جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة القادسية - كلية التربية
قسم علوم الحياة

مقارنة تأثير المستويات المختلفة للسماد المركب NPK العادي والنانوي في النمو والمحتوى الكيميائي لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية Apiaceae

رسالة قدمها
إلى مجلس كلية التربية - جامعة القادسية
وهي من متطلبات نيل شهادة الماجستير في علوم الحياة - علم النبات

الطالب
أركان علي شناوة الطائي

إشراف
أ. م. د. ظافر عبد الكاظم جميل

صفر 1439هـ تشرين الثاني 2017 م

بِسْمِ اللهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿وَفِي الْأَرْضِ قِطَعٌ مُتَجَاوِرَاتٌ وَجَنَّاتٌ مِنْ أَعْنَابٍ
وَزَرْعٌ وَنَخِيلٌ صِنْوَانٌ وَغَيْرُ صِنْوَانٍ يُسْقَىٰ بِمَاءٍ
وَاحِدٍ وَنُفَضِّلُ بَعْضَهَا عَلَىٰ بَعْضٍ فِي الْأُكُلِ ۚ إِنَّ فِي
ذَٰلِكَ لَآيَاتٍ لِقَوْمٍ يَعْقِلُونَ﴾

صدق الله العليّ العظيم

سورة الرعد (الآية 4)

الإهداء

إلى من طرَّزوا بنيران أسلحتهم رايات النصر، وعلَّموا الدنيا كيف يكون الصبر.. إلى من نذروا أنفسهم من أجل الدفاع عن عراقنا الحبيب من الطغيان والشر.. أبطال الحشد الشعبي المقدس وقواتنا الأمنية البطلة.

إلى من كلَّلَ العرق جبينهِ، وشقَّقتْ الأيام يديّه .. والدي أطال الله بقاءه ومتَّعني ببرِّه وردَّ جميله.

إلى التي رآني قلبها قبل عينيها، وحضنتني أحشاؤها قبل يديها .. أمِّي الحبيبة جزاها الله خيراً وأمدَّ في عمرها بالصالحات فإنّها زهرة الحياة ونورها.

بكل الحب.. إلى من تُنافس الغيث في العطايا، وتسبق الحياء في السجايا، إلى من سارت معي نحو الحُلم خطوةً بخطوة بَذرناه معاً وحصدناه معاً .. زوجتي الغالية.

إلى من تسعد عيناي برؤياه، ويطرب قلبي بنجواه، ثمرة فؤادي .. ولدي عباس.

إلى من تهدأ نفسي برؤياهنَّ، ويبتسم الثغر لمحياهنَّ.. ابنتيَّ الغاليتينِ شمس وتسابيح.

إلى ورود المحبة، وينابيع الوفاء، إلى من رافقوني بالسرّاء والضرّاء .. ملاذي وملجئي أخوتي وأخواتي.

أُهديهم ثمرة جهدي المتواضع

أركان

شُكرٌ وتقدير

الحمدُ لله الأول بلا ٱبتداء، والآخر بلا ٱنتهاء، حمداً كثيراً لاينقطع أبداً ولا تحصي له الخلائق عدداً، وصلِّ اللّهم على خاتم النبيين، وسيد الأصفياء، والمرسلين محمدٌ وعلى آل بيته الطيبين الطاهرين صلاةً تقضي لنا بها الحاجات، وترفعنا أعلى الدرجات.

فالشكر لله سبحانه وتعالى على حُسن توفيقه، وكريم عونهِ، وعلى ما مَنَّ بهِ من صحَّة، وصبر، وسلامة وإعانتي على إنجاز رسالتي.

كما وأتقدم بالشكر والٱمتنان إلى مشرفي وأستاذي الفاضل (أ. م. د. ظافر عبد الكاظم جميل) على ما أولانيه من العناية والرعاية والتوجيه فضلاً عن الصبر على متابعة هذه الرسالة من غير كَلَلٍ أو مَلَلٍ، فجزاه الله تعالى عنِّي خير ما يجزي عباده الصالحين.

والوفاء يقتضي ان أتوجه بالشكر والعرفان إلى رئاسة جامعة القادسية، وعمادة كلية التربية، ورئاسة قسم علوم الحياة وأساتذتي الأفاضل، وزملائي من طلبة الدراسات العليا للمساعدات الجليلة التي قدموها لي طَوَال مدة الدراسة.

والشكر الجزيل للأساتذة أعضاء لجنة المناقشة على ما تحمَّلوه من عناء القراءة ومشقة المتابعة وتسجيل الملاحظات على الرسالة، فجزاهم الله عنِّي خير الجزاء.

وأخيراً أُخلص عبارات الشكر والٱمتنان إلى كل يدٍ مدَّت لي العون، فٱسْتحقَّت منِّي شكرها، ولم تسعفني الذاكرة على تذكّرها.. واللهُ ولي التوفيق.

الباحث

إقرار المشرف

أشـهد أنَّ إعـداد الرسـالة الموسـومة بـ: (مقارنـة تـأثير المسـتويات المختلفـة للسماد المركب NPK العادي والنانوي في النمو والمحتوى الكيميائي لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية Apiaceae) جرى تحت إشرافي في قسم علوم الحياة/ كلية التربية/ جامعة القادسية، وهي من متطلبات نيل شهادة الماجستير في علوم الحياة/ علم النبات.

التوقيع:

المشرف: د. ظافر عبد الكاظم جميل

اللقب العلمي: أستاذ مساعد

العنوان: كلية التربية/ جامعة القادسية

التأريخ: 2 / 11 / 2017

إقرار رئيس لجنة الدراسات العليا

بناءً على التوصيات المقدمة المتوافرة، أرشّح هذه الرسالة للمناقشة.

التوقيع:

الأسم: د. أحمد جاسم حسن

اللقب العلمي: أستاذ مساعد

التأريخ: / / 2017

إقرار المقوم اللغوي

أشهد أنَّ الرسالة الموسومة بـ: (مقارنة تأثير المستويات المختلفة للسماد المركب NPK العادي والنانوي في النمو والمحتوى الكيميائي لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية Apiaceae) تمَّت مراجعتها لغوياً وأسلوبياً، فأصبحت بذلك مؤهَّلَة للمُناقشة على قدر تعلُّق الأمر بالسلامة اللغوية.

التوقيع:

الأسم: خالد عبد فزّاع

اللقب العلمي: أستاذ

التأريخ: / / ١١ / 2017

اقرار لجنة المناقشة

نحن أعضاء لجنة المناقشة نشهد إننا اطلعنا على الرسالة الموسومة بـ (مقارنة تأثير المستويات المختلفة للسماد المركب NPK العادي والنانوي في النمو والمحتوى الكيميائي لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية Apiaceae) المقدمة من طالب الماجستير (أركان علي شناوة الطائي) وقد ناقشنا الطالب في محتوياتها وفيما له علاقة بها. وذلك بتاريخ 2017/10/22 و قررنا قبولها لنيل شهادة الماجستير في علوم الحياة / علم النباتات بتقدير(امتياز) .

رئيس لجنة المناقشة

التوقيع :

الاسم:د.عبد الامير علي ياسين

المرتبة العلمية : أستاذ

العنوان : جامعة القادسية/ كلية التربية

التاريخ : 30/ 10 /2017

عضو اللجنة

التوقيع :

الاسم: د.محسن جلاب عباس

المرتبة العلمية : أستاذ مساعد

العنوان: جامعة الكوفة/ كلية العلوم

التاريخ : 30/ 10 / 2017

عضو اللجنة

التوقيع:

الاسم: د. انتصار حسين مهدي

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

العنوان: جامعة القادسية/ كلية التقانات الإحيائية

التاريخ : 29/ 10 /2017

عضو اللجنة والمشرف

التوقيع :

الاسم: د. ظافرعبد الكاظم جميل

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

العنوان : جامعة القادسية/ كلية التربية

التاريخ : 29/ 10 / 2017

مصادقة عمادة كلية التربية/ جامعة القادسة

التوقيع :

الاسم: د خالد جواد العادلي

المرتبة العلمية : أستاذ

المنصب : عميد كلية التربية

التاريخ : 19/ 11 / 2017

الخلاصة

نُفِّذت التجربة تحت ظروف محافظة الديوانية في مشتل خاص تم إنشاؤهُ خصيصاً للتجربة خلال الموسم الخريفي (2016 – 2017) بهدف معرفة تأثير إضافة المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK المتوازن (20-20-20) العادي والنانوي لتربة ثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية Apiaceae (الكمون، والينسون، والحبة الحلوة) والتداخل بينهما في النمو والمحتوى الكيميائي والمواد الفعالة في البذور.

صُمِّمتْ التجربة العاملية المؤلفة من عاملين وبثلاثة تكرارات على وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة Randomized Complete Blocks Design (RCBD)؛ إذ إشتملَ عاملها الأول على ثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية الأنفة الذِكر، في حين تضمَّنَ العامل الثاني سبعة مستويات للسماد المركَّب NPK المتوازن (20-20-20) وهي (المقارنة بدون إضافة، موصى عادي 1 غم. لتر$^{-1}$ لكل سندانة (5 كغم تربة)، موصى نانوي 25 ملغم. لتر$^{-1}$ لكل سندانة (5 كغم تربة)، ضعف الموصى عادي 2 غم. لتر$^{-1}$ لكل سندانة (5 كغم تربة) ، ضعف الموصى نانوي 50 ملغم. لتر$^{-1}$ لكل سندانة (5 كغم تربة)، موصى خليط (عادي + نانوي) 1 غم. لتر$^{-1}$ عادي + 25 ملغم. لتر$^{-1}$ نانوي لكل سندانة (5 كغم تربة)، ضعف الموصى خليط (عادي + نانوي) 2 غم. لتر$^{-1}$ عادي + 50 ملغم. لتر$^{-1}$ نانوي لكل سندانة (5 كغم تربة). وقورِنت متوسطات المُعاملات عندما أشارَ التحليل الاحصائي إلى تأثيرٍ معنوي وذلك بأستعمال أختبار أقل فرق معنوي Least Significant Difference (LSD) عندَ مُستوى إحتمال ($p \leq 0.05$) وأظهرت النتائج:

1. تفوّق نبات الحبة الحلوة في الصفات الآتية: (إرتفاع النبات، والمساحة الورقية الكلية، والوزنان الطري والجاف للمجموع الخضري للنبات، وحاصل البذور، ومحتوى البذور من الكربوهيدرات الكلية، والألياف الغذائية، والفسفور، والبوتاسيوم والمادة الفعالة Gamma-Sitosterol) في حين تفوّق نبات الكمون في كل من الصفات: (عدد الأوراق، وعدد المظلات، ومحتوى البذور من الزيت الثابت، والبروتين الكلي، والنتروجين، والفلافونويدات الكلية والمادة الفعالة Stigmasterol) وكذلك نبات الينسون في الصفات المتمثلة بعدد الأفرع للنبات، ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي، ومحتوى البذور من المادتين الفعَّالتين alpha-Pinene و D-Limonene).
2. التأثير المعنوي لمعاملات التسميد المُضافة للتربة من السماد المركَّب العادي، وكذلك النانوي طردياً في زيادة غالبية الصفات المدروسة وتسجيل أعلى المتوسطات لها عند خليط السماد

الخلاصة

المركَّب NPK بالمستوى ضعف الموصى، أو الموصى عدا المواد الفعَّالة، فإنها تفوّقت جميعها بشكلٍ معنوي مع السماد المركَّب العادي بالمستوى ضعف الموصى في حين أعطت المادة الفعالة Gamma-Sitosterol أعلى نسبة مئوية لها عند معاملة المقارنة لنبات الحبة الحلوة.

3. التداخل الثنائي لعامليّ الدراسة أعطى تأثيراً معنوياً في تحسين الصفات بمستوى يفوق الضعف عند بعضها وإختلاف الأستجابة بين النباتات أعتماداً على نوع السماد كما في توليفة نبات الكمون مع السماد المركَّب العادي بالمستوى ضعف الموصى في تسجيل أعلى نسبة للمادة الفعَّالة D-Limonene أما في نبات الينسون فتفوقت مع السماد المركَّب النانوي بالمستوى الموصى، كذلك المادة الفعالة Gamma-Sitosterol التي بلغت أعلى نسبة لها عند توليفة الكمون لمعاملة المقارنة، وكذلك توليفة الينسون مع السماد النانوي بالمستوى ضعف الموصى وتوليفة الحبة الحلوة مع السماد المركَّب العادي بالمستوى ضعف الموصى.

المحتويات

الموضوع	الصفحة
الخلاصة	أ – ب
المحتويات	ج – ح
قائمة الصور	و
قائمة المخططات	و
قائمة الجداول	و
قائمة الأشكال	ز
قائمة الملاحق	ح
1: المقدمة Introduction	3 – 1
1-1: هدف الدراسة	3
2: مراجعة المصادر Literature Review	27 – 4
2-1: الصفات المظهرية للعائلة الخيميّة	4
2-2: الأنواع النباتية للعائلة الخيميّة	5
2-2-1: الكمون *Cuminum cyminum* L.	5
2-2-2: الينسون *Pimpinella anisum* L.	7
2-2-3: الحبَّة الحلوة *Foeniculum vulgare* L.	8
2-3: الأسمدة الكيميائية التجارية	10
2-3-1: النتروجين Nitrogen	11
2-3-2: الفسفور Phosphorus	14
2-3-3: البوتاسيوم Potassium	16
2-3-4: تأثير السماد المركَّب NPK العادي في صفات النمو والمحتوى الكيميائي للنبات	17
2-5: تقانة النانو Nanotechnology	21
2-5-1: الأسمدة النانوية	23
2-3-2: تأثير السماد المركَّب NPK النانوي في صفات النمو والمحتوى الكيميائي للنبات	25
3: المواد وطرائق العمل Materials and Methods	43 – 28
3-1: التصميم والإجراء التجريبي للدراسة	28
3-2: الصفات المدروسة	31
3-2-1: صفات النمو الخضري	31
3-2-1-1: إرتفاع النبات (سم)	31
3-2-1-2: عدد الأوراق للنبات (ورقة. نبات$^{-1}$)	31
3-2-1-3: المساحة الورقية الكلية (سم^{2}. نبات$^{-1}$)	31
3-2-1-4: عدد الفروع للنبات (فرع. نبات$^{-1}$)	31
3-2-1-5: محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي (ملغم. غم$^{-1}$ وزن طري)	31
3-2-1-6: الوزنين الطري والجاف للمجموع الخضري للنبات (غم. نبات$^{-1}$)	32

المحتويات

3-2-2: صفات الحاصل	32
3-2-2-1: عدد المظلات لكل نبات (مظلة. نبات$^{-1}$)	32
3-2-2-2: حاصل البذور (غم. نبات$^{-1}$)	32
3-2-3: المحتوى الكيميائي للبذور	33
3-2-3-1: الزيت الثابت (%)	33
3-2-3-2: الكربوهيدرات الكُلية (%)	33
3-2-3-3: الأليلف الغذائية (%)	35
3-2-3-4: الهضم الرطب لعينات البذور لتقدير العناصر الغذائية والبروتين الكلي	35
3-2-3-4-1: النتروجين (%)	36
3-2-3-4-2: البروتين الكُلي (%)	36
3-2-3-4-3: الفسفور (%)	36
3-2-3-4-4: البوتاسيوم (%)	38
3-2-3-5: تقدير محتوى الفلافونويدات الكلية بطريقة كلوريد الألمنيوم اللونية	40
3-2-4: التقدير الكمي لمحتوى البذور من المواد الفعالة بواسطة كروموتوكرافيا الغاز المتصل بمطياف الكتلة	41
3-2-4-1: الإستخلاص	41
3-2-4-2: تحليل العينة في جهاز GC-MS	42
3-2-4-3: تشخيص المركَّبات الفعالة	42
3-3: التحليل الإحصائي	43
4: النتائج Results	68 - 44
4-1: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في بعض صفات النمو، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية	44
4-1-1: إرتفاع النبات (سم)	44
4-1-2: عدد الأوراق (ورقة. نبات$^{-1}$)	45
4-1-3: عدد الأفرع (فرع. نبات$^{-1}$)	46
4-1-4: المساحة الورقية الكلية (سم^{2}. نبات$^{-1}$)	47
4-1-5: الكلوروفيل الكلي (ملغم. غم وزن طري$^{-1}$)	48
4-1-6: الوزن الطري للنبات (غم)	49
4-1-7: الوزن الجاف للنبات (غم)	50
4-1-8: عدد المظلات (مظلة. نبات$^{-1}$)	51
4-1-9: حاصل البذور (غم. نبات$^{-1}$)	52
4-2: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في بعض صفات المحتوى الكيميائي للبذور، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية	53
4-2-1: الزيت الثابت (%)	53

المحتويات

4-2-2: الكربوهيدرات الكلية (%)	55
4-2-3: الألياف الغذائية (%)	56
4-2-4: البروتين الكلي (%)	58
4-2-5: النتروجين (%)	59
4-2-6: الفسفور (%)	60
4-2-7: البوتاسيوم (%)	61
4-2-8: الفلافونويدات (ملغم. غم$^{-1}$)	62
4-2-9: الألفا-بينين (%)	63
4-2-10: الليمونين (%)	65
4-2-11: السكماستيرول (%)	66
4-2-12: الكاما-سيتوستيرول (%)	67
5: المناقشة Discussion	85 - 69
5-1: تفسير بيانات النتائج وفق المعطيات الواردة في الجداول (1 - 21)	69
5-2: تفسير بيانات النتائج وفق المعطيات الواردة بواسطة تقنية كروموتوكرافيا الغاز المتصل بمطياف الكتلة (GC-MS)	76
5-2-1: تفسير نتائج نبات الكمون	76
5-2-2: تفسير نتائج نبات الينسون	79
5-2-3: تفسير نتائج الحبَّة الحلوة	82
5-3 : الفعالية البايولوجية للمركبات الكيميائية المشتركة بين الانواع النباتية قيد الدراسة	85
6: الإستنتاجات والتوصيات Conclusions and Recommendations	87 - 86
6-1: الإستنتاجات	86
6-2: التوصيات	87
7: المصادر References	115 - 88
7-1: المصادر العربية	88
7-2: المصادر الأجنبية	89
الملاحق	127 - 116
Summary	I - II

المحتويات

قائمة الصور

العنوان	الصفحة
صورة 1: السماد المركَّب NPK المتوازن (20–20–20) بنوعيّه النانوي والعادي	29
صورة 2: جهاز كروموتوكرافيا الغاز المتصل بمطياف الكتلة (GC–MS)	43

قائمة المخططات

العنوان	الصفحة
مخطط 1: التوزيع التوافقي لأصص المعاملات وفقَ تصميم القطاعات العشوائية الكاملة	30
مخطط 2: المنحنى القياسي لسكر الكلوكوز	35
مخطط 3: المنحنى القياسي للفسفور	38
مخطط 4: المنحنى القياسي للبوتاسيوم	40

قائمة الجداول

العنوان	الصفحة
جدول 1: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط إرتفاع النبات (سم)، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية	44
جدول 2: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط عدد أوراق النبات (ورقة. نبات$^{-1}$)، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية	45
جدول 3: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط عدد أفرع النبات (فرع. نبات$^{-1}$)، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية	46
جدول 4: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط المساحة الورقية الكلية (سم^2. نبات$^{-1}$)، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية	47
جدول 5: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي (ملغم. غم وزن طري$^{-1}$)، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية	49
جدول 6: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط الوزن الطري للنبات (غم. نبات$^{-1}$)، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية	50
جدول 7: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط الوزن الجاف للنبات (غم. نبات$^{-1}$)، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية	51
جدول 8: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط عدد مظلات النبات (مظلة. نبات$^{-1}$)، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية	52

جدول 9: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط حاصل البذور للنبات (غم. نبات$^{-1}$)، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية	53
جدول 10: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى البذور من الزيت الثابت (%)، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية	54
جدول 11: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى البذور من الكربوهيدرات الكلية (%)، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية	55
جدول 12: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى البذور من الألياف الغذائية (%)، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية	57
جدول 13: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى البذور من البروتين الكلي (%)، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية	58
جدول 14: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى البذور من النتروجين (%)، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية	59
جدول 15: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى البذور من الفسفور (%)، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية	60
جدول 16: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى البذور من البوتاسيوم (%)، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية	62
جدول 17: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى البذور من الفلافونويدات (ملغم. غم$^{-1}$)، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية	63
جدول 18: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى البذور من Alpha–Pinene (%)، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية	64
جدول 19: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى البذور من D–Limonene (%)، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية	65
جدول 20: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى البذور من Stigmasterol (%)، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية	66
جدول 21: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى البذور من Gamma–Sitosterol (%)، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية	68

قائمة الأشكال

شكل 1: المركبات المتشابهة ضمن المعاملات السمادية المختلفة لنبات الكمون	78
شكل 2: المركبات المتشابهة ضمن المعاملات السمادية المختلفة لنبات الينسون	81
شكل 3: المركبات المتشابهة ضمن المعاملات السمادية المختلفة لنبات الحبَّة الحلوة	84

قائمة الملاحق

ملحق 1: المركبات المحددة بتقنية GC–MS للمستخلص الكحولي لبذور الكمون بحسب تشابهها وإختلافها ضمن المعاملات السمادية المختلفة، إذ يشير اللون الأزرق للمركبات إلى ظهورها في جميع العينات، اللون الأسود إلى عدم ظهور المركبات في جميع العينات، الألوان المختلفة تشير إلى ظهور المركبات في بعض العينات دون الأخرى	116
ملحق 2: المركبات المحددة بتقنية GC–MS للمستخلص الكحولي لبذور الينسون بحسب تشابهها وإختلافها ضمن المعاملات السمادية المختلفة، إذ يشير اللون الأزرق للمركبات إلى ظهورها في جميع العينات، اللون الأسود إلى عدم ظهور المركبات في جميع العينات، الألوان المختلفة تشير إلى ظهور المركبات في بعض العينات دون الأخرى	120
ملحق 3: المركبات المحددة بتقنية GC–MS للمستخلص الكحولي لبذور الحبَّة الحلوة بحسب تشابهها وإختلافها ضمن المعاملات السمادية المختلفة، إذ يشير اللون الأزرق للمركبات إلى ظهورها في جميع العينات، اللون الأسود إلى عدم ظهور المركبات في جميع العينات، الألوان المختلفة تشير إلى ظهور المركبات في بعض العينات دون الأخرى	124

1: المقدمة Introduction

العائلة الخيميّة Apiaceae (المعروفة سابقاً بأسم عائلة المظلّة Umbel Family: العائلة المظليّة Umbelliferae) هي واحدة من أكبر العوائل النباتية والتي تضم حوالي 450 جنساً Genera و 3700 نوعاً Species حول العالم(Pimenov و Leonov، 1993؛ Mozaffarian، 2007). ومعظم أفراد هذه العائلة معروفة جيداً كنباتات الخُضار Vegetables والطهي Culinary والطبيَّة Medicinal. وتمتلك نباتات هذه العائلة عادةً مَزِيَّة لاذعة في الطعم Pungent أو رائحة مميزة تنتج عن وجود زيت أساسي Essential oil أو ما يُسمَّى Oleoresin (Singh و Jain، 2007). كما تمتلك مركبات مختلفة ذات فعاليات حيوية عِدّة، إلى جانب ذلك بعض الخصائص الرئيسة التي تميِّزها وهي القدرة على إحداث موت الخلايا المبرمج Apoptosis، ومضادة للبكتريا Antibacterial، ومانعة لتلف الكبد (التسمم الكبدي) Hepatoprotective، ومخفِّضة لضغط الأوعية الدموية Vaso-relaxan، ومُثبِّطة لإنزيم السايكلوجين Cyclooxygenase (PTGS) ومضادة لنشاط الأورام Anti-tumors (Pae وآخرون، 2002؛ Zarshenas وآخرون، 2013).

تُزرع النباتات التي تُصنِّع الزيوت الأساسية كمواد طبية، وتوابل، وعطور، ومستحضرات تجميل؛ في المناطق ذات المناخ المعتدل والمتوسطي والإستوائي، ومن بين الزيوت المذكورة هناك حوالي 300 نوع من الزيوت المهمة للصناعة، إذ أنها تستخدم طبياً وأيضاً على شكل نكهات غذائية طبيعية وعطور المواد التجميلية، ومن المعروف أيضاً أن هناك 18000 نوع من النباتات التي تُصنِّع الزيوت الأساسية وتُوصف بأنها نباتات منتجة لها، ويبلغ الإنتاج السنوي العالمي للمواد الطيّارة من النباتات التي تكون أساساً تربينات Terpenoids بمعدل 1.4×10^9 طن (Nurzyńska-Wierdak ، 2013). وعلى سبيل المثال، تُنتَج التربينات الصناعية من عدد قليل من المواد الأساسية، في حين تكون التربينات المُخلَّقة قادرةً على تكوين العديد من الهياكل التربينية (Novak وآخرون، 2000؛ Novak وآخرون، 2002). وهناك مَزِيَّة خاصة من الإنزيمات الحلقية للتربينات الأحادية Monoterpene cyclases هي أنَّ العديد من النواتج المختلفة يمكن أن تؤثر على عمل بعضها، فمثلاً تخليق الليمونين Limonene ينتج كميات صغيرة من ألفا و بيتا-بينين α, β- pinene وكذلك الميرسين Myrcene (Nurzyńska-Wierdak ، 2013).

وتُحدد ظروف النمو إلى حدٍ كبير حاصل المواد الخام ونوعيتها، أيضاً فإنَّ طريقة الزراعة والتسميد والري وموعد الحصاد أو الجني للمواد النباتية يمكن أنْ تُعدِّل بشكلٍ كبير كلاً من محتوى وتكوين المواد الفعّالة والزيوت الأساسية؛ إذْ يعتمد التخليق الحيوي لها وكذلك العمليات الأخرى التي تجري في النبات على عددٍ من العوامل التي من أهمها وجود مواد مختلفة من المُدخلات Input (المُغذيات) والإنزيمات إعتماداً على المسار الأيضي الذي يتم فيه تشكيل مجموعة معينة من المركبات (Dubey وآخرون، 2003؛ Ganjewala و Luthra، 2007؛ Woronuk وآخرون، 2011).

تلعب التغذية دوراً رئيساً في نمو جميع نباتات المحاصيل وتطورها، وفي حالة النباتات الطبية التي تقوم بتخليق الزيوت الأساسية يمكن أنْ تزيد المغذيات بشكلٍ فعّال من حاصل الزيت ونوعيته (Aziz وآخرون، 2010؛ Jabbari وآخرون، 2011؛ Sharafzadeh وآخرون، 2011a,b؛ Zheljazkov وآخرون، 2010، 2011). وفي السنوات القليلة الماضية، حاول بعض الباحثين دراسة إمكانيات تكنولوجيا النانو لتحسين كفاءة ٱستعمال الأسمدة، وقد أدت هذه الجهود إلى تصميم الأسمدة النانوية وتطويرها، أنَّ الأسمدة القائمة على التقانة النانوية تكون أكثر قابلية للذوبان أو أكثر تفاعلاً من نظيراتها الأكبر Bulk counterparts ولذلك لمساحتها السطحية الكبيرة وطاقتها السطحية العالية (Nair وآخرون، 2010؛ DeRosa وآخرون، 2010؛ Naderi و Danesh-Shahraki، 2013؛ Rameshaiah وآخرون، 2015). وقد تؤدي ٱضافة الأسمدة النانوية إلى تحسين قابلية الذوبان وتوزيع المغذيات غير القابلة للذوبان (تبديدها Dispersion) على مساحة واسعة من التربة، والحدْ من معدنة المُغذيات (تثبيت التربة عن طريق تشبعها بالمغذيات)، وزيادة توافرها الحيوي فضلاً عن إمكانية ٱمتصاصها بسهولة من قبل النباتات وبقاء فعّاليتها لفتراتٍ طويلة تمدْ التربة والنبات بالمُغذيات (Naderi و Danesh-Shahraki، 2013).

وحيثَما تُستبدل الأسمدة الكيمياوية القديمة بأسمدة نانوية ذات كفاءة وطبيعة صديقة للبيئة، فإنَّ الٱستعمال الرئيس لإضافة الأسمدة هو ٱمتصاص سريع للمغذيات من التربة مع إعطاء أفضل حاصل وأسرعهُ؛ إذْ يكون التبادل التكافلي Symbiotic exchange بين التربة ونظام النبات فعَّالاً جداً عندما يتم تطبيق الإضافة نفسها بطريقة بطيئة، وفعّالة فتؤخذ جميع المغذيات المطلوبة من قبل النبات التي تمدَّهُ بالطاقة المطلوبة والكفاءة التي من شأنها زيادة الحاصل بشكلٍ كبير عندما تكون الأسمدة مغلفة أو محاطة بمواد نانوية مخلبية تزيد من فعّاليتها فيتحقق الغرض من ٱستعمالها في

زيادة الحاصل، كما أنَّ الحاجة للنتروجين بٱعتبارهِ العنصر الرئيس للنمو من ناحية وفرتهِ وٱمتصاصهِ تسبب العديد من المشاكل للنباتات (Rameshaiah وآخرون، 2015).

وبما أنَّ الإفراط في ٱستعمال الأسمدة الكيميائية المختلفة أحد أَسباب تدهور البيئة والتربة، فتُعدْ الأسمدة النانوية هي الأحدث والأكثر تقدماً من الناحية التقنية في تجهيز المحاصيل بالمغذيات المعدنية، وبالمقارنة مع الأسمدة الكيميائية فإنَّ المغذيات الملبية لٱحتياجات النبات منها تقلل من الترشيح Leaching، ومن ثمَّ تُحسِّن كفاءة ٱستخدام الأسمدة (Subbarao وآخرون، 2013). وتعتبر إدارة الأسمدة واحدة من أهم العوامل في الزراعة الناجحة للمحاصيل المؤثِّرة على جودة المحصول وكميتهِ (Tahmasbi وآخرون، 2011). وفي القرن الحالي، أَصبحت حماية البيئة أكثر أهمية بالنسبة للزراعة، مع مراعاة الزراعة المستدامة (Pepó وآخرون، 2005).

1-1: هدف الدراسة Aim of The Study

يتحقق الهدف من هذه التجربة من خلال الجوانب الآتية:

1. معرفة تأثير المستويات المختلفة للسماد المركب NPK العادي والنانوي والخليط بينهما في صفات النمو والمحتوى الكيميائي لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية Apiaceae هي: الكمون، والينسون، والحبّة الحلوة.
2. تحديد المستوى الأفضل للتسميد العادي، أو النانوي، أو الخليط بينهما وفقاً لزيادة الصفات المستهدفة في النباتات.
3. تحديد النبات الأفضل في الٱستجابة للتسميد من ناحية المقارنة بين زيادة صفات النمو على حساب المحتوى الكيميائي، أو بالعكس.

2: مراجعة المصادر Literature Review

2-1: الصفات المظهرية للعائلة الخيميّة

Morphological Characteristics of Apiaceae (Umbelliferae)

وفقاً للموسوعة النباتية الصينية Menglan وآخرون (2005) تضم العائلة الخيمية بين 250 و 440 (أو 455) جنساً Genera و 3300 – 3700 نوعاً: موزعة على نطاقٍ واسع في المنطقة المعتدلة لنصف الكرة الأرضية، وبشكلٍ رئيس في أوراسيا، وخاصةً في آسيا الصينية؛ 100 جنس (عشرة مستوطنة Endemic) و 614 نوع (340 مستوطنة) في الصين. تمتاز نباتات العائلة الخيمية بأنها أعشاب Herbs حولية Annual، أو ثنائية الحول Biennial، أو معمرة Perennial، ونادراً ما تكون خشبية Woody عند القاعدة، ساقية Caulescent أو غير ساقية Acaulescent، والساق جوفاء Hollow أو صلبة Solid، الأوراق متبادلة Alternate ونادراً ما تكون متقابلة Opposite أو قاعدية Basal والأوراق التويجية Petiole مغطاة عادةً عند القاعدة والأوراق الكأسية Stipules غائبة (ما عدا في تحت العائلة Hydrocotyloideae التي تكون فيها موجودة)؛ نصل الورقة مركَّب Compound أو يكون في بعض الأحيان بسيطاً Simple، والأوراق عادةً ما تكون مقطَّعة Incised أو مقسمة Divided مشققة ريشية Pinnatifid إلى مشقوقة Pinnatisect، أو ريشية ثلاثية Ternate–Pinnately غير مركَّبة. الأزهار ذات مبيض علوي Epigynous، صغيرة خنثية Bisexual أو ذكرية Staminate (ذكرية أحادية الجنس Unisexual Male) منتظمة، والمظلات Umbels بسيطة أو مركَّبة؛ المظليات Umbellules تكون قليلة إلى عديدة مُزهرة شعاعية، وغالباً ما تكون محاطة بالقنابات Bracts المُنشِئة للقنيبات Involucre، والمظليات Umbellules (تدعى أحياناً Umbellets) عادةً ما تكون محاطة بالقنيبات Bracteoles المُشكِّلة للقنابات Involucel. السويقات Pedicels طويلة، قصيرة أو ملغيَّة Obsolete. أنبوب الكأس Calyx tube ملتحم كلياً Wholly adnate إلى المبيض Ovary، والأسنان الكأسية Calyx teeth (بعض الأحيان تسمى الأوراق الكأسية الزهرية Sepals) صغيرة أو ملغيَّة تُشكِّل حلقة حول الجزء العلوي من المبيض. المبيض السفلي Ovary Inferior ثنائي الخلايا مع بويضة واحدة وحيدة التناظر Anatropous في كل موضع. الأقلام ثنائية وتكون عادةً متورمة عند القاعدة مُشكِّلةً ألـ Stylopodium الذي غالباً ما يفرز الرحيق Nectar. الثمار Fruits جافة مكوَّنة من كربلتين غير متفتحة Mericarps، ومتحدة من الواجهة Commissure،

وعادة ما تُعلَّق على محور مركزي Carpophore، والذي ينفصل من Mericarps عند النضج؛ الثمار Mericarps يكون ظهرها مسطحاً بشكل مختلف جانبياً، أو بارزاً، وكل ثمرة لديها خمسة أضلاع أولية Primary ribs واحدة أسفل الظهر (الضلع الظهرية)، وٱثنتين على الحواف بالقرب من نقطة الٱلتقاء Commissure (الأضلاع الجانبية)، وٱثنتين بين الأضلاع الظهرية، والجانبية (الأضلاع المتوسطة)، وأحياناً مع أربعة أضلاع ثانوية متبادلة مع الأولية، الأضلاع خيطية Filiform إلى مجنحة واسعة Broadly winged، رقيقة Thin أو فلينيَّة Corky؛ أنبوبية Vittae (أنابيب الزيت Oil–tubes) وعادة ما تكون موجودة في أخدود أو تجعّد Furrow (فسح Intervals بين الأضلاع تسمى أحياناً أخاديد Valleculae) وعلى وجه الٱقتران Commissure، ونادراً أيضاً في غلاف الثمرة Pericarp، وأحياناً مبهم Obscure. كل ثمرة واحدة مستزرعة Seeded تنقسم على أجزاء عند النضج. وجه البذرة (Commissural albumen) المستوِ مقعر Concave إلى محزز أو مسنن Sulcate.

2–2: الأنواع النباتية للعائلة الخيميّة قيد البحث Plant Species of Apiacaea

2–2–1: الكمون Cuminum cyminum L.

- **الوصف:** نبات عشبي حولي يتبع العائلة الخيمية ويكون محدود النمو يتراوح ٱرتفاعه بين 30–40 سم، أوراقه مركَّبة رفيعة لونها أخضر داكن، ويحمل أزهاراً صغيرة بيضاء – أرجوانية اللون في نورات خيمية، والثمار بيضاوية مستطيلة تنشق كل منها بسرعة عند جفافها إلى ثميرتين منحنيتينِ ذات لون أخضر زيتوني، ويبلغ طولها من 4 – 7 ملم، وقطرها من 2 – 3 ملم وذات رائحة عطرية وطعمها مُراً قليلاً (Omidbaigi، 2008).
- **الموطن الأصلي:** تعد منطقة البحر المتوسط مثل دول ايران وتركيا وسوريا وفلسطين الموطن الأصلي للكمون، ومنها ٱنتقل إلى آسيا الوسطى والمناطق الأوروبية القريبة منها، وخلال فترة القرون الوسطى ومن خلال أسبانيا دخل الكمون إلى غربي أوروبا، وأضحى أَحد أشهر أنواع البهارات المُستخدمة كإضافات للأطعمة، ومن أوروبا ٱنتقل الكمون مع الأسبانيين والبرتغاليين إلى مناطق أميركا الوسطى في المكسيك وغيرها، وأصبح أحد البهارات المستخدمة في إعداد الكثير من الأطباق المكسيكية (Parashar وآخرون، 2014).

- **المحتوى الكيميائي:** إنَّ كل 100 غم من بذور الكمون يحمل من الطاقة حوالي 370 سعرة حرارية، وأنَّ في تلك الكمية من الكمون حوالي 44.5 غم من الكربوهيدرات التي فيها 2.25 غم عبارة عن سكر الكلوكوز و 10.5 غم من الألياف النباتية (Moawad وآخرون، 2015). أما الباقي، فعبارة عن أنواع أخرى من السكريات المعقدة (مُرَّة الطعم)، وفي تلك الكمية أيضاً حوالي 22.5 غم من الدهون؛ منها 1.5 غم دهون مشبعة و 3 غم من الدهون المتعددة غير المشبعة والباقي (أي أكثر من 14 غم) عبارة عن دهون أحادية غير مشبعة (وهي نوعية الدهون الأحادية الغالبة على مكونات زيت الزيتون)، كما توجد بهذه الكمية (100 غم) حوالي 18غم من البروتينات و 8 غم من الماء (Gohari و Saeidnia، 2011). وفيما يخص المعادن، والفيتامينات الموجودة في تلك الكمية فإنها تحوي على ما يقارب 17 مركَّباً ما بين معادن، وفيتامينات، ولتقريب دلالة كمية الفيتامينات، أو المعادن، يعتمد أخصائيو التغذية على التعبير عن نسبة ما تحتوي عليه كمية ما من أحد المنتجات الغذائية للحاجة اليومية من ذلك المركَّب الغذائي (Rai وآخرون، 2012). ولذا، فإنَّ كمية 100 غم من الكمون تمد الجسم بحاجتهِ اليومية من الحديد بنسبة 53.1%، والمنغنيز (99%)، والكالسيوم (93%)، والفسفور (71%)، وفيتامين B_1 (48%)، والزنك (48%)، والبوتاسيوم (38%)، وفيتامين B_6 (33%)، وفيتامين B_3 (31%)، وفيتامين E (22%)، وفيتامين B_9 (22%)، وفيتامين C (13%)، وفيتامين A (7%)، وفيتامين K (5%)، وفيتامين B_{12} (3%) (Mann، 2011). وتأتي النكهة المميزة للكمون من محتواه من الزيوت العطرية الطيّارة، وتحديداً مركَّب Cuminaldehyde (4-isopropyl-benz-aldehyde)، وعند تعريض بذور الكمون للحرارة شيئاً قليلاً قبل طحنها، أو عند أضافة بذور الكمون إلى الخبز ووضعه في الفرن لينضج، فإنَّ ثلاثة مركَّبات كيميائية من مشتقات مركَّبات Pyrazines من الزيوت الطيّارة تظهر وتُعطي للكمون نكهة مُضافة جديدة (Rihawy وآخرون، 2014).

- **الأهمية الغذائية والعلاجية:** في الحضارات القديمة مثل حضارة وادي الرافدين ووادي النيل أستعملَ البابليون والمصريون القدماء الكمون كدواء، وتوابل، وفي التحنيط (Zargari، 1996). وكذلك يستعمل كمنبِّه، وطارد للغازات، وفي معالجة الإضطرابات الهضمية، وأضطرابات الشُعبْ الهوائية، والتشنجات العصبية، ومُسكِّن للآلام، وفي معالجة تسوس الأسنان، وكمادة قابضة ومحفزة للأعضاء التناسلية، ومقوي للقلب، ويحمي من الإصابة بالسرطان، ويزيد من أنتقال الكلوتاثيون Glutathion الذي يقلل وبنسبة 80% من التحطم الكروموسومي نتيجةً لوجود المواد الكيميائية المسرطنة، فضلاً عن قدرة المستخلص الكحولي للكمون على تثبيط العديد من الأنواع البكتيرية المرضية والغذائية (De وآخرون، 2003). كما وتُستعمل مستخلصات الكمون في صناعة مواد التجميل والعطور، إلى جانب عدْ الكمون مُحفِّزاً لدر حليب الثدي، ومضاداً للأكسدة، ومادة حافظة، ونوع من أنواع التوابل الأساسية لنكهة الغذاء لِما يتميز بهِ من رائحة زكية وطعم ولون في الغذاء (Nadeem و Riaz، 2012).

2-2-2: الينسون .Pimpinella anisum L

- **الوصف:** نبات عشبي يتبع العائلة الخيمية ويبلغ أرتفاعه حوالي نصف المتر وساقهِ رفيعة مضلعة تخرج منها فروع طويلة تحمل أوراقاً مسننة مستديرة الشكل تحمل نهاية الأفرع أزهاراً صغيرة بيضوية الشكل مضغوطة الرأس بيضاء اللون تتحول بعد النضج إلى ثمار صغيرة بنية اللون، والنبات حولي، أي: يعيش سنة واحدة (Surmaghi، 2010). ويُعرف الينسون بعدَّة أسماء منها: ينكون، وتقده، وكمون حلو، وفي المغرب يسمونه الحبّة الحلوة وفي الشام ينسون، والجزء المستعمل من النبات هي البذور، وكذلك الزيت الطيار (Zargari، 1996).
- **الموطن الأصلي:** أنَّ الموطن الأصلي للينسون غير معروف؛ إلا أنَّ أغلب المراجع تُرجِّح موطنه الأصلي إلى مصر إذْ عثرَ علماء الآثار على ثمار الينسون في مقابر الصحراء الشرقية لمدينة طيبة، كما وردَ الينسون في المخطوطات الفرعونية ضمن عدة وصفات علاجية، أما اليوم فهو يزرع على نطاقٍ واسع في جنوب أوروبا، وتركيا، وإيران، والصين، والهند، واليابان، وجنوب وشرق الولايات المتحدة الأمريكية (Zeng وآخرون، 2015).

- **المحتـوى الكيميـائي:** يحتـوي الينسـون زيتـاً طيـاراً وهـو المكـون الأسـاس، ويحتـل الأنيثـول Anethole المركَّـب الـرئيس فـي الزيـت والإسـتراجول Estragole، والأنـايس الديهايـد Anisaldehyde، وحامض الكافيك Caffeic acid، ومن مشتقاته حامض الكلوروجنك Chlorogenic acid، والتركيب الكيميائي للبذور هو 1.5 – 6.0% زيوت عطرية، وحوالي 8% زيت ثابت، و 40% كربوهيدرات، و 18% بروتينات (Besharati-Seidani وآخرون، 2005). كما يحتوي على فلافونويدات من أهمها الأبيجينين Apigenin (Orav وآخرون، 2008).
- **الأهمية الغذائية والعلاجية:** تساهم التوابل في تغذية الإنسان، إذْ إنّها تكسب المواد الغذائية طعما جيداً ورائحة وتزيد الشهية؛ فالطعم يأتي من مركبات كيميائية يحتويها الزيت االطيار فـي الثمـار المسـتعملة كتوابـل؛ إذْ يُصـنَّف الينسـون ضـمن مضـافات الأغذيـة الآمنـة (McCaleb، 1994). إذ يدخل الينسون في الغذاء بواسطة بذورهِ وزيتهِ، فيستعمل كشاي وكغذاء للرضَّع لمعالجة المغص بيْدَ أنَّه يدخل في صناعة المشروبات بطعم الينسون خاصةً بعد الوجبات الثقيلة، فضلاً عن كونهِ فاتحاً للشهية، ومهدئاً للأعصاب، ومُدراً للبول، ومضاداً للتشنجات، ومعالجاً لنزلات البرد التي تصيب الجهاز التنفسي إلى جانب كوّنهِ مضاداً جرثومياً وحشريّاً (Hansel وآخرون، 1999). كما يوجد نوع من الحلوى اليونانية التي يدخل الينسون في صناعتها تسمى بحلوى الموستاسيوم تؤخذ بعد الوجبات الرومانية الدسمة، وذلك لتسهيل الهضم، وربما كان هذا النوع من الحلوى حسب رأي بعض المؤرخين أصل الحلوى التي تقدَّم في الأعراس (Başer، 1997).

2-2-3: الحبّة الحلوة .Foeniculum vulgare L

- **الوصف:** نبات عشبي معمر من العائلة الخيمية، يبلغ ٱرتفاعه نحو المتر، أو المترين، كثير الأغصان بأوراقٍ خيطية تتدلَّى إلى الأسفل، ولونها يميل إلى الزرقة، ساقه دائرية خضراء داكنة أو حمراء داكنة، والأزهار مظليّة ذات لون أخضر إلى مصفر تكوِّن حبيبات صغيرة طولانية صفراء – رمادية مخططة (Barros وآخرون، 2010).
- **الموطن الأصلي:** تعد أوربا الموطن الأصلي للنبات حيث لا يزال ينمو هناك، ويتم الٱعتناء بهِ أيضاً في أجزاء كثيرة من أمريكا الشمالية، وآسيا، ومصر، ومنطقة البحر الأبيض المتوسط،

ويُعرف بعدة أسماء منها: الشمرة، والسنُّوت، والرازيانج، والشمار، والبسباس، والكمون، والشمر المر، والشمر الحلو، والحلوة، والحبّة الحلوة، وحبّة الحلاوة العربية، والشمر الكبير، وشمر الحدائق، والشمر البري، والشمر الزهري (Telci وآخرون، 2009).

- **المحتوى الكيميائي:** تحوي جميع أجزاء النبات على مواد فعّالة كيميائياً وخاصةً الرؤوس المزهرة والبذور، وتستعمل بذور الحبّة الحلوة للأغراض الطبية نظراً لٱحتوائها على الزيوت الطيارة الحاوية على المركَّبات الفعالة التي تشمل anethole Terpenoid (Napoli وآخرون، 2010). ويمكن أن يكون للأنيثول، والتربينات الأخرى تأثير مشابه للإستروجين المعتدل الفعالية Mild estrogen-like activity والتى تعيق التشنجات في العضلات الملساء، مثل: تلك الموجودة في القناة المعوية، كما يوجد أيضاً الكيومارين، والأستيرول وزيوت طيارة أخرى، ويحتوي تركيب بذورها الكيميائي على 8.71% رماد، و 21.1% بروتينات، و 0.5% أملاح، و 2.8% زيت، و 5.28% ألياف، وزيت عطري يتراوح بين 2 – 6% (A.O.A.C.، 2000).
- **الأهمية الغذائية والعلاجية:** إنَّ النكهة الفريدة والرائحة المميزة التي تمتلكها بذور الحبّة الحلوة جعلتها تدخل في الطهي وتحضير الشاي، والصلصات، والمرطبات، والحلويات، والمخللات، والمشروبات، فضلاً عن كونها مصدراً مهماً للعناصر مثل الكالسيوم، والمغنيسيوم، والفسفور، والحديد، والبوتاسيوم (Trichopoulou وآخرون، 2000). وتوصلت الدراسات البحثية إلى تأثيراتٍ فعَّالة للحبّة الحلوة منها مدرّةً للبول، والعصارة الصفراء، ومخففة للألم، والحُمى إلى جانب عملها كمضاد للجراثيم (Singh وآخرون، 2006). كما أنَّ الشمرة كانت في السابق عقاراً رسمياً في أمريكا ومُسجَّلة كعقار يُستعمل لسوء الهضم، وربما لتحفيز إدرار الحليب في النساء (Prajapati وآخرون، 2005؛ Lee وآخرون، 2006؛ Dayan وآخرون، 2009).

2-3: الأَسمدة الكيميائية التجارية Commercial Chemical Fertilizers

يتطلب نمو النبات عادةً كمية كافية ومتوازنة من المغذيات في التربة، ويمكن القول أن إتِّباع نظام غذائي نباتي هو أفضل أمل لحل أزمة الغذاء؛ إذ بدأ علم التغذية النباتية قبل نحو 150 عاماً مع التجارب الكلاسيكية لـ Liebig and Lavs وغيرهم (Kasraei، 1985). وإنَّ إستعمال الأَسمدة الكيميائية ضروري لسد النقص في الأغذية وخصوبة التربة، واليوم تستعمل (الأَسمدة الكيميائية) لتحقيق أعلى حاصل في وحدة المساحة؛ إذ ينبغي أن تكون الأَسمدة الكيميائية قادرة على تحسين نوعية المنتجات الزراعية بالإضافة إلى زيادة الإنتاج، مع الأخذ بالحسبان الخاصية العلاجية Curative property للنباتات الطبية (Hassani و Tajali، 2014).

تؤثر إدارة الأَسمدة تأثيراً شديداً على إنتاجية المحاصيل ولذلك فإنَّ أضافة العناصر المُغذية يمكن أن تعزّز، أو تقلل من مقاومة النباتات للأَمراض والجفاف أو لا يكون لها أي تأثير على الإطلاق، وهذا يتوقف على مستوى توافر العوامل الأخرى من الضوء، والحرارة، والرطوبة، والمياه (Boorboori وآخرون، 2012؛ Fahad وآخرون، 2014). وطبقاً لذلك، فإنَّ وجود إستراتيجية متوازنة للتسميد مع المغذيات الكبرى والصغرى في تغذية النبات أمراً مُلزم جداً لإنتاج المحاصيل؛ إذْ إنَّ المُغذيات الأساسية الكبرى (S–Mg–Ca–K–P–N) والصغرى (Mo–Cu–Zn–Fe–Mn–Cl–B) تكون مطلوبة من قِبل النباتات على مدى واسع من التراكيز، ومن بين جميع المغذيات الأَساسية تستعمل المغذيات الرئيسة الأولية (K–P–N) بكميات أكبر من خلال المحاصيل، ومن ثمَّ فهي الأكثر نقصاً في معظم الترب الصالحة للزراعة (Hänsch و Mendel، 2009؛ Meharg و Marschner، 2012). ومع ذلك، يتم تصحيح أوجه القصور، أو النقص في معظمها بأستعمال الأَسمدة غير العضوية التي تتراوح أشكالها بين الأنواع الحُبيّبيَّة المفردة، ومزيجها إلى المركَّبة (المتحدة Combined)، والأنواع الكاملة المصمَّمة لتوفير مجموعات متوازنة من المغذيات التي تحتاجها محاصيل معينة (Janmohammadi وآخرون، 2016).

2-3-1: النتروجين Nitrogen

النتروجين هو المُكوِّن الرئيس للبروتينات والبروتوبلازم الذي يلعب دوراً حيوياً في زيادة الكتلة الحيوية والتكاثر في النباتات (Meharg و Marschner، 2012). وفي معظم النُظم الزراعية، فإنَّ النتروجين هو المغذِّي المحدد للحاصل (Goulding وآخرون، 2008)، ولأن معظم النباتات غير البقولية تتطلب من 20 إلى 50 غم من النتروجين الذي تأخذه بواسطة جذورها لإنتاج 1 كغم من الكتلة الحيوية الجافة، فإنَّ التجهيز الطبيعي من نتروجين التربة عادةً ما يحدَّ من حاصل النباتات (Robertson و Vitousek، 2009). ووفقاً لـ Sanginga و Woomer (2009)، فإنَّ الأسباب الرئيسة لنقص النتروجين تتضمن عدم وجود نتروجين قابل للذوبان في محلول التربة وعدم توازن الرقم الهيدروجيني الذي يعوق أمتصاص النيتروجين، والرشح الزائد Excess leaching، والغدق (تشبع التربة بالمياه) Waterlogging، والمنافسة النباتية على أحتياطيات النتروجين المحدودة.

إنَّ سماد النتروجين مقبول عالمياً كمكون رئيس لزيادة الحاصل والعائد الإقتصادي الأمثل، Almas (2009)، إذ أسهمت الأَسمدة النتروجينية في الزيادة الملحوظة في إنتاج الأغذية خلال العقود الماضية (Smil، 1999). ومع ذلك، فإنَّ ما يقرب النصف من جميع أنواع النتروجين تدخل في أراضي المحاصيل الزراعية من خلال المحاصيل المحصودة ومخلفاتها، ويسهم الباقي مساهمة كبيرة في إثراء الغلاف الجوي والمياه الجوفية والسطحية بالنتروجين الفعال Reactive N (Smil، 2004). كما أنه في معظم نظم الزراعة السنوية يستمر أمتصاص النتروجين من التربة بمعدلات كبيرة لمدة تتراوح بين 8 و 12 أسبوعاً فقط، وتعتمد إستجابة المحاصيل إلى النتروجين على توافر الرطوبة والكثافة الزراعية؛ إذ إنَّ تحسين توافر الرطوبة يُحسِّن من كفاءة النتروجين المضاف بشكلٍ أفضل من كفاءة إستخدام النتروجين، وعادةً ما يستعمل المحصول ما بين 30 و 50% من الأَسمدة النتروجينية غير العضوية المُضافة، في حين يتم فقدان الباقي عن طريق التطاير Volatilization أو الإزالة Denitrification أو الترشيح Leaching كنترات في المياه الجوفية (Stewart وآخرون، 2005).

ويُعدْ تحسين كفاءة أستخدام النتروجين Nitrogen use efficiency (NUE) أمراً حرجاً ومُثيراً للأهتمام عند العديد من الباحثين (Hirel وآخرون، 2007؛ Robertson و Vitousek، 2009). وتُعرف بأنها مجموع الكتلة الحيوية أو ناتج حاصل الحبوب لكل وحدة من سماد النتروجين

المُضاف، وهي تمثل تكامل كفاءة آمتصاص النتروجين N uptake efficiency (يُشار إليها بالنسبة المئوية لسماد النتروجين المُكتسب من قِبل النبات) وكفاءة آستغلال (تمثيل Assimilation) النتروجين N utilization efficiency "تُعرف بأنها حاصل الحبوب لكل وحدة نتروجين ممتص" (Masclaux–Daubresse وآخرون، 2010).

ونظراً لتأثيرات التداخل من آضافة النتروجين الخارجية على شكل نتروجين مركَّب، وإمكانيات الإنتقال المختلفة لأشكال نتروجين التربة، والفواقد الغازية للنتروجين من التربة، فإنَّهُ من الصعب تحديد الكمية الحقيقية من الأَسمدة النتروجينية المتاحة أو المكتسبة بالفعل من قبل النباتات (Xu وآخرون، 2012). وبناءً على ذلك، يؤدي آمتصاص النتروجين في الأمونيوم أو النترات عن طريق الجذور إلى تحمُّض أو تحلل طبقة الجذور، مما يغير بدوّرهِ من توافر النتروجين في التربة للنباتات (Meharg و Marschner، 2012). وأوضحَ Chardon وآخرون (2010) بأنَّ آستجابة النبات لتوافر النتروجين تعتمد على النمط الوراثي وتفاعلهِ مع مستوى التسميد النتروجيني. وأُشِيرَ أيضاً إلى أن النتروجين يقل توافره في ظل الظروف الباردة والجافة بينما يزداد توافرهُ في الترب الحارة والرطبة (Sanginga و Woomer، 2009).

إنَّ الكفاءة الزراعية Agronomic efficiency (AE) للأسمدة النتروجينية تُعدْ مقياساً مفيداً لكفاءة آستخدام النتروجين، لأَنها توفّر مؤشراً تكاملياً يحدّد كمياً النسبة من صافي زيادة حاصل الحبوب بسبب التسميد النتروجيني بالنسبة إلى الكمية الإجمالية من سماد النتروجين المضاف، ويمكن زيادة الكفاءة الزراعية للنتروجين عن طريق زيادة آمتصاص النتروجين النباتي وآستخدامهِ وتقليل فَقدْ النتروجين من نظام التربة – النبات (Heisey و Mwangi، 1996). وأظهرت النتائج التي توصَّلَ إليها Almas (2009) أنَّ الممارسات غير الفعالة لإدارة النتروجين تؤدي الى آنخفاض الكفاءة الزراعية.

هناك أنواع ضخمة من الأَسمدة النتروجينية لتلبية المتطلب النتروجيني لنباتات المحاصيل، والتي تتوفر عادةً في السوق والأكثر شيوعاً منها تأتي في أشكال صلبة، ويمكن لهذه الأَسمدة أن تطلق (تحرر) النتروجين بأشكال غير عضوية قابلة للذوبان بسرعة في الماء، مثل: NO_3 و NH_4، والتي يمكن آستخدامها بسهولة من قبل النباتات، لذلك يميل المزارعون في الوقت الحاضر إلى آستخدام جرعات عالية من الأَسمدة المُصنَّعة والمتاحة تجارياً لزيادة إنتاجية المحاصيل بدلاً من آستعمال الأَسمدة الطبيعية، مثل: الأَسمدة العضوية (Xiaoyu وآخرون، 2013). من ثمَّ، فإنَّ

الأستخدام المكثَّف للأسمدة النتروجينية المُصنَّعة والمتاحة تجارياً قد خلق العديد من المشاكل التي قد تتجاوز مزاياها المرتبطة بتحسين إنتاجية المحاصيل، وكنموذج يمكن أن تُغيِّر التوازن الطبيعي والتنوع الحيوي للأراضي الزراعية؛ فاليوريا هي واحدة من الأَسمدة النتروجينية المتاحة تجارياً وتتميز بالإطلاق السريع للأسمدة النتروجينية وهي سهلة الأستعمال في الحقول الزراعية، وبعد أضافة اليوريا إلى الأراضي الزراعية فإنَّ إضافة كمية كافية من المياه تكون ضرورية للذوبان وأمتصاص النتروجين كما في NH_4^+ و NO_3 من قِبل النباتات، إذ يمكن أن تذوب اليوريا في الماء في غضون 48 ساعة بعد إضافة كمية كافية من الماء ثم يتم تحويلها إلى بيكربونات الأمونيوم في التربة من خلال العملية الطبيعية التي يقوم بها إنزيم اليوريز Urease الموجود في التربة، والذي يتحرَّر، أو يصدر من مجاميع ضخمة من الأحياء الدقيقة في التربة (Hu وآخرون، 2013)، كما في المعادلة:

$$(NH_2)_2CO + H_2O \xrightarrow{\text{Urease}} 2NH_3 + CO_2$$

وفي التربة الحامضية، يكون الناتج هو غاز الأمونيا بهيئة الأمونيوم في حين أَنَّ في التربة القاعدية توجد الأمونيا كجزيئات الأمونيا، وعلى هذا النحو في التربة ذات الأس الهيدروجيني من 7 – 8 فإنَّ جزءاً من هذا الغاز سيتم تحريره في طبقة الغلاف الجوي مما تُسبب فيما يسمى بتأثير البيت الأخضر، وهكذا فإنَّ اليوريا المضافة على سطح التربة سوف تفقد 50% – 90% من الكمية الأولى للنتروجين في غضون ساعات قليلة من الإضافة بدلاً من أن تمتصها النباتات إذا لم تكن محمية، إلى جانب ذلك فإنَّ اليوريا لديها قدرة أكبر على التحرك إلى الأسفل على طول قطاع التربة ويمكن وصولها مباشرةً إلى المياه الجوفية مُسببةً تلوثها (Canali وآخرون، 2014). ولذلك، فإنَّ إستخدام اليوريا كسماد نتروجيني مُصنَّع خلق المزيد من الآثار السلبية مقارنةً بمزاياه المرتبطة بنمو النباتات؛ وتتضمن العيوب تغيير دورة النتروجين الطبيعية وحيوية التربة وكثافة الأحياء الدقيقة فيها وزيادة الإمكانية لتأثير البيت الأخضر، وللتغلُّب على هذه الصعوبات يُعتبر دمج اليوريا أمراً أساسياً لأستخدامه كسماد بطيء التحرر من أجل تحسين نمو المحاصيل (Xiaoyu وآخرون، 2013).

2-3-2: الفسفور Phosphorus

الفسفور هو عنصر (مُكوِّن) الجزيئات الرئيّسة، مثل: الأحماض النووية، والدهون المفسفرة Phospholipids، والأدينوسين ثلاثي الفوسفات (ATP)، ويُشكِّل حوالي 0.2٪ من وزن النبات الجاف (Schachtman وآخرون، 1998). وهو يلعب أدواراً رئيّسة في العديد من العمليات النباتية مثل: إستقلاب الطاقة Energy metabolism وتخليق الأحماض النووية، والأغشية الحيوية، والتمثيل الضوئي، والتنفس، وتثبيت النتروجين، والتنظيم الإنزيمي (Raghothama، 1999). ويُحسِّن الفسفور الملائم (كميَّتهِ) التزهير والإثمار، ونمو الجذور أثناء تطور النبات، وتأخذ النباتات آيونات الفسفور من خلال محلول التربة بواسطة الٱنتشار، ومع ذلك فإنَّ توافر الفسفور للمحاصيل يتأثر بعدة عوامل مثل: طرائق الحرث Tillage Methods ودرجة الحرارة، والرطوبة، والحموضة للتربة، ومحتواها من الطين فضلاً عن نوع الطين، وأشارَ Nas و Berktay (2010) إلى أنَّ عدم الحرث والحد الأدنى من الحرث والضغط يمكن أن تحدْ من تهوية التربة مما يحدْ من نمو الجذور، في حين أنَّ التربة ذات المحتوى الطيني العالي يمكن أن تحتفظ بمستويات عالية من ٱحتياطيات الفسفور. يكون فسفور التربة متاحاً للنباتات في شكل الفوسفات الذائبة (المائية) Hydrated ortho-phosphate، على الرغم من ٱعتماد توافر الفسفور على شكل موجود في المحلول يتغير (الشكل) وفقاً لدرجة حموضة التربة؛ إذ أَشارت معظم الدراسات إلى أن توافر الفسفور الأمثل يكون في درجة حموضة التربة من 6.0 إلى 7.0 (Nas و Berktay ، 2010). وعند كِلا المستويين لدرجة الحموضة المنخفضة (4 >) والعالية (< 8) يصبح الفسفور غير قابل للذوبان إلى حدٍ ما، أن نقص الأوكسجين، وعدم كفاية رطوبة التربة، ودرجة حرارة التربة المتطرفة، وغياب فطريات المايكورايزا التكافلية Mycorrhiza symbiotic ، قد تُشير إلى عرقلة ٱمتصاص الفسفور بواسطة النباتات (Sanginga و Woomer، 2009).

وبما أنَّ الفسفور هو ثاني أَكثر العناصر الغذائية المحددة لإنتاج المحاصيل بعد النتروجين فإنَّ ٱستجابة المحاصيل إلى النتروجين كانت ضئيلة حتى ٱستيفاء متطلباتها من الفسفور (Goulding وآخرون، 2008). وذكرَ Giller وآخرون (1997) بأنه من أجل زيادة ودوام إنتاج المحاصيل يجب تعويض فسفور التربة بشكلٍ موحَّد مع تعويض نتروجين التربة. كما يُعزى نقص الفسفور إلى حدٍ كبير في كثير من أنواع الترب إلى حدوث ٱنخفاض في المعادن المحتوية على الفسفور وكذلك تثبيت الفسفور (Bünemann، 2003). أنَّ نقص الفسفور يمكن التغلب عليه عن

طريق ٱستعمال الأَسمدة غير العضوية القابلة للذوبان، بالرغم من حقيقة كوّنهِ حاداً (قليلاً) في بعض أنواع الترب مثل الترب الأفريقية إلا أن المزارعين المحليين يستعملون أسمدة الفسفور بشكلٍ قليل جداً بسبب كلفتها العالية ومشاكل توافرها (Bationo و Waswa، 2011).

ومن المعروف أيضاً أنَّ سماد الفسفور لا يتحرك بعيداً عن مكان ٱضافتهِ بسبب تفاعلهِ السريع وٱرتباطهِ مع الحديد والألمنيوم في التربة ويصبح ثابتاً وغير متاحاً للنباتات، وخاصةً عندما تكون درجة حموضة التربة أقل من 5.0، فيصبح أكثر من 80% من الفسفور في التربة غير متحركاً ومتوفراً لٱمتصاص النبات بسبب الٱمتزاز وهطول الأَمطار أو التحوّل إلى الشكل العضوي (Holford، 1997). وبما أنَّ معدل ٱنتشار الفسفور يكون بطيئاً (10^{-12} – 10^{-15}) م^2. ثا$^{-1}$، فإنَّ ٱرتفاع معدلات ٱمتصاص النبات تترك المنطقة المحيطة بالجذور Rhizosphere مستنفدةً (خالية) من الفسفور (Schachtman وآخرون، 1998).

كما يؤثر تكثيف المحاصيل Cropping intensification وتنويعها على كلٍ من التجهيز والطلب على الفسفور في نظم الزراعة (Grant وآخرون، 2005). وأنَّ زراعة المحاصيل المستمرة من دون التعويض بالمغذيات المناسبة تُسهِم في خفض محتوى الفسفور في العديد من الترب (Sanchez، 2002؛ Bünemann، 2003). بيّدَ أنَّ McKenzie وآخرون (2002) وجدوا أنه من دون إضافة الأَسمدة فإنَّ الزراعة المستمرة أدت إلى ٱختزال كبير في جميع مخزون التربة من الفسفور العضوي واللاعضوي تقريباً. ولاحظَ Selles وآخرون (1995) التأثير الإيجابي للزراعة على وفرة الفسفور عندما ٱقترنت ٱستمرارية المحاصيل مع ٱضافة أسمدة النتروجين والفسفور. هذا وقد يؤثر الٱستعمال غير المتوازن للأسمدة خاصةً من حيث مقارنة الفسفور مع النتروجين على إجمالي الإنتاجية الزراعية (F.A.O.، 2007).

2-3-3: البوتاسيوم Potassium

يلعب البوتاسيوم أدواراً أساسية في فعالية الإنزيمات، وتخليق البروتينات، والتمثيل الضوئي، والتنظيم الأوزموزي، وحركة الثغور، ونقل الطاقة، والعصارة اللحائية، وتوازن الكتيون – الأنيون، Cation–anion balance، فضلاً عن مقاومة الإجهاد في النبات (Marschner، 2011). وعلى الرغم من أنَّ البوتاسيوم ليس مكوناً من مكونات التركيب الكيميائي للنباتات، إلَّا أن دوره الأيضي الرئيس هو التنظيم الأوزموزي للخلايا ونقل مركَّبات التمثيل الضوئي إلى أعضاء التخزين (البذور، والدرنات، والجذور، والثمار)، ومن بين جميع المغذيات المعدنية يعتبر البوتاسيوم الكتيون (الآيون الموجب) الأكثر وفرةً في النباتات ويسهم بشكلٍ كبير في بقاء النباتات التي تكون تحت تأثير الكائنات الحية المختلفة (الممرضات والحشرات) والإجهادات غير الاحيائية (الجفاف والملوحة والبرد والصقيع والغدق) (Wang وآخرون، 2013).

ومن ناحية توافر البوتاسيوم للمحاصيل؛ فإنَّ البوتاسيوم غير متحرك نسبياً في التربة على الرغم من أنّهُ أكثر قابلية للذوبان من الفسفور، ويتحرك من خلال التربة بواسطة الجريان الكتلي Mass flow والإنتشار Diffusion (Schachtman وآخرون، 1998). ووفقاً لـ Zublena وآخرون (1990) فإنَّ ٱمتصاص البوتاسيوم بواسطة المحاصيل في ظل ظروف نمو جيدة يكون عادةً مرتفعاً؛ حوالي ثلاث إلى أربع مرات من ٱمتصاص الفسفور وكذلك النتروجين، على الرغم من أن البوتاسيوم تمتصه النباتات بكميات أكبر إلا أنَّ سحبهِ عن طريق الجذور يتم تخفيضه تحت ظروف توافر رطوبة قليلة ودرجة حرارة منخفضة (Buttery وآخرون، 1998). وأنَّ ٱستجابات المحاصيل للبوتاسيوم تكون مألوفة بشكلٍ خاص في التربة ذات الرقم الهيدروجيني المنخفض وسعة التبادل الكتيوني Cation exchange capacity (CEC) (Kang و Elbein، 1983). وقد يتم ٱستبدال البوتاسيوم المُحتَجز في معقّد التبادل الكتيوني بواسطة كتيونات عالية الشحنة وخاصةً الكالسيوم والمغنيسيوم، وبعد ذلك فقدهِ بالترشيح (Sanginga و Woomer، 2009). وبسبب سعة التبادل الكتيوني المنخفضة على التربة الرملية الخشنة، فإنَّ هناك ٱحتمالا كبيراً لخطر خسائر ترشيح البوتاسيوم التي قُدِّرت في السنة الواحدة بما يتراوح بين 20 و 50 كغم. هـ$^{-1}$ سنة$^{-1}$ ومع ذلك، لا يوجد دليلاً على وجود مشاكل صحية، أو بيئيّة مرتبطة بترشيح البوتاسيوم، على عكس الأَسمدة النتروجينية والفسفورية (Eriksen وآخرون، 2004).

وفي تأثير نُظم الزراعة على توافر البوتاسيوم، أَشارَ Rao وآخرون (1999) إلى إنخفاضاً كبيراً في تحرُّر البوتاسيوم بسبب ٱستمرار الزراعة. وفي دراسة لخصوبة التربة وإنتاجية الأرض، لاحظَ Ren وآخرون (2013) أنَّ نُظم الزراعة لم يكن لها تأثيراً كبيراً على محتوى البوتاسيوم في تربة الأراضي المرتفعة ومتوسطة الٱرتفاع على السواء. ويمكن أن تؤدي إعادة تدوير مخلفات المحاصيل، أو ٱضافة سماد البوتاسيوم بجرعاتٍ عالية إلى ٱستدامة طويلة الأمد لنُظم الزراعة (Singh وآخرون، 2002). وغالباً ما يتم تعويض البوتاسيوم في التربة بإستعمال أسمدة البوتاسيوم في صيغ مفردة، مثل: البوتاس Potash أو في توليفات ومركَّبات مع عناصر مُغذية أخرى، وفي أحيانٍ كثيرةٍ يُضاف سماد البوتاسيوم في تركيبة مع النتروجين و / أو الفسفور (Van Straaten، 2006). وبٱستثناء النباتات المرتفعة التي تتطلَّب البوتاسيوم كالنخيل، والموز، فإنَّه عادةً ما يكون البوتاسيوم غير مضاف بسبب قدرة العديد من أنواع الترب على توفير كميات كافية منه فضلاً عن التكاليف، ومن جانب آخر فإنَّ البوتاسيوم لا يعمل وحده وإنما بالتعاون مع العناصر الغذائية الأساسية الأخرى لتحسين غلّة المحاصيل، لذلك يجب تأكيد أهمية التغذية المتوازنة والإستعمال الفعّال لجميع المغذيات النباتية (Goulding وآخرون، 2008).

2-3-4: تأثير السماد المركَّب NPK العادي في صفات النمو والمحتوى الكيميائي للنبات

إنَّ إحدى الطرائق لزيادة الإرتفاع وعدد التفرعات والمحتوى الفعال والحاصل للنبات وتوافر المعادن في التربة مع ٱنخفاض إستمرارية ٱستعمال الأَسمدة، هو تطبيق السماد المتوازن الذي يؤثر حتى على التركيب الكيميائي للنباتات الورقية، والبذرية؛ إذْ بلغت أعلى كمية من الأنيثول Anethole في الزيت الأساسي لنبات الحبّة الحلوة عند إضافة نصف المعدل من سماد NPK والتلقيح (التطعيم Inoculation) ببكتريا Bacillus megaterium التي تزيد من توافر (جاهزية) الفوسفور Phosphorus availability (Mahfouz و Sharaf-Eldin، 2007). أن أعلى حاصل من الزيت الأساسي لنبات الينسون كان عند معاملته بسماد NPK مع الأسمدة العضوية والحيوية (Aćimović وآخرون، 2015). وبيَّنَ Kaheni وآخرون (2013) أنَّ نبات الكمون أعطى أعلى عدداً ووزناً للبذور، وأعلى معدلاً للوزن الجاف عند معاملته بالسماد النتروجيني بمستوى (60 كغم. هـ$^{-1}$). وذات النتيجة حصل عليها Salama وآخرون (2015) في دراستهم على نبات الحبة

الحلوة عند أستعمالهم التوليفة المكوَّنة من 50% سماد مركب (NPK) و 50% سماد عضوي؛ إذ أدت إلى زيادة معنوية في الوزن الجاف للبذور ومحتواها الفلافونويدي وفيتامين C مقارنةً بالنباتات غير المعاملة. وأظهرت دراسة Hellal وآخرون (2011) على نبات الشبت Anethum graveolens L.، أنَّ أعلى محتوى للزيت والحاصل عند أضافة الأَسمدة الحيوية في توليفة مع 200 كغم N مغذي بصيغة كبريتات الأمونيوم. وعلى نحوٍ مماثل، فإنَّ الصفات الخضرية وحاصل الزيت الأساسي لنبات الشيح Artemisia pallens Wall. أرتفعت عندما عومل بمعدل متوسط من النتروجين (93.75 كغم. هـ$^{-1}$) والتسميد الحيوي بـ Azospirillum المضافة (Kumar وآخرون، 2009).

ووجدَ Ahmed وآخرون (2013) أنَّ تسميد نباتات الكمون بالسماد المركَّب NPK (20:5:15) عند المستويات (75 و 150 و 200) كغم. هـ$^{-1}$ نتجَ عنها زيادة معنوية في الأرتفاع وعدد التفرعات والمحتوى الكلوروفيلي الكلي للأوراق والمعدني للبذور فضلاً عن المواد الفعالة ونسبة الزيت الثابت مع تناسب الزيادة بصورة طردية مع زيادة مستوى السماد مقارنةً بالنبات غير المعاملة. وأشارَ Kamaraj وآخرون (2014) إلى أنَّ المحتوى الزيتي لبذور الينسون تفوَّقَ بشكلٍ معنوي عند التسميد بـ 100 كغم. هـ$^{-1}$ من السماد المركَّب NPK على نباتات المقارنة إذْ بلغ متوسط المحتوى الزيتي (3.14 و 2.17)%، على التوالي إلى جانب ذلك أرتفاع نسبة الألياف الغذائية من 11.69% في النباتات غير المُسمدة إلى 16.32% عند النباتات المُسمدة وبتفوقٍ معنويٍ واضح فيما بينهما. وأضافَ Sylvestre وآخرون (2015) أنَّ معاملة نباتات الجزر Daucus carota L. بثلاثة مستويات (0 و 50 و 300) كغم. هـ$^{-1}$ من السماد المركَّب NPK أعطت تفوقاً معنوياً للصفات الخضرية، والنوعية عند أعلى مستوى للسماد (300 كغم. هـ$^{-1}$) مقارنةً بنباتات المقارنة، ممَّا نتجَ عن ذلك تفوقاً في الصفات النوعية والحاصل على حساب نباتات المعاملات السمادية الأخرى ومعاملة المقارنة.

وبما أنَّ المُحصلة النهائية من أضافة الأسمدة الحاوية على النتروجين هي زيادة التغذية، فيُسهم الأخير بشكلٍ كبير في زيادة الطول والوزن والحاصل لنباتات الزيت الأساسية، وبالتالي يؤدي إلى زيادة في حاصل الزيت؛ إذْ أعطى نبات الحبّة الحلوة أعلى حاصلاً من الزيت الأساسي والبذور وعدد المضلات وأرتفاع النبات وعدد الفروع والوزنان الطري والجاف عند معاملتهِ بتوليفة السماد (50% NPK و 50% سماد عضوي وحيوي) عند مقارنتها بنباتات المقارنة والنباتات المعاملة

بالسماد المركب NPK فقط (Ghazal و Shahhat، 2013). كما أَنتجت الإضافة لأعلى معدل من النتروجين 1.2 غم. 10 كغم$^{-1}$ تربة أفضل النتائج فيما يتعلق بحاصل الأعشاب، وٱنتاج الزيت الأساسي في نبات البردقوش .Origanum majorana L (Said-Al Ahl وآخرون، 2009b). وفي المقابل، أسهمت الزيادة في معدل النتروجين بصيغة نتروجين الأَمونيوم (N %33.5) في زيادة محتوى الزيت الأساسي وٱنتاج ثمار *Curium carvi* (Ezz El-Din وآخرون، 2010). كما أنَّ Ehsanipour وآخرون (2012) أثبتوا زيادة تركيز الزيت الأساسي في ثمار الحبّة الحلوة تحت تأثير المعدل العالي من النتروجين. ورَبطَ غالبية الباحثين المذكورين أعلاه هذه العلاقة من زيادة ٱرتفاع النبات وحاصل الثمار والمواد الفعالة إلى الكمية العالية من النتروجين المتوفر في البيئة المغذية للنباتات، كما وأسهمت المعدلات المتزايدة للسماد النتروجيني بشكلٍ كبير في زيادة حاصل الزيت الأساسي في الريحان الحلو .Ocimum basilicum L (Zheljazkov وآخرون، 2008؛ Kandil وآخرون، 2009؛ Nurzynska-Wierdak و Borowski، 2011)، والبردقوش .Origanum majorana L (Azizi وآخرون، 2009؛ Said-Al Ahl وآخرون، 2009a)، والبابونج .Matricaria chamomilla L (Letchamo، 1993؛ Tamizkar و Khoshouei، 2011).

وأدت ٱضافة النتروجين عند أعلى معدل (100 و 300 كغم. هـ$^{-1}$) إلى زيادة حاصل الزيت الطيَّار في الريحان الحلو (Sifola و Barbieri، 2006). وكما هو موضح من قبل هؤلاء الباحثين، فإنَّ هذه العلاقة تنتج من زيادة تركيز الزيت في الأعشاب وفي الكتلة الحيوية الورقية أو البذرية. وبالمثل، Rao وآخرون (2007) أظهر بأن أعلى معدل من النتروجين سبَّبَ زيادة في حاصل زيت الريحان من الحصاد الرئيس ومن الحصادات الأخرى.

وبيَّنَ العديد من الباحثين أنَّ النتروجين المضاف بمعدل زائد يمكنه تحوير مركبات الزيوت الأساسية (Rao وآخرون، 2007؛ Nurzynska-Wierdak و Borowski، 2011؛ Sharma و Kumar، 2012). وأشارَ Zheljazkov وآخرون (2008) إلى إمكانية الحصول على أقصى حاصل لزيت الريحان عند ٱضافة 50 – 60 كغم نتروجين. هـ$^{-1}$؛ فضلاً عن ذلك يُعدِّل النتروجين إلى حدٍ كبير نسبة اللينالول Linalool، واليوجينول Eugenol، وخلات البورنيل Bornyl acetate، واليوكاليبتول Eucalyptol في الزيت الأساسي للريحان. كما أنَّ إضافة النتروجين العالية تزيد من تركيز المثيل تشافيول Methyl chavicol وتقلل من نسبة اللينالول Linalool في الزيت

الطيَّـار للريحــان (Rao وآخـرون، 2007؛ Nurzynska–Wierdak و Borowski، 2011). ويكون تركيز اللينالول واليوجينول هو الأعلى عند أقل معدل من النتروجين المضاف (0.2 غم N. دسم$^{-3}$)، في حين أن نسبة اليوكاليبتول وخلات البورنيل تكون هي الأعلى عند أعلى معدل من النتروجين المضاف (0.6 غم N. دسم$^{-3}$) (Nurzynska-Wierdak و Borowski، 2011)، وتنتج الروابط أعلاه من العلاقات المتبادلة بين المركبات المذكورة سلفاً، وهو ما يتضح من خلال الإرتباط السلبي لمحتوى المثيل تشافيول والليناليول (Rao وآخرون، 2007) والإرتباط الإيجابي لنسبة اليوكاليبتول وخلات البورنيل (Zheljazkov وآخرون، 2008). وأضافت نتائج حمزة وآخرون (2006) على نبات الحبّة السوداء Nigella sativa L. أنَّ للسماد المركب تأثيراً معنوياً في أغلب الصفات المدروسة إذْ تفوَّق المستوى 120 كغم. هـ$^{-1}$ في أعطائه أعلى عدداً للأفرع، بينما تفوَّق المستوى 360 كغم. هـ$^{-1}$ في زيادة الوزن الجاف وكذلك المستوى 600 كغم.هـ$^{-1}$ في زيادة وزن البذور.

وأظهرت دراسة Nafiu وآخرون (2011) على نبات الباذنجان Solanum melongena أنَّ أستعمال ثلاثة مستويات من سماد NPK (20:5:15) هي (100 و 200 و 300) كغم. هـ$^{-1}$ أدت إلى زيادة الوزن الجاف للأَوراق، والساق، والجذر عند المستوى 300 كغم. هـ$^{-1}$ مقارنةً بالمستوى 200 كغم. هـ$^{-1}$ الذي أدى إلى زيادة الوزنين الطري، والجاف للثمار. والنتيجة ذاتها ظهرت مع Jakusko و Usman (2013) عند أستعمالهم للسماد المركَّب NPK (30:10:25) وبثلاثة مستويات (200 و 300 و 400) كغم. هـ$^{-1}$ على نبات السمسم Sesamum indicum L. إذْ أدت إلى زيادة في عدد الأوراق والأفرع والبذور والمحتوى الزيتي عند أعلى مستوى للسماد. فيما كانت أستجابة نبات القرع Cucurbita pepo L. معنوية للمستوى 200 كغم. هـ$^{-1}$ من سماد NPK (20:5:20) المضاف بخمسة مستويات (50 و 100 و 150 و 200 و 205) كغم. هـ$^{-1}$ في زيادة الوزنين الطري والجاف للثمار وحاصل النبات (Oloyede وآخرون، 2013). وكان لأستعمال السماد المركَّب NPK بثلاثة مستويات (200 و 400 و 600) كغم. هـ$^{-1}$ تأثيره المعنوي في زيادة إرتفاع النبات وحاصلهِ بمتوسط بلغ (81 سم و 485 غم) على التوالي عند نبات الباميا Abelmoschus esculentus (Nwaoguala وآخرون، 2015).

2-5: تقانة النانو Nanotechnology

تُعدْ تقانة النانو نهجاً علمياً جديداً ينطوي على إستعمال المواد والأدوات القادرة على التلاعب في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة على المستويات الجزيئية، ومن ناحية أخرى تتضمن التقانة الحيوية أستعمال المعرفة والتقنيات الحيوية للتلاعب بالعمليات الجزيئية والوراثية والخلوية لتطوير المنتجات والخدمات وأستعمالها في مجالات متنوعة من الطب إلى الزراعة (Fakruddin وآخرون، 2012).

ووفقاً للجمعية الملكية Royal society البريطانية فأنَّ "التقانة النانوية هي تصميم وتوصيف وأنتاج وتطبيق الهياكل والأجهزة والنظم من خلال التحكم في الشكل والحجم على نطاق النانومتر" (Chinnamuthu و Boopathi، 2009). وفي الوقت الحاضر، يتم نقل التقانة النانوية تدريجياً بعيداً عن التجريبية في المجالات العملية (Baruah و Dutta، 2009). فعلى سبيل المثال، أصبح تطوير الأسمدة البطيئة التحرر/ المسيطر عليها، ومبيدات الآفات والأعشاب على أساس تقانة النانو أمراً بالغ الأهمية لتحفيز تطور الزراعة الصديقة للبيئة والمستدامة، والواقع أن تقانة النانو قد وفَّرت وسائل أستغلال الأجزاء النانوية، أو المواد التركيبية النانوية Nanostructured materials، مثل حاملات السماد Fertilizer carriers أو نواقل الإطلاق، أو التحرر الخاضعة للسيطرة لبناء ما يسمى "الأسمدة الذكية Smart fertilizer" كوسائل جديدة لتحسين كفاءة إستخدام المغذيات من قِبل النبات وخفضْ تكاليف حماية البيئة (Baruah و Dutta، 2009؛ Manjunatha وآخرون، 2016).

وتكون الجسيمات النانوية Nanoparticles (NPs) مقبولة عادةً كمواد ذات احجام تتراوح بين 1 – 100 نانومتر (Ball، 2002). وتقع (الجسيمات النانوية) في منطقة إنتقالية بين الجزيئات الفردية Individual molecules والمواد متماثلة الحجم Corresponding bulk materials، فلذلك تحمل خصائص فريدة من نوعها التي هي مميزة عن نظائرها الجزيئية والمتراكمة أو الكبيرة (Taylor و Walton، 1993؛ Singha وآخرون، 2015). وتتضمن الخصائص الفريدة للجسيمات النانوية مساحة سطحية كبيرة جداً، وطاقة سطحية عالية، والتقييد الكمي Quantum confinement (Nel وآخرون، 2006). وتتميز المواد النانويّة بالصلابة العالية لِصُغر حجمها ووجود أعداد ضخمة من الذرات على سطحها الخارجي تعمل على زيادة صلابتها ومقاومتها

للإجهاد، فضلاً عن ٱمتلاكها درجة ٱنصهار أقل مما هي عليه في حالتها الطبيعية (الرفاعي، 2015).

وقد تؤدي السمة المميزة للجسيمات النانوية إلى مصير وسلوكيات بيئيّة مختلفة عن نظيراتها الأكبر (المتراكمة) Bulk counterparts؛ وبشكلٍ عام تقانة النانو تكون جزءاً من التقانات الجديدة التي لا تزال في المراحل المبكرة من تطورها، والفرق الرئيس لإختلافها مع التقانات الأخرى هو في حجم المواد والهياكل المستعملة في هذه التقانة فإذا أردنا حالة الإختلاف في هذه التقانة مع التقانات الأخرى يمكننا ذِكرْ العناصر الأساسية كمعيار هام، بيّدَ أنَّ مجال ٱستعمال الجسيمات النانوية متنوع جداً، فالمساحيق النانوية Nano–powders عبارة عن خليط من الجسيمات بأبعاد تنحصر بين 1 و 10 نانومتر (Banaei وآخرون، 2005؛ Hassani و Tajali، 2014).

تمتلك تقانة النانو القدرة على زيادة نوعية الغذاء ورفع الإنتاج الغذائي العالمي وحماية النباتات والكشف عن الأمراض النباتية والحيوانية إلى جانب رصد نمو النبات والحد من النفايات لـ "التضخيم المستدام Sustainable amplification" (Pérez–de–Luque و Hermosín، 2013؛ Gruère وآخرون، 2014؛ Khan و Rizvi، 2017).

وتشمل تطبيقات تقانة النانو في الزراعة أيضاً الأسمدة لزيادة نمو النبات والحاصل وأجهزة الإستشعار لرصد نوعية التربة ومبيدات الآفات لإدارة الآفات والأمراض، وإنَّ الهدف من إستعمال المواد النانوية Nanomaterials (NMs) في مجال الزراعة هو لتحسين كفاءة وإستدامة الممارسات الزراعية عن طريق وضع مدخلات أقل وتوليد نفايات أقل قياساً بالمنتجات والنُهج التقليدية، وتعتبر الأسمدة حيوية لنمو النبات وتطورهِ، إذ أنَّ معظم الأسمدة المُضافة تبقى غير متوفرة للنباتات بسبب عدة عوامل مثل الترشيح Leaching والإنحلال Degradation عن طريق التحلل المائي وعدم القابلية للذوبان والتحلل فضلاً عن إنَّ ٱضافة الأسمدة التقليدية بمعدل مرتفع ولفترة طويلة في مجال الزراعة تسببت في قضايا بيئيّة كبرى في جميع أنحاء العالم (Conley وآخرون، 2009). وقد أصبح الإستعمال المكثف لأسمدة النتروجين (N) والفسفور (P) من عوامل التلوث البيئيّة Anthropogenic الرئيسة بشرية الصنع والمؤدية إلى مشاكل على مستوى عالمي في مجال الإثراء الغذائي Eutrophication داخل أجسام كائنات المياه العذبة والنُظم البيئيّة الساحلية Coastal ecosystems (Correll، 1998). ومن منظور الزراعة المستدامة، يعدْ تطبيق تقانة النانو الحديثة في الزراعة أحد العوامل المهمة لتحسين ٱنتاجية المحصول بشكلٍ كبير (Lal، 2008).

2-5-1: الأَسمدة النانوية Nano Fertilizers

الأَسمدة النانوية هي مواد ذات خصائص فريدة، ومُصنَّعة من حجموم صغيرة جداً تمتلك جسيماتها حجماً يتراوح من 8 إنكستروم (Å) إلى 10 نانومتر، وهي بهذا الحجم لها وظيفة تتجاوز القوانين الفيزيائية والكيميائية التقليدية (Das وآخرون، 2004)

وتُعرف الأسمدة النانوية أيضاً بأنها مواد نانوية تستطيع أن توفر العناصر الغذائية للنباتات أو إنها تساعد على زيادة فعاليات الأسمدة التقليدية دون توصيلها مباشرةً بالمحاصيل، كما أنَّ ٱستبدال الأسمدة النانوية للأسمدة التقليدية يكون مفيداً من ناحية الإضافة لإطلاق المواد المغذية في التربة بشكلٍ مُطَّرد وبطريقة مُحكمة، ومن ثَمَّ منع تلوث المياه (Naderi و Danesh-Shahraki، 2013؛ Singh وآخرون، 2015).

تتميز الأسمدة النانوية Nanofertilizers أو المغذيات النانوية المغلفة Nano-encapsulated nutrients بخصائص فعالة لإطلاق المغذيات والأسمدة الكيميائية بناءً على الحاجة لها التي تُنظِّم نمو النبات وتعزيز النشاط المستهدف (DeRosa وآخرون، 2010؛ Nair وآخرون، 2010). كما أن الجسيمات النانوية الموجّهة Engineered nanoparticles (ENPs) تكون قادرة على الدخول في الخلايا النباتية والأوراق، ويمكنها أيضاً نقل الحامض النووي (DNA) والمواد الكيميائية في الخلايا النباتية (Galbraith، 2007؛ Torney وآخرون، 2007). وتوفر هذه المنطقة من البحث منصة للتقانة الحيوية لإستهداف تلاعباً وتعبيراً جينياً Gene manipulation and expression محدداً في خلايا محددة من النباتات، وعلى ضوء ذلك تُجرى بحوث مختلفة بشأن تسليم الأدوية المستهدفة لتشخيص الأمراض السارية على كل من النباتات والحيوانات، وإنَّ البحث في مجال تقانة النانو يتطلب إكتشاف تطبيقات جديدة بهدف التوزيع الدقيق للمواد الكيميائية والبروتينات والنيوكليوتيدات نتيجة التحول الوراثي للمحاصيل (Torney وآخرون، 2007؛ Scrinis و Lyons، 2007).

هناك العديد من التقارير عن ٱضافة الأسمدة النانوية تعكس مدى التأثير الإيجابي لها من حيث جودة الحاصل وتأثيرها الايجابي في التلوث البيئي، إذ أدت ٱضافة الجسيمات النانوية إلى زيادة معدل النمو وإنبات البذور بنسبة 33% و 20% على التوالي، مقارنةً بأسمدة الفسفور العادية، وعبَّرت النتيجة عن إمكانية جذور فول الصويا Glycine max L. من ٱمتصاص الجسيمات النانوية للهيدروكسي أبتايت $[Ca_5(PO_4)_3OH]$ كمصدر فعال للفسفور المغذي، كما تم تعديل التربة

بالجسيمات النانوية لمعدن النحاس Cu NPs والتي أعطت زيادة معنوية في 15 يوماً لنمو شتلات الخس Lactuca sativa L. بنسبة 40% و 91% على التوالي (Shah و Belozerova، 2009).

وكشفت بعض الدراسات التي تُركز على خصائص الجسيمات النانوية أيضاً إنها يمكن أن تدخل الخلايا النباتية وتنقل الحامض النووي والمواد الكيميائية داخل الخلية (Ghafariyan وآخرون، 2013). وتوفر هذه الدراسات مِنصَّة يمكن من خلالها ٱعتبار أنَّ الجسيمات النانوية يمكنها أيضاً توصيل المغذيات إلى النباتات كأسمدة، إذ أظهرت أسمدة الحديد النانو – عضوية المخلبية ٱمتصاص عالٍ وزيادة في التمثيل الضوئي والتوسع في مساحة سطح الورقة (I.N.I.C.، 2009). علاوة على ذلك، فأنَّ للأسمدة النانوية تأثيراً كبيراً على التربة كأسمدة نانوية يمكنها التقليل من سمية التربة والتقليل من وتيرة (تردد) ٱضافة الأسمدة (DeRosa وآخرون، 2010؛ Naderi و Danesh-Shahraki، 2013).

DeRosa وآخرون (2010) ذكروا ٱمكانية تغليف المغذيات بواسطة المواد النانوية، أي تغليفها بطبقة رقيقة واقية أو تسليمها كمستحلبات أو جسيمات نانوية. كما أنَّ مركبات النانو وتحت النانو Subnano تتحكم في تحرير المغذيات من كبسولة السماد (Liu وآخرون، 2006). ومثالها دقائق النانو – المغلفة للهيدروكسي أبتايت اليوريا المُعدَّلة المضافة إلى نبات Gliricidia sepium فقد أبدت المركبات النانوية تحرراً بطيئاً ومستمراً للنتروجين مع مرور الوقت عند ثلاثة قيم مختلفة لدرجة الحموضة (Kottegoda وآخرون، 2011).

وأفادَ Manikandan و Subramanian (2014) بأن زيوليت النانو المسامية Nanoporous zeolite المستعملة على الأسمدة النتروجينية يمكن أن تستعمل كإستراتيجية بديلة لتعزيز فعالية النتروجين المستعمل في نظام إنتاج المحاصيل. وتؤدي الأسمدة النانوية بسبب خصائصها المميزة دوراً كبيراً في الزراعة المستدامة (El-Ramady، 2014)، وبالتالي فمن النتائج المذكورة آنفاً يمكننا أنْ نوضح إنَّ ٱستعمال الأسمدة النانويّة يؤدي إلى زيادة كفاءة العناصر الصغرى والكبرى، ويقلل من سمية التربة مقارنة بٱضافة الأسمدة التقليدية. إذْ أثبتت بعض الدراسات بالفعل أهمية الأسمدة النانوية فتتضمن بعض التأثيرات المفيدة زيادة كفاءة إستخدام المغذيات، وحاصل أفضل وتقليل تلوث التربة (Naderi و Danesh-Sharaki، 2013).

وتكمن المُساهمة المحتملة لأسمدة النانو في تحسين نمو وتطور المحاصيل الزاحفة من خلال قدرتها على زيادة الإمتصاصية والتفاعلية العالية، ويمكن للأسمدة النانوية أن تدخل الخلايا النباتية مباشرةً من خلال هياكل جدار الخلية الشبيهه بالغربال إذا كانت أحجام الجسيمات أصغر من أحجام مسام جدار الخلية (5 – 20 نانومتر). وتكون الأسمدة النانوية بسيطة الذوبان في المحلول وتطلق المغذيات كآيونات قابلة للذوبان؛ إذْ تمتص النباتات آيونات المغذيات القابلة للذوبان بصورة عشوائية، كتلك التي تأخذها من الأسمدة التقليدية الذائبة، ولكن يجب أنْ يكون معدل الذوبان ونطاق التسميد النانوي في المياه/ محلول التربة أعلى من تلك الموجودة في المواد الصلبة الضخمة ذات الصلة بسبب أحجام الجسيمات الصغيرة جداً والمناطق السطحية المحددة الأعلى من السابق (Liu و Lal، 2015).

2-3-2: تأثير السماد المركَّب NPK النانوي في صفات النمو والمحتوى الكيميائي للنبات

إنَّ السبب الرئيس لإستعمال الأسمدة في الزراعة هو إعطاء كامل المغذيات الكبرى والصغرى التي تفتقر لها التربة عادةً؛ إذْ إنَّ 35 – 40% من إنتاجية المحاصيل تعتمد على الأسمدة، ولكن بعض الأسمدة تؤثر على نمو النبات بشكلٍ مباشر، وللتغلب على كل هذه العيوب بطريقة أكثر ذكاءً أي بإستعمال تقانة النانو التي تكون واحدة من الطرق الرئيسة الأكثر تقدماً في ذلك المجال، وبما أن الأسمدة هي الشاغل الرئيس، فإنَّ تطوير الأسمدة القائمة على النانو سيكون تقانة جديدة في هذا المجال، إذ يتم رش الأسمدة بطرق عديدة إما للتربة أو من خلال الأوراق حتى في البيئات المائية يتم توفير هذه الأسمدة غير العضوية من أجل توفير ثلاثة مكونات رئيسة هي النتروجين والفسفور والبوتاسيوم في نسبٍ متساوية (Corradini وآخرون، 2010). فيزيد من كفاءة ٱستخدام المغذيات Nutrient use efficiency (NUE) بنسبة 3 مرات، كما أنه يوفر القدرة على تحمل الإجهاد بغضْ النظر عن نوع المحصول المستعمل من أجلهِ فيكون مصدراً حيوياً متكاملاً لزيادة الطبيعة الصديقة للبيئة ويُعزز من البنية الكربونية للنبات ويُحسِّن من تجميع التربة، وبما أن هذه الأسمدة النانوية تحتوي على المغذيات المُشجعة للنمو والمغلفة بالبوليمرات النانوية فهي تكون بطيئة التحرر وذات كفاءة ٱستهداف عالية، وتجمع تقنية النانو المعلومات من الذرة في نطاق النانو مع مراعاة الخصائص الفيزيائية، والمحفزة، والمغناطيسية، والبصرية (Sadik وآخرون، 2009). ومع ذلك، فإنَّ

تركيز الإستعمال يُعرِّض بشكلٍ مزمن أحياء التربة والحيوانات الصغيرة وكذلك النباتات نفسها إلى مستوى التفاعل الكيميائي الذي قد يكون سامّاً (Rameshaiah وآخرون، 2015). وعند مقارنة متطلبات النبات من الأسمدة الكيمياوية مع التكلفة، فأن الأسمدة النانوية تكون رخيصة من الناحية الإقتصادية وبكميات قليلة ذات فعالية عالية؛ إذ وجدَ المزارعين لسنوات أن إمتصاص النتروجين هو السبب الرئيس في رداءة الحاصل (Tothill، 2001).

وتؤثر الأسمدة النانوية على كمية ومعدل النمو عن طريق إختراقها لخلايا أنسجة النبات وزيادة معدل تغلغل المغذيات المطلوبة، فضلاً عن السيطرة على كمية هذه المغذيات بما يتناسب مع إحتياجات النباتات المختلفة هي واحدة من النقاط الهامة في هذه التقانة فعند دراسة تأثير زمن رش السماد النانوي النتروجيني على الخصائص الكمية والنوعية للكمون، جاءت النتائج إيجابية عند رش السماد في مرحلة إستطالة الساق والحصول على نسبة زيادة في الحاصل بلغت 99% وزيادة في محتوى النتروجين بنسبة 32.4%، فضلاً عن زيادة الخصائص الكمية والنوعية مقارنةً بنبات المقارنة (Nazaran وآخرون، 2009).

بـيَّنَ Liu وآخرون (2006) عند تغطية وتغليف المركبات النانوية والبديلة عن النانوية Subnano– composites تكون قادرة على تنظيم تحرُّر المغذيات من كبسولة السماد Fertilizer capsule. وفي هذا الصدد، فأنَّ المركب النانوي المتكون من (NPK) والمغذيات الصغرى وسكر المانوز والأحماض الأمينية زادَ من إمتصاص وإستعمال المغذيات من قِبل محاصيل الحبوب، وعلاوة على ذلك يمكن أنْ توفر تقانة النانو أدوات وآليات لمزامنة تحرر النتروجين من الأسمدة مع متطلبات المحصول، ولن يتم ذلك إلا عندما يمكن أستيعابها مباشرةً من قبل النباتات؛ إذْ أظهرت الأسمدة النانوية أندفاعاً مبكراً وتحريراً بطيئاً للمغذيات إستمرَ حتى 60 يوماً مقارنةً بالأسمدة التجارية، التي أُضيفت بوقتٍ مبكر جداً وتحررت عنها كميات قليلة وغير موحدة إستمرت حتى 30 يوماً (Fujinuma و Balster، 2010). وأشارَ Corradini وآخرون (2010) أيضاً إلى تحرر النتروجين من الأسمدة النانوية في ثلاث ترب بدالة حامضية مختلفة (pH = 4.2 و 5.2 و 7) وتمت مقارنةً هذه الدراسات مع الأسمدة التجارية. كما تجمع الأسمدة النانوية بين النانودات أو الأجهزة النانوية Nanodevices من أجل مزامنة إطلاق أو تحرير سماد النتروجين والبوتاسيوم وأمتصاصهما بواسطة المحاصيل، وبالتالي منع خسارة المغذيات غير المرغوب فيها نحو التربة والماء والهواء عن طريق الإستيعاب المباشر Direct internalization لها من قبل المحاصيل

وتجنب التفاعل بين المغذيات مع التربة والكائنات الحية الدقيقة والماء والهواء (DeRosa وآخرون، 2010؛ Farnia و Ghorbani؛ 2014).

وبسبب قلة الدراسات النانوية أو تكاد تكون معدومة تلك التي تستهدف نباتات العائلة الخيمية فتوجد هناك دراسات أخرى تتعلق بنباتات مختلفة فضلاً عن شمولها جزءاً واحداً أو نوعاً من أنواع الأسمدة النانوية قيد الدراسة، فيلاحظ أعطاء 640 ملغم. هـ$^{-1}$ من الإضافة الورقية (40 ملغم.لتر$^{-1}$) للفسفور النانوي 80 كغم. هـ$^{-1}$ من حاصل الفسفور المكافئ للوبياء .Vigna unguiculata L والدخن .Pennisetum americanum L، إذْ تقترح النتائج الأولية إمكانية تحقيق التسميد المتوازن من خلال تقانة النانو (Chhipa، 2017). وفي الواقع تُمثَّل عملية التمثيل الأيضي Metabolic assimilation داخل الكتلة الحيوية النباتية للمعادن مثل المغذيات الصغرى وإضافة التركيبات النانوية Nano-formulations من خلال إنتقالها عن طريق التربة Soil-borne والإضافة الورقية أو غير ذلك، لذا فأنَّ كفاءة أستخدام النتروجين منخفضة بسبب فقدان 50 – 70% من النتروجين المضاف في الأسمدة التقليدية مقارنةً بنظم تسليم المغذيات الجديدة التي تستغل الأجزاء النانوية المسامية Porous nanoscale للنباتات وتقلل من فقدان النتروجين عن طريق زيادة أمتصاص النبات (Mukhopadhyay و Kaur، 2016). كما بيَّنَ Abdel-Aziz وآخرون (2016) أنَّ السماد المركَّب (NPK) النانوي من نوع Chitosan-NPK حسَّنَ من الصفات الخضرية والحاصل لنبات الحنطة .Triticum aestivum L المزروع بتربة رملية، وترافقت الزيادة المعنوية مع زيادة التراكيز المستخدمة، فضلاً عن أختزال دورة الحياة بنسبة 23.5% وتسريع النمو والإنتاج إذ بلغت دورة حياة النباتات المُعاملة بالأسمدة النانوية 130 يوماً مقارنةً مع 170 يوماً للنباتات غير المُعاملة. والشيء ذاتهِ حصلَ عليه Manikandan و Subramaian (2016) عندَ معاملتهما لنبتات الذرة الصفراء .Zea mays L بسماد النتروجين النانوي المخلوط مع اليوريا أو معدن الزيوليت Zeolite. فيما بيَّنت نتائج Ajirloo وآخرون (2015) التأثير المعنوي للمستويات المختلفة من البوتاسيوم النانوي (100 و 200 و 300 و 400) كغم. هـ$^{-1}$ في نبات الطماطة من خلال زيادة أرتفاع النبات وقطر الساق ووزن الثمار وحاصلها إلى جانب الزيادة الطردية للصفات مع زيادة المستوى السمادي المضاف.

3: المواد وطرائق العمل Materials and Methods

3-1: التصميم والإجراء التجريبي للدراسة

Design and Experimental Procedure of the Study

أُعتُمِدَ تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) لتجربة عاملية مكونةً من عاملين وبثلاث مكررات (3أنواع نباتية × 7 مستويات تسميد NPK × 3 مكررات)؛ إذ تكوَّنَ العامل الأول من ثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية (الكمون، والينسون، والحبّة الحلوة) بينما تكوَّن العامل الثاني من سبعة مستويات للسماد المركَّب NPK المتوازن (المقارنة (بدون إضافة)، موصى عادي 1 غم. لتر$^{-1}$ لكل سندانة (5 كغم تربة)، موصى نانوي 25 ملغم. لتر$^{-1}$ لكل سندانة (5 كغم تربة)، ضعف الموصى عادي 2 غم. لتر$^{-1}$ لكل سندانة (5 كغم تربة) ، ضعف الموصى نانوي 50 ملغم. لتر$^{-1}$ لكل سندانة (5 كغم تربة)، موصى خليط (عادي + نانوي) 1 غم. لتر$^{-1}$ عادي+ 25 ملغم. لتر$^{-1}$ نانوي لكل سندانة (5 كغم تربة)، ضعف الموصى خليط (عادي + نانوي) 2 غم. لتر$^{-1}$ عادي+ 50 ملغم. لتر$^{-1}$ نانوي لكل سندانة (5 كغم تربة) وبثلاثة مكررات لكل معاملة إذ وزِّعت التوافيق بصورة عشوائية ضمن كل قطاع وأصبح مجموع الوحدات التجريبية 63 وحدة تجريبية (3 × 7 × 3 = 63).

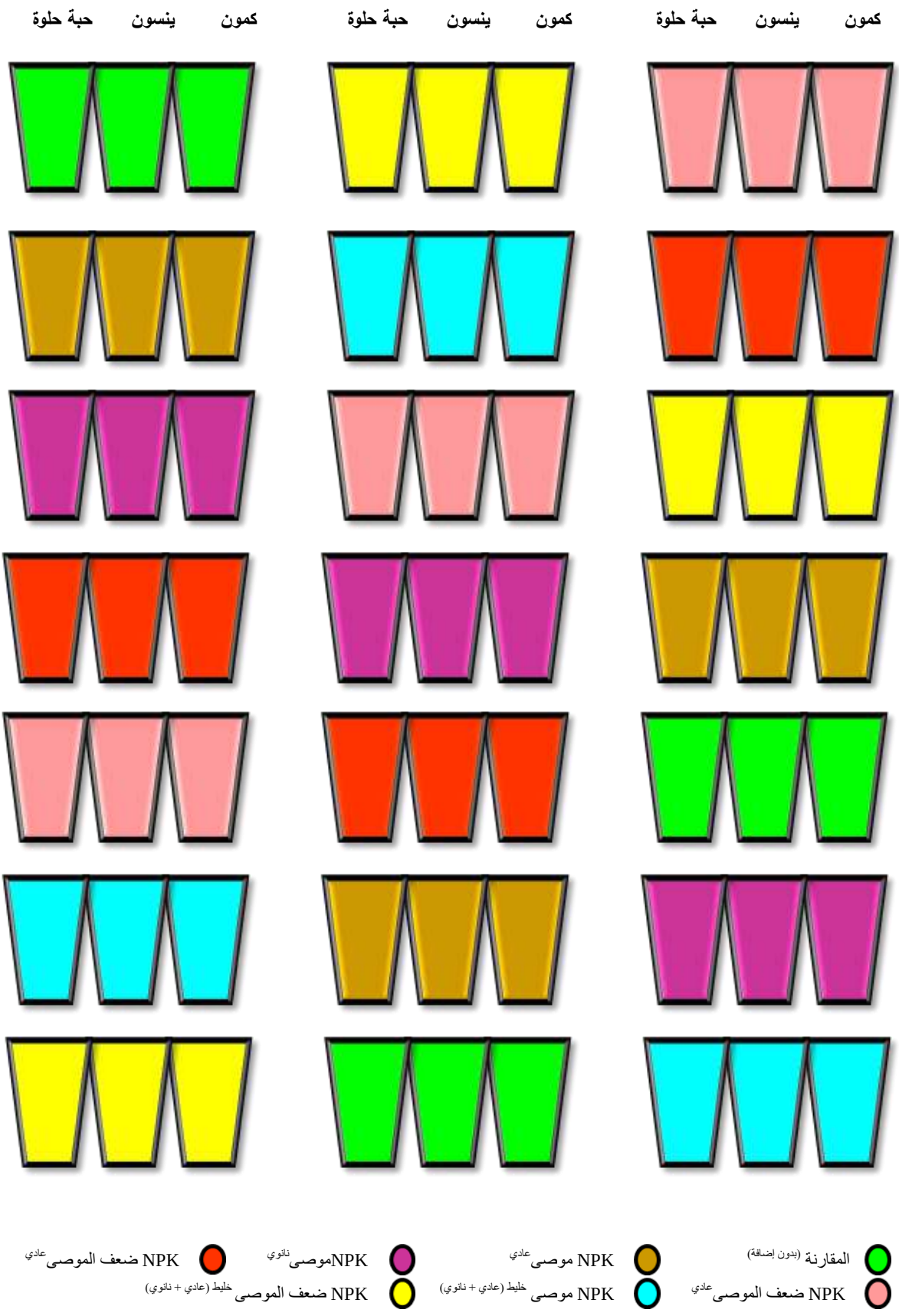
أُجريت التجربة في الموسم الخريفي (2016 – 2017) الموافق 2016/11/15، بهدف معرفة تأثير أضافة المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK المتوازن (20-20-20) العادي والنانوي (صورة 1) على ثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية Apiaceae هي الكمون، والينسون، والحبة الحلوة، والتداخل بينهما في النمو، والمحتوى الكيميائي، والمواد الفعالة في البذور. وتمَّ الحصول على بذور النباتات المحلية من المكاتب الزراعية المعتمدة ضمن محافظة الديوانية، في حين تمَّ توفير السماد المركَّب العادي إنتاج شركة PRO-SOL الأمريكية بواسطة أستيرادِهِ من قِبل شركة دبانة للزراعة الحديثة المحدودة/ بغداد، فضلاً عن الطلب المسبق على السماد المركَّب النانوي من شركة KHAZRA الإيرانية وإيصالهِ إلى العراق بواسطة خدمة التوصيل السريع (DHL).

نُفِّذت التجربة من خلال زراعة البذور (5 بذور في كل سندانة وتمَّ خفَّها بعد البزوغ إلى 4 فقط) للأنواع النباتية في السنادين (أصص بلاستيكية) ذات الأبعاد (20 سم أرتفاعاً × 15 سم قطراً)، والسعة (5) كغم تربة وملئها بخليط التربة المكوَّن من البتموس، وتربة النهر بنسبة (1 : 2)، علماً أن مواصفات تربة النهر أحتوت على 580 غم. كغم$^{-1}$ رمل و 120 غم. كغم$^{-1}$ طين و 300 غم. كغم$^{-1}$ غرين، وبمتوسط كثافة ظاهرية 2.14 ميكاغرام. م$^{-3}$ وتوصيل كهربائي 7.6 دسي

سيمنز. م$^{-1}$ ونسبة إمتزاز الصوديوم 3.5 (مليمول. لتر$^{-1}$). أما البتموس فتمَّ خلطهِ من نوعين هما: الأجنبي (التركي)، والمحلي (العراقي) بنسب متساوية لغرضين أولهما للكلفة الإقتصادية، وثانيهما لجودة المنتوج الأجنبي ورداءة المنتوج المحلي، كما تمَّ ضمان التوزيع العشوائي لتوافيق المعاملات بحسب المخطط (1)، ووفقاً للمعطيات أدناه تمَّ تنفيد التجربة والزراعة:

1. موعد الزراعة 15/ 11/ 2016.
2. موعد بزوغ البادرات بشكلٍ تام 25/ 11/ 2016.
3. إستمرار عمليات الري بمعدل (3) أيام بين ريّه وأخرى إلى جانب ذلك الأستمرار بعمليات التعشيب والمكافحة طوال مدة الزراعة.
4. موعد الإضافة الأولى للسماد المركَّب عن طريق التربة بِكلا نوعيّه تمت يوم 25/ 12/ 2016 وبحسب الكمية المكافئة لوزن السندانة، أي: (1) غم. لتر$^{-1}$ (الموصى) من السماد المركَّب العادي لكل سندانة (5 كغم تربة)، و 25 ملغم. 5 كغم تربة$^{-1}$ (الموصى) من السماد المركَّب النانوي.
5. تكرار الإضافة السمادية للنباتات بحسب النشرة الخاصة بكل سماد لحين الإثمار.

صورة 1: السماد المركَّب NPK المتوازن (20-20-20) بنوعيّه النانوي والعادي



مخطط 1: التوزيع التوافقي لأصص المعاملات وفقَ تصميم القطاعات العشوائية الكاملة

3-2: الصفات المدروسة Studied Characteristics

3-2-1: صفات النمو الخضري Vegetative Growth Characteristics

أُخذت جميع الصفات الخضرية قبل موعد التزهير للنباتات قيد الدراسة:

3-2-1-1: أرتفاع النبات (سم) Plant Height

بأستعمال شريط القياس قِيسَ أرتفاع النباتات في كل معاملة، أبتداءً من سطح التُربة في الأصيص إلى قِمة النبات، بعدها أستُخرِج المتوسط من حاصل قسمة $\left(\frac{\text{مجموع أرتفاع النباتات}}{\text{عدد النباتات}}\right)$ (Singh و Stockopf، 1971).

3-2-1-2: عدد الأوراق للنبات (ورقة. نبات$^{-1}$) Leaves Number per Plant

حُسِبَ متوسط عدد الأوراق للنبات في كُل معاملة من حاصل قسمة $\left(\frac{\text{مجموع عدد أوراق النباتات}}{\text{عدد النباتات}}\right)$.

3-2-1-3: المساحة الورقية الكلية (سم^2. نبات$^{-1}$) Total Leaf Area

بأستعمال جهاز قياس مساحة المسطح الورقي الليزري Laser Portable Leaf area Meter حُسِبَ متوسط المساحة الورقية الكلية للنبات في كُل معاملة من خلال وضع الأوراق النباتية بالكامل على منصَّة الجهاز، بعدها أستُخرِج المتوسط من حاصل قسمة $\left(\frac{\text{مجموع المساحة الورقية الكلية للنباتات}}{\text{عدد النباتات}}\right)$.

3-2-1-4: عدد الأفرع للنبات (فرع. نبات$^{-1}$) Branches Number per Plant

حُسِبَ متوسط عدد الأفرع للنبات في كُل معاملة من حاصل قسمة $\left(\frac{\text{مجموع عدد فروع النباتات}}{\text{عدد النباتات}}\right)$.

3-2-1-5: محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي (ملغم. غم$^{-1}$ وزن طري)
Leaves Content of Total Chlorophyll

أستناداً إلى طريقة Mackinney (1941)، قُدِّرَ مُحتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي، وذلك بوضع (1) غم من أوراق النبات الطريّة في هاون خزفي ومعاملتها بـ (10) مل من الأسيتون Aceton (80%)، ومن ثمَّ سحقها لحين إنتزاع الصبغة، بعدها يتم فصِل الراشح عن الراسب بأستعمال جهاز الطرد المركزي Centrifuge (نوع Hettich EBA 35، ألماني المنشأ) عند سرعة

3000 دورة. دقيقة$^{-1}$ لمُدة 15 دقيقة. وبتكرار عملية فصل الراشح عن الراسب عِدة مرات يتم زوال الصبغة الخضراء من الراسب، بعدها يتمّ أخذ (1) مل من الراشح وتُقاس كثافتهِ الضوئية بواسطة جهاز المطياف الضوئي Spectrophotometer (نوع Bichrom–Libra S22–UK 2005) عِندَ الطولين الموجيين (663 نانومتر لكلوروفيل a و 645 نانومتر لكلوروفيل b)، وبتطبيق المُعادلة الآتية حُسِبَ محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكُلي:

$$\text{Total chlorophyll (mg. g tissue}^{-1}) = \frac{[20.2(D_{645}) + 8.02(D_{663})] \times V}{1000 \times W}$$

إذ أنَّ: V = الحجم النهائي للراشح (مل). D = الكثافة الضوئية للكلوروفيل المستخلص. W = الوزن الطري للأوراق (غم).

3-2-1-6: الوزنين الطري والجاف للمجموع الخضري للنبات (غم. نبات$^{-1}$)

Fresh and Dry Weights of Plant Vegetative Part

حُسِبَ الوزن الطري للمجموع الخضري للنبات في كُل معاملة من خلال الإنتخاب العشوائي لنباتين من كل معاملة، بعد أقتلاعِها من التربة، وغسلها، وتنظيفها من بقايا الأتربة العالقة بها، ثمَّ وزِّنها بوساطة الميزان الألكتروني الحساس (نوع Metler HK 160، سويسري المنشأ)، وأستُخرج المتوسط من حاصل قسمة (مجموع أوزان النباتات/ عدد النباتات)، بعدَ ذلك جُفِّفَ المجموع الخضري لكل نبات عند درجة حرارة الغرفة وبتيار هوائي متجدد لحين ثبات الوزن، وأستُخرج المتوسط من حاصل قسمة $\left(\frac{\text{مجموع أوزان النباتات}}{\text{عدد النباتات}}\right)$.

3-2-2: صفات الحاصل Yield Characteristics

أُخذت جميع الصفات للحاصل بعد عملية الحصاد للنباتات قيد الدراسة:

3-2-2-1: عدد المظلات لكل نبات (مظلة. نبات$^{-1}$) Umbels Number per Plant

حُسِبَ متوسط عدد المظلات للنبات في كُل معاملة من حاصل قسمة $\left(\frac{\text{مجموع عدد مظلات النباتات}}{\text{عدد النباتات}}\right)$.

3-2-2-2: حاصل البذور (غم. نبات$^{-1}$) Seeds Yield per Plant

حُسِبَ متوسط حاصل البذور للنبات في كُل معاملة من حاصل قسمة $\left(\frac{\text{مجموع حاصل النباتات}}{\text{عدد النباتات}}\right)$.

3-2-3: المحتوى الكيميائي للبذور Chemical Content of Seeds

3-2-3-1: الزيت الثابت (%) Fixed Oil

تمَّ أستخلاص الزيت الثابت بطريقة العصر البارد Cold press من خلال تعريض بذور النباتات (2 غم) إلى ضغطٍ عالٍ بواسطة جهاز مكبس حلزوني (صيني المنشأ) لِما تتميز به هذه الطريقة من سرعة وجودة عالية لنوعية الزيت المستخلص (الحكيم وحسن، 1985).

3-2-3-2: الكربوهيدرات الكُلية (%) Total Carbohydrates

تمَّ تقدير الكربوهيدرات الكلية بطريقة الأنثرون (Herbert وآخرون، 1971). وكالآتي:

1- المبدأ Principle

تتحلَّل الكربوهيدرات أولاً إلى سكريات بسيطة بأستعمال حامض الهيدروكلوريك المخفف (HCl)، إذ يجف الكلوكوز في الوسط الحامضي الساخن إلى هيدروكسي مثيل فورفورال Hydroxymethyl furfural، وهذا المركَّب يُشكِّل مع الأنثرون ناتج أخضر اللون تبلغ أعلى أمتصاصية لهُ عند 630 نانومتر.

2- المواد Materials

- 2.5 نورمالي HCl.
- كاشف الأنثرون: يتم تحضيره مباشرةً قبل الأستعمال من إحلال (200) ملغم من الأنثرون في (100) مل من حامض الكبريتيك (95%) المبرد بالثلج.
- الكلوكوز القياسي: يتم تحضيره من إحلال (100) ملغم من الكلوكوز الخام في (100) مل من الماء المقطر. ويتم عمل المحلول القياسي للكلوكوز بأخذ (10) مل من المحلول الخام وأضافتهِ إلى (100) مل من الماء المقطر. ويحفظ بالتبريد بعد أضافة بضع قطرات من التولوين إليه.

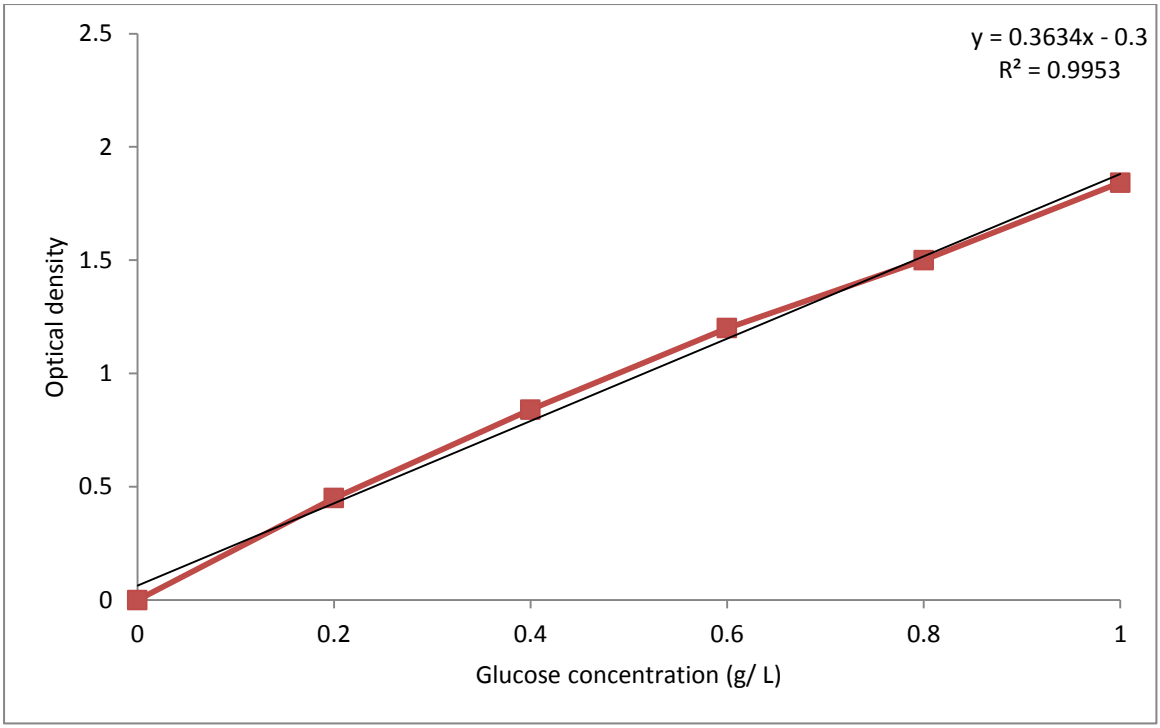
3- الإجراء Procedure

- وزن (100) ملغم من العينة ووضعها في أنبوبة الغليان.
- التحلل المائي للعينة من خلال وضعها في حمّام الماء المغلي لمدة (3) ساعات مع أضافة (5) مل من HCl (2.5 نورمالي) والتبريد بدرجة حرارة الغرفة.

- التحييد (المعادلة) Neutralize بإضافة كربونات الصوديوم الصلبة حتى يتوقف الفوران (التفاعل).
- أكمال الحجم إلى (100) مل ونبذهِ مركزياً بواسطة جهاز الطرد المركزي (Hettich EBA 35، ألماني المنشأ).
- جمع الجزء الطافي وأخذْ (1) مل من الرائق للتحليل.
- إعداد تراكيز المنحنى القياسي للكلوكوز من خلال أخذ حجوم مختلفة (0، 0.2، 0.4، 0.6، 0.8 و 1) مل من المحلول القياسي للكلوكوز المحضَّر مسبقاً، إذ يمثِّل (0) مل العينة الفارغة الحاوية على المواد الأخرى عدا الكلوكوز.
- أكمال جميع الحجوم إلى (1) مل بواسطة الماء المقطر.
- أضافة (4) مل من كاشف الأنثرون لكل أنبوب، مع ملاحظة تبريد جميع الأنابيب ومحتوياتها بالثلج قبل أضافة كاشف الأنثرون الثلجي البارد.
- التسخين لمدة (8) دقائق في حمّام الماء المغلي.
- التبريد السريع وقراءة اللون الأخضر الداكن عند الطول الموجي (630) نانومتر بواسطة جهاز المطياف الضوئي (Bichrom – Libra S22–UK 2005، بريطاني المنشأ)
- رسم المخطط البياني القياسي لسكر الكلوكوز من خلال وضع التراكيز على المحور السيني للمخطط مقابل الأمتصاصية على المحور الصادي (مخطط 2).
- من الرسم البياني يتم حساب كمية الكربوهيدرات الموجودة في أنبوبة العينة.

4- الحساب Calculation

$$\text{كمية الكربوهيدرات الموجودة في (100) ملغم من العينة} = \frac{\text{ملغم كلوكوز}}{\text{حجم عينة الإختبار}} \times 100$$



مخطط 2: المنحنى القياسي لسكر الكلوكوز

3-2-3-3: الألياف الغذائية Dietary Fibers (%)

قُدِّرت نسبة الألياف في البذور طبقاً للطريقة الموصوفة في A.O.A.C. (2000)، وذلك بأخذ (1) غم من البذور الجافة المطحونة من كل معاملة ومعاملتها بالإيثر للتخلص من الزيت، بعد ذلك غُليت العينة لمدة نصف ساعة مع (0.25) عياري من حامض الكبريتيك، ثمَّ رُشِّحت العينة وبعد الترشيح أُعيدَ غليها مدة نصف ساعة أيضاً مع (0.313) عياري من هيدروكسيد الصوديوم، ورُشِّحت مرةً ثانية ثم نُقلت بعدها إلى بودقة خزفية وجُففت في فرن كهربائي عند درجة حرارة 100°م، وبعد التجفيف تمَّ وزن البودقة مع محتوياتها، ثمَّ حُرقت البودقة مع باقي المحتويات في فرن كهربائي عند درجة حرارة 600°م، وقُدِّرت نسبة الألياف بحسب المعادلة الآتية:

$$\text{الألياف \%} = \frac{\text{الوزن بعد التجفيف على 100 °م} - \text{الوزن بعد الحرق على 600 °م}}{\text{وزن المادة الجافة(1غم)}} \times 100$$

3-2-3-4: الهضم الرطب لعينات البذور لتقدير العناصر الغذائية والبروتين الكلي

Wet Digestion of Seed Samples to Determinate of Nutrition Elements and Total Protein

هُضِمت عينات البذور من كل معاملة، بحسب طريقة Cresser و Parsons (1979)، إذ طُحِنت بواسطة طاحونة كهربائية، ثمَّ أُخذَ منها وزن (0.2) غم ووضعَ في دورق الهضم الزجاجي

سعة (100) مل، واتُّبِعت طريقة الهضم ثنائي الحامض Di-acid digestion من خلال إضافة (5) مل من حامض الكبريتيك المُركز (H_2SO_4) إلى الدورق، إلى جانب ذلك أُضيفَ (2) مل من حامض البيركلوريك المُركز ($HClO_4$) لزيادة كفاءة عملية الأكسدة داخل الدورق، بعدَ ذلكَ وضِعَ الدورق على صفيحة التسخين ورُفِعتْ درجة الحرارة تدريجياً إلى 410°م بمساعدة الكرات الزجاجية، وكبريتات البوتاسيوم (حتى أصبح المحلول رائقاً)، ثُمَّ بُرِّدَ الدورق وأُكمِلَ الحجم إلى (100) مل بإضافة الماء المُقطر، بعد ذلك رُشِّحَ المحلول ومنهُ قُدِّرت النسب المئوية للعناصر الآتية:

3-2-3-4-1: النتروجين الكلي (%) Total Nitrogen

وفقاً لطريقة Cresser و Parsons (1979)، تمَّ حساب تركيز النتروجين الكلي، وكالآتي:

1. إضافة (10) مل من NaOH (35%)، و (10) مل من محلول العينة المهضومة آنفاً إلى دورق التقطير Distilling flask الحاوي على (50) مل من H_3BO_3 (4%) في جهاز تقطير النتروجين (الماكروكلدال Macrokjeldhal، ألماني المنشأ) لِجمع الأمونيا NH_4.
2. يُغلى المحتوى لتقطير الأمونيا لمدة تتراوح بين 30 – 40 دقيقة.
3. يُسحح الحامض الحاوي على الأمونيا مع حامض الكبريتيك (0.05 مولاري)، ومن ثمَّ يُحسب حجم الحامض المُستهلك (في عملية التسحيح)، وبتطبيق المُعادلة الآتية تمَّ تقدير النسبة المئوية للنتروجين الكُلي:

$$\text{النتروجين (\%)} = \frac{\text{حجم الحامض المستهلك} \times \text{عياريته} \times \text{الوزن المكافئ للنتروجين}}{1000} \times \frac{\text{الحجم الكلي للعينة}}{\text{الحجم المستخدم للتقدير}} \times \frac{100}{\text{وزن العينة المهضومة}}$$

3-2-3-4-2: البروتين الكُلي (%) Total Protein

قُدِّرت النسبة المئوية للبروتين الكُلي في البذور بحسب طريقة A.O.A.C. (2000)، ووفق المُعادلة الآتية: البروتين الكلي (%) = النتروجين (%) × 6.25

3-2-3-4-3: الفسفور (%) Phosphorus

وفقاً لطريقة فانديوم المولبيدات المفسفرة الطيفية (Spectrophotometric Vanadium Phosphomolybdate Method) قِيسَ محتوى الفسفور في عينات البذور بحسب طريقة Cresser و Parsons (1979)، وكالآتي:

1- الكواشف المطلوبة:

- مولبيدات الأمونيوم Ammonium molybdate – فاندات الأمونيوم Ammonium vanadate في HNO_3 (مولبيدات الفانديوم Vanadomolybdate): تُحضَّر من إحلال (22.5) غم من مولبيدات الأمونيوم $(NH_4)_6MO_7O_2.4H_2O$ في (400) مل من الماء المقطر. ويُحلَّ (1.25) غم من فاندات الأمونيوم في 300 مل من الماء المقطر. يضاف محلول الفاندات إلى محلول المولبيدات ويُبرَّد في درجة حرارة الغرفة، ومن ثمَّ يُضاف (250) مل من حامض النتريك المركز إليه ويُخفف إلى (1) لتر.
- محلول الفوسفات القياسي Standard phosphate solution: يُحضَّر من 0.2195 غم من KH_2PO_4 في (1) لتر من الماء المقطر، إذ يحتوي هذا المحلول على (50) مايكروغرام فسفور. مل$^{-1}$.

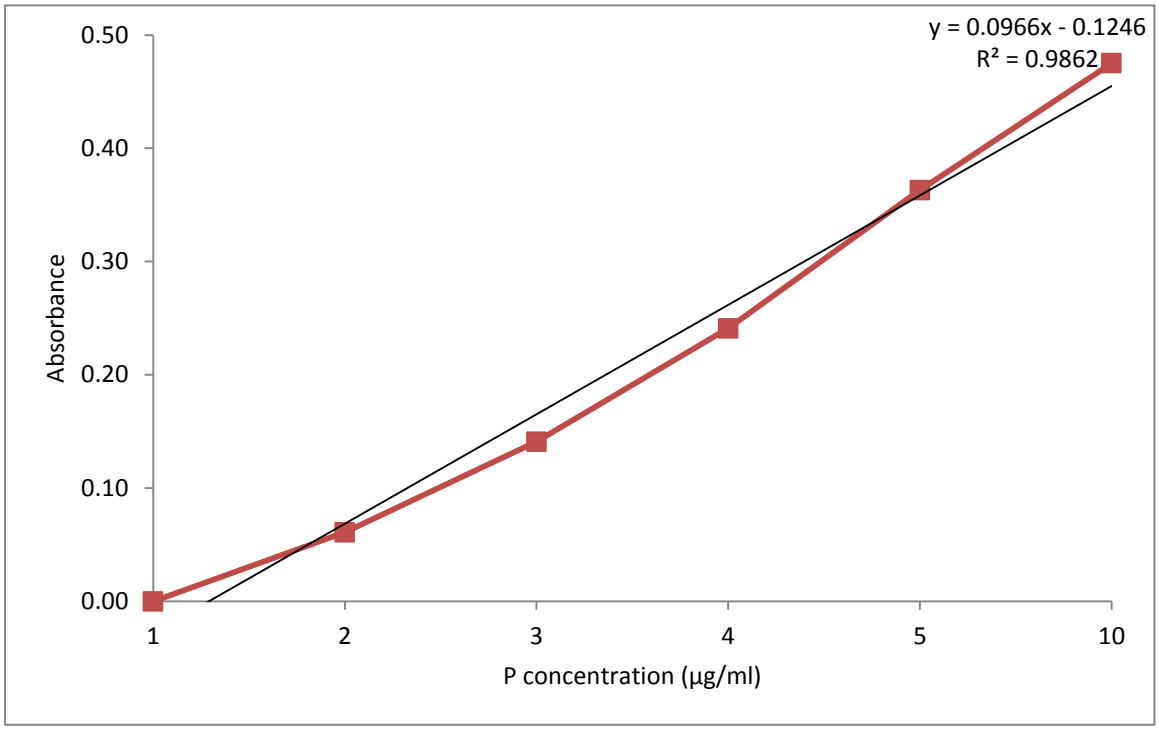
2- طريقة العمل:

- تحضير المنحنى القياسي: يوضع (0 و 1 و 2 و 3 و 4 و 5 و 10) مل من المحلول القياسي (50 مايكروغرام فسفور. مل$^{-1}$) في دوراق حجمية سعة (50) مل، بعد ذلك يُضاف (10) مل من كاشف مولبيدات الفانديوم إلى كل دورق ويكمل الحجم، إذ يكون محتوى الفسفور في هذه الدوراق هو (0 و 1 و 2 و 3 و 4 و 5 و 10) مايكروغرام فسفور. مل$^{-1}$، على التوالي. ويُحضَّر المنحنى القياسي من خلال قياس طيف هذه التراكيز (عند الطول الموجي 420 نانومتر) بواسطة جهاز المطياف الضوئي Spectrophotometer (نوع Bichrom – Libra S22–UK 2005، بريطاني المنشأ) وتُسجَّل طبقاً لإمتصاصيتها (مخطط 3).
- يوضع (5) مل من محلول العينة المهضومة (الفقرة: 3-2-3-4) في دورق حجمي سعة (50) مل، ويُضاف لهُ (10) مل من كاشف مولبيدات الفانديوم.
- يُكمَّل الحجم بالماء المقطر، ويُرج جيداً، ومن ثمَّ يحفظ لمدة 30 دقيقة.
- يتطور اللون الأصفر، والذي يبقى ثابتاً لأيامٍ عِدَّة، وتُقرأ الإمتصاصية عند 420 نانومتر على جهاز المطياف الضوئي.
- ومن قراءة الإمتصاصية يتحدد محتوى الفسفور من المنحنى القياسي، ووفق المعادلة الآتية:

$$P\ \% = \frac{C \times df \times 100}{1000000} = \frac{C \times 1000 \times 100}{1000000} = \frac{C}{10}$$

إذ:

- تركيز الفسفور (مايكروغرام. مل$^{-1}$) المقروء من المنحنى القياسي = C.
- معامل التخفيف = df، والذي هو 100 × 10 = 1000، ويُحسب كالآتي:
  - ✓ 0.2 غم من العينة أُكمِلَ إلى 100 مل (100 مرة).
  - ✓ 5 مل من محلول العينة أُكمِلَ إلى 50 مل (10 مرات).
- 1000000 = معامل التحويل من مايكروغرام إلى غرام.



مخطط 3: المنحنى القياسي للفسفور

3-2-3-4-4: البوتاسيوم Potassium (%)

وفقاً لطريقة Cresser و Parsons (1979)، قِيسَ محتوى البوتاسيوم في عينات البذور، وكالآتي:

1- ضبط إعدادات جهاز مطياف الإمتصاص الذري Atomic Absorption Spectrophotometer (نوع Perkin Elmer, 5000, USA، أمريكي المنشأ)، ومعايرته من خلال ضبط العوامل الخاصة بتقدير البوتاسيوم بواسطة مطياف الإمتصاص الذري:

- تيار المصباح Lamp current = 6 ملي أمبير.
- الطول الموجي Wavelength = 766.5 نانومتر.
- المدى الخطي Linear range = 0.4 – 1.5 مايكروغرام. مل$^{-1}$.

- عرض الشق (الفتحة) Slit width = 0.5 نانومتر.
- زمن الدمج (التكامل) Integration time = 2 ثانية.
- اللهب Flame = أستيلين الهواء Air acetylene.

2- تحضير المنحنى القياسي للبوتاسيوم من خلال أستعمال تراكيز معلومة من كلوريد البوتاسيوم النقي والذي يتم تحضيره بوزن (1.908) غم منه وإذابته بـ (1) لتر من الماء المقطر لغرض الحصول على محلول يحتوي على تركيز للبوتاسيوم (1) ملغم. لتر$^{-1}$، بعد ذلك يؤخذ (100) مل من المحلول ويُكمَّل إلى (1) لتر، ليعطي بذلك تركيزاً للبوتاسيوم يساوي 100 مايكروغرام. لتر$^{-1}$، ويحفظ كمحلول قياسي، ويؤخذ منه التراكيز: (5 و 10 و 15 و 20) مل، وتوضع كل واحدة منها في دورق سعة (100) مل ثم يكمل الحجم بالماء المقطر إلى جانب ذلك يستعمل الماء المقطر كمحلول تصفير فيتكون بذلك المنحنى من خمسة تراكيز (0 و 5 و 10 و 15 و 20) مايكروغرام بوتاسيوم. مل$^{-1}$. ويُظهر المنحنى العلاقة الخطية بين تركيز البوتاسيوم والإمتصاصية (مخطط 4) على طول موجي محدد للقراءة من مطياف الإمتصاص الذري (AAS).

4- تحضير عينة فارغة بالطريقة ذاتها من دون أضافة المادة المهضومة للعينة.

5- يُوخذ جزءاً من العينة المحفوظة (محلول العينة المهضومة الواردة ضمن الفقرة: 3-2-3-4) بمقدار (5) مل للتقدير ويُكمَّل إلى 100 مل ثم تُشطى على مطياف الإمتصاص الذري مثلما حصل مع المنحنى القياسي خلال عملية إعدادهِ.

6- تسجيل الإمتصاصية تجاه كل عينة.

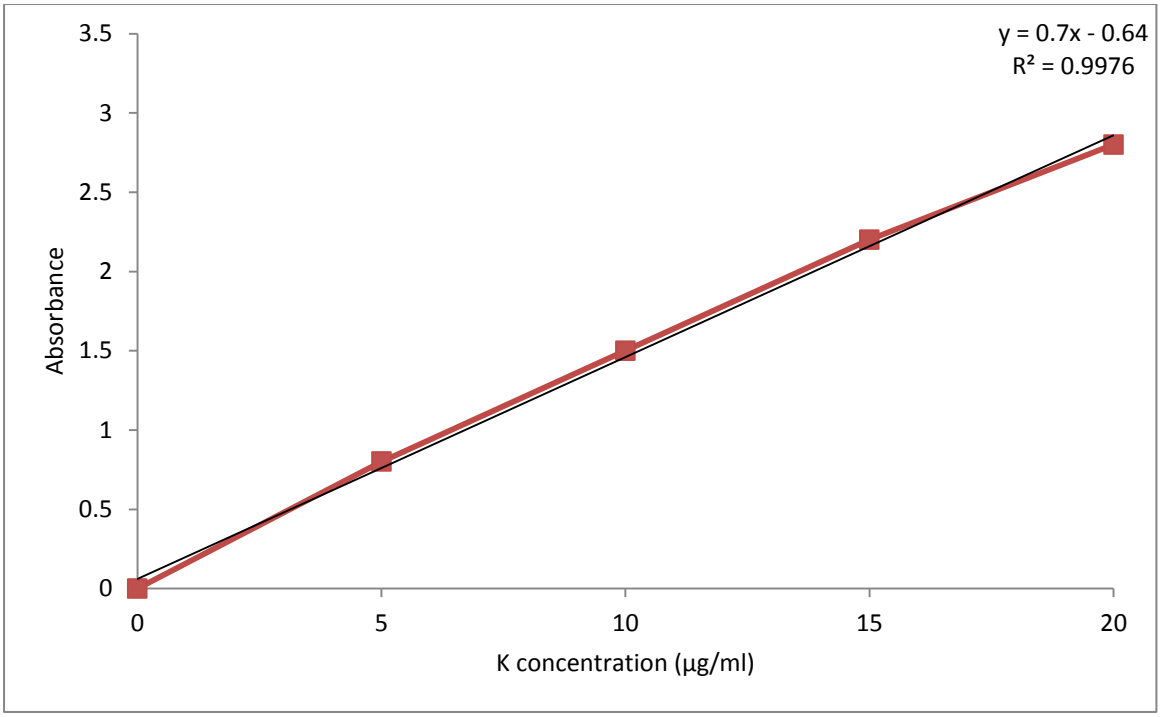
7- من المنحنى القياسي يُلاحظ تركيز البوتاسيوم الخاص بالإمتصاصية الملاحظة للعينة.

8- يتم حساب محتوى البوتاسيوم من خلال المعادلة:

$$K\,\% = \frac{C \times df \times 100}{1000000} = \frac{C \times 2000 \times 100}{1000000} = \frac{C}{5}$$

إذ:

- تركيز البوتاسيوم (مايكروغرام. مل$^{-1}$) المقروء من المنحنى القياسي = C.
- معامل التخفيف = df، والذي هو 100 × 20 = 2000، ويُحسب كالآتي:
  - ✓ 0.2 غم من العينة يُكمِلَ إلى 100 مل (100 مرة).
  - ✓ 5 مل من محلول العينة يُكمِلَ إلى 100 مل (20 مرة).
- 1000000 = معامل التحويل من مايكروغرام إلى غرام.



مخطط 4: المنحنى القياسي للبوتاسيوم

3-2-3-5: تقدير محتوى الفلافونويدات الكلية بطريقة كلوريد الألمنيوم اللونية

Estimation of Total Flavonoids Content by Aluminum Chloride Colorimetric Method

- تحضير المستخلص Preparation of extract

بحسب طريقة Madaan وآخرون (2011) مع بعض التحوير تمَّ أخذْ 15 غم من مطحون البذور لكل نموذج وأضيف له 75 مل من الكحول الأثيلي (99%) ومُزجَ جيداً ثم تُرِكَ لمدة 24 ساعة في درجة حرارة المختبر (25°م) بعدها رُشِّحَ المستخلص بأستعمال مرشَّح Filter قطر فتحاته (0.45) مايكرومتر (أسباني المنشأ) يُربط بمحقنة حجم 50 مل لتسريع عملية الترشيح ليتمّ بعد ذلك تركيز الراشح بجهاز المبخر الدوار المفرغ Rotary vacuum evaporator (ياباني المنشأ) عند درجة حرارة 40°م للتخلص من المذيب بعدها يُترك الراشح عند درجة حرارة الغرفة حتى يتم الحصول على مادة لزجة يتم وضعها في قناني معتمة محكمة الغلق وتحفظ في الثلاجة لحين الأستعمال.

- طريقة التقدير Estimation Methods

تمت عملية التقدير بإستعمال الكيورستين Quercetin (Sigma-Aldrich, USA) كمعيار لبناء منحنى المعايرة. وبشكلٍ مختصر يتم إحلال (10) ملغم من الكيورستين في (1) مل من الإيثانول (80%) ومن ثم تخفف إلى 20 و 40 و 60 و 80 و 100 مايكروغرام. مل$^{-1}$ بعدها تخلط المحاليل العيارية المخففة للكيورستين، أو المستخلصات النباتية (0.5 مل) من كل تركيز

مخفف مع 1.5 مل من الإيثانول (95%) و 0.1 مل من كلوريد الألمنيوم (10%) و 0.1 مل من 1 مول. لتر$^{-1}$ من خلات البوتاسيوم و 2.8 مل من الماء المقطر في أنبوب الأختبار، وتحضن أنابيب الأختبار لمدة 30 دقيقة في درجة حرارة الغرفة لأستكمال التفاعل بعدها تقاس أمتصاصية خليط التفاعل عند الطول الموجي 415 نانومتر بواسطة جهاز المطياف الضوئي، ويتمّ التصفير على محلول نموذجي يحتوى جميع الكواشف المذكورة بإستثناء كلوريد الألومنيوم الذي يتمّ أستبداله بنفس الكمية من الماء المقطَّر. وتتمّ عملية حساب كمية الفلافونويد من معادلة الإنحدار الخطي التي يتم الحصول عليها من منحنى المعايرة للكيورستين، ويتم حساب محتوى الفلافونويد كمتوسط لثلاثة قياسات (ن = 3) وعبِّرَ عنه بـ [ملغم. غم$^{-1}$ من مكافئ الكيورستين (QE)] من المستخلص الجاف.

3-2-4: التقدير الكمي لمحتوى البذور من المواد الفعالة بواسطة كروموتوكرافيا الغاز المتصل بمطياف الكتلة

Quantitative Estimation of Seeds Content of Active Substances by GC-MS

3-2-4-1: الأستخلاص

تمَّت عملية الإستخلاص وفقاً لطريقة Muhit وآخرون (2010) مع بعض التحوير إذ إستخلصَ (1) غم من مطحون البذور الجاف بواسطة (10) مل من الميثانول (99%) مع التحريك لمدة (5) دقائق بعدها تُرك لمدة (6) ساعات في مكان مظلم وبدرجة حرارة الغرفة ثمَّ جرى ترشيحهُ بواسطة مرشَّح متصل بمحقنة طبية تبلغ سعة فتحاته 0.45 مايكرومتر، ثمَّ بعد ذلك أُضيف له الهكسان (99%) بحجم (1) مل كي يتم تركيز المستخلص، وطرد الماء، كما ويتمّ سحب الجزء الطافي الذي يقوم الهكسان بفصله عن الماء ليتم بعد ذلك تقدير المواد الفعالة فيه.

3-2-4-2: تحليل العينة في جهاز GC-MS

تمَّ تشخيص وتقدير المركبات الفعالة بواسطة جهاز GC-MS نوع (Shimadzu GC-MS 2010 plus gas chromatograph mass spectrometry) ياباني المنشأ بواسطة نظام GC clarus 500 Perkin Elmer الذي يضم وحدة التحديد التلقائي Auto sampler [AOC-20i+s] للمركبات وكروموتوغرافيا الغاز المربوطة بأداة الطيف الكتلي، ووفقاً للظروف الآتية:

- عمود الفصل من نوع:

Rtx-5MS capillary column (cross bond 5% diphenyl–95% dimethylpolysiloxane); 30m (L) × 0.32 mm (i.d.) with a 0.25 µm film thickness.

- غاز الهليوم يمثل الطور المتحرك (99.99%) وأستعمل كغاز ناقل بمعدل تدفق مستمر (1.2) مل. دقيقة$^{-1}$.
- حجم السائل المحقون (1) مايكرولتر ويعمل بنسبة أنقسام (30%).
- درجة حرارة الحاقن 250°م.
- درجة حرارة المصدر الآيوني 280°م.
- الضغط داخل الجهاز هو 49.5 كيلو باسكال، وتدفُّق العمود بلغ (1) مل. دقيقة$^{-1}$.
- بدايةً برمجة درجة حرارة الفرن تلقائياً على 40°م (درجة حرارة متساوية لمدة 3 دقائق)، ثمَّ إزدادت تدريجياً بزيادة قدرها 15°م. دقيقة$^{-1}$ وصولاً إلى 180°م، ثمَّ زيادة قدرها 10°م خلال (3) دقائق وصولاً إلى 300°م، بعدها أستقرت درجة الحرارة على 280°م لمدة (9) دقائق حتى النهاية.
- الزمن الكلي لبدء وأنتهاء تشغيل الجهاز لكل عينة (45) دقيقة.
- تمَّ الأستناد في تحديد المقدار النسبي لكل مكون على مقارنة متوسط مساحة قمتهِ إلى إجمالي المناطق معتمدين على برنامج TurboMass Ver. 5.2.0 في التعامل مع الأطياف الكتلية والمرئية (Mass spectra and chromatograms) المزوّد به الجهاز.

3-2-4-3: تشخيص المركبات الفعالة

جرى تحديد المركبات الفعالة أعتماداً على تفسير الطيف الكتلي لـ GC-MS، وبعد الحصول على طيف كتلة كل مركَّب تمَّت معالجة النتائج ببرنامج GCMS solutions وتعريف المنحنيات Peaks المفصولة على أساس قاعدة البيانات التابعة للمعهد الوطني للقياس والتكنولوجيا (NIST) National Institute Standard and Technology التي تحوي على أكثر من 62000 نمط معروف، ومقارنة الطيف الناتج للمكون المجهول مع طائفة من المكونات المعروفة والمخزونة في المكتبة الوطنية للتأكد من الأسم، والوزن الجزيئي، وبنية مكونات مواد الأختبار. وقد تمَّ إجراء هذا الأختبار في مختبرات أبحاث الأغذية، وحماية المستهلك التابعة لقسم الصناعات الغذائية/ كلية الزراعة/ جامعة البصرة.

صورة 2: جهاز كروموتوكرافيا الغاز المتصل بمطياف الكتلة (GC-MS)

3-3: التحليل الإحصائي Statistical Analysis

تمَّ جدولة (تبويب) جميع البيانات لنتائج القياسات قيد الدراسة بواسطة برنامج الجدولة لسطح المكتب (Microsoft Excel, 2013)، وٱستُعمِلَ تصميم القطاعات العشوائية الكاملة Randomized Complete Block Design (RCBD) على وفق تنظيم عاملي لتجربة عاملية Factorial experiment مكونة من عاملين (3 × 7) وبثلاثة تكرارات. وحُلِّلت بيانات النتائج إحصائياً بٱستعمال ٱختبار تحليل التباين Analysis of variance ضمن حزمة ٱدوات التحليل Analysis ToolPak الموجودة ضمن الوظائف الإضافية لبرنامج الجدولة فضلاً عن معالجة البيانات الواردة في واجهة برنامج الجدولة وفق برنامج Origin (النسخة الثامنة Origin Pro 8) الذي يُستعمل في معالجة الرسوميات وتحليل البيانات المتنوعة (الجسار، 2016). وقورِنت متوسطات المُعاملات عندما كانت الفروق بينها معنوية بٱستعمال ٱختبار أقل فرق معنوي (LSD) Least Significant Difference عند مُستوى ٱحتمال ($P \leq 0.05$) وبحسب ما أوضحهُ (Steel وآخرون، 1997).

4: النتائج Results

4-1: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في بعض صفات النمو، لثلاثة أَنواع من نباتات العائلة الخيمية

4-1-1: أرتفاع النبات (سم) Plant Height

أظهرت النتائج الواردة في جدول (1) أعلى متوسطاً لأرتفاع النبات بلغَ 89.79 سم عند نبات الحبَّة الحلوة مقارنةً بمتوسط أرتفاع نبات الكمون (61.23 سم) والينسون (43.14 سم)، على التوالي وبتفوقٍ معنويٍ فيما بينهما. وأعطى السماد المركَّب بجميع مستوياته قيد الدراسة تفوقاً معنوياً لأرتفاع النبات مقارنةً بنباتات المقارنة، إلى جانب ذلك تسجيل النباتات المعاملة بالسماد النانوي ضعف الموصى أعلى متوسطاً لأرتفاع النبات وبتفوق معنوي على جميع المتوسطات الأخرى بتأثير المستويات المختلفة للسماد، إذ بلغ 73.11 سم، ومن الملاحظ أيضاً في الجدول أَنَّ الخليط الموصى من السماد المركَّب العادي والنانوي أعطى متوسطاً لأرتفاع النبات أعلى مما أَعطاه مثيلهِ ضعف الموصى إذ بلغ عند كلٍ منهما (71.06 و 69.78) سم، على التوالي.

جدول 1: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط أرتفاع النبات (سم)، لثلاثة أَنواع من نباتات العائلة الخيمية

النباتات	السماد المركَّب NPK						متوسط تأثير النبات
	المقارنة	موصى		ضعف الموصى		خليط (عادي + نانوي)	
		عادي	نانوي	عادي	نانوي	موصى	ضعف الموصى	
كمون	31.18	58.56	59.26	68.18	71.49	70.39	69.59	61.23
ينسون	31.08	40.81	42.41	44.62	46.37	47.93	48.74	43.14
حبة حلوة	62.57	84.02	95.45	99.16	101.47	94.85	91.02	89.79
متوسط تأثير السماد المركَّب	41.61	61.13	65.71	70.65	73.11	71.06	69.78	
LSD $(P \leq 0.05)$	للنبات = 0.50			للسماد المركَّب = 0.77			للتداخل = 1.34	

التداخل الثنائي بين أنواع النباتات ومستويات السماد المركَّب سجَّلَ أعلى أرتفاعاً لنباتيّ الكمون والحبَّة الحلوة عند إضافة السماد النانوي ضعف الموصى إذ بلغ (71.49 و 101.47) سم، على التوالي مقارنةً بمتوسط أرتفاع نباتات المقارنة لكلٍ منهما (31.18 و 62.57) سم، بالترتيب. في حين بلغ أعلى أرتفاعاً لنبات الينسون 48.74 سم عند خليط السماد المركَّب ضعف الموصى

مقارنةً بنباتات المقارنة (31.08 سم) والنباتات المعاملة بالمستويات السمادية الأخرى قيد الدراسة، بيّدَ أَنَّ التأثير المباشر للسماد النانوي على الصفة المدروسة كان الأعلى والمتفوق معنوياً سواءً عند المستوى الموصى منهُ، أو ضعف الموصى لنباتات الدراسة عدا توليفة نبات الكمون عند المستوى الموصى من السماد المركَّب.

4-1-2: عدد الأوراق (ورقة. نبات$^{-1}$) Leaves Number

أعطت بيانات الجدول (2) تفوقاً معنوياً في صفة عدد الأوراق لنبات الكمون على نبات الينسون الذي تفوّقَ بدورهِ هو الآخر معنوياً على نبات الحبَّة الحلوة، إذ بلغ متوسط عدد الأوراق (57.37 و 30.89 و 20.03) ورقة. نبات$^{-1}$، على التوالي.

السماد المركَّب بجميع مستوياتهِ المضافة قيد الدراسة سجَّلَ تفوقاً معنوياً طردياً لنباتاتهِ بعدد الأوراق مع زيادة مستوى السماد المضاف وبنسبة مضاعفة عند مقارنتها مع نباتات المقارنة ذات المتوسط الأقل معنوياً (12.87 ورقة. نبات$^{-1}$) مقابل أعلى متوسط لعدد الأوراق (44.62 ورقة. نبات$^{-1}$) عند خليط السماد المركَّب بالمستوى ضعف الموصى.

جدول 2: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط عدد أوراق النبات (ورقة. نبات$^{-1}$)، لثلاثة أَنواع من نباتات العائلة الخيمية

النباتات	السماد المركَّب NPK						متوسط تأثير النبات
	المقارنة	موصى		ضعف الموصى		خليط (عادي + نانوي)	
		عادي	نانوي	عادي	نانوي	موصى	ضعف الموصى
كمون	14.16	45.98	63.63	65.82	68.22	71.50	72.25	57.37
ينسون	15.66	31.42	31.52	32.51	34.16	35.02	35.98	30.89
حبة حلوة	8.78	16.85	19.35	21.24	23.65	24.71	25.62	20.03
متوسط تأثير السماد المركَّب	12.87	31.42	38.17	39.86	42.01	43.74	44.62	
LSD $_{(P \leq 0.05)}$	للنبات = 0.45			للسماد المركَّب = 0.70			للتداخل = 1.21	

التداخل المعنوي بين عامليّ الدراسة أبدى التأثير ذاته للعوامل المنفردة على الرغم من عدم وجود أختلاف معنوي بين توليفة كل نبات مع خليط السماد المركَّب بالمستوى ضعف الموصى عن مثيلهِ بالمستوى الموصى، إلا أَنَّ الأَخير لم يختلف معنوياً مع توليفات السماد النانوي بالمستوى ضعف الموصى عند نباتيّ الينسون (34.16 ، 35.02) والحبَّة الحلوة (23.65 ، 24.71) على

التوالي. ومن جانب آخر فإنَّ متوسط عدد الأوراق لنبات الكمون عند خليط السماد المركَّب بالمستوى ضعف الموصى تفوّق معنوياً بمقدار الضعف على نظيرهِ لنبات الينسون وبمقدار الضعفين تقريباً لنبات الحبَّة الحلوة إذ بلغ (72.25 و 35.98 و 25.62) ورقة. نبات$^{-1}$، على التوالي مقارنةً بالاُختلاف الكبير، عمَّا سبق عند نباتات المقارنة (14.16 و 15.66 و 8.78) ورقة. نبات$^{-1}$، بالترتيب.

4-1-3: عدد الأفرع (فرع. نبات$^{-1}$) Branches Number

لوحظَ من خلال الجدول (3) التأثير المعنوي الإيجابي لعامليّ الدراسة وتداخلهما في صفة عدد الأفرع للنبات؛ إذ سُجِّلَ لنبات الينسون أعلى متوسط لعدد الأفرع بلغَ 7.85 فرع. نبات$^{-1}$ مقابل 6.95 فرع. نبات$^{-1}$ لنبات الكمون و 4.78 فرع. نبات$^{-1}$ لنبات الحبَّة الحلوة. وفيما يخص السماد المركَّب فإنَّ تأثيره كان إيجابياً بجميع مستوياته مقارنةً بنباتات المقارنة، إلى جانب التفوق المعنوي للسماد المركَّب النانوي بكِلا مستوييه مقارنةً بالسماد المركَّب العادي وبلوغ أعلى عدد للأفرع 8.10 فرع. نبات$^{-1}$ عند معاملة خليط السماد المركَّب بالمستوى ضعف الموصى مقارنةً بباقي المستويات الأخرى للسماد قيد الدراسة، ونباتات المقارنة (2.97 فرع. نبات$^{-1}$).

جدول 3: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط عدد أفرع النبات (فرع. نبات$^{-1}$)، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية

النباتات	السماد المركَّب NPK						متوسط تأثير النبات
	المقارنة	موصى		ضعف الموصى		خليط (عادي + نانوي)	
		عادي	نانوي	عادي	نانوي	موصى	ضعف الموصى	
كمون	2.81	6.52	6.72	7.12	8.02	8.42	9.02	6.95
ينسون	4.61	7.52	7.72	8.52	8.72	8.91	8.96	7.85
حبة حلوة	1.50	4.31	4.61	5.31	5.41	6.02	6.32	4.78
متوسط تأثير السماد المركَّب	2.97	6.12	6.35	6.98	7.38	7.78	8.10	
LSD $_{(P \leq 0.05)}$	للنبات = 0.04			للسماد المركَّب = 0.07			للتداخل = 0.12	

التداخل الثنائي بين النباتات ومستويات السماد المركَّب أعطى تفوقاً معنوياً واضحاً لتوليفات الدراسة على نباتات المقارنة، وأعطى كذلك تفوقاً معنوياً للسماد النانوي على نظيره العادي عند كل مستوى إضافة (موصى وضعف الموصى) وللنبات نفسه عدا نبات الحبَّة الحلوة عند المستوى ضعف

الموصى للسماد، هذا وأنَّ توليفات السماد الخليط بالمستوى ضعف الموصى حقَّقت لنباتات الكمون والينسون والحبَّة الحلوة أعلى متوسط لعدد الأفرع بلغَ (9.02 و 8.96 و 6.32) ورقة. نبات$^{-1}$، على التوالي وبتفوقٍ معنويٍ واضح فيما بينهما مقارنةً بجميع التوليفات الأخرى قيد الدراسة بضمنها معاملات المقارنة عدا التوليفة المتضمنة نبات الينسون مع خليط السماد المركَّب بالمستوى الموصى فإنها لم تختلف معنوياً في تأثيرها بعدد الأفرع مع مثيلتها عند المستوى ضعف الموصى للسماد ذاته، إذْ سجَّلت متوسطاً بلغَ 8.91 ورقة. نبات$^{-1}$.

4-1-4: المساحة الورقية الكلية (سم^2. نبات$^{-1}$) Total Leaf Area

الجدول (4) يتبيَّن من خلالهِ أَنَّ نبات الحبَّة الحلوة كان الأكبر مساحة ورقية (259.51 سم^2. نبات$^{-1}$) وبنسبة 28% أعلى من الكمون (188.55 سم^2. نبات$^{-1}$) و 42% أعلى من الينسون (150.96 سم^2. نبات$^{-1}$). كما أَنَّ متوسط المساحة الورقية الكلية للنبات عند مستويات السماد المركَّب تناسبَ طردياً مع زيادة مستوى السماد مقارنةً بنباتات المقارنة ذات المتوسط الأقل للصفة، ومن جانب آخر فإنَّ السماد النانوي بالمستوى ضعف الموصى (207.93 سم^2. نبات$^{-1}$) زادَ من المساحة الورقية الكلية بنسبة 7% عمَّا هي عليه بتأثير المستوى الموصى للسماد نفسه (193.91 سم^2. نبات$^{-1}$) مقارنةً بالتأثير ذاته بين مستويات السماد العادي إذ بلغت نسبة الزيادة حوالي 12%، وكما هو وارد في الجدول أدناه.

جدول 4: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط المساحة الورقية الكلية (سم^2. نبات$^{-1}$)، لثلاثة أَنواع من نباتات العائلة الخيمية

النباتات	السماد المركَّب NPK						متوسط تأثير النبات
	المقارنة	موصى		ضعف الموصى		خليط (عادي + نانوي)	
		عادي	نانوي	عادي	نانوي	موصى	ضعف الموصى
كمون	148.30	169.93	183.13	187.84	193.15	215.24	222.26	188.55
ينسون	123.02	128.98	146.23	152.75	165.31	168.67	171.75	150.96
حبة حلوة	213.21	224.38	252.36	256.42	265.32	298.43	306.46	259.51
متوسط تأثير السماد المركَّب	161.51	174.43	193.91	199.00	207.93	227.45	233.49	
LSD $_{(P \leq 0.05)}$	للنبات = 1.18		للسماد المركَّب = 1.81		للتداخل = 3.13			

أما التداخل المعنوي، فأظهر التأثير ذاته للعوامل المنفردة، بيَدَ أَن التفوق المعنوي للتوليفات بدا واضحاً وبصورة طردية عند المقارنة داخل كل نبات، وكذلك بين النباتات إلا أَنَّ التوليفتين لنبات الينسون مع خليط السماد المركَّب بالمستويينِ الموصى وضعف الموصى لم يختلفا معنوياً فيما بينهما، إذ سجَّلا (168.67 و 171.75) سم^{2}. نبات$^{-1}$، على التوالي على الرغم من تسجيل أعلى المتوسطات للصفة قيد الدراسة عند خليط السماد المركَّب بالمستوى ضعف الموصى لنباتات الحبَّة الحلوة والكمون والينسون (306.46 و 222.26 و 171.75) سم^{2}. نبات$^{-1}$، على التوالي.

4-1-5: الكلوروفيل الكلي (ملغم. غم وزن طري$^{-1}$) Total Chlorophyll

محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي للأَنواع النباتية الثلاثة قيد الدراسة التابعة للعائلة الخيمية (جدول 5) سجَّلت تفوقاً معنوياً لمحتوى نبات الينسون على نباتيّ الحبَّة الحلوة والكمون، إذْ بلغَ (0.8887 و 0.6876 و 0.6675) ملغم. غم وزن طري$^{-1}$، على التوالي. ومن جانب تأثير السماد المركَّب العادي والنانوي في محتوى الكلوروفيل الكلي للأوراق فإنَّ المعاملة بالمستويات المختلفة لِكلا السمادين أعطت نتائج معنوية تناسبَ فيها المحتوى طردياً مع زيادة مستوى السماد وصولاً إلى أعلى محتوى للكلورفيل الكلي سجَّلتهُ معاملة خليط السماد المركَّب بالمستوى ضعف الموصى إذْ بلغَ 0.8563 ملغم. غم وزن طري$^{-1}$ مقارنة بتأثير باقي المستويات الأخرى وكذلك نباتات المقارنة (0.6478 ملغم. غم وزن طري$^{-1}$)، كما أَنَّ نسبة الفرق في زيادة محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي عن نباتات المقارنة بتأثير السمادين المركَّب العادي والنانوي بالمستوى الموصى من الإضافة فإنَّها سُجِّلت للسماد النانوي (0.7149 ملغم. غم وزن طري$^{-1}$) بنسبة زيادة بلغت 10% مقابل 6% للسماد العادي (0.6885 ملغم. غم وزن طري$^{-1}$).

تأثير التداخل بين المستويات السمادية والنباتات قيد الدراسة نحى منحىً طردياً في زيادة الصفة وبتفوقٍ معنويٍ بين التوليفات (عدا توليفتيّ نبات الينسون مع السماد المركب بالمستوى المضاعف) ظهرَ أعلاه عند توليفة خليط السماد المركَّب بالمستوى ضعف الموصى مع نبات الينسون (0.9656 ملغم. غم وزن طري$^{-1}$) والكمون (0.8188 ملغم. غم وزن طري$^{-1}$) ثمَّ الحبَّة الحلوة (0.7846 ملغم. غم وزن طري$^{-1}$) على التوالي وبفارق معنوي واضح فيما بينها مقارنةً بجميع التوليفات الأخرى، إلى جانب نباتات المقارنة. وكما هو ملاحظ من التداخل في الجدول فإنَّ أستجابة نبات الكمون للمعاملات السمادية كانت الأعلى مقارنةً بنبات الحبَّة الحلوة أو الينسون عند المقارنة

بين أقل محتوى للصفة في نباتات المقارنة مع أعلى محتوى عند توليفة خليط السماد المركَّب بالمستوى ضعف الموصى.

جدول 5: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي (ملغم. غم وزن طري$^{-1}$)، لثلاثة أَنواع من نباتات العائلة الخيمية

النباتات	السماد المركَّب NPK						متوسط تأثير النبات
	المقارنة	موصى		ضعف الموصى		خليط (عادي + نانوي)	
		عادي	نانوي	عادي	نانوي	موصى	ضعف الموصى	
كمون	0.5096	0.5942	0.6203	0.6513	0.7161	0.7620	0.8188	0.6675
ينسون	0.8232	0.8446	0.8738	0.8847	0.8877	0.9412	0.9656	0.8887
حبة حلوة	0.6107	0.6267	0.6506	0.6861	0.7077	0.7471	0.7846	0.6876
متوسط تأثير السماد المركَّب	0.6478	0.6885	0.7149	0.7407	0.7705	0.8168	0.8563	
LSD $_{(P \leq 0.05)}$	للنبات = 0.0028			للسماد المركَّب = 0.0043			للتداخل = 0.0075	

4-1-6: الوزن الطري للنبات (غم) Plant Fresh Weight

أظهرت بيانات الجدول (6) أَنَّ متوسط الوزن الطري لنبات الحبَّة الحلوة كان الأعلى معنوياً وبنسبة تعدَّت الخمسة أضعاف مما هو عليه في الينسون والكمون على التوالي، إذ بلغ متوسط الصفة عند النباتات المذكورة (109.93 و 17.02 و 13.97) غم، بالترتيب.

كما لوحظَ أيضاً أَنَّ جميع المستويات السمادية المضافة من السماد المركَّب حققت زيادة معنوية واضحة في متوسط الوزن الطري للنبات وصلت في بعضها إلى الضعف ممَّا هي عليه في نباتات المقارنة ذات المتوسط الأقل معنوياً 25.50 غم، إلى جانب ذلك فإِنَّ تأثير السماد المركَّب النانوي بالمستوى الموصى منهُ تفوّق معنوياً على نظيره العادي محرزين كلاهما (49.36 و 44.15) غم، على التوالي في حين لم يختلفا معنوياً فيما بينهما عند المستوى ضعف الموصى لكل منهما وكذلك عند مقارنة خلطهما بكِلا المستويين الموصى وضعف الموصى اللذينِ سجَّلا أعلى متوسط للصفة بلغ (52.72 و 53.41) غم، على التوالي.

ومن التداخل الثنائي لعامليّ الدراسة يظهر التفوق الواضح لتوليفات نبات الحبَّة الحلوة على توليفات النباتات الأخرى وكذلك الزيادة المطَّردة مع زيادة مستويات السماد المركَّب العادي والنانوي بالرغم من عدم وجود فروق معنوية داخل توليفات النبات الواحد عند المستويات السمادية المضاعفة

والخلطية، إلا أَنَّ أعلى متوسط للوزن الطري للنبات بلغَ (17.15 و 21.21 و 121.86) غم عند توليفة خليط السماد المركَّب بالمستوى ضعف الموصى مع نباتات الكمون، والينسون، والحبَّة الحلوة على التوالي.

جدول 6: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط الوزن الطري للنبات (غم. نبات$^{-1}$)، لثلاثة أَنواع من نباتات العائلة الخيمية

النباتات	السماد المركَّب NPK						متوسط تأثير النبات
	المقارنة	موصى		ضعف الموصى		خليط (عادي + نانوي)	
		عادي	نانوي	عادي	نانوي	موصى	ضعف الموصى	
كمون	4.31	13.03	13.94	15.94	16.44	16.95	17.15	13.97
ينسون	5.21	12.43	19.75	19.85	20.17	20.50	21.21	17.02
حبة حلوة	66.98	106.98	114.40	118.72	119.82	120.72	121.86	109.93
متوسط تأثير السماد المركَّب	25.50	44.15	49.36	51.50	52.14	52.72	53.41	
LSD $_{(P \leq 0.05)}$	للنبات = 1.05			للسماد المركَّب = 1.61			للتداخل = 2.79	

4-1-7: الوزن الجاف للنبات (غم) Plant Dry Weight

نتائج الوزن الجاف للنبات الواردة في الجدول (7) أعطت الطابع ذاته لنتائج الجدول (6)؛ إِذْ بلغَ أعلى متوسط للوزن الجاف للنبات عند نبات الحبَّة الحلوة (44.66 غم) مقارنةً بنبات الكمون (9.66 غم)، والينسون (8.52 غم)، وبتفوقٍ معنويٍ فيما بينهما على التوالي. كما أعطت جميع المستويات المضافة من السماد المركَّب تفوقاً معنوياً للوزن الجاف للنبات وصلَ إلى أعلاه عند معاملة الخليط بالمستوى ضعف الموصى إِذْ بلغَ 27.06 غم مقابل 9.44 غم عند نباتات المقارنة إلى جانب ذلك تفوّقْ المعاملات السمادية النانوية معنوياً على مثيلتها العادية في زيادة الصفة المستهدفة.

وفيما يخص التداخل الثنائي فأعطت توليفات نبات الحبَّة الحلوة التفوق المعنوي على توليفات النباتات الأخرى فضلاً عن الزيادة المعنوية المتناسبة طردياً مع زيادة مستوى السماد المستعمل إلى جانب ملاحظة عدم وجود فروق معنوية داخل توليفات نبات الينسون عند مستويات السماد المضاعفة، أو بين خليطهما الموصى وضعف الموصى، إِذْ سجَّلَ السماد النانوي بالمستوى ضعف الموصى تفوقاً معنوياً على نظيرهِ السماد العادي، في حين لم تعطِ توليفات السماد المركب الموصى

(العادي والنانوي) والخليط لنبات الكمون فروقات معنوية فيما بينها لصفة الوزن الجاف للنبات على الرغم من الزيادة الطفيفة مع زيادة مستوى السماد المضاف، كما سُجِّلَت أعلى المتوسطات للصفة قيد الدراسة عند توليفة مضاعفة خليط السماد المركَّب مع نباتات الحبَّة الحلوة، والكمون، والينسون، والتي بلغت (57.05 و 10.97 و 13.16) غم، على التوالي.

جدول 7: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط الوزن الجاف للنبات (غم. نبات$^{-1}$)، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية

النباتات	السماد المركَّب NPK						متوسط تأثير النبات
	المقارنة	موصى		ضعف الموصى		خليط (عادي + نانوي)	
		عادي	نانوي	عادي	نانوي	موصى	ضعف الموصى	
كمون	2.79	8.68	8.78	10.27	11.87	12.07	13.16	9.66
ينسون	2.89	6.38	8.98	9.37	10.27	10.77	10.97	8.52
حبة حلوة	22.64	32.47	41.45	51.15	52.67	55.22	57.05	44.66
متوسط تأثير السماد المركَّب	9.44	15.84	19.74	23.60	24.94	26.02	27.06	
LSD $_{(P \leq 0.05)}$	للنبات = 0.42			للسماد المركَّب = 0.64			للتداخل = 1.12	

4-1-8: عدد المظلات (مظلة. نبات$^{-1}$) Umbels Number

الجدول (8) يُظهر التأثير المعنوي لعامليّ الدراسة في زيادة عدد المظلات للنبات؛ إذ سجَّلَ نبات الكمون أعلى عدداً للمظلات بلغَ 27.03 مظلة. نبات$^{-1}$ تلاهُ نبات الينسون 26.45 مظلة. نبات$^{-1}$ ثم الحبَّة الحلوة ذو العدد الأقل 9.52 مظلة. نبات$^{-1}$، على التوالي. وأظهرَ السماد المركَّب بمستوياته المختلفة زيادة مضاعفة لعدد المظلات مع زيادة مستوى السماد المستعمل وصولاً إلى أعلى متوسط للصفة عند خليط السماد المضاعف إذْ بلغَ 25.20 مظلة. نبات$^{-1}$ فضلاً عن التفوق المعنوي لمعاملات السماد النانوي على مثيلاتها من السماد العادي في عدد المظلات مقارنةً بنباتات المقارنة ذات المتوسط الأقل معنوياً 6.95 مظلة. نبات$^{-1}$.

وسجَّلَ التداخل بين النباتات، ومعاملات السماد المركَّب المتوسط ذاته لنباتيّ الكمون، والينسون عند معاملتهما بالمستوى الموصى من خليط السماد المركَّب إذْ بلغَ 31.32 مظلة. نبات$^{-1}$ وكذلك توليفة النباتين نفسها عند خليط السماد المضاعف، إذْ لم يختلف المتوسطانِ معنوياً فيما بينهما على الرغم من تسجيل الينسون 32.02 مظلة. نبات$^{-1}$ مقارنةً بالكمون 31.62 مظلة.

نبات$^{-1}$، هذا وإنَّ نباتي الكمون والحبَّة الحلوة عند معاملتهما بخليط السماد سواءً بالمستوى الموصى، أو ضعف الموصى منه لم يعطِ لعدد المظلات تأثيراً معنوياً على الرغم من الزيادة الملاحظة مع زيادة مستوى السماد؛ إذ سُجِّلَ مع نبات الكمون (31.32 و 31.62) مظلة. نبات$^{-1}$ ونبات الحبَّة الحلوة (11.67 و 11.97) مظلة. نبات$^{-1}$، على التوالي. ومن جانب آخر، فإنَّ عدد المظلات تضاعفَ بشكلٍ واضح ومعنوي بتأثير المعاملات السمادية مقارنةً بالصفة نفسها لنباتات المقارنة، وكما هي واردة في الجدول.

جدول 8: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط عدد مظلات النبات (مظلة. نبات$^{-1}$)، لثلاثة أَنواع من نباتات العائلة الخيمية

النباتات	السماد المركَّب NPK						متوسط تأثير النبات
	المقارنة	موصى		ضعف الموصى		خليط (عادي + نانوي)	
		عادي	نانوي	عادي	نانوي	موصى	ضعف الموصى	
كمون	7.48	29.22	29.62	29.82	30.12	31.32	31.62	27.03
ينسون	11.97	23.94	25.53	29.62	30.72	31.32	32.02	26.45
حبة حلوة	1.40	10.07	10.17	10.37	10.97	11.67	11.97	9.52
متوسط تأثير السماد المركَّب	6.95	21.08	21.77	23.27	23.94	24.77	25.20	
LSD $_{(P \leq 0.05)}$	للنبات = 0.23			للسماد المركَّب = 0.36			للتداخل = 0.62	

4-1-9: حاصل البذور (غم. نبات$^{-1}$) Seeds Yield

أظهرَت النتائج المتعلقة بحاصل البذور لكل نبات والواردة في جدول (9) أَنَّ حاصل البذور في نبات الحبَّة الحلوة بلغَ 19.91 غم. نبات$^{-1}$ وكان أعلى بمقدار أربعة أضعاف مما هو عليه في نبات الكمون أو الينسون اللذانِ سجَّلا (4.70 و 4.07) غم. نبات$^{-1}$، على التوالي إلى جانب ذلك تفوَّقَ نبات الكمون على نبات الينسون في الصفة ذاتها.

وأعطى السماد المركَّب النانوي بكِلا مستوييه حاصلاً أعلى للبذور مما هو عليه في السماد المركَّب العادي إذْ بلغ عند كلٍ منهما (9.36 و 10.86) غم. نبات$^{-1}$ للسماد النانوي و (8.92 و 10.50) غم. نبات$^{-1}$ للسماد العادي، على التوالي. في حين أَنَّ أعلى متوسط لحاصل البذور سُجِّل عند المعاملة بخليط السماد بكِلا مستوييه الموصى وضعف الموصى وبفارق معنوي فيما بينهما، إذْ بلغَ (11.13 و 11.83) غم. نبات$^{-1}$، على التوالي.

جدول 9: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط حاصل البذور للنبات (غم. نبات$^{-1}$)، لثلاثة أَنواع من نباتات العائلة الخيمية

النباتات	السماد المركَّب NPK						متوسط تأثير النبات
	المقارنة	موصى		ضعف الموصى		خليط (عادي + نانوي)	
		عادي	نانوي	عادي	نانوي	موصى	ضعف الموصى	
كمون	1.20	3.11	3.81	5.92	6.12	6.22	6.52	4.70
ينسون	1.10	3.91	4.31	4.21	4.81	4.91	5.21	4.07
حبة حلوة	10.63	19.75	19.95	21.36	21.66	22.26	23.76	19.91
متوسط تأثير السماد المركَّب	4.31	8.92	9.36	10.50	10.86	11.13	11.83	
LSD $(P \leq 0.05)$	للنبات = 0.17			للسماد المركَّب = 0.27			للتداخل = 0.47	

وفيما يتعلق بالتأثير المعنوي للتداخل فإنَّ نبات الحبَّة الحلوة عند جميع معاملات السماد المركَّب حقَّقَ أعلى المتوسطات لحاصل البذور مقارنةً بنظيراتها لنباتات الكمون والينسون إلى جانب تسجيل توليفة الخليط المضاعف للسماد المركَّب أعلى حاصلاً للبذور عند نباتات الحبَّة الحلوة، والكمون، والينسون إذْ بلغ (23.76 و 6.52 و 5.21) غم. نبات$^{-1}$، على التوالي مع ملاحظة عدم وجود اٌختلاف معنوي بين توليفتيّ خليط السماد المركَّب بالمستوى الموصى مع ضعف الموصى لنباتيّ الكمون والينسون والتي بلغَ متوسط كلاً منهما (6.22 و 6.52) غم. نبات$^{-1}$ و (4.91 و 5.21) غم. نبات$^{-1}$، على التوالي.

4-2: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في بعض صفات المحتوى الكيميائي للبذور، لثلاثة أَنواع من نباتات العائلة الخيمية

4-2-1: الزيت الثابت (%) Fixed Oil

بيَّنت النتائج الواردة في جدول (10) أَن أعلى محتوى للبذور من الزيت الثابت بلغَ عند نبات الكمون 10.62% مقارنةً بنبات الحبَّة الحلوة 3.58% والينسون 3.47% على التوالي وبتفوقٍ معنويٍ واضح فيما بينهما. كما أَنَّ تأثير السماد المركَّب بجميع مستوياته قيد الدراسة سجَّلَ تفوّقاً معنوياً لنسبة الزيت في بذور النباتات المُعاملة مقارنةً بنباتات المقارنة (5.05%)، إلى جانب ذلك تسجيل النباتات المعاملة بالخليط المضاعف للسماد المركَّب أعلى متوسط لمحتوى للزيت في البذور وبتفوق معنوي على جميع المتوسطات الأخرى بتأثير المستويات المختلفة للسماد، إذْ بلغ 6.80%،

ومن الملاحظ أيضاً في الجدول أَن السماد المركَّب النانوي بكِلا مستوييه الموصى وضعف الموصى سجَّلَ متوسطاً للصفة أعلى مما سجَّلهُ مثيلهِ السماد المركَّب العادي (الموصى وضعف الموصى) إِذْ بلغ عند كلٍ منهما (5.55 و 6.17)% للسماد النانوي و (5.42 و 5.79)% للسماد العادي، على التوالي.

جدول 10: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى البذور من الزيت الثابت (%)، لثلاثة أَنواع من نباتات العائلة الخيمية

النباتات	السماد المركَّب NPK						متوسط تأثير النبات
	المقارنة	موصى		ضعف الموصى		خليط (عادي + نانوي)	
		عادي	نانوي	عادي	نانوي	موصى	ضعف الموصى	
كمون	9.57	10.17	10.37	10.67	10.91	11.17	11.46	10.62
ينسون	2.58	2.69	2.80	3.19	3.77	4.30	4.98	3.47
حبة حلوة	2.99	3.39	3.47	3.51	3.83	3.90	3.97	3.58
متوسط تأثير السماد المركَّب	5.05	5.42	5.55	5.79	6.17	6.46	6.80	
LSD $_{(P \leq 0.05)}$	للنبات = 0.08			للسماد المركَّب = 0.12			للتداخل = 0.21	

وبيَّنَ التداخل الثنائي بين أَنواع النباتات ومستويات السماد المركَّب أَنَّ أعلى نسبة للزيت الثابت سُجِّلت لتوليفات نبات الكمون مع المستويات السمادية المختلفة وبتفوق معنوي بين توليفة وأخرى (عدا توليفتيَّ السماد المركب بالمستوى الموصى اللتان لم تختلفا معنوياً فيما بينهما) وصولاً لأعلاها عند توليفة الخليط المضاعف للسماد المركَّب إِذْ بلغت 11.46%. في حين سجَّلت جميع توليفات الينسون مع السماد المركَّب بكِلا نوعيّه ومستوياته تفوقاً معنوياً (عدا توليفتيَّ السماد المركب بالمستوى الموصى اللتان لم تختلفا معنوياً فيما بينهما) في نسبة الزيت الثابث مقارنةً بنبات المقارنة 2.58% عدا التوليفة المتضمنة السماد المركَّب العادي بالمستوى الموصى فإِنَّها سجلت 2.69% ولم تختلفْ معنوياً مع معاملة المقارنة، كما بلغت أعلى نسبة للزيت الثابت 4.98% عند توليفة الخليط المضاعف للسماد المركَّب. وفيما يخص نبات الحبَّة الحلوة فإِنَّ جميع توليفاته السمادية تفوّقت معنوياً بمحتوى بذور نباتاتها من الزيت الثابت على نباتات المقارنة ذات النسبة 2.99%، إلا أَنهُ عند المقارنة بين تأثير مستويا السماد الواحد، فنلاحظ عدم وجود فرق معنوي بين توليفتيّ السماد المركَّب العادي (الموصى وضعف الموصى) مع نبات الحبَّة الحلوة إِذ سجَّلتا (3.39 و 3.51)%،

على التوالي في حين لوحِظَ العكس مع توليفتيّ السماد المركَّب النانوي (الموصى وضعف الموصى) على نبات الحبَّة الحلوة إذ سجَّلتا تفوقاً معنوياً فيما بينهما ومتوسطاً بلغَ (3.47 و 3.83)%، على التوالي. هذا وأَنَّ أعلى محتوى لزيت الحبَّة الحلوة في البذور سجَّلتهُ الدراسة الحالية بلغت نسبته 3.97% عند توليفة الخليط المضاعف للسماد المركَّب، والتي لم تختلف معنوياً مع ما سجَّلتهُ نظيرتها الأقل مستوى سمادي منها (3.90%)، أو توليفة السماد المركَّب النانوي بالمستوى ضعف الموصى، وكما هي واردة في الجدول.

4-2-2: الكربوهيدرات الكلية (%) Total Carbohydrates

بيانات الجدول (11) أعطت تفوقاً معنوياً لنبات الحبَّة الحلوة على حساب نبات الينسون الذي تفوّقَ بدوره معنوياً على نبات الكمون في المحتوى الكربوهيدراتي الكلي للبذور، إذْ بلغَ (53.72 و 53.32 و 46.74)%، على التوالي. كما أعطت جميع المستويات المضافة قيد الدراسة من السماد المركَّب تفوقاً معنوياً طردياً لنباتاتها في زيادة المحتوى الكربوهيدراتي الكلي لبذورها مع زيادة مستوى السماد المضاف مقارنةً بنبات المقارنة ذي المحتوى الأقل معنوياً (48.46%) قياساً بأَعلى متوسط للصفة 53.61% عند خليط السماد المركَّب بالمستوى ضعف الموصى، وربطاً بذلك فإنَّ الفرق المعنوي في تأثير السماد المركَّب النانوي بالمستوى الموصى (50.54%) عن نظيرهِ ضعف الموصى (52.09%) كان أعلى مقارنةً بالمعاملات نفسها للسماد المركَّب العادي (49.96 و 51.03)%، على التوالي.

جدول 11: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى البذور من الكربوهيدرات الكلية (%)، لثلاثة أَنواع من نباتات العائلة الخيمية

النباتات	السماد المركَّب NPK						متوسط تأثير النبات
	المقارنة	موصى		ضعف الموصى		خليط (عادي + نانوي)	
		عادي	نانوي	عادي	نانوي	موصى	ضعف الموصى
كمون	44.33	45.33	45.90	46.54	47.34	48.53	49.23	46.74
ينسون	51.04	51.84	52.03	52.48	54.33	55.61	55.90	53.32
حبة حلوة	50.00	52.72	53.70	54.07	54.59	55.23	55.70	53.72
متوسط تأثير السماد المركَّب	48.46	49.96	50.54	51.03	52.09	53.12	53.61	
LSD $(P \leq 0.05)$	للنبات = 0.29			للسماد المركَّب = 0.44			للتداخل = 0.77	

التداخل المعنوي أعطى التأثير ذاته لعامليّ الدراسة بصورة منفردة مع بعض الٱختلافات البسيطة؛ إذْ لم يُسجّل فرقاً معنوياً بين توليفتيّ كلاً من نبات الحبَّة الحلوة مع خليط السماد المركَّب بالمستوى ضعف الموصى ونبات الينسون عند التوليفة نفسها وبمتوسط بلغَ (55.70 و 55.90)%، على التوالي، والأمر نفسه ينطبق على النباتين (الحبَّة الحلوة والينسون) مع توليفة خليط السماد المركَّب بالمستوى الموصى وذات المتوسط (55.23 و 55.61)%، على التوالي إلى جانب عدم وجود ٱختلاف معنوي عند مقارنة التوليفات الأربعة المذكورة فيما بينها. في حين يكون الفرق معنوياً عند المقارنة داخل توليفات السماد النانوي أو العادي بالموصى وضعف الموصى مع نباتيّ الحبَّة الحلوة والينسون مقارنةً بنباتات المقارنة ذات المتوسط 50.00% للحبَّة الحلوة و 51.04% للينسون. وفيما يخص نبات الكمون ذي المحتوى الكربوهيدراتي الأقل قياساً بالنباتينِ الآخرين، فإنَّ زيادة مستوى السماد المضاف أعطت زيادة معنوية عن نباتات المقارنة لجميع المستويات المُضافة، إلَّا أَنَّ توليفتيّ السماد العادي، وكذلك النانوي بالمستوى الموصى لنبات الكمون لم تختلف معنوياً فيما بينهما، إذ سجَّلتا (45.33 و 45.90)%، على التوالي بالرغم من تفوقهما المعنوي على نبات المقارنة ذي المحتوى 44.33%. كما أَنَّ أعلى محتوى كربوهيدراتي لبذور الكمون كان بواسطة توليفتيّ خليط السماد المركَّب بالمستويين الموصى وضعف الموصى، إذْ بلغ (48.53 و 49.23)%، على التوالي على الرغم من عدم ٱختلافهما معنوياً إلا أَنهما تفوّقَا معنوياً على باقي التوليفات الأخرى لنبات الكمون قيد الدراسة.

4-2-3: الألياف الغذائية (%) Dietary Fibers

أَظْهَرَ الجدول (12) زيادة معنوية في نسبة الألياف الغذائية لبذور النباتات قيد الدراسة؛ إذْ تدرَّجت الزيادة من الكمون صعوداً إلى الينسون ثم أعلاها عند الحبَّة الحلوة بمتوسط بلغ (12.96 و 18.51 و 24.53)%، على التوالي. وفيما يخص السماد المركَّب، فإنَّ تأثيره كانَ معنوياً أيضاً بجميع مستوياته مقارنةً بنباتات المقارنة إلى جانب التفوق المعنوي للسماد المركَّب النانوي بكِلا مستوييه مقارنةً بالسماد المركَّب العادي، فضلاً عن تسجيل أعلى نسبة للألياف الغذائية عند خليط السماد المركَّب بالمستوى ضعف الموصى 23.06% مقارنةً بالمستوى الأقل منهُ 22.20% أو مع باقي المستويات الأخرى للسماد قيد الدراسة ونباتات المقارنة 13.64%.

جدول 12: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى البذور من الألياف الغذائية (%)، لثلاثة أَنواع من نباتات العائلة الخيمية

النباتات	السماد المركَّب NPK						متوسط تأثير النبات
	المقارنة	موصى		ضعف الموصى		خليط (عادي + نانوي)	
		عادي	نانوي	عادي	نانوي	موصى	ضعف الموصى	
كمون	10.33	10.53	10.93	11.34	13.46	16.84	17.29	12.96
ينسون	12.14	14.80	17.90	18.40	19.30	22.60	24.40	18.51
حبة حلوة	18.45	22.66	23.56	25.56	26.85	27.16	27.48	24.53
متوسط تأثير السماد المركَّب	13.64	16.00	17.46	18.43	19.87	22.20	23.06	
LSD $(P \leq 0.05)$	للنبات = 0.23			للسماد المركَّب = 0.36			للتداخل = 0.62	

أما التداخل الثنائي بين النباتات ومستويات السماد المركَّب، فأعطى تفوقاً معنوياً واضحاً لتوليفات الدراسة على نباتات المقارنة وكذلك تفوقاً معنوياً للسماد النانوي على نظيره العادي عند كل مستوى إضافة (موصى وضعف الموصى) وللنبات نفسه، عدا توليفتيّ نبات الكمون مع السمادين العادي أو النانوي بالمستوى الموصى واللتان لم تختلفا معنوياً في نسبة الألياف الغذائية على الرغم من تسجيل توليفة السماد النانوي نسبة أعلى (10.93%) ممَّا هي عليه في السماد العادي (10.53%). هذا وأَنَّ توليفات السماد الخليط بالمستوى ضعف الموصى حققَّت لنباتات الكمون والينسون والحبَّة الحلوة أعلى المتوسطات لنسبة الأَلياف الغذائية بلغت (17.29 و 24.40 و 27.48)%، على التوالي والتي لم تختلف معنوياً مع مثيلاتها بالمستوى الموصى من خليط السماد المركَّب عدا نبات الينسون بتسجيلها المتوسطات (16.84 و 22.60 و 27.16)%، على التوالي، إلى جانب ذلك فإنَّ توليفة الخليط المضاعف للسماد المركَّب مع الحبَّة الحلوة كانت الأعلى نسبةً للألياف الغذائية والمتفوقة معنوياً على جميع التوليفات الأخرى الواردة في الجدول عدا مثيلتها من خليط السماد المركَّب (27.16%) فإنَّها لم تختلف معنوياً معها. كما أَنَّ توليفة خليط السماد المركَّب بالمستوى الموصى لنباتيّ الكمون والينسون تفوّقت معنوياً على مثيلاتها من توليفة السماد النانوي بالمستوى المضاعف في حين لم يكن هناك فرقاً معنوياً بين التوليفتين مع نبات الحبَّة الحلوة على الرغم من أَنَّ نسبة الألياف الغذائية كانت أعلى في توليفة الخليط 27.16% ممّا هي عليه في التوليفة الأخرى 26.85%.

4-2-4: البروتين الكلي (%) Total Protein

الجدول (13) يُلاحظ من خلالهِ أَنَّ نبات الكمون كان الأعلى محتوى للبروتين الكلي في البذور (18.40%) مقارنةً مع الينسون (16.56%)، والحبَّة الحلوة (14.39%)، على التوالي. كما أَنَّ نسبة البروتين الكلي للنبات عند مستويات السماد المركَّب تتناسب طردياً مع زيادة مستوى السماد مقارنةً بنباتات المقارنة ذات النسبة الأقل للصفة، ومن جهة أُخرى، فإنَّ السماد النانوي بالمستوى الموصى زادَ من نسبة البروتين الكلي من 14.94% عند معاملة المقارنة إلى 15.93% ثم إلى 17.13% بتأثير المستوى ضعف الموصى من السماد مقارنةً بالتأثير نفسه للسماد العادي عند مستوييّه الموصى وضعفهِ، إذْ بلغت نسبة البروتين الكلي عندهما (15.38 و 16.10)%، على التوالي. كما أَنَّ معاملة خليط السماد المركَّب بالمستوى المضاعف سجَّلت أعلى نسبة للبروتين الكلي (17.99%) فاقت معنوياً جميع المعاملات الأخرى بضمنها نظيرتها بالمستوى الأقل 17.69% التي هي الأخرى أبدت التفوّق المعنوي نفسه على باقي المعاملات الأخرى للسماد قيد الدراسة.

أما التداخل المعنوي، فأظهر التأثير نفسه للعوامل المنفردة، بيّدَ أَنَّ التفوق المعنوي للتوليفات بدا واضحاً وبصورة طردية عند المقارنة داخل كل نبات وكذلك بين النباتات إلا أَنَّ التوليفتين لنبات الكمون مع خليط السماد المركَّب بالمستويين الموصى وضعف الموصى لم يختلفا معنوياً فيما بينهما بالرغم من تسجيلهما أعلى النسب للبروتين الكلي (19.45 و 19.55)%، على التوالي إلى جانب ذلك تسجيل خليط السماد المركَّب بالمستوى ضعف الموصى لنباتيّ الينسون والحبَّة الحلوة (17.95 و 16.46)%، على التوالي.

جدول 13: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى البذور من البروتين الكلي (%)، لثلاثة أَنواع من نباتات العائلة الخيمية

النباتات	السماد المركَّب NPK						متوسط تأثير النبات
	المقارنة	موصى		ضعف الموصى		خليط (عادي + نانوي)	
		عادي	نانوي	عادي	نانوي	موصى	ضعف الموصى	
كمون	17.29	17.70	17.97	18.27	18.59	19.45	19.55	18.40
ينسون	14.66	15.46	16.56	16.76	17.05	17.45	17.95	16.56
حبة حلوة	12.87	12.97	13.26	13.26	15.76	16.16	16.46	14.39
متوسط تأثير السماد المركَّب	14.94	15.38	15.93	16.10	17.13	17.69	17.99	
LSD $_{(P \leq 0.05)}$	للنبات = 0.05			للسماد المركَّب = 0.07			للتداخل = 0.12	

4-2-5: النتروجين (%) Nitrogen

النتائج الواردة في الجدول (14) تشير إلى محتوى البذور من النتروجين وهي تُمثِّل حاصل قسمة نتائج الجدول (13) على معامل البروتين 6.25 (نسبة النتروجين الكلي في البروتينات = 16%)؛ إذ يُلاحظ من خلال الجدول (14) أَنَّ نبات الكمون كان الأعلى محتوى للنتروجين في البذور بلغَ 2.9446% مقارنةً مع الينسون 2.6489%، والحبَّة الحلوة 2.3024%، على التوالي. كما أَنَّ نسبة النتروجين الكلي للنبات عند مستويات السماد المركَّب تناسبت طردياً مع زيادة مستوى السماد مقارنةً بنباتات المقارنة ذات النسبة الأقل للنتروجين الكلي، ومن جانب آخر فإنَّ السماد النانوي بالمستوى الموصى زادَ من نسبة النتروجين الكلي من 2.3904% عند معاملة المقارنة إلى 2.5489% ثمَّ 2.7415% بتأثير المستوى ضعف الموصى من السماد مقارنةً بالتأثير نفسه للسماد العادي عند مستوييّه الموصى وضعفهِ، إذْ بلغت نسبة النتروجين الكلي عندهما (2.4601 و 2.5755)%، على التوالي. كما أَنَّ معاملة خليط السماد المركَّب بالمستوى المضاعف سجَّلت أعلى نسبة للنتروجين الكلي 2.8776% فاقت معنوياً جميع المعاملات الأخرى بضمنها نظيرتها بالمستوى الأقل 2.8298% والتي هي الأخرى أبدت التفوّق المعنوي نفسه على باقي المعاملات الأخرى للسماد قيد الدراسة.

جدول 14: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى البذور من النتروجين (%)، لثلاثة أَنواع من نباتات العائلة الخيمية

النباتات	السماد المركَّب NPK						متوسط تأثير النبات
	المقارنة	موصى		ضعف الموصى		خليط (عادي + نانوي)	
		عادي	نانوي	عادي	نانوي	موصى	ضعف الموصى	
كمون	2.7670	2.8324	2.8755	2.9234	2.9744	3.1117	3.1276	2.9446
ينسون	2.3457	2.4734	2.6489	2.6808	2.7287	2.7925	2.8723	2.6489
حبة حلوة	2.0585	2.0745	2.1223	2.1223	2.5213	2.5851	2.6330	2.3024
متوسط تأثير السماد المركَّب	2.3904	2.4601	2.5489	2.5755	2.7415	2.8298	2.8776	
LSD $(P \leq 0.05)$	للنبات = 0.0074			للسماد المركَّب = 0.0113			للتداخل = 0.0196	

الكمون مع خليط السماد المركَّب بالمستويين الموصى، وضعف الموصى لم يختلفا معنوياً فيما بينهما على الرغم من تسجيلهما أعلى النسب للنتروجين الكلي (3.1117 و 3.1276)%، على التوالي فضلاً عن تسجيل خليط السماد المركَّب بالمستوى ضعف الموصى لنباتيّ الينسون، والحبَّة الحلوة النِسب 2.8723 و 2.6330%، على التوالي.

4-2-6: الفسفور (%) Phosphorus

محتوى البذور من الفسفور للأَنواع النباتية الثلاثة قيد الدراسة والوارد في جدول (15) يُظهر التفوق المعنوي لنبات الحبَّة الحلوة على نباتيّ الينسون، والكمون على التوالي، إِذْ بلغَ (0.6073 و 0.5854 و 0.5270)%. ويُظهر السماد المركَّب بنوعيَه العادي، والنانوي تأثيره المعنوي في زيادة محتوى الفسفور في البذور؛ إِذْ أعطت الإضافة بالمستويات المختلفة لِكلا السمادين نتائج معنوية تناسبَ فيها المحتوى طردياً مع زيادة مستوى السماد وصولاً إلى أعلاه عند معاملة خليط السماد المركَّب بالمستوى ضعف الموصى والذي بلغَ 0.6190% مقارنةً بتأثير باقي المستويات الأخرى وكذلك نباتات المقارنة (0.5083%)، كما أَن السماد المركَّب النانوي بالمستوى الموصى تفوَّق معنوياً على نظيره العادي مُسجِّليّن كلاهما (0.5638 و 0.5488)%، على التوالي والأمر نفسه ينطبق على السمادين بالمستوى ضعف الموصى واللذان سجَّلا (0.5896 و 0.5779)% على التوالي بتفوّق معنوي للسماد النانوي على حساب السماد العادي مقارنةً بنباتات المقارنة.

جدول 15: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى البذور من الفسفور (%)، لثلاثة أَنواع من نباتات العائلة الخيمية

النباتات	السماد المركَّب NPK						متوسط تأثير النبات
	المقارنة	موصى		ضعف الموصى		خليط (عادي + نانوي)	
		عادي	نانوي	عادي	نانوي	موصى	ضعف الموصى	
كمون	0.4983	0.5003	0.5134	0.5324	0.5434	0.5485	0.5525	0.5270
ينسون	0.5354	0.5625	0.5805	0.5836	0.5956	0.6146	0.6257	0.5854
حبة حلوة	0.4913	0.5836	0.5976	0.6176	0.6297	0.6527	0.6788	0.6073
متوسط تأثير السماد المركَّب	0.5083	0.5488	0.5638	0.5779	0.5896	0.6053	0.6190	
LSD $(P \leq 0.05)$	للنبات = 0.0011			للسماد المركَّب = 0.0017			للتداخل = 0.0031	

وفيما يخص التداخل بين المستويات السمادية والنباتات قيد الدراسة فيُلاحظ من خلال الجدول أَنَّ الزيادة متوالية بشكلٍ مطَّرد مع زيادة مستوى السماد سواءً كان نوعهُ عادياً أم نانوياً، إِذْ بلغَ أعلى محتوى للفسفور في البذور وبتفوقٍ معنوي على جميع التوليفات الأخرى وفيما بينها عند توليفة خليط السماد المركَّب بالمستوى ضعف الموصى مع نباتات الحبَّة الحلوة، والينسون، والكمون، على التوالي (0.6788 و 0.6257 و 0.5525)%. وكما هو ملاحظ من بيانات التداخل في الجدول فإِنَّ ٱستجابة نبات الحبَّة الحلوة للمعاملات السمادية كانت الأعلى مقارنةً بنباتات الينسون أو الكمون عند المقارنة بين محتوى معاملة المقارنة مع المعاملات السمادية المختلفة لكل نبات.

4-2-7: البوتاسيوم (%) Potassium

يُظهر جدول (16) أَن محتوى بذور الحبَّة الحلوة من البوتاسيوم كان الأعلى معنوياً مقارنةً بما هو عليه في الينسون، والكمون على التوالي، إِذْ بلغَ متوسط الصفة عند النباتات المذكورة (2.2433 و 1.9307 و 1.8431)%، على التوالي. كما يُظهر أيضاً أَنَّ جميع المستويات السمادية المضافة من السماد المركَّب حققَّت زيادة معنوية واضحة في متوسط محتوى البوتاسيوم وصلت في بعضها إلى الضعف ممَّا هي عليه في نباتات المقارنة ذات المتوسط الأقل معنوياً 1.7470%، إلى جانب ذلك فإِنَّ تأثير السماد المركَّب النانوي بالمستوى الموصى، وضعف الموصى منهُ تفوّق معنوياً على نظيره العادي مُسجِّلين كلاهما (1.8062 و 1.7673)% للموصى و (2.0692 و 1.9997)% لضعف الموصى، على التوالي. كما أَنَّ أعلى محتوىً للبوتاسيوم في الدراسة الحالية سجَّلته معاملتا الخليط للسماد المركَّب بالمستويين الموصى وضعف الموصى وبفارق معنوي للأخير، إذ بلغت النسبة للبوتاسيوم عندهما (2.2723 و 2.3783)%، على التوالي مقارنةً بجميع المعاملات الأخرى.

ومن التداخل الثنائي لعامليّ الدراسة يظهر التفوق الواضح لتوليفات نبات الحبَّة الحلوة ذات المحتوى البوتاسيومي الأقل في نباتات المقارنة (1.6855%) قياساً بنباتيّ الينسون، والكمون، وكذلك الزيادة المطَّردة مع زيادة مستويات السماد المركَّب العادي، والنانوي إِذْ بلغَ أعلى متوسط لمحتوى البوتاسيوم في بذور النباتات (2.9721 و 2.2251 و 1.9378)% عند توليفة خليط السماد المركَّب بالمستوى ضعف الموصى مع نباتات الحبَّة الحلوة، والينسون، والكمون على التوالي.

ومما يجدر ذكره أنَّ توليفتيّ التداخل الثنائي لنباتيّ الكمون والينسون مع السماد المركب العادي بالمستوى الموصى لم تختلفا معنوياً مع نباتات مقارنتهما، فضلاً عن ذلك فإنَّ التوليفات المتضمنة الخليط من السماد المركب بكِلا مستوييه عند جميع النباتات قيد الدراسة كانت متفوقة معنوياً فيما بينها، وكما هي واردة في الجدول ذاته.

جدول 16: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى البذور من البوتاسيوم (%)، لثلاثة أَنواع من نباتات العائلة الخيمية

النباتات	السماد المركَّب NPK							متوسط تأثير النبات
	المقارنة	موصى		ضعف الموصى		خليط (عادي + نانوي)		
		عادي	نانوي	عادي	نانوي	موصى	ضعف الموصى	
كمون	1.7753	1.7872	1.8002	1.8371	1.8511	1.9129	1.9378	1.8431
ينسون	1.7802	1.7912	1.8052	1.8481	1.9069	2.1582	2.2251	1.9307
حبة حلوة	1.6855	1.7234	1.8132	2.3138	2.4495	2.7457	2.9721	2.2433
متوسط تأثير السماد المركَّب	1.7470	1.7673	1.8062	1.9997	2.0692	2.2723	2.3783	
LSD $_{(P \leq 0.05)}$ للنبات = 0.0078 للسماد المركَّب = 0.0120 للتداخل = 0.0208								

4-2-8: الفلافونويدات (ملغم. غم$^{-1}$) Flavonoids

الجدول (17) يُظهر التأثير المعنوي لعامليّ الدراسة في زيادة محتوى بذور النباتات من الفلافونويدات؛ إذْ سجَّلَ نبات الكمون أعلى نسبة بلغت 19.044%، ثمَّ نبات الينسون 16.270 ملغم. غم$^{-1}$، والحبَّة الحلوة 14.808 ملغم. غم$^{-1}$، على التوالي. وأَظهرَ السماد المركَّب بمستوياته المختلفة زيادة معنوية لنسبة الفلافونويدات مع زيادة مستوى السماد المستعمل وصولاً إلى أعلى متوسط عند خليط السماد المضاعف إذْ بلغَ 19.1477 ملغم. غم$^{-1}$، فضلاً عن التفوق المعنوي لمعاملات السماد النانوي على مثيلاتها من السماد العادي في المحتوى الفلافونويدي مقارنةً بنباتات المقارنة ذات المتوسط 14.786 ملغم. غم$^{-1}$.

وسجَّلَ التداخل بين النباتات ومعاملات السماد المركَّب المتوسط الأعلى للفلافونويدات وبتفوّق معنوي على جميع التوليفات الأخرى عند نبات الكمون ومُعاملتهِ بالمستوى ضعف الموصى من خليط السماد المركَّب إذْ بلغَ 21.447 ملغم. غم$^{-1}$، إلى جانب ذلك تسجيل التوليفة نفسها لنباتيّ الينسون

والحبَّة الحلوة أعلى محتوى من الفلافونويدات بلغَ (18.108 و 17.888) ملغم. غم$^{-1}$، على التوالي.

ومما يجدر الإشارة إليه أنَّ المحتوى الفلافونويدي لبذور النباتات تضاعفَ بشكلٍ واضح ومعنوي مع زيادة المعاملات السمادية مقارنةً بالصفة نفسها لنباتات المقارنة عدا التوليفة المتضمنة معاملة نبات الينسون بالمستوى الموصى من السماد المركب العادي والتي أنخفضَ معها معنوياً المحتوى الفلافونويدي لبذور النبات إلى 14.860 ملغم. غم$^{-1}$ مقارنةً بـ 15.010 ملغم. غم$^{-1}$ لنباتات المقارنة، وكما هي واردة في الجدول.

جدول 17: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى البذور من الفلافونويدات (ملغم. غم$^{-1}$)، لثلاثة أَنواع من نباتات العائلة الخيمية

النباتات	السماد المركَّب NPK						متوسط تأثير النبات
	المقارنة	موصى		ضعف الموصى		خليط (عادي + نانوي)	
		عادي	نانوي	عادي	نانوي	موصى	ضعف الموصى	
كمون	17.015	17.587	18.499	18.840	19.392	20.525	21.447	19.044
ينسون	15.010	14.860	15.732	15.782	16.534	17.868	18.108	16.270
حبة حلوة	12.333	12.734	13.676	14.839	15.401	16.785	17.888	14.808
متوسط تأثير السماد المركَّب	14.7860	15.0603	15.9690	16.4870	17.1090	18.3927	19.1477	
LSD $_{(P \leq 0.05)}$	للنبات = 0.053			للسماد المركَّب = 0.082			للتداخل = 0.142	

4-2-9: الألفا-بينين (%) Alpha-Pinene

أظهرت البيانات المعروضة ضمن الجدول (18) أَنَّ المادة الفعَّالة Alpha-pinene بلغت أعلى نسبة لها في نبات الحبَّة الحلوة 9.600% وهي أعلى من ضعفيّ ما سُجِّل لنبات الكمون 3.431% في حين كانت النسبة واطئة جداً لنبات الينسون 0.216%، فضلاً عن التفوق المعنوي الواضح بين النسب المذكورة أَنفاً. وفيما يخص السماد المركَّب فإنَّ المعاملة بالمستوى الموصى للسماد العادي والنانوي خفَّضت معنوياً من تركيز المادة الفعَّالة من 3.606% لمعاملة المقارنة إلى (3.551 و 3.053)% عند المستوى الموصى للسماد العادي والنانوي على التوالي، في حين أَنَّ السماد العادي بالمستوى المضاعف حقَّقَ أَعلى نسبة للمادة الفعَّالة وبتفوق معنوي على باقي المعاملات الأخرى إذْ بلغت 6.468% مقارنةً بثاني أعلى نسبة للمادة الفعالة بتأثير المستوى

المضاعف للسماد النانوي 5.079%، هذا وأنَّ الخليط الموصى وضعف الموصى للسماد المركَّب سجَّلَ زيادة معنوية في تركيز المادة الفعَّالة تناسبت طردياً مع زيادة المستوى السمادي إذْ بلغت (4.452 و 4.704)%، على التوالي وبتفوقٍ معنويٍ فيما بينهما، وكذلك مع معاملة المقارنة.

جدول 18: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى البذور من Alpha–Pinene (%)، لثلاثة أنواع من نباتات العائلة الخيمية

النباتات	السماد المركَّب NPK						متوسط تأثير النبات
	المقارنة	موصى		ضعف الموصى		خليط (عادي + نانوي)	
		عادي	نانوي	عادي	نانوي	موصى	ضعف الموصى	
كمون	3.950	2.476	2.947	4.145	3.981	3.981	2.538	3.431
ينسون	6.601	7.880	6.007	15.084	11.052	9.241	11.339	9.600
حبة حلوة	0.266	0.297	0.205	0.174	0.205	0.133	0.235	0.216
متوسط تأثير السماد المركَّب	3.606	3.551	3.053	6.468	5.079	4.452	4.704	
LSD $(P \leq 0.05)$	للنبات = 0.055		للسماد المركَّب = 0.084		للتداخل = 0.146			

أما التداخل بين عامليّ الدراسة، فحقَّقَ أعلى تركيزاً لـ Alpha–Pinene وبتفوقٍ معنويٍ واضح على باقي التوليفات الأخرى للتداخل عند توليفة نبات الينسون مع السماد المركَّب العادي بالمستوى المضاعف إذْ بلغت 15.084%، كما يلاحظ أنَّ جميع التوليفات لنبات الينسون كانت متفوقة معنوياً على توليفة المقارنة عدا التوليفة المتضمنة السماد النانوي بالمستوى الموصى، فإنَّها انخفضت بتركيز مادتها الفعَّالة إلى 6.007% عن 6.601% لنباتات المقارنة، وفي الاتجاه نفسه فإنَّ توليفة الخليط المضاعف للسماد المركَّب مع نبات الينسون سجَّلت ثاني أعلى تركيز للمادة الفعَّالة 11.339% وبتفوقٍ معنويٍ على ما سجَّلتهُ توليفة السماد النانوي بالمستوى المضاعف من نسبة بلغت 11.052%. وفيما يخص نبات الكمون فإنَّ توليفة السماد العادي بالمستوى ضعف الموصى هي الوحيدة التي تفوقت معنوياً على توليفة المقارنة وباقي التوليفات الأخرى للنبات وسجَّلت 4.145%، بينما سجَّلت توليفة السماد النانوي بالمستوى المضاعف، وكذلك توليفة خليط السماد المركَّب بالمستوى الموصى لنبات الكمون متوسطاً متساوياً لتركيز المادة الفعَّالة بلغَ 3.981% والذي لم يختلف معنوياً مع توليفة المقارنة ذات المتوسط 3.950%.

أما نبات الحبَّة الحلوة، فإنَّ توليفة السماد العادي بالمستوى الموصى هي الوحيدة التي أحرزت نسبة 0.297% أعلى من توليفة المقارنة لها 0.266%، إلا أنها لم تختلف معها معنوياً فضلاً عن ٱنخفاض نسبة المادة الفعَّالة عند باقي التوليفات الأخرى لنبات الحبَّة الحلوة عن توليفة المقارنة.

4-2-10: الليمونين (%) D-Limonene

المادة الفعَّالة الليمونين في الجدول (19) زادت من 0.786% في نبات الحبَّة الحلوة إلى 19.199% في نبات الكمون وصولاً إلى أعلاها 24.234% في نبات الينسون وبتفوقٍ معنويٍ فيما بينهما. وتفوَّقت معاملة السماد المركَّب النانوي بالمستوى الموصى معنوياً على جميع المعاملات الأخرى بضمنهما معاملة المقارنة في تسجيل نسبة للمادة الفعَّالة الليمونين بلغت 14.876% عدا معاملة السماد المركَّب العادي بالمستوى ضعف الموصى والتي سجَّلت أعلى نسبة للمادة الفعَّالة (20.467%) فاقت المستويات السمادية قيد الدراسة بضمنها معاملة السماد المركَّب النانوي بالمستوى الموصى منه.

جدول 19: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى البذور من D-Limonene (%)، لثلاثة أَنواع من نباتات العائلة الخيمية

النباتات	السماد المركَّب NPK						متوسط تأثير النبات
	المقارنة	موصى		ضعف الموصى		خليط (عادي + نانوي)	
		عادي	نانوي	عادي	نانوي	موصى	ضعف الموصى	
كمون	22.503	13.283	13.528	32.163	19.423	17.018	16.476	19.199
ينسون	15.811	25.675	30.055	28.705	20.641	24.171	24.580	24.234
حبة حلوة	2.906	1.003	1.044	0.532	0.645	0.000	0.000	0.876
متوسط تأثير السماد المركَّب	13.740	13.320	14.876	20.467	13.570	13.730	13.685	
LSD $_{(P \leq 0.05)}$ للنبات = 0.149 للسماد المركَّب = 0.228 للتداخل = 0.395								

وحقَّقت توليفة نبات الكمون بالمستوى ضعف الموصى للسماد المركَّب العادي أعلى نسبة للمادة الفعَّالة بلغت 32.163% وتفوقت بدورها معنوياً على جميع التوليفات الأخرى الواردة في الجدول (19) إلى جانب ذلك فأَنَّ جميع توليفات السماد المركَّب لنبات الكمون عدا التوليفة السابقة ٱنخفضت معنوياً عن توليفة المقارنة ذات النسبة 22.503%. وفيما يتعلق بنبات الينسون فإنَّ جميع

التوليفات السمادية لهُ فاقت معنوياً توليفة المقارنة لها (15.811%) وبالأخص عند توليفة السماد النانوي بالمستوى الموصى والتي سجَّلت 30.055%، وهي تعد ثاني أعلى نسبة للمادة الفعَّالة بعد النسبة المُسجَّلة لنبات الكمون، والتي تفوَّقت بدورها هي الأخرى معنوياً على جميع التوليفات الأخرى قيد الدراسة ضمن الجدول ذاته. وعند ذِكر نبات الحبَّة الحلوة فإنَّ جميع توليفاته ٱنخفضت معنوياً عن توليفة المقارنة (2.906%) فضلاً عن عدم تسجيل أي نسبة لمادة الليمونين في بذور الحبَّة الحلوة عند توليفة الخليط من السماد المركَّب بكِلا مستوييه الموصى وضعف الموصى على التوالي.

4-2-11: الستغماستيرول (%) Stigmasterol

أعطت بيانات الجدول (20) تفوقاً معنوياً لنبات الكمون على نبات الحبَّة الحلوة الذي تفوّقَ بدوره هو الآخر معنوياً على نبات الينسون، إذْ بلغَت نسبة المادة الفعَّالة (1.878 و 1.528 و 0.759)%، على التوالي. وسجَّلَ السماد المركَّب العادي والنانوي بالمستوى الموصى وكذلك خليط السماد المركَّب بالمستوى نفسه ٱنخفاضاً معنوياً لمادة السكماستيرول التي بلغت نسبتها (1.201 و 1.015 و 1.137)%، على التوالي مقارنةً بمعاملة المقارنة ذات النسبة 1.219%، كما أَنَّ معاملة السماد المركَّب العادي بالمستوى ضعف الموصى سجَّلت أعلى نسبة للمادة الفعَّالة بلغت 1.870% تلتها معاملة الخليط المضاعف للسماد المركَّب (1.837%) ثم معاملة السماد النانوي بالمستوى المضاعف (1.439%)، بالترتيب.

جدول 20: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى البذور من Stigmasterol (%)، لثلاثة أَنواع من نباتات العائلة الخيمية

النباتات	السماد المركَّب NPK						متوسط تأثير النبات
	المقارنة	موصى		ضعف الموصى		خليط (عادي + نانوي)	
		عادي	نانوي	عادي	نانوي	موصى	ضعف الموصى	
كمون	1.589	1.802	1.741	2.678	1.670	1.629	2.037	1.878
ينسون	0.886	0.631	0.540	0.764	0.998	0.733	0.764	0.759
حبة حلوة	1.181	1.171	0.764	2.169	1.650	1.049	2.709	1.528
متوسط تأثير السماد المركَّب	1.219	1.201	1.015	1.870	1.439	1.137	1.837	
LSD $_{(P \leq 0.05)}$	للنبات = 0.006			للسماد المركَّب = 0.010			للتداخل = 0.016	

التداخل المعنوي بين عامليّ الدراسة أبدى تأثيراً مغايراً لتأثير العوامل المنفردة؛ إذْ سجلت توليفة الخليط المضاعف للسماد المركَّب مع نبات الحبَّة الحلوة أعلى نسبة لمادة السكماستيرول 2.709% مقارنةً بجميع التوليفات الأخرى ضمن الجدول (20)، تقابلها أعلى نسبة للمادة الفعَّالة في نبات الكمون 2.678% عند توليفة السماد العادي بالمستوى ضعف الموصى، ولنبات الينسون 0.998% عند توليفة السماد النانوي بالمستوى ضعف الموصى وبفارقٍ معنويٍ فيما بينهما مقارنةً بباقي التوليفات الأخرى.

4-2-12: الكاما-سيتوستيرول (%) Gamma-Sitosterol

أظهرَت نتائج الجدول (21) أَنَّ المادة الفعَّالة كاما-سيتوستيرول سجَّلت أعلى تركيزاً لها في نبات الحبَّة الحلوة بلغَ 2.993% وبتفوقٍ معنوي على حساب 2.110% لنبات الكمون، و 0.879% لنبات الينسون، على التوالي. في حين لم يعطِ السماد المركَّب بنوعيّه العادي والنانوي ومستوياتهما المختلفة تفوقاً معنوياً لمعاملاتهما في زيادة مادة الكاما-سيتوسترول إذ أنخفضت جميعها وبشكلٍ معنوي عن معاملة المقارنة التي سجَّلت أعلى تركيزاً للمادة الفعَّالة بلغ 2.581%.

أما التأثير المعنوي للتداخل بين عامليّ الدراسة، فكان متغايراً بعض الشيء عن التأثير المنفرد للعوامل؛ إذْ ظهرَ سلبياً على نبات الكمون من خلال تسجيل جميع التوليفات السمادية للنبات أنخفاضاً معنوياً لمادة الكاما-سيتوستيرول عن توليفة المقارنة ذات التركيز الأعلى 4.373% مقارنةً بجميع تراكيز المادة الفعَّالة الناتجة عن توليفات النباتين الآخرين بضمنها توليفات المقارنة. في حين سجَّلت توليفة السماد النانوي بالمستوى ضعف الموصى لنبات الينسون التفوّق المعنوي الوحيد على توليفة المقارنة في زيادة تركيز مادة الكاما-سيتوستيرول الذي بلغَ (1.083 و 1.001)%، على التوالي مقارنةً بجميع التوليفات الأخرى لنبات الينسون والتي خفَّضت معنوياً من تلك المادة الفعالة. كما أَنَّ أستجابة نبات الحبَّة الحلوة للمعاملات السمادية المختلفة كانت متفوقة معنوياً عند جميع توليفات النبات على توليفة المقارنة ذات المتوسط 2.370% عدا توليفة السماد النانوي بالمستوى الموصى فكانت سلبية التأثير مقارنةً بتوليفة المقارنة إذ سجَّلت 2.146%. هذا وإنَّ توليفة السماد العادي بالمستوى ضعف الموصى مع نبات الحبَّة الحلوة أعطت أعلى تركيزاً للمادة الفعَّالة بلغَ 3.903% ضمن توليفات النبات، وثاني أعلى تركيزاً ضمن الجدول (21) تلتها توليفة الخليط

المضاعف للسماد المركَّب، ثم توليفة السماد النانوي بالمستوى ضعف الموصى وبتفوّقٍ معنويٍ فيما بينهما بتسجيل كلٍ منهما تركيزاً لمادة الكاما–سيتوستيرول بلغ (3.760 و 3.474)%، على التوالي.

جدول 21: تأثير المستويات المختلفة للسماد المركَّب NPK العادي والنانوي في متوسط محتوى البذور من Gamma–Sitosterol (%)، لثلاثة أَنواع من نباتات العائلة الخيمية

النباتات	السماد المركَّب NPK							متوسط تأثير النبات
	المقارنة	موصى		ضعف الموصى		خليط (عادي + نانوي)		
		عادي	نانوي	عادي	نانوي	موصى	ضعف الموصى	
كمون	4.373	1.686	1.665	2.023	1.584	1.573	1.870	2.110
ينسون	1.001	0.817	0.531	0.838	1.083	0.950	0.930	0.879
حبة حلوة	2.370	2.902	2.146	3.903	3.474	2.401	3.760	2.993
متوسط تأثير السماد المركَّب	2.581	1.802	1.447	2.255	2.047	1.641	2.187	
LSD $_{(P \leq 0.05)}$	للنبات = 0.013			للسماد المركَّب = 0.020			للتداخل = 0.036	

5: المناقشة Discussion

5-1: تفسير بيانات النتائج وفق المعطيات الواردة في الجداول (1 – 21)

إنَّ العناية بموضوع النباتات الطبية والعطرية يرجع إلى كونها أول المصادر الرئيسة للحصول على الأدوية منذ بدء الخليقة؛ إذْ ٱستعمل الإنسان النباتات في غذائهِ ولتخفيف آلامهِ وعلاج أمراضهِ المختلفة وذلك من خلال ٱستعمال أحد أجزاء النبات أو بكاملهِ بعد نقعه أو غليه أو عمَلهِ على شكل لبخة (مُسحة) من دون التأكد منه والبحث عنْ المادة التي يحويها والتي تُسبب الفعل العلاجي أو الجزء من النبات ذي الفائدة العلاجية، ولكن إعتماداً على التجربة فقط، وبتقدم العلوم والتكنولوجيا أصبح بٱستطاعة العلماء والباحثين فصل المواد الفعّالة من النباتات الحاوية عليها وتحضيرها بالشكل الذي يلائم إستعمالها والحالة المرضية التي تستعمل من أجلها، وعند التحدث عن النباتات الطبية والعطرية وأهميتها وزراعتها وخدمتها بعد الزراعة وما يلي ذلك من عمليات الجمع والتجهيز ومعرفة الطرائق المختلفة لزيادة المواد الفعّالة وٱستخلاصها فإننا ندخل بآلية التخليق الحيوي للمواد الفعالة داخل النباتات من خلال التحفيز بعوامل خارجية أو داخلية الفائدة منها زيادة المحتوى الكيميائي للنبات وما لهُ من علاقة وثيقة بالأمور الطبية والصناعات الغذائية، بيّدَ أنَّ النباتات قيد الدراسة تُعدْ الأساس لِما ذُكِرَ آنفاً (Rai وآخرون، 2012؛ و Al-Hashemi، 2014؛ Al-Snafi، 2015a,b؛ Al-Snafi، 2016).

وتلعب التغذية دوراً أساسياً في نمو النبات وتطوّرهِ، وفي حالة النباتات الطبية فإنَّ زيادة المغذيات تُحفز النبات على زيادة حاصلهِ وتخليق الزيوت الأساسية والمواد الفعّالة (Aziz وآخرون، 2010؛ Jabbari وآخرون، 2011؛ Sharafzadeh وآخرون، 2011a,b؛ Zheljazkov وآخرون، 2010، 2011). ومن جانب آخر فإنَّ التسميد غير المتوازن وٱنخفاض المادة العضوية للتربة يكون تأثيرها سلبياً على حاصل النبات ومحتواه الكيميائي، فضلاً عن تأثير الإضافات المفرطة للأسمدة النتروجينية والفسفورية على بُنية النبات وبيئتهِ من ناحية التربة وماء الري، كما أنَّ حدوث هذه الحالات جنباً إلى جنب مع حقيقة أنَّ كفاءة ٱستخدام الأسمدة التقليدية تبلغ حوالي 20 – 50% للنتروجين و 10 – 25% للفسفور تعني خسائر كبيرة بكميات الأسمدة المُضافة مقابل ٱستفادة قليلة من قِبل النباتات (Tarafdar وآخرون، 2013). في حين تكون كفاءة ٱستخدام الأسمدة النانوية من النتروجين والفسفور عالية جداً وسريعة التحرر والإمتصاص بواسطة النباتات، مما يقلل من خسارة

المغذيات وتجنب تفاعل المغذيات مع التربة والكائنات الدقيقة والماء والهواء (DeRosa وآخرون، 2010).

أظهَرت نتائج الدراسة الحالية أنَّه عند المقارنة بين نباتات العائلة الخيمية المتمثلة بالكمون والينسون، والحبَّة الحلوة؛ فإنَّ نبات الحبَّة الحلوة تفوَّق معنوياً على نباتيّ الكمون والينسون في صفة ٱرتفاع النبات، والمساحة الورقية الكلية، والوزنين الطري والجاف للمجموع الخضري، وحاصل البذور للنبات الواحد، ومحتوى البذور من الكربوهيدرات الكلية، والألياف الغذائية، والفسفور، والبوتاسيوم، والمادة الفعّالة Gamma–Sitosterol الواردة ضمن الجداول (1 و 4 و 6 و 7 و 9 و 11 و 12 و 15 و 16 و 21) في حين تفوَّقَ نبات الكمون معنوياً على نباتيّ الحبة الحلوة والينسون في صفة عدد الأوراق للنبات، وعدد المظلات لكل نبات، ومحتوى البذور من الزيت الثابت، والبروتين الكلي، والنتروجين الكلي، والفلافونويدات، والمادة الفعّالة Stigmasterol ضمن الجداول (2 و 8 و 10 و 13 و 14 و 17 و 20)، أما نبات الينسون فكان متفوقاً معنوياً على النباتين السابقين في صفة عدد الأفرع للنبات، ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي، ومحتوى البذور من المادتين الفعالتين alpha–Pinene و D–Limonene في الجداول (3 و 5 و 18 و 19) على التوالي. والسبب في ذلك يُعزى إلى الطبيعة الوراثية لكل نوع نباتي والتي تحدد بدورها صفاته المظهرية، ومحتواه الداخلي، وطريقة نموِّهِ، والظروف المحددة لهُ (Barrett و Kohn، 1991).

وفيما يخص المعاملات السمادية بالسماد المركَّب NPK العادي أو النانوي أو الخليط بينهما فإنَّ جميع صفات النمو والمحتوى الكيميائي للبذور عدا المواد الفعالة زادت بشكلٍ طردي مع زيادة المستويات السمادية متفوقةً بشكلٍ معنوي عند خليط السماد المركَّب بالمستوى ضعف الموصى أو الموصى عند بعض الحالات فضلاً عن تفوق معاملات السماد النانوي على مثيلتها من السماد العادي؛ والسبب في ذلك يعود إلى ٱحتواء الأسمدة النتروجينية التقليدية على دقائق ذات حجم يتجاوز 100 نانومتر مما يجعلها صعبة الٱمتصاص من قِبل النباتات، الأمر الذي يؤدي إلى ٱنخفاض كفاءة ٱستخدام السماد وبالأخص النتروجين Nitrogen utilization efficiency (NUE) من قِبل النباتات، وبالتالي فإنَّ زيادة كفاءة ٱستخدام السماد بواسطة النباتات تتم عن طريق الأسمدة النانوية التي تتميز بكونها مواد ذات وحدة واحدة تتراوح بين 1 و 100 نانومتر في الحجم في بُعدٍ واحد على الأقل (Liu و Lal، 2015)، وتتميز بدرجة عالية من التفاعل بسبب مساحة السطح الأكثر دقة والكثافة الأكبر للمناطق التفاعلية وزيادة تفاعل هذه المناطق على أسطح الجسيمات مما تُسهِّل على

النبات آمتصاصها بسهولة (Anonymous، 2009). كما أنَّ الفرق بين مضاعفة الأسمدة النانوية عن العادية من ناحية التأثير في صفات النبات هو أنَّ الأسمدة النانوية تسبب زيادة في كفاءة آستخدام المغذيات وتقلل من سمية التربة والآثار السلبية المحتملة والمرتبطة بزيادة الجرعة والتقليل من تكرار الإضافة من خلال توفيرها تنظيماً وآستجابةً محددةً في تسليم المغذيات إلى النباتات أي تحررها بشكلٍ منتظم بحسب حاجة النبات دون غسلها أو تسربها (Naderi و Danesh–Shahraki، 2013) مقارنةً بالأسمدة التقليدية التي تتعرض للغسل أو الرشح في التربة نتيجة تحررها السريع بغض النظر عن آستجابة النبات لها (Rameshaiah وآخرون، 2015؛ Veronica وآخرون، 2015).

إنَّ زيادة آرتفاع نباتات الدراسة الحالية مع زيادة مستويات السماد المركَّب NPK تعود إلى التأثير المباشر للنتروجين كوّنه العنصر الضروري لبناء الحامض الأميني التربتوفان Tryptophan والذي يُشكِّل المادة الأساس لبناء هرمون النمو إندول حامض الخليك Indol acetic acid (IAA) المسؤول عن إستطالة الخلايا النباتية (Wareaing، 1983). وهو ما أشار إليه المعموري (1997) من أنَّ زيادة مستويات التسميد النتروجيني تحفز النبات على إنتاج الأوكسينات ممَّا يُشجِّع ذلك عملية الإنقسام الخلوي وآستطالة الخلايا أو بتعبيرٍ آخر أنَّ المستويات المرتفعة من السماد المضاف الحاوي على النتروجين تُحفِّز آنتقال الأوكسينات في أنسجة النبات بمعدلات عالية ممَّا يساعد ذلك على آستطالة خلايا المجموع الخضري من خلال دور الأوكسينات في آستطالة الخلية المرستيمة التي تُعدْ الآستطالة الأساسية للساق (محمد واليونس، 1991).

كما أن زيادة عدد النورات الزهرية لكل نبات معنوياً وبصورة طردية مع زيادة مستوى التسميد بالسماد المركَّب NPK يعود إلى تأثير النتروجين في زيادة النمو الخضري، وعدد الأفرع وتشجيع نشوء البراعم الزهرية وبالتالي زيادة النورات الزهرية (Hamman وآخرون، 1996). وجاءت نتائج الدراسة الحالية متوافقة مع نتائج Rai وآخرون (2002) في الحصول على أعلى صفات نمو وحاصل لبذور الحبَّة الحلوة عند التسميد بـ 90 كغم. هـ$^{-1}$ لكل من النتروجين والفسفور، وكذلك مع نتائج Zubair (2003) التي أوضحت أنَّ أفضل مؤشرات للنمو وأكبر عدد من المظلات وأعلى حاصل لبذور الحبَّة الحلوة نتجَ عن التسميد بـ 150 كغم. هـ$^{-1}$، وأيضاً جاءت نتائج الدراسة الحالية متوافقة مع نتائج Munir (2005) و Mehfoz و Sharaf–Eldin (2006) التي فيها تمَّ الحصول على أكبر حاصل بذور لنبات الحبَّة الحلوة عند التسميد بـ 90 كغم نتروجين. هـ$^{-1}$. ومن

جانب آخر فإنَّ نتائج Raj و Thakral (2008) عن ٱضافة السماد النتروجيني لنبات الحبَّة الحلوة بالمستويات (25 و 50 و 75 و 100) كغم. هـ$^{-1}$ والتي فيها أعطى المستوى الأعلى للسماد المضاف أعلى ٱرتفاعاً للنبات وعدداً للنورات الزهرية مقابل الحصول على أعلى عدد وحاصل للبذور عند المستوى 75 كغم. هـ$^{-1}$ نحتْ المنحى ذاته لنتائج الدراسة الحالية، في حين جاءت (نتائج الدراسة الحالية) متوافقة نوعاً ما مع نتائج Ayub وآخرون (2011) من حيث التأثير المعنوي للسماد النتروجيني إلا أنَّ الصفات الأعلى (ٱرتفاع النبات وعدد النورات وعدد البذور وحاصلها) سُجِّلت للمستوى 90 كغم. هـ$^{-1}$ مقارنةً بالمستوى 120 كغم. هـ$^{-1}$ أو عدم الٱضافة. وأضافَ الجار الله (2011) أنَّ المستوى المتوسط من السماد النتروجيني على هيئة يوريا (120 كغم. هـ$^{-1}$) زاد بشكلٍ معنوي من ٱرتفاع النبات وعدد الأفرع والحاصل الأخضر مقابل تسجيل أعلى متوسط للوزنين الطري والجاف وعدد النورات الرئيسة وعدد الثمار للنبات والحاصل الكلي عند أعلى مستوى للسماد المستعمل 240 كغم. هـ$^{-1}$ وهو ما لوحظَ في الدراسة الحالية من حيث تفوق المستويات العالية من السماد في تسجيل أعلى المتوسطات لنباتات الكمون والينسون والحبَّة الحلوة، ذلك لأن زيادة نمو النبات وتفرعاتهِ تُعزى إلى دور النتروجين المحفز لنشاط البراعم الجانبية من خلال التأثير المباشر في البناء الحيوي لمنظمات النمو النباتية وخاصةً السايتوكاينينات (محمد واليونس، 1991)، وهو ما وُجِدَ في الدراسة الحالية وفي الدراسات السابقة مثل دراسة Malka وآخرون (1996) على نبات الينسون.

وبالنسبة للتأثير في زيادة الوزنين الطري والجاف فيُعرف النتروجين بأهميته مع الفسفور والبوتاسيوم في ٱدامة عمليات النمو الخضري فضلاً عن دخولهِ في تكوين الكلوروفيلات (جدول 5) والبروتينات (جدول 13) مما يؤدي إلى زيادة النمو الخضري (الجداول: 1 و 2 و 3 و 4) وبالتالي زيادة الوزن الطري والجاف للنبات من خلال العلاقة الطردية بين مؤشرات النمو والوزن الطري للنبات، أو من خلال دور النتروجين الإيجابي على النبات في تكوين مجموع جذري قوي قادر على ٱمتصاص المغذيات من التربة وزيادة كفاءة عملية البناء الضوئي ونمو النبات، وهو ما يتفق مع الجار الله (2011) في التأثير المعنوي للمستويات العالية من السماد النتروجيني في زيادة مؤشرات النمو الخضري والوزن الطري للنبات. وجاءت نتائج الدراسة الحالية بخصوص السماد المركب NPK العادي متوافقة مع نتائج Aćimović (2013) التي ٱستعملَ فيها مصادر متعددة للسماد النتروجيني أهمها وأكثرها تفوقاً معنوياً للصفات الخضرية والنوعية لنباتات الكراوية والينسون والكزبرة هو السماد المركب NPK المتوازن (15:15:15). وفيما يتعلق بالسماد المركب NPK النانوي

ودورهِ في زيادة الصفات المدروسة فيرجع إلى تحسين قابلية الذوبان وتشتت أو ٱنتشار المغذيات غير القابلة للذوبان في التربة والحدْ من معدنة المغذيات وتثبيتها في التربة وزيادة التوافر الحيوي المؤدي إلى زيادة كفاءة ٱمتصاص المغذيات المُضافة (Naderi و Danesh–Shahraki، 2013؛ Veronica وآخرون، 2015).

إنَّ الزيادة في خصائص النمو الخضري لنباتات الكمون والينسون والحبَّة الحلوة كانت كبيرة بالنسبة لمعاملات التسميد بالسماد المركب NPK النانوي أو العادي أو خليطهما مقارنةً بعدم الٱضافة (الجداول: 1–9)، وهذا التأثير الإيجابي قد يكون راجعاً إلى الدور الفسيولوجي المهم للنتروجين في التركيب الجزيئي للجزيئات الحيوية كالبورفيرين Porphyrin الموجودة في المركبات الأيضية المهمة مثل صبغات الكلوروفيل والسايتوكرومات، والتي هي أساسية في التمثيل الضوئي والتنفس وكذلك المرافقات الإنزيمية Coenzymes التي تنشط بفعل الفسفور وتكون ضرورية لوظيفة العديد من الإنزيمات وٱنتاج الأحماض الأمينية المستعملة في تخليق البروتين (Espinosa وآخرون، 1999). وكذلك البوتاسيوم المسؤول الرئيس عن الفعالية الإنزيمية وثبات بُنية البروتينات (Hänsch و Mendel، 2009). وبناءً على ذلك، يلعب النتروجين دوراً مهماً في تخليق مكونات النبات جنباً إلى جنب مع الفسفور والبوتاسيوم من خلال تفعيل عمل الإنزيمات المختلفة وتخليق البروتينات (Jones وآخرون، 1991) الذي ينعكس في الزيادة على مؤشرات النمو للنباتات مثل الكمون والينسون والحبَّة الحلوة، وهذه النتائج هي موافقة لتلك التي حصل عليها Hellal وآخرون (2011) على نبات الشبت .Anethum graveolens L؛ و Khalid و Shedeed (2015) على نبات الحبة السوداء .Nigella sativa L؛ و Abdollahi وآخرون (2016) على نبات الكزبرة .Coriandrum sativum L، إذْ أفادوا جميعهم بأنَّ معاملات الأسمدة النتروجينية كانت متفوقة معنوياً على معاملة المقارنة وحسَّنت بشكلٍ ملحوظ من خصائص النمو الخضري لنباتات العائلة الخيمية.

وبما أنَّ جميع مستويات السماد المركَّب NPK المضافة للتربة زادت تدريجياً من الزيت الثابت (%) المستخلص من بذور الكمون والينسون والحبَّة الحلوة، والذي سُجِّلَ أعلى محتوىً لهُ مع خليط السماد المركب للنباتات المذكورة مقارنةً بنباتات المقارنة، وأنَّ المستوى الأخير من السماد المركَّب (الخليط بالمستوى المضاعف) هو الأمثل في الحصول على أعلى تركيز من الزيت العطري مما هو عليه في معاملة المقارنة وغيرها من المعاملات، والذي قد يكون راجعاً إلى تأثير النتروجين للسماد

المركَّب على النشاط الإنزيمي والتمثيل الغذائي لإنتاج الزيوت الأساسية كما في نتائج Khalid (2013) على بعض نباتات العائلة الخيمية؛ و Hellal وآخرون (2011) على نبات الشبت؛ و Abdollahi وآخرون (2016) على نبات الكزبرة؛، والذين ٱتفقوا في نتائجهم على التأثير الإيجابي للسماد النتروجيني في كمية الزيت العطري المستخلص من نباتات العائلة الخيمية. وفي الٱتِّجاه ذاته سجَّلت نتائج الدراسة الحالية أعلى محتوىً للكربوهيدرات الكلية (جدول 11) في بذور النباتات المعاملة بأعلى مستوى للسماد المركَّب الخليط مقارنةً بمعاملة المقارنة أو غيرها من المعاملات، وهذه الزيادة الطردية قد تكون نتيجةً لزيادة محتوى الكلوروفيل الكلي (جدول 5) وبالتالي زيادة كفاءة التمثيل الضوئي التي يسببها النتروجين (Jones وآخرون، 1991)، وهو ما تمَّ الحصول عليه في نتائج الدراسة الحالية من زيادة لمحتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي والمحتوى البذري من الكربوهيدرات الكلية وكذلك الألياف الغذائية (جدول 12) المرتبطة ٱرتباطاً وثيقاً بالمحتوى الكربوهيدراتي للنبات، وهذه النتائج جاءت متوافقة مع نتائج Khalid (2013) على نباتات الينسون والكزبرة والحبَّة الحلوة من حيث تسجيل أعلى محتوى للكربوهيدرات الكلية مع أعلى مستوى للسماد النتروجيني المضاف (200 كغم.هـ$^{-1}$).

كما أنَّ المحتوى البروتيني الكلي يتأثر بشكلٍ إيجابي بٱضافة السماد النتروجيني إلى التربة، وأنَّ الزيادة في محتوى البروتين الكلي (جدول 13) عند مستوى التسميد العالي للكمون والينسون والحبَّة الحلوة، قد يكون ناتجاً عن تأثير النتروجين على بُنية الرايبوسوم والتخليق الحيوي لبعض الهرمونات (الجبريلينات والأوكسينات والسايتوكاينينات) المُشاركة في تخليق البروتين وذات الدور الإيجابي في زيادة المادة الجافة للنبات ممَّا أثَّرت بالإيجاب على زيادة المحتوى المعدني والفعّال للنباتات ضمن الجداول (14 – 17) نتيجة الفعل المشترك للعناصر السمادية المضافة في زيادة معدلات النمو والمكونات الكيميائية للنباتات (Jones وآخرون، 1991؛ El–Wahab و Mohamed، 2007). وجاءت هذه النتائج متوافقة مع نتائج Khalid (2013) التي أعطت الشيء ذاته عند ٱضافة أعلى مستوى للسماد النتروجيني إلى نباتات العائلة الخيمية، و Hellal وآخرون (2011) على نبات الشبت والذين بيَّنوا أنَّ سماد NPK المضاف للتربة زادَ بشكلٍ معنوي من الصفات الخضرية والنوعية للنبات وكذلك حاصل الزيت مع زيادة مستوى التسميد للنبات، فضلاً عن توالي نتائج الدراسات المتوافقة مع نتائج الدراسة الحالية على نباتات مختلفة أمثال: Khalid (2013) على بعض النباتات الطبية للعائلة الخيمية، و Sharafzadeh وآخرون (2011a)، على نبات النعناع الحلو

.Mentha X piperita L، و Khalid و Shedeed (2015) على نبات الحبّة السوداء. كما أنَّ دور النتروجين المُحفِّز للعمليات الحيوية داخل النبات مثل بناء البروتينات يولِّد الحاجة إلى الطاقة التي تُترجم من خلال زيادة ٱمتصاص الفسفور والذي ينعكس بالإيجاب نحو زيادة محتوى النبات منه (الفسفور)، إلى جانب ذلك فإنَّ السبب وراء زيادة البوتاسيوم قدْ يفسره دور النتروجين في تحفيز نشاط العمليات الحيوية التي تؤدي بدورها إلى زيادة محتوى النبات من البوتاسيوم ذي الدور المنظم للتوازن المائي وحركة الذائبات فضلاً عن تحفيز العديد من الإنزيمات المصاحبة لعملية تمثيل الكربوهيدرات الأمر الذي يَزيد من حاجة النبات من البوتاسيوم (إدريس، 2007). وجاءت هذه النتائج متوافقة مع نتائج ياسين وبجاي (2017) على نبات الجزر من حيث زيادة محتوى النبات من العناصر (NPK) مع زيادة مستوى التسميد بالسماد المركَّب العادي (NPK).

أما تفسير سبب الزيادة للمواد الفعالة (الجداول: 18– 21) alpha–Pinene و D– Limonene مع نبات الينسون و Stigmasterol مع نبات الكمون و Gamma–Sitosterol مع نبات الحبّة الحلوة وزيادة بعضها مع معاملة السماد المركب العادي بالمستوى ضعف الموصى بينما زادت بعضها الآخر مع نظيرهِ النانوي أو بالعكس فإنَّ ذلك يُعزى بالدرجة الأساس إلى ٱختلاف النوع النباتي وإستجابتهِ للمواد المضافة فضلاً عن ظهور مركبات جديدة وٱختفاء أخرى عند المعاملة بالأسمدة النانوية أو العادية وهو ما تمَّ ٱثباته من خلال نتائج تحليل كروماتوغرافيا الغاز – المتصل بمطياف الكتلة (GC–MS) الواردة في الملاحق (1 – 3)؛ إذْ لوحظ من خلالها ظهور مواد جديدة مع كل معاملة سمادية سواءً كانت عادية أم نانوية أم خليطاً بينهما للسماد المركب NPK وبالمستوى الموصى أو ضعفه مقارنةً بمعاملة عدم التسميد مما أدى إلى تفوّق نبات على آخر ضمن المادة الفعّالة الواحدة وٱشتراك النباتات الثلاثة قيد الدراسة فقط بأربعة مواد فعالة من أصل تحديد 20 مادة في المستخلص الميثانولي لبذور كل نبات، وهذا يحمل تفسيره على جانبين الأول: يختص بالسماد العادي وهو أنَّ ٱمتصاص النتروجين وإستخدامه من قبل النباتات يعتمد من بين أمورٍ أخرى على نوع السماد (شكل النتروجين Nitrogen form) ومقداره (معدل النتروجين Nitrogen rate) (Nurzyńska-Wierdak، 2013). كما أنَّ ٱستجابة النباتات لمختلف أشكال النتروجين يعتمد على تركيز آيونات NH_4^+ و NO_3^- في البيئة المغذِّية، في حين يسبب ٱمتصاص الزائد من آيونات NH_4^+ إضطرابات في أيض النبات يؤدي بالنهاية إلى التسمم (Chaillou وآخرون، 1986؛ Lamb وآخرون، 1993؛ Barker وآخرون، 1999). والمغذي الثاني المهم للنباتات هو

البوتاسيوم، الذي يوجد عادةً في النبات عند تركيز عالٍ جداً، ولا سيما في الأنسجة المرستيمية واللحاء وتظهر الإضطرابات في عملية التمثيل الغذائي للنتروجين الناتجة عن نقص البوتاسيوم في تغيرات النسب بين أجزاء النتروجين وكذلك في تراكم المواد الأمينية الضارة (agmatine و N-carbamoyl putrescine و putrescine) وآيونات الأمونيوم في النبات (Nurzynska-Wierdak، 2013).

أما الجانب الثاني فيمثل السماد النانوي، إذْ تتفاعل الجسيمات النانوية مع النباتات مُسببةً العديد من التغيرات المورفولوجية والفسيولوجية إعتماداً على خصائص تلك الجسيمات فيتم تحديد فعّالية الجسيمات النانوية من خلال تركيبها الكيميائي وحجمها وتغطيتها السطحية وتفاعلها، والأهم من ذلك الجرعة (التركيز) التي تكون فعالة (Khodakovskaya وآخرون، 2012). وأشارَ الباحثون في نتائجهم إلى التأثيرات الإيجابية والسلبية على نمو النبات وتطوّره وتأثير الجسيمات النانوية الموجَّهة Engineered nanoparticles (ENPs) على النباتات يعتمد بالدرجة الأساس على التركيب والتركيز والحجم والخصائص الفيزيائية والكيميائية للجسيمات النانوية، وكذلك الأنواع النباتية (Ma وآخرون، 2010)، إذْ تعتمد فعّالية الجسيمات النانوية على تركيزها وتختلف من نباتاتٍ إلى أخرى، وهو ما تم التوصل إليه من نتائج في الدراسة الحالية.

5-2: تفسير بيانات النتائج وفق المعطيات الواردة بواسطة تقنية كروموتوكرافيا الغاز المتصل بمطياف الكتلة (GC-MS)

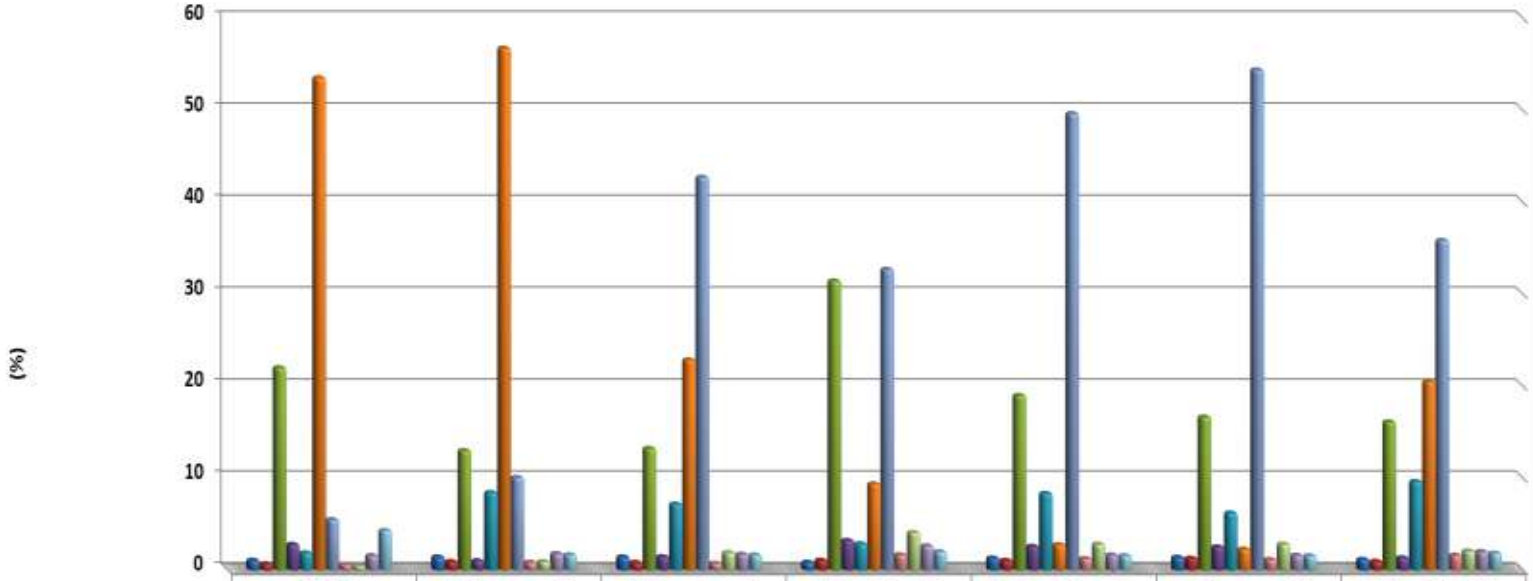
5-2-1: تفسير نتائج نبات الكمون

من خلال البيانات الواردة في الشكل (1) لنتائج تحليل المستخلص الكحولي لبذور الكمون يُظهر أشتراك (11) مركب وهي (alpha-Pinene، و beta-Myrcene، و D-Limonene، و alpha-Pinene، و (1R)-, 1,3,3-trimethyl-, Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one-(-)، و Benzene, 1-methoxy-4-(1-propenyl)- و Benzene, 1-methoxy-4-(1-propenyl)-، و Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester، و Heneicosane, 11-decyl-، و Stigmasterol، و gamma-Sitosterol) ما بين المعاملات السمادية المدروسة من أصل (20) مركباً تمَّ تحديدها وفقاً لمساحتها النسبية وزمن الإحتجاز بواسطة تقنية GC-MS، والتي أظهرت إختلافات واضحة لتأثير المعاملات السمادية

المختلفة على محتوى بذور النباتات تمثّلت بزيادة نِسب بعض المواد على حساب المواد الأخرى، وكما هي واردة في الشكل (1). والسبب في ذلك يعود إلى باقي المركبات الأخرى الواردة ضمن نتائج التحليل (ملحق 1)، والتي هي (9) مركبات متغايرة عند كل معاملة على الرغم من إشتراك بعض المعاملات في ظهور المركب نفسه عندها إلَّا أن الفارق ما بين المعاملات السمادية المختلفة تمثَّلَ بتسجيل مواد لم تظهر إلَّا في المعاملة الواحدة دون الأخرى، وهي كالآتي:

1. تسجيل (4) مركبات جديدة عند المعاملة السمادية (المقارنة)، وهي: (-9-Nor-10-deoxydihydroartemisinin، و Phthalic acid, monoamide, N-ethyl-N-(3-methylphenyl)-، و undecyl ester 14,16-Hentriacontanedione, 25-hydroxy-، و (Stigmast-7-en-3-ol, (3.beta.,5.alpha.,24S)-).
2. تسجيل (5) مركبات جديدة عند المعاملة السمادية (NPK عادي – موصى)، وهي: (Camphene، و Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-، و Cyclopenta[d]anthracene, 3-isopropyl-8,11-bis(benzyloxy)-6(6aH)-oxo-1,2,3,3a,4,5,7,، و Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,7,7-trimethyl-, (1S)-، و Z,Z-2,15-Octadecedien-1-ol acetate).
3. تسجيل مركبين (2) جديدين عند المعاملة السمادية (NPK نانوي – موصى)، وهما: (Octadecanal، و Di-n-decylsulfone).
4. تسجيل مركب (1) جديد عند المعاملة السمادية (NPK عادي – ضعف الموصى)، وهو: (.alpha.-Tocopherol-.beta.-D-mannoside).
5. عدم تسجيل أي مركب جديد عند المعاملة السمادية (NPK نانوي – ضعف الموصى).
6. تسجيل مركب (1) جديد عند المعاملة السمادية (NPK خليط – موصى)، وهو: (Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-).
7. تسجيل مركب (1) جديد عند المعاملة السمادية (NPK خليط – ضعف الموصى)، وهو: (1-Hydroxymethyl-1,2,3,4-tetrahydro-naphthalen-2-ol).

وإنَّ السبب وراء تفوّق معاملات الخليط السمادي على باقي المعاملات السمادية الأخرى ضمن الجداول (1–17)، والعكس من ذلك عند الجداول (18–21) يعود إلى ما تمَّ ذكره آنفاً من ظهور مركبات جديدة بنسب عالية ضمن المعاملة الواحدة أثَّرت على نسب باقي المواد الأخرى، وهو ما ظهر من تأثير في نتائج الجداول (18–21).



	المقارنة	علادي - موصى NPK	نانوي - موصى NPK	علادي - ضعف NPK الموصى	نانوي - ضعف NPK الموصى	خليط - موصى NPK	خليط - ضعف NPK الموصى
	المعاملات						
alpha.-Pinene	1.07	1.42	1.43	0.84	1.31	1.38	1.15
beta.-Myrcene	0.68	0.93	0.82	1.06	1.04	1.28	0.94
D-Limonene	21.99	12.98	13.22	31.43	18.98	16.63	16.10
alpha.-Pinene	2.79	1.00	1.45	3.21	2.58	2.51	1.33
(-)-Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,3,3-trimethyl-, (1R)-	1.87	8.42	7.16	2.85	8.32	6.20	9.61
Benzene, 1-methoxy-4-(1-propenyl)-	53.51	56.73	22.84	9.36	2.75	2.27	20.48
Benzene, 1-methoxy-4-(1-propenyl)-	5.48	10.06	42.70	32.69	49.63	54.38	35.83
Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester	0.60	0.84	0.73	1.67	1.24	1.14	1.61
Heneicosane, 11-decyl-	0.45	0.91	1.90	4.07	2.81	2.81	2.07
Stigmasterol	1.56	1.77	1.71	2.63	1.64	1.60	2.00
gamma.-Sitosterol	4.28	1.65	1.63	1.98	1.55	1.54	1.83

شكل 1: المركبات المتشابهة ضمن المعاملات السمادية المختلفة لنبات الكمون

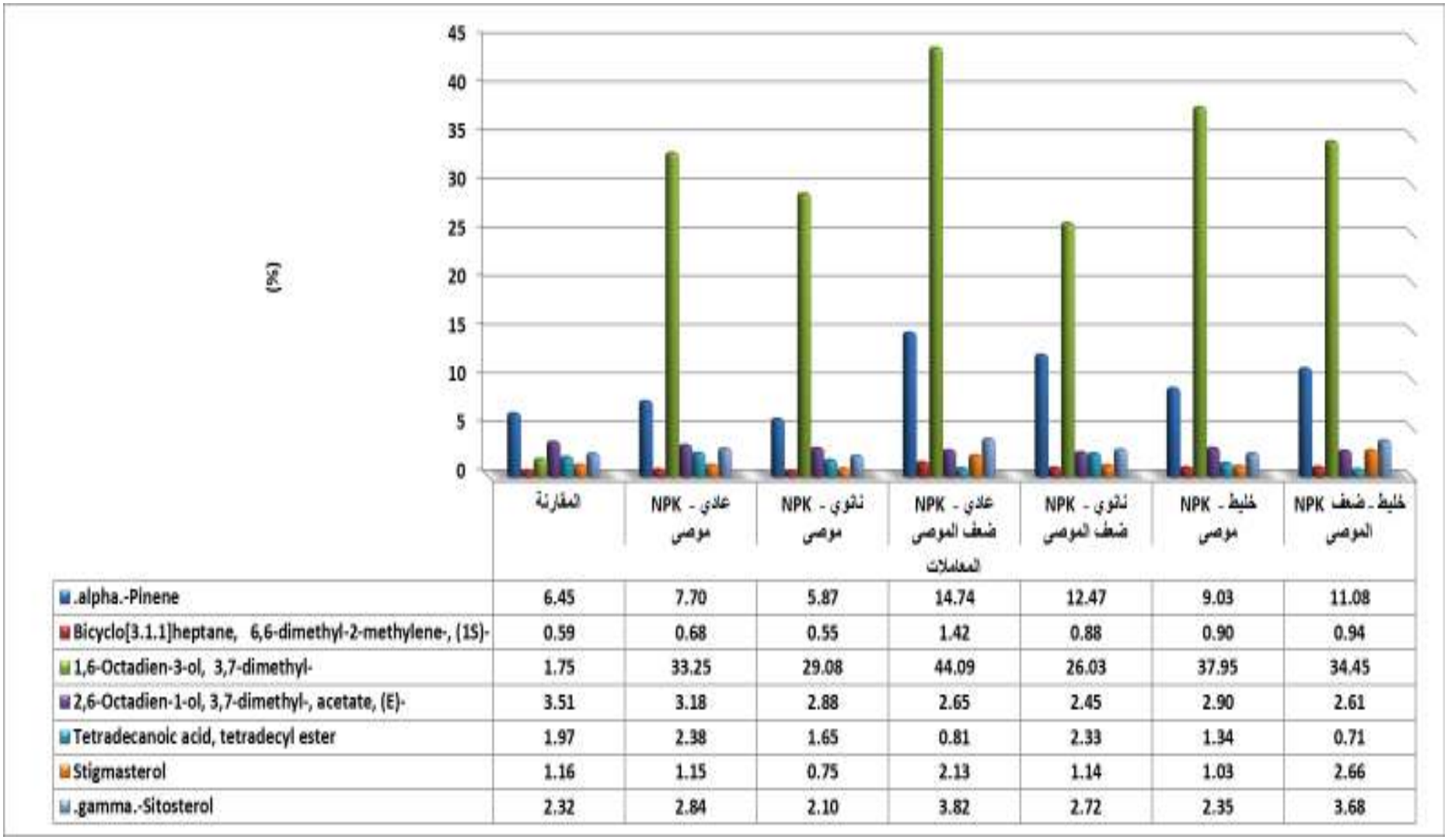
5-2-2: تفسير نتائج نبات الينسون

من خلال البيانات الواردة في الشكل (2) لنتائج تحليل المستخلص الكحولي للبذور يُظهر إشتراك (7) مركبات، وهي: (alpha.-Pinene، و Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-، و 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-، و 2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-، و Tetradecanoic acid, tetradecyl ester، و Stigmasterol، و gamma.-Sitosterol.) ما بين المعاملات السمادية المدروسة من أصل (20) مركباً تم تحديدها وفقاً لمساحتها النسبية وزمن الإحتجاز بواسطة تقنية GC-MS، والتي أظهرت إختلافات واضحة لتأثير المعاملات السمادية المختلفة على محتوى بذور النباتات تمثّلت بزيادة نسب بعض المواد على حساب المواد الأخرى، وكما هي واردة في الشكل (2). والسبب في ذلك يعود إلى باقي المركبات الأخرى الواردة ضمن نتائج التحليل (ملحق 2)، والتي هي (13) مركباً متغايراً عند كل معاملة على الرغم من إشتراك بعض المعاملات في إظهار المركب نفسه إلَّا أنَّ الفارق ما بين المعاملات السمادية المختلفة تمثَّلَ بتسجيل مواد لم تظهر إلَّا في المعاملة الواحدة دون الأخرى، وهي كالآتي:

1. تسجيل (3) مركبات جديدة عند المعاملة السمادية (المقارنة)، وهي: (2-Cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-, (R)-، و Apiol، و Butane, 1,1'-[methylenebis(oxy)]bis[3-methyl-).
2. تسجيل مركب (1) جديد عند المعاملة السمادية (NPK عادي- موصى)، وهو: (1-Ethyl-1-((3,5-dimethylcyclohexyloxy)-1-silacyclohexane).
3. تسجيل مركب (1) جديد عند المعاملة السمادية (NPK نانوي- موصى)، وهو: (beta.-Myrcene).
4. تسجيل (4) مركبات جديدة عند المعاملة السمادية (NPK عادي- ضعف الموصى)، وهي: (2-Undecenal, E-، و Decanoic acid, decyl ester، و Dodecanoic acid, isooctyl ester، و 12-Oleanen-3-yl acetate, (3.alpha.)-).
5. عدم تسجيل أي مركب جديد عند المعاملة السمادية (NPK نانوي- ضعف الموصى).
6. تسجيل (3) مركبات جديدة عند المعاملة السمادية (NPK خليط - موصى)، وهي: (L-Proline, N-octanoyl-, heptadecyl ester، و Rhodium, di-.mu.-chlorobis(.eta.4-1,2-diethenylcyclohexane)di-,stereoisomer، و Stearic acid, 2-phenyl-m-dioxan-5-yl ester, trans-).

7. تسجيل (10) مركبات جديدة عند المعاملة السمادية (NPK خليط– ضعف الموصى)، وهي:
2-t-Butyl-5-hydroxymethyl-5-methyl-[1,3]dioxolan-4-one)، و Benzene, 1-methoxy-4-(1-propenyl)-، و Longifolene-(V4)، و Cyclohexene, 1-methyl-4-(5-methyl-1-methylene-4-hexenyl)-, (S)-، و Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-, acetate, (E)-، و 3-Hydroxycarbofuran، و l-(+)-Ascorbic acid 2,6-dihexadecanoate، و Phytol، و Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester، و Octadecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester).

ومن خلال ما ذُكرَ آنفاً يتضح السبب وراء تفوَّق معاملات الخليط السمادي على باقي المعاملات السمادية الأخرى ضمن الجداول (1–17)، والعكس من ذلك عند الجداول (18–21)، إذْ يعود إلى ظهور مركبات جديدة بنسب عالية ضمن المعاملة الواحدة أثَّرت على نسب باقي المواد الأخرى، وهو ما ظهرَ من تأثير في نتائج الجداول (18–21).



	المقارنة	NPK - عادي موصى	NPK - ناتوي موصى	NPK - عادي ضعف الموصى	NPK - ناتوي ضعف الموصى	NPK - خليط موصى	NPK - خليط - ضعف الموصى
	المعاملات						
.alpha.-Pinene	6.45	7.70	5.87	14.74	12.47	9.03	11.08
Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-	0.59	0.68	0.55	1.42	0.88	0.90	0.94
1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	1.75	33.25	29.08	44.09	26.03	37.95	34.45
2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	3.51	3.18	2.88	2.65	2.45	2.90	2.61
Tetradecanoic acid, tetradecyl ester	1.97	2.38	1.65	0.81	2.33	1.34	0.71
Stigmasterol	1.16	1.15	0.75	2.13	1.14	1.03	2.66
.gamma.-Sitosterol	2.32	2.84	2.10	3.82	2.72	2.35	3.68

شكل 2: المركبات المتشابهة ضمن المعاملات السمادية المختلفة لنبات الينسون

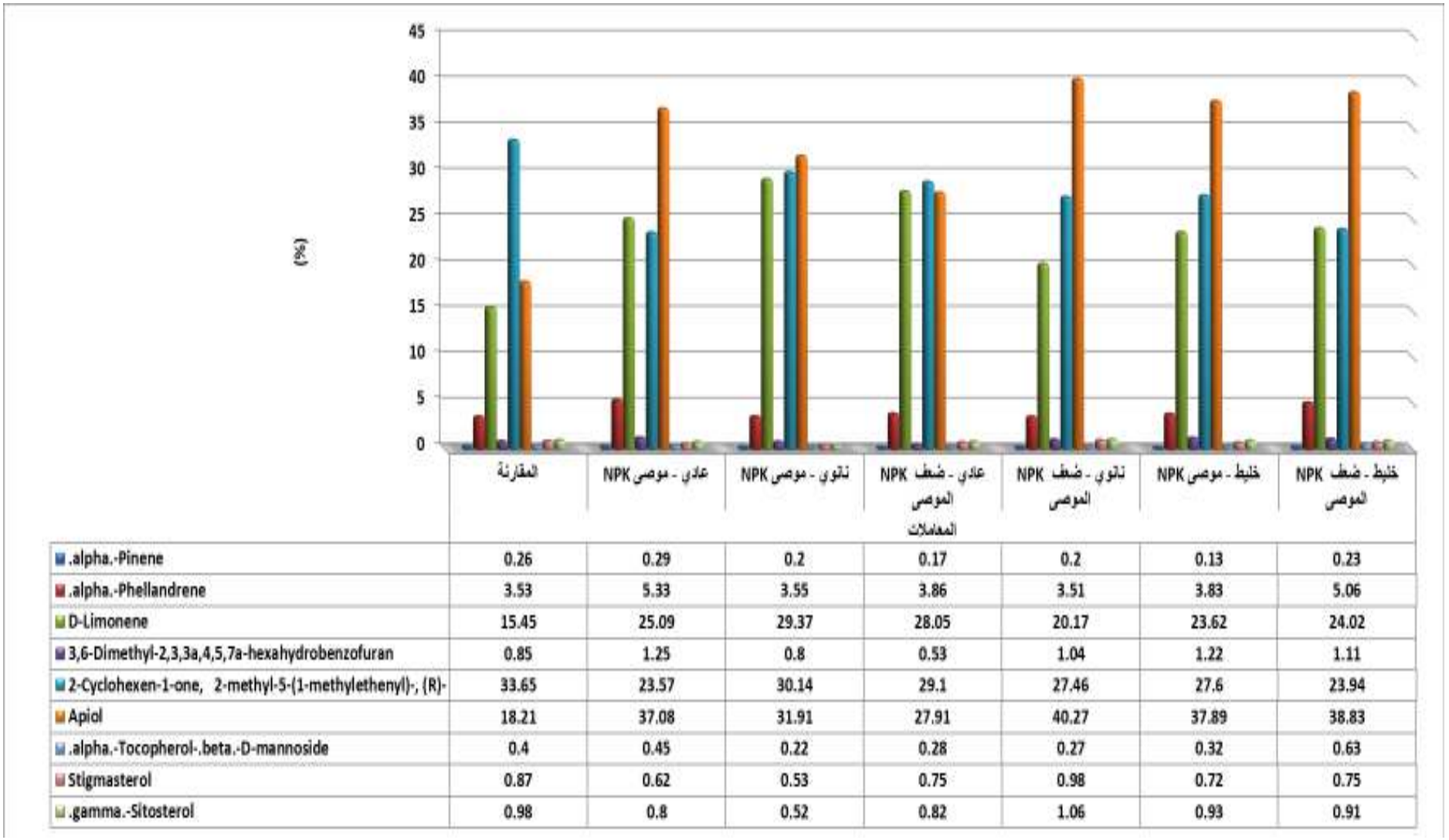
5-2-3: تفسير نتائج الحبَّة الحلوة

يتضح من البيانات الواردة في الشكل (3) لنتائج تحليل المستخلص الكحولي للبذور إشتراك (9) مركبات، وهي: (.alpha.-Pinene، و .alpha.-Phellandrene، و D-Limonene، و 3,6-Dimethyl-2,3,3a,4,5,7a-hexahydrobenzofuran، و 2-Cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-, (R)-، و Apiol، و .alpha.-Tocopherol-.beta.-D-mannoside، و Stigmasterol، و .gamma.-Sitosterol) ما بين المعاملات السمادية المدروسة من أصل (19) مركباً تمَّ تحديدها وفقاً لمساحتها النسبية وزمن الإحتجاز بواسطة تقنية GC-MS، والتي أظهرت إختلافات واضحة لتأثير المعاملات السمادية المختلفة على محتوى بذور النباتات تمثَّلت بزيادة نسب بعض المواد على حساب المواد الأخرى، وكما هي واردة في الشكل (3). والسبب في ذلك يعود إلى باقي المركبات الأخرى الواردة ضمن نتائج التحليل (ملحق 3)، والتي هي (10) مركبات مختلفة عند كل معاملة على الرغم من إشتراك بعض المعاملات في إظهار المركب نفسه إلَّا أنَّ الفارق ما بين المعاملات السمادية المختلفة تمثَّلَ بتسجيل مواد لم تظهر إلَّا في المعاملة الواحدة دون الأخرى، وهي كالآتي:

1. تسجيل (7) مركبات جديدة عند المعاملة السمادية (المقارنة)، وهي: (Hexa-(isopropylisonitril)-chrom(0)، و Benzene, 2-ethyl-1,3-dimethyl-، و 1s,4R,7R,11R-1,3,4,7-Tetramethyltricyclo[5.3.1.0(4,11)]undec-2-en-8-one، و 4,6-Bis(1,1'-dimethylethyl)-2',5'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2-ol، و Phenol, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-[(4-hydroxy-3,5-dimethylphenyl)methyl]-، و Stigmast-8(14)-en-3.beta.-ol، و Silane, (dimethyl(docosyloxy)butoxy-.
2. تسجيل مركبين (2) جديدين عند المعاملة السمادية (NPK عادي- موصى)، وهما: (5.alpha.-Cholestan-6.beta.-amine, N,N-dimethyl-، و 4-Pyrimidinecarboxylic acid, 2,6-bis[(tert-butyldimethylsilyl)oxy]-, tert-butyldimethylsilyl).
3. تسجيل (5) مركبات جديدة عند المعاملة السمادية (NPK نانوي- موصى)، وهي: (3,27-Dioxa-2,28-disilanonacosane, 2,2,4,28,28-pentamethyl-، و Pseudotomatidin-5,20-dien diacetate، و Tetradecane، و Benzene, 1,2,3-trimethoxy-5-(2-propenyl)-، و 4-Ethyl-2,5-Dimethoxyphenethylamine).

4. تسجيل مركبين (2) جديدين عند المعاملة السمادية (NPK عادي– ضعف الموصى)، وهما: (Tungsten, bis(N,N-diethylmethacrylamide), dicarbonyl، و Decanoic acid, 2-propenyl ester).
5. تسجيل (4) مركبات جديدة عند المعاملة السمادية (NPK نانوي– ضعف الموصى)، وهي: (4-Piperidinepropanoic acid, 1-benzoyl-3-[2-(benzoyloxy)ethyl]-, ethyl ester، و Docosyl trifluoroacetate، و Hexacosyl trifluoroacetate، و (Benzene, 1,2,4-trimethoxy-5-(1-propenyl)-).
6. تسجيل (4) مركبات جديدة عند المعاملة السمادية (NPK خليط– موصى)، وهي: (Pseudosolasodine diacetate، و 2-Butenoic acid, 2-methyl-, 1,1a,1b,4,4a,5,7a,7b,8,9-decahydro-4a,7b-dihydroxy-3-(h، و Hentriacontane، و 17-(1,5-Dimethylhexyl)-10,13-dimethyl-4-(vinylhexadecahydrocyclopenta[a]phenanth).
7. تسجيل (3) مركبات جديدة عند المعاملة السمادية (NPK خليط– ضعف الموصى)، وهي: (3,3-Dimethoxy-2-butanone، و Neodihydrocarveol، و p-Menth-1(7)-en-9-ol).

ويتضح السبب وراء تفوّق معاملات الخليط السمادي على باقي المعاملات السمادية الأخرى ضمن الجداول (1–17) لنبات الحبَّة الحلوة، والعكس من ذلك عند الجداول (18–21)، إلى ظهور مركبات جديدة بنسب عالية ضمن المعاملة الواحدة أثَّرت على نسب باقي المواد الأخرى، وهو ما ظهر من تأثير في نتائج الجداول (18–21).



المعاملات	المقارنة	عادي - موصى NPK	نتوي - موصى NPK	عادي - ضعف NPK الموصى	نتوي - ضعف NPK الموصى	خليط - موصى NPK	خليط - ضعف NPK الموصى
.alpha.-Pinene	0.26	0.29	0.2	0.17	0.2	0.13	0.23
.alpha.-Phellandrene	3.53	5.33	3.55	3.86	3.51	3.83	5.06
D-Limonene	15.45	25.09	29.37	28.05	20.17	23.62	24.02
3,6-Dimethyl-2,3,3a,4,5,7a-hexahydrobenzofuran	0.85	1.25	0.8	0.53	1.04	1.22	1.11
2-Cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-, (R)-	33.65	23.57	30.14	29.1	27.46	27.6	23.94
Apiol	18.21	37.08	31.91	27.91	40.27	37.89	38.83
.alpha.-Tocopherol-.beta.-D-mannoside	0.4	0.45	0.22	0.28	0.27	0.32	0.63
Stigmasterol	0.87	0.62	0.53	0.75	0.98	0.72	0.75
.gamma.-Sitosterol	0.98	0.8	0.52	0.82	1.06	0.93	0.91

شكل 3: المركبات المتشابهة ضمن المعاملات السمادية المختلفة لنبات الحبَّة الحلوة

5-3 : الفعالية البايولوجية للمركبات الكيميائية المشتركة بين الانواع النباتية قيد الدراسة

1- Alpha-Pinene تستعمل كموسع ومقشع للشعب الهوائية ومضاد للالتهابات ومضاد حيوي وفي تنشط الذاكرة كما تم استخدامها كعامل مضاد للسرطان في الطب الصيني التقليدي وكمادة مطهرة (Russo ، 2011 ؛ Nissen ، 2010).

2- D-Limonene تستعمل كمادة مذيبة للكولسترول، وقد استخدمت سريريا لتفتيت حصى المرارة التي تحتوي على الكوليسترول ، كما تم استخدامها لتخفيف حرقة المعدة والتقيؤ واثبتت الدراسات أن D-Limonene لها نشاط فعّال ضد العديد من أنواع السرطان (Sun ، 2007).

3- Stigmasterol تستعمل كمادة مضادة للتسمم الكبدي ومضادة للفايروسات وفعّالة ضد بعض انواع السرطان وخافضة للكولسترول وكمادة مضادة للاكسدة(Premlata واخرون، 2015)

4- Gamma-Sitosterol تستعمل كمادة مضادة للالتهابات وتقلل من نشاط الربو(Sharma واخرون، 2015)

6: الأَسْتنتاجات والتوصيات Conclusions and Recommendations

6-1: الأَسْتنتاجات

1. أظهرت نباتات العائلة الخيمية قيد التفوّق المعنوي لكل نوع منها في صفات معينة ميَّزتهُ عن نظيرهِ في الصفات الأخرى تبعاً للعامل الوراثي، والظروف المحددة لكل نبات.
2. التأثير المعنوي للمستويات السمادية المضافة من السماد المركب NPK المتوازن (20-20-20) العادي، أو النانوي أو الخليط بينهما في زيادة جميع الصفات الخضرية والنوعية طردياً مع زيادة المستوى السمادي الذي حقَّق التفوق المعنوي للأَسمدة النانوية على الأسمدة العادية، في حين أظهرَ الخليط السمادي منهما تفوقاً هو الأعلى من نوعهِ مقارنةً بالأنواع المفردة منهُ.
3. المواد الفعالة التي تمَّ الكشف عنها بتقنية GC-MS سجَّلت تفوقها عند مستويات السماد المركَّب العادي على حساب النانوي، أو خليطهما المستعمل قيد الدراسة.
4. التداخل بين الأنواع النباتية والمستويات السمادية المختلفة للسماد المركَّب العادي، أو النانوي، أو الخليط بينهما حسَّنت من الصفات المدروسة للنباتات مقارنة بتأثيرها المنفرد وسُجِّلت الغالبية من الصفات زيادتها المعنوية عند خليط الأَسمدة المضافة بأعلى مستوى من الأسمدة النانوية مقارنةً بالعادية عدا بعض الصفات للمواد الفعَّالة التي سُجَّلت للأخير عند نباتات الكمون، والينسون، والحبَّة الحلوة.

6-2: التوصيات

1. زراعة نبات الحبَّة الحلوة لزيادة إنتاجهِ من البذور الغنية بالمحتوى الكربوهيدراتي، والألياف، والمعادن، والمادة الفعَّالة Gamma-Sitosterol، والينسون ذي المحتوى العالي من المادتين الفعالتينِ Alpha-Pinene و D-Limonene، والكمون ذي المحتوى العالي من الزيت الثابت والبروتين الكلي، والفلافونويدات الكلية والمادة الفعالة Stigmasterol.
2. ٱستعمال الأسمدة النانوية بالمستويات المضاعفة للحصول على أفضل نمو ومحتوى نوعي وكمي، للنبات مقارنةً بالأَسمدة العادية وتوفيراً للتكلفة الٱقتصادية.
3. عند ٱستهداف المحتوى الكمي والنوعي للنبات، فيتوجب ٱستعمال خليط الأسمدة النانوية والعادية، في حين يتم الإقتصار على الأسمدة العادية أو النانوية بالمستوى الموصى أو ضعفهِ عند ٱستهداف زيادة المواد الفعَّالة.
4. دراسة تأثير الأَسمدة المركبة النانوية على نباتات مختلفة وٱستهداف صفات معينة بُغية تحديد المستوى الأَمثل لزيادتها، أو تخليق مركَّبات جديدة يتمّ الكشف عنها بتقنية كروماتوكرافيا الغاز المتصل بمطياف الكتلة (GC-MS).
5. تعدد طرائق الإضافة للأَسمدة المركبة بكِلا نوعيها العادي والنانوي ومقارنة ٱستجابتها عند كل طريقة وتحديد المُثلى منها.

7: المصادر References

7-1: المصادر العربية

الجار الله، كفاح كامل حمزة (2011). تأثير السماد النتروجيني والرش بالبورون والتداخل بينهما في نمو وحاصل البذور لنبات الحبة الحلوة (Foeniculum vulgare L.). مجلة الفرات للعلوم الزراعية، 3(3): 8-13.

الجسار، أحمد جمال (2016). مبادئ علم الإحصاء مع تطبيقات عملية بإستخدام EXCEL 2013. شركة الجسور للتدريب والإستشارات الإحصائية المحدودة، الطبعة الأولى، رقم الإيداع لدى دار الكتب والوثائق: بغداد 2357، العراق، 80 صفحة.

الحكيم، صادق حسن وعبد علي مهدي حسن (1985). تصنيع الأغذية. الجزءالأول، مطبعة جامعة بغداد، العراق.

الرفاعي، فؤاد نمر (2015). مفاهيم أساسية في تقنية النانو. كلية العلوم، جامعة ذي قار، وزارة التعليم العالي، العراق.

المعموري، أحمد محمد لهمود (1997). تأثير رش السماد السائل والبورون في نمو وحاصل الذرة الصفراء. أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة، جامعة بغداد، العراق.

إدريس، محمد حامد (2007). فسيولوجيا النبات. مركز سوزان مبارك الإستكشافي العلمي، مصر، 246 صفحة.

حمزة، كفاح كامل وعادل يوسف نصرالله وعلي سكران كاظم (2006). تأثير التسميد المركب (NPK) في نمو وحاصل البذور لنبات الحبة السوداء (*Nigella sativa* L.). مجلة التقني، 19(3): A30 – A36.

محمد، عبد العظيم كاظم ومؤيد أحمد اليونس (1991). أساسيات فسيولوجيا النبات. الجزء الثاني، جامعة الموصل، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، العراق.

ياسين، عبد الأمير علي وحنين سالم بجاي (2017). تأثير نانو الفضة والماء الممغنط والسماد المركب في محتوى جذور نبات الجزر (Daucus carota L.) من العناصر المغذية والمواد الفعالة. مجلة القادسية للعلوم الصرفة، قيد النشر.

7-2: المصادر الأجنبية

A.O.A.C., Association of Official Analytical Chemists (2000). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 17th Ed. Washington, D.C., USA.

Abdel-Aziz, H.M.M.; Hasaneen, M.N.A. and Omer, A.M. (2016). Nano chitosan-NPK fertilizer enhances the growth and productivity of wheat plants grown in sandy soil. Spanish J. Agric. Res., 14(1): 1 – 9.

Abdollahi, F.; Salehi, A.; Shahabi, R. and Rahimi, A. (2016). Effect of different nitrogen sources on vegetative traits, grain yield and essential oil yield of coriander (Coriandrum sativum). Cercetari Agronomice in Moldova, 49(1): 51-65.

Aćimović, M.G. (2013). The influence of fertilization on yield of caraway, anise and coriander in organic agriculture. J. Agric. Sci., 58(2): 85-94.

Aćimović, M.G.; Dolijanović, Ž.K.; Oljača, S.I.; Kovačević, D.D. and Oljača, M.V. (2015). Effect of organic and mineral fertilizers on essential oil content in caraway, anise and coriander fruits. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus., 14(1): 95-103.

Ahmed, H.; Hamzelou, S.; Farzaneh, M. and Ghassempour, A. (2013). Effects of NPK on cumin and its rhizosphere bacteria. Ecotoxicol. Env. Safety, 88: 48-54.

Ajirloo, A.R.; Shaaban, M. and Motlagh, Z.R. (2015). Effect of K nano-fertilizer and N bio-fertilizer on yield and yield components of tomato (Lycopersicon esculentum L.). Int. J. Adv. Biol. Biom. Res., 3(1): 138-143.

Al-Hashemi, F.H.Y. (2014). Chromatographic separation and identification of some volatile oils, organic acids and phenols from the seeds of Cuminum cyminum growing in Iraq. Int. J. Res. Rev. Appl. Sci., 19(1): 80 - 90.

Almas, L.K. (2009). Partial factor productivity, agronomic efficiency, and economic analyses of maize in wheat-maize cropping system in Pakistan. In 2009 Annual Meeting, January 31-February 3, 2009, Atlanta, Georgia (No. 46747). Southern Agricultural Economics Association.

Al-Snafi, A.E. (2015a). Therapeutic properties of medicinal plants: a review of their effect on reproductive systems (Part 1). Ind. J. Pharm. Sci. Res., 5(4): 240-248.

Al-Snafi, A.E. (2015b). Therapeutic properties of medicinal plants: a review of their gastro-intestinal effects (part 2). Ind. J. Pharm. Sci. Res., 5(4): 220-232.

Al-Snafi, A.E. (2016). The pharmacological activities of Cuminum cyminum-A review. IOSR J. Pharm., 6(6): 46-65.

Anonymous (2009). Agricultural statistics of Pakistan. Government of Pakistan, Ministry of Food, Agriculture and Livestock, Economic Wing 28, 360-392.

Ayub, M.; Naeem, M.; Nadeem, M.; Tanveer, A.; Tahir, M. and Alam, R. (2011). Effect of nitrogen application on growth, yield and oil contents of Fennel (Foeniculum vulgare Mill.). J. Med. Plants Res., 5(11): 2274-2277.

Aziz, E.E.; El-Danasoury, M.M. and Craker, L.E. (2010). Impact of sulphur and ammonium sulphate on dragonhead plants grown in newly reclaimed soil. J. Herbs Spices Med. Plants, 16(2): 126-135.

Azizi, A.; Yan, F. and Honermeier, B. (2009). Herbage yield, essential oil content and composition of three oregano (Origanum vulgare L.) populations as affected by soil moisture regimes and nitrogen supply. Ind. Crop Prod., 29: 554-561.

Ball, P. (2002). Natural strategies for the molecular engineer. Nanotech., 13: 15-28.

Banaei, M.H.; Moameni, A.; Bybordi, M. Malakouti, M.J. (2005). The soils of Iran: new achievements in perception, management and use. Soil and Water Research Institute: Tehran, 481.

Barker, A.V.; Volk, R.J. and Jackson, W.A. (1999). Foliar ammonium accumulation as an index of stress in plant. Comm. Soil Sci. Plant Analyze, 30(1-2): 167-174.

Barrett, S.H. and Kohn, J.R. (1991). Genetic and evolutionary consequences of small population size in plants: implication for conservation. In: Falk D.A. and Holsinger, K.E. (eds), Genetics and Conservation of Rare Plants, Oxford University Press, New York, pp: 3-30.

Barros, L.; Carvalho, A.M. and Ferreira, I.C.F.R. (2010). The nutritional composition of fennel (Foeniculum vulgare): shoots, leaves, stems and inflorescences. LWT-Food Sci. Technol., 43: 814-818.

Baruah, S. and Dutta, J. (2009). Nanotechnology applications in pollution sensing and degradation in agriculture: a review. Environ. Chem. Letters, 7(3): 191 – 204.

Başer, K.H.C. (1997). Utilization of medicinal and aromatic plants in medicine and alcoholic medicine industries. Anadolu University, T.B.A.M. İstanbul Chamber of Trade Publication No: 39, İstanbul, Turkey.

Bationo, A. and Waswa, B.S. (2011). New challenges and opportunities for integrated soil fertility management in Africa. In Innovations as key to the green revolution in Africa (pp: 3-17). Springer, Dordrecht.

Besharati-Seidani, A.; Jabbari, A. and Yamini, Y. (2005). Headspace solvent microextraction: a very rapid method for identification of volatile components of Iranian Pimpinella anisum seed. Analytica Chimica Acta, 530(1): 155-161.

Boorboori, M.R.; Asli, E. and Tehrani, M.M. (2012). Effect of micronutrient application by different methods on yield, morphological traits and grain protein percentage of barley (Hordeum vulgare L.) in greenhouse conditions. Revista Científica UDO Agrícola, 12(1): 128-135.

Bünemann, E.K. (2003). Phosphorus dynamics in a Ferralsol under maize-fallow rotations: The role of the soil microbial biomass. PhD. Dissertation. Universität Göttingen, Germany.

Buttery, B.R.; Tan, C.S.; Drury, C.F.; Park, S.J.; Armstrong, R.J. and Park, K.Y. (1998). The effects of soil compaction, soil moisture and soil type on growth and nodulation of soybean and common bean. Canadian J. Plant Sci., 78(4): 571-576.

Canali, S.; Diacono, M.; Ciaccia, C.; Masetti, O.; Tittarelli, F. and Montemurro, F. (2014). Alternative strategies for nitrogen

fertilization of overwinter processing spinach (Spinacia oleracea L.) in Southern Italy. Europ. J. Agron., 54: 47-53.

Chaillou, S.; Morot-Gaudry, J.F.; Raper, J.F.; Henry, L.T. and Boutin J.P. (1986). Compared effects of nitrate and ammonium on growth and metabolism of French bean. Physiol. Veg., 24: 679-687.

Chardon, F.; Barth´el´emy, J.; Daniel-Vedele, F. and Masclaux-Daubresse, C. (2010). Natural variation of nitrate uptake and nitrogen use efficiency in Arabidopsis thaliana cultivated with limiting and ample nitrogen supply. J. Exp. Bot., 61: 2293-2302.

Chhipa, H. (2017). Nano fertilizers and Nano pesticides for agriculture. Environ. Chem. Letters, 2: 1-8.

Chinnamuthu, C.R. and Boopathi, P.M. (2009). Nanotechnology and agroecosystem. Madras Agric. J., 96(1-6): 17-31.

Conley, D.J.; Paerl, H.W.; Howarth, R.W.; Boesch, D.F. and Seitzinger, S.P. (2009). Ecology controlling eutrophication: nitrogen and phosphorus. Sci., 323: 1014-1015.

Corradini, E.; de Moura, M.R. and Mattoso, L.K.C. (2010). A preliminary study of the incorporation of NPK fertilizer into chitosan nanoparticles. Express Polymer Letters 4(8): 509-515.

Correll, D.L. (1998). The role of phosphorus in the eutrophication of receiving waters: a review. J. Environ. Qual., 27: 261-266.

Cresser, M.S. and Parsons, J.W. (1979). Sulphuric-perchloric acid digestion of plant material for the determination of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium. Analytica Chimica Acta, 109: 431-436.

Das, R.; Kiley, P.J.; Segal, M.; Norville, J.; Yu, A.A.; Wang, L. and Lebedev, N. (2004). Integration of photosynthetic protein molecular complexes in solid-state electronic devices. Nano Letters, 4(6): 1079-1083.

Dayan, F.E.; Cantrell, C.L. and Duke, S.O. (2009). Natural products in crop protection. Bioorg. Med. Chem., 17: 4022-4034.

De, M.; De, A.K.; Mukhopadyay, R.; Banerjee, A.B. and Miro, M. (2003). Actividad Antimicrobiana de Cuminum cyminum L. Ars Pharm., 44(3): 257-269.

DeRosa, M.C.; Monreal, C.; Schnitzer, M.; Walsh, R. and Sultan, Y. (2010). Nanotechnology in fertilizers. Nat. Nanotechnol., 5(2): 91-93.

Dubey, V.S.; Bhalla, R. and Luthra, R. (2003). Sucrose mobilization in relation to essential oil biogene- sis during palmarosa (Cymbopogon martini Roxb. Wats. Var. motia) inflorescence development. J. Biosci., 28(4): 479-487.

Ehsanipour, A.; Razmjoo, J. and Zeinali, H. (2012). Effect of nitrogen rates on yield and quality of fennel (Foeniculum vulgare Mill.) accessions. Ind. Crops Prod., 35: 121-125.

El-Ramady, H.R. (2014). Integrated nutrient management and postharvest of crops, sustainable. Agric. Rev., 13: 163-274.

El-Wahab, A. and Mohamed, A. (2007). Effect of nitrogen and magnesium fertilization on the production of Trachyspermum ammi L. (Ajowan) plants under Sinai conditions. J. Appl. Sci. Res., 3(8): 781-786.

Eriksen, J.; Thorup- Kristensen, K. and Askegaard, M. (2004). Plant availability of catch crop sulfur following spring incorporation. J. Plant Nutr. Soil Sci., 167(5): 609-615.

Espinosa, M.; Turner, B. L. and Haygarth, P.M. (1999). Preconcentration and separation of trace phosphorus compounds in soil leachate. J. Environ. Quality, 28(5): 1497-1504.

Ezz El-Din, A.; Hendawy, S.F.; Aziz, E.E. and Omer, E.A. (2010). Enhancing growth, yield and essential oil of caraway plants by nitrogen and potassium fertilizers. Int. J. Acad. Res. 2(3): 192-197.

F.A.O., Food and Agriculture Organization of the United Nations (2007). Balanced fertilization through phosphate promotion at farm level: Impact on crop production. World Phosphate Institute, Morocco, FAO and NFDC, Islamabad.

Fahad, S.; Ahmad, M.; Akbar Anjum, M. and Hussain, S. (2014). The effect of micronutrients (B, Zn and Fe) foliar application on the growth, flowering and corm production of gladiolus (Gladiolus grandiflorus L.) in calcareous soils. J. Agric. Sci. Technol., 16: 1671-1674.

Fakruddin, M.; Hossain, Z. and Afroz, H. (2012). Prospects and applications of Nanobiotechnology: a medical perspective. J. Nanobiotech., 10(1): 31-33.

Farnia, A. and Ghorbani, A. (2014). Effect of K nano-fertilizer and N bio-fertilizer on yield and yield components of red bean (Phaseolus vulgaris L.). Int. J. Biosci., 5(12): 296-303.

Fujinuma, R. and Balster, N.J. (2010). Controlled-release nitrogen in tree nurseries. Res. Comm., 2: 123-126.

Galbraith, D.W. (2007). Nanobiotechnology: silica breaks through in plants. Nat. Nanotechnol., 2(5): 272-273.

Ganjewala, D. and Luthra, R. (2007). Essential oil biosynthesis and metabolism of geranyl acetate and geraniol in developing Cymbopogon flexuosus (Nees ex Steud) Wats Mutant cv. GRL 1 leaf. Am. J. Plant Physiol., 2(4): 269-275.

Ghafariyan, M.H.; Malakouti, M.J.; Dadpour, M.R.; Stroeve, P. and Mahmoudi, M. (2013). Effects of magnetite nanoparticles on soybean chlorophyll. Environ. Sci. Technol., 47: 10645–10652.

Ghazal, G.M. and Shahhat, I.M.A. (2013). Polyphenols, flavonoids, carotenoids and an.tioxidant activity of lupine (Lupinus termis L.) seeds affected by Vitamin C, Vitamin [B. sub. 3] and turmeric rhizomes extract. Adv. Environ. Biol., 12: 4914-4925.

Giller, K.E.; Beare, M.H.; Lavelle, P.; Izac, A.M. and Swift, M.J. (1997). Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. Appl. Soil Ecol., 6(1): 3-16.

Gohari, A.R. and Saeidnia, S. (2011). A review on phytochemistry of Cuminum cyminum seeds and its standards from field to market. Pharmacognosy J., 3(25): 1-5.

Goulding, K.; Jarvis, S. and Whitmore, A. (2008). Optimizing nutrient management for farm systems. Philosophical Transactions of the Royal Society, 363: 667-680.

Grant, C.; Bittman, S.; Montreal, M.; Plenchette, C. and Morel, C. (2005). Soil and fertilizer phosphorus: effects on plant P supply and mycorrhizal development. Canadian J. Plant Sci., 85(1): 3-14.

Gruère, G.; Narrod, C. and Abbott, L. (2011). Agriculture, Food and Water Nanotechnologies for the Poor: Opportunities and Constraints. Policy Brief 19. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.

Halvorson, A.D.; Schweissing, F.C.; Bartolo, M.E. and Reule, C.A. (2005). Corn response to nitrogen fertilization in a soil with high residual nitrogen. Agron. J., 97: 1222-1229.

Hamman, R. A.; Dami, E.; Waish, T.M. and Stushnoff, C. (1996). Seasonal carbohydrate changes and gold hardness of chardonnay and Riesling grapevines. Amer. J. Enol. Vitic., 47(1): 3 – 48.

Hänsch, R. and Mendel, R.R. (2009). Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). Curr. Opinion in Plant Biol., 12(3): 259-266.

Hansel, R.; Sticher, O. and Steinegger, E. (1999). Pharmakognosie-Phytopharmazie, 6th ed., Springer-Verlag, Berlin, pp: 692-695.

Hartemink, A.E.; Johnston, M.; O'Sullivan, J.N. and Poloma, S. (2000). Nitrogen use efficiency of taro and sweet potato in the humid lowlands of Papua New Guinea. Agric. Ecos. Environ., 79: 271-280.

Hassani, A. and Tajali, A.A. (2014). Studying the conventional chemical fertilizers and nano-fertilizer of iron, zinc and potassium on quantitative yield of the medicinal plant of peppermint (Mentha Piperita L.) in Khuzestan. Int. J. Agric. Innov. Res., 3(4): 10781-10821.

Heisey, P.W. and Mwangi, W. (1996). Fertilizer use and maize production in sub-Saharan Africa. Econ. Work. Pap., 96-01.

Hellal, F.A.; Mahfouz, S.A. and Hassan, A.S. (2011). Partial substitution of mineral nitrogen fertilizer by bio-fertilizer on (Anethum graveolens L.) plant. Agric. Biol. J. N. Am., 2(4): 652-660.

Herbert, D.; Philips, P.J. and Strange, R.E. (1971). Determination of total carbohydrates, in: Methods in Microbiology. Norris. J. R. and Robbins. D. W. (Eds.). Acad. Press, New York, USA.

Hirel, B.; LeGouis, J.; Ney, B. and Gallais, A. (2007). The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. J. Exp. Bot. 58: 2369-2387.

Holford, I.C.R. (1997). Soil phosphorus: its measurement, and its uptake by plants. Soil Res., 35(2): 227-240.

Hu, X.; Su, F.; Ju, X.; Gao, B.; Oenema, O.; Christie, P.; Huang, B.; Jiang, R. and Zhang, F. (2013). Greenhouse gas emissions from a wheat maize double cropping system with different nitrogen fertilization regimes. Environ. Pollut., 176: 198-207.

I.N.I.C., Iran Nanotechnology Initiative Council (2009). First nano-organic iron chelated fertilizer invented in Iran [webpage on the Internet]. Tehran, Iran: Iran Nanotechnology Initiative Council. Availablefrom: http://www.iranreview.org.

Jabbari, R.; Dehaghi, M.A.; Sanavi, A.M.M. and Agahi, K. (2011). Nitrogen and iron fertilization methods affecting essential oil and chemical composition of thyme (Thymus vulgaris L.) medical plant. Adv. Environ. Biol. 5(2): 433-438.

Jakusko, B.B. and Usman, B.D. (2013). Effects of NPK fertilizer and plant population density on productivity of Sesame (Sesamum indicum L.). Res. J. Env. Manage., 2(5): 121-126.

Janmohammadi, M.; Amanzadeh, T.; Sabaghnia, N. and Dashti, S. (2016). Impact of foliar application of nano micronutrient fertilizers and titanium dioxide nanoparticles on the growth and yield components of barley under supplemental irrigation. Acta Agriculturae Slovenica, 107(2): 265-276.

Jones, T.A.; Zou, J.Y.; Cowan, S.T. and Kjeldgaard, M. (1991). Improved methods for building protein models in electron density maps and the location of errors in these models. Acta Crystallographica Section A: Foundations of Crystallography, 47(2): 110-119.

Kaheni, A.; Ramazani, S.H.R.; Ganjali, H.R. and Mobaser, H.R. (2013). Effect of nitrogen fertilizer and plant density on yield and its components in Cumin (Cuminum cyminum L.) in South Khorasan Province. Int. J. Agric. Crop Sci., 6(5): 248 – 152.

Kamaraj, M.; Tajbakhshshevan, M. and Seyedsharifi, R. (2014). Effect of NPK on agronomic traits of anise. Not. Sci. Biol., 2(2): 112-113.

Kandil, M.A.M.; Khatab, M.E.; Ahmed, S.S. and Schnug, E. (2009). Herbal and essential oil yield of Genovese basil (Ocimum basilicum L.) grown with mineral and organic fertilizer sources in Egypt. J. für Kulturpflanzen, 61(12), 443-449.

Kang, M.S. and Elbein, A.D. (1983). Mechanism of inhibition of jack bean α-mannosidase by swainsonine. Plant Physiol., 71(3): 551-554.

Kasraei, R. (1985). Abstract of Plant Nutrition Science, Press pf Tabriz University, Iran.

Khalid, K.A. (2013). Effect of nitrogen fertilization on morphological and biochemical traits of some Apiaceae crops under arid region conditions in Egypt. Nus. Biosci, 5(1): 15-21.

Khalid, K.A. and Shedeed, M.R. (2015). Effect of NPK and foliar nutrition on growth, yield and chemical constituents in Nigella sativa L. J. Mater. Environ. Sci., 6(6): 1709-1714.

Khan, M.R. and Rizvi, T.F. (2017). Application of Nanofertilizer and Nanopesticides for Improvements in Crop Production and Protection. In Nanoscience and Plant–Soil Systems (pp: 405-427). Springer International Publishing.

Khodakovskaya, M.V.; de Silva, K.; Biris, A.S.; Dervishi, E. and Villagarcia, H. (2012). Carbon nanotubes induce growth enhancement of tobacco cells. ACS Nano, 6(3): 2128-2135.

Kottegoda, N.; Munaweera, I.; Madusanka, N. and Karunaratne, V.A. (2011). Green slow-release fertilizer composition based on urea-modified hydroxyapatite nanoparticles encapsulated wood. Curr. Sci., 101(1): 73-78.

Kumar, T.S.; Swaminathan, V. and Kumar, S. (2009). Influence of nitrogen, phosphorus and biofertlizers on growth, yield and essential oil constituents in ratoon crop of davana (Artemisia pallens Wall.). Electron. J. Environ. Agric. Food Chem., 8(2): 86-95.

Lal, R. (2008). Promise and limitations of soils to minimize climate change. J. Soil Water Conserve., 63: 113A–118A.

Lamb, M.J.; Clough, G.H. and Hemphill, D.D. (1993). Pretransplant watermelon nutrition with various nitrate: ammonium ratios and supplemental calcium. Hort. Sci., 28: 101-103.

Lee, C.-H.; Sung, B.-K. and Lee, H.-S. (2006). Acaricidal activity of fennel seed oils and their main components against Tyrophagus putres-centiae, a stored-food mite. J. Stored Prod. Res., 42: 8-14.

Letchamo, W. (1993). Nitrogen application affects yield and content of the active substances in chamomile genotypes. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), New crops. Wiley, New York.

Liu, R. and Lal, R. (2014). Synthetic apatite nanoparticles as a phosphorus fertilizer for soybean (Glycine max), Sci. Rep, 4: 5686–5691.

Liu, R. and Lal, R. (2015). Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. A review. Sci. Total Environ., 514: 131-139.

Liu, X.; Feng, Z.; Zhang, S.; Zhang, J.; Xiao, Q. and Wang, Y. (2006). Preparation and testing of cementing nano-subnano composites of slow or controlled release of fertilizers. Sci. Agric. Sin., 39: 1598-1604.

Ma, X.; Geiser-Lee, J.; Deng, Y. and Kolmakov, A. (2010). Interactions between engineered nano- particles (ENPs) and plants: phytotoxicity, uptake and accumulation. Sci. Total Environ., 408(16): 3053-3061.

Mackinney, G. (1941). Absorption of light by chlorophyll solutions. J. Biol. Chem., 140: 315-322.

Madaan, R.; Bansal, G.; Kumar, S. and Sharma, A. (2011). Estimation of total phenols and flavonoids in extracts of Actaea spicata roots and antioxidant activity studies. Ind. J. Pharm. Sci., 73(6): 666-669.

Mahfouz, S.A. and Sharaf-Eldin, M.A. (2007). Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (Foeniculum vulgare Mill.). Int. Agrophysics, 21(4): 361-365.

Malka, I.E.; Ahmad, S.A. and Mortada, R.K. (1996). The influence of Irrigation intervals and phosphorus fertilization on growth seed oil yield of anise plant (Pimpinella anisum). J. Agric. Res., 74(3): 733-735.

Manikandan, A. and Subramaian, K.S. (2016). Evaluation of zeolite based nitrogen nano-fertilizers on maize growth, yield and quality on Inceptisols and Alfisols. Int. J. Plant and Soil Sci., 9(4): 1-9.

Manikandan, A. and Subramanian, K.S. (2014). Fabrication and characterisation of nanoporous zeolite based N fertilizer. Afric. J. Agric. Res., 9(2): 276-284.

Manjunatha, S.B.; Biradar, D.P. and Aladakatti, Y.R. (2016). Nanotechnology and its applications in agriculture: A review. J. Farm Sci., 29(1): 1-13.

Mann, A. (2011). Biopotency role of culinary spices and herbs and their chemical constituents in health and commonly used spices in Nigerian dishes and snacks. Afric. J. Food Sci., 5(3): 111-124.

Marschner, H. (2011). Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd ed., Academic Press: London, UK, pp: 178-189.

Masclaux-Daubresse, C.; Daniel-Vedele, F.; Dechorgnat, J.; Chardon, F. and Gaufichon, L. (2010). Nitrogen uptake, assimilation and remobilization in plants: challenges for sustainable and productive agriculture. Ann. Bot., 105: 1141-1157.

McCaleb, R.S. (1994). Food Ingredient Safety Evaluation. Development in Food Science 34. Elsavier Science, B.V. Amsterdam.

McKenzie, F.R.; Jacobs, J.L. and Kearney, G. (2002). The long-term impact of nitrogen fertilizer on perennial ryegrass tiller and white clover growing point densities in grazed dairy pastures in south-western Victoria. Australian J. Agric. Res., 53(11): 1203-1209.

Meharg, A. and Marschner, P. (2012). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Exp. Agric., 48(2): 305-310.

Mehfoz, S.A. and Sharaf-Eldin, M.A. (2006). Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield and essential oil content of fennel (Foeniculum vulgare Mill.). Medicinal and Aromatic Plants Department. National Research Centre, Cairo-12622, Egypt, 21: 361-366.

Menglan, S.; Fading, P.; Zehui, P.; Watson, M.F.; Cannon, J.F.M.; Holmes-Smith, I.; Kljuykov, E.V.; Phillippe, L.R. and Pimenov, M.G. (2005). Apiaceae (Umbelliferae). Flora of China, 14: 1-205.

Moawad, S.A.; El-Ghorab, A.H.; Hassan, M.; Nour-Eldin, H. and El-Gharabli, M.M. (2015). Chemical and microbiological characterization of Egyptian cultivars for some spices and herbs commonly exported abroad. Food and Nutr. Sci., 6: 643-659.

Mozaffarian, V. (2007). Umbelliferae. In: Flora of Iran, No. 54. (Assadi M, Khatamsaz M, Maasoumi AA, eds). Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran. p: 596.

Muhit, M.A.; Tareq, S.M.; Apu, A.S.; Basak, D. and Islam, M.S. (2010). Isolation and identification of compounds from the leaf extract of Dillenia indica Linn. Bangladesh Pharm. J., 13(1): 49-53.

Mukhopadhyay, S.S. and Kaur, N. (2016). Nanotechnology in Soil-Plant System. In Plant Nanotechnology (pp: 329-348). Springer International Publishing.

Munir, A. (2005). Effect of nitrogen and phosphorous application on growth, yield and profitability of fennel. M.Sc Thesis, Dept. of Agron, Univ. of Agric., Faisalabad, Pakistan.

Nadeem, M. and Riaz, A. (2012). Cumin (Cuminum cyminum) as a potential source of antioxidants. Pak. J. Food Sci., 22(2): 101-107.

Naderi, M.R. and Danesh-Shahraki, A. (2013). Nanofertilizers and their roles in sustainable agriculture. Int. J. Agric. Crop Sci., 5(19): 2229-2232.

Nafiu, A.K.; Togun, A.O.A.; Olabiyi, M. and Chude, V.O. (2011). Effects of NPK fertilizer on growth, dry matter production and yield of eggplant in south western Nigeria. Agri. Bio. J. N. Am., 2(7): 1117-1125.

Nair, R.; Varghese, S.H.; Nair, B.G.; Maekawa, T.; Yoshida, Y. and Kumar, D.S. (2010). Nanoparticulate material delivery to plants. Plant Sci., 179(3): 154-166.

Napoli, E.M.; Curcuruto, G. and Ruberto, G. (2010). Screening the essential oil composition of wild Sicilian fennel. Biochem. Syst. Ecol., 38: 213-223.

Nas, B. and Berktay, A. (2010). Groundwater quality mapping in urban groundwater using GIS. Environ. Monitoring and Assessment, 160(1): 215-227.

Nazaran, M.H.; Khalaj, H.; Labafi Hussein Abