12.5	9.5	0	7	13	ep
4.22	6.72	5.62	3.69	6.07	7.48	6.85	5.3	Chl a (mg/g.MF)
0.457	2.28	1.25	0.306	1.35	2.04	1.83	1.01	Chl b (mg/g.MF)
4.56	9	7.29	3.87	7.42	9.52	8.68	6.31	Chl T (mg/g.MF)
6.02	11.61	9.09	3.65	9.46	10.47	9.89	7.56	Phe a (mg/g.MF)
0.57	2.74	3.19	0.75	2.13	5.88	4.89	1.95	Phe b (mg/g.MF)
6.12	14.28	10	5.82	11.59	16.35	14.778	9.122	Phe T (mg/g.MF)
1.55	1.2	1.45	1.82	1.58	1.48	1.56	1.68	glu µg/100g.MF
1.26	0.6	1.05	1.85	1.4	1.209	1.37	1.98	Fru µg/100g.MF
68.5	109.67	98.67	48	72.76	105.65	92.92	49.5	Fe T(ppm)
43.75	45.75	43.75	34.25	44	47.5	44.5	31.75	Fe ++(ppm)
3234.3	3253	3298.6	3397.9	3198.09	3211.0	3425.6	3530.6	PO_4^-(ppm)
1.15	1.57	1.47	0.72	1.18	1.87	1.4	1.03	Car(mg/g.MF)
0.53	0.56	0.54	0.79	0.533	0.544	0.538	0.509	ØPSII (ur)
0.72	0.74	0.63	0.51	0.711	0.738	0.613	0.509	qP (ur)
0.17	0.13	0.14	0.19	0.15	0.11	0.13	0.16	qNP (ur)
0.73	0.756	0.751	0.677	0.73	0.76	0.74	0.7	Fv/Fm(ur)
								etr(ur)

نتائج قياسات معاملات السقي ب Fe-EDTA اثناء مرحلة النمو الخضري :

M				R				
24.96	21.09	20.21	16.26	24.53	20.8	18.86	16.66	Pi
21.96	20.09	17.21	15.26	17.53	16.8	14.86	13.66	lpi
2.44	2.098	1.066	1.02	2.53	2.40	2.21	2.016	reg cm/j
0	11.25	13.75	16.25	0	8.75	12.5	15	ep 0
10.48	8.79	6.149	4.575	10.62	8.73	7.68	6.41	Chl a (mg/g.MF)
3.54	3.229	2.466	2.126	6.27	4.42	3.42	2.81	Chl b (mg/g.MF)
14.135	12.108	8.678	6.75	16.89	13.237	11.197	9.29	Chl T (mg/g.MF)
17.45	15.38	10.64	8.86	17.53	15.64	13.3	9.64	Phe a (mg/g.MF)
5.198	3.247	2.429	2.274	5.67	2.77	3.09	2.83	Phe b (mg/g.MF)
22.65	18.64	13.079	11.142	23.104	19.62	16.4	12.47	PheT (mg/g.MF)
0.473	0.96	1.435	1.936	0.23	0.31	0.831	1.907	glu µg/100g.MF
0.77	1.56	2.008	2.073	0.803	1.102	1.533	1.830	Fru µg/100g.MF
85.74	75.66	72.77	61.26	108.77	85.74	81.42	69.9	Fe T(ppm)
57.25	49	35.25	30	51.75	45.75	43.25	35	Fe ++(ppm)
4886.1	4599.16	4428.5	4040.8	4942.9	4635.5	4394.94	4053.7	PO_4^-(ppm)
2.99	2.04	1.47	1.02	1.24	1.76	1.54	1.25	Car(mg/g.MF)
0.602	0.585	0.576	0.563	0.588	0.583	0.572	0.556	ØPSII (ur)
0.756	0.655	0.543	0.441	0.72	0.65	0.543	0.474	qP (ur)
0.11	0.15	0.16	0.19	0.12	0.14	0.18	0.21	qNP (ur)
0.89	0.8	0.77	0.74	0.9	0.87	0.84	0.78	Fv/Fm(ur)
								etr(ur)

الملخص

العنوان : علاقة التغذية المعدنية الكاتيونية لعنصر الحديد بكفاءة الكيمياء الضوئية لنمطين وراثيين من نبات الطماطم (*Lycopersicum esculentum Mill.*)

الملخص:

استهدفت هذه الدراسة تحديد علاقة عنصر الحديد بنشاط التمثيل الضوئي المعالج بتقنية الاستشعاع الكلوروفيلي ،تم هذا على تجربة عاملية اشتملت على جزئين هما : إضافة الحديد في التربة على صورة Fe-EDTA و رشا على الأوراق بمحلول FeSO47H2O ، تضمن كل جزء من التجربة أربعة تراكيز من الحديد(F0, F1, F2, F3) كررت كل معاملة أربعة مرات كما أجريت التجربة على صنفين من نبات الطماطم *Lycopersicum esculentum Mill.* Var: Marmande,Riogrand و بتالي فان هذا العمل أنجز على 32 وحدة تجريبية أثناء مرحلة نمو الشتلة و مرحلة النمو الخضري تحت ظروف مراقبة.

تبين من خلال ذلك أن ارتفاع نشاط الكيمياء الضوئية للتمثيل الضوئي المعبر عنها بفاعلية استقطاب الطاقة الضوئية(Fv/Fm) و زيادة المردود الكمي للنظام الضوئي الثاني ØPSII) و معدل النقل الالكتروني(etr) لوحظ ذلك عند إضافة الحديد بتركيز F3(50 µmol/L) على صورة Fe-EDTA و عند معاملات الأوراق بتركيز F2 عل صورة FeSO47H2O مقارنة بالتراكيز الأخرى و كان هذا في كلا المرحلتين الأمر الذي انعكس على ارتفاع معامل اخماد الكيمياء الضوئية(qP) و انخفاض معامل إخماد الكيمياء اللاضوئية(qNP) .

المتغيرات الفيزيولوجية ارتبطت بالمتغيرات النموذجية المتمثلة بارتفاع محتوى الكلوروفيل الكلي (Chl T) و الفيوفيتين الكلي(Phe T) في الأوراق طيلة فترة النمو ،حيث ساهم كل منهم بفاعلية كبيرة في تحديد اثر الفعل النوعي للحديد و إبراز السلوك المتباين بين الصنفين تبين ذلك من خلال زيادة محتوى الأوراق من عنصر الحديد الكلي (Fe T) و الحديد النشط (Fe++) و نقص عنصر الفوسفور(-PO4) ، الجليكوز(glu) و الفركتوز(Fru) .كما زادت إضافة عنصر الحديد من تحسين النمو (pi، lpi، reg) و انخفاض الاستحثاث الورقي (ep) خلال مرحلتين من النمو.

الكلمات المفتاحية :

نبات الطماطم (*Lycopersicum esculentum Mill.*) عنصرالحديد، التغذية المعدنية ،الكيمياء الضوئية

.

Resumè:

L'objet principale qu'a traité la présente étude est le concept d'évaluer la relation entre le fer et l'activité photosynthétique analysée par la téchnique de la fluorescence des chlorophylles. Cette évaluation a été appliqué sur deux experiences factorielles l'une additionnée de fer sous forme de Fe- EDTA dans le sol et l'autre une application foliaire par la solution de $FeSO_47H_2O$ a été faite chaque éxperience est constituée de quatres concentrations de fer(F0 ,F1,F2,F3) et quatres répétitions sont effectuées sur deux varietés de tomate*(Lycpersicum esculentum Mill.)* var: (Marmande,Riograng*)*.

Ce travail a été exécuté sur 32 unités expérimentales pandant la phase de développement de la plantule et de l'aparail végetatif dans des conditions controlées .

Au coures de cela on sést rendu compte que l'augmentatin de l'activité photochimique expliquée par l'efficacité des antennes collectrices(Fv/Fm)et l'accentuation du rendement quantique du PSII(QPSII)et l'excès du flux de transfert d'électron(etr) ont été observé sous l'adjonction du fer a un niveau élevé(F_3=50u mol) sous forme de EDTA et a un niveau moins élevé(F_2=5umol) sous forme de $FeSO_47H_2O$ comparait à d'autre concentrations, pendant les deu phases de développemen .La chose qui s ést reflèté sur la hausse du quenching photochimique (qP) et l'abaissement du quenching non photochimique .

Ses traits physiologiques ont un rapport avec les composantes principales expliquées par l'augmentation des chlorophylles totales et les pheophytines totales dans les feuilles an cours de la croissance(2phases) ces deux paramètres ont participé à quantifier la contribution de ces traits et clarifier le comportement bien differenciés de ces deux cultivars. On peut dire que les deux taitements du fer ($FeEDTA$, $FeSO_47H_2O$) ont amèliorè la croissence (PI, LPI, reg) et diminuer l'epinastie (ep) pendant les deux phases de developpements.

Resume:

The main subject was treated in this study is the concept of evaluating the relationship between iron and the photosynthetic activity analyzed by the technique of fluorescence of chlorophyll. This assessment was applied in two factorial experiment plus one iron in the form of Fe-EDTA in the soil and the other a foliar application of the solution was made FeSO47H2O Each experiment consists of four concentrations of iron (F0 , F1, F2, F3) and four repetitions were carried out on two varieties of tomato (*Lycpersicum esculentum Mill.*) var (Marmande, Riogrand).

This work has been performed on 32 experimental units panda the development phase of the seedling and aparail the vegetation in controlled conditions.

During this sest we realized that the activity of augmentatin explained by the photochemical efficiency of collector antennas (Fv / Fm) and the increase of quantum yield of PSII (QPSII) and the excess flow of electron transfer (ETR) were observed in the addition of iron has a high level (F3 = 50u mol) in the form of EDTA and has a lower level (F2 = 5umol) under FeSO47H2O form compared to other concentrations, during the phases of deu développemen. The thing which is reflected on the higher photochemical quenching (qP) and the lowering of non-photochemical quenching.'s physiological traits are related to the components mainly explained by the increase in total chlorophylls and total pheophytines leaves an over growth (2phases) these two parameters have participated to quantify the contribution of these traits and clarify the very different behavior of these two cultivars. One can say that both taite iron (FeEDTA, FeSO47H2O) have improved the croissence (PI, LPI, reg) and decrease epinasty (ep) for the two phases of development .

الاسم : صليحة اللقب : بلارو	تاريخ المناقشة :

العنوان: علاقة التغذية المعدنية الكاتيونية لعنصر الحديد بكفاءة الكيمياء الضوئية لنمطين وراثيين من نبات الطماطم (*Lycopersicum esculentum* Mill.)

نوع الشهادة: ماجستير

الملخص

استهدفت هذه الدراسة تقويم علاقة عنصر الحديد بنشاط التمثيل الضوئي المعالج بتقنية الاستشعاع الكلوروفيلي هذا التقويم نفذ على تجربتين عامليتين ، إحداهما تمثلت في إضافة الحديد في التربة على صورة Fe-EDTA و الأخرى تم رش الاوراق بمحلول $FeSO_4 7H_2O$، تضمنت كل تجربة أربعة تراكيز من الحديد(F0, F1, F2, F3). كررت كل معاملة أربعة مرات، كما أجريت كل تجربة على صنفين من نبات الطماطم *Lycopersicum esculentum* Mill. Var: Marmande,Riograndو بتالي فان هذا العمل أنجز على 32 وحدة تجريبية أثناء مرحلة نمو الشتلة و مرحلة النمو الخضري ، تم خلالها اجراء مجموعة من القياسات مورفولوجية ،فيزيولوجية و بيوكيميائية.

تبين من خلال ذلك ارتفاع فاعلية استقطاب الطاقة الضوئية(Fv/Fm) و زيادة المردود الكمي للنظام الضوئي الثاني ØPSII) و كذلك معدل النقل الالكتروني(etr).و هذا عند إضافة الحديد بتركيز F3(50 µmol/L) على صورة Fe-EDTA و عند معاملات الأوراق بتركيز F2 عل صورة $FeSO_4 7H_2O$ مقارنة بالتراكيز الأخرى ،الأمر الذي انعكس على ارتفاع معامل اخماد الكيمياء الضوئية(qP) و انخفاض معامل إخماد الكيمياء اللاضوئية(qNP).

ارتبطت هذه المتغيرات الفيزيولوجية بالمتغيرات النموذجية المتمثلة بارتفاع محتوى الكلوروفيل الكلي(Chl T) و الفيوفيتين الكلي(Phe T) في الأوراق طيلة فترة النمو، حيث ساهم كل منهم بفاعلية كبيرة في تحديد اثر الفعل النوعي للحديد و إبراز السلوك المتباين بين الصنفين، تبين ذلك من خلال زيادة محتوى الأوراق من عنصر الحديد الكلي (Fe T) و الحديد النشط (Fe++) و نقص عنصر الفوسفور(-PO4)، الجليكوز(glu) و الفركتوز(Fru) .كما زادت إضافة عنصر الحديد من تحسين النمو (pi، lpi، reg) و انخفاض الاستحثاث الورقي (ep) خلال مرحلتي النمو.

الكلمات المفتاحية : الطماطم (*Lycopersicum esculentum* Mill.) ، التغذية المعدنية، عنصر الحديد ، الكيمياء الضوئية.

مخبر البحث: تطوير وتثمين المصادر الوراثية النباتية.

أعضاء لجنة المناقشة:

– م .م .بن تشيكو	رئيسا	أستاذ التعليم العالي	جامعة منتوري قسنطينة
– س. شوقي	مقررا	أستاذة محاضر ة	جامعة منتوري قسنطينة
– م.بن لعربي	عضوا	أستاذ التعليم العالي	جامعة منتوري قسنطينة
– م.باقة	عضوا	أستاذ التعليم العالي	جامعة منتوري قسنطينة

السنة الجامعية : 2009/2008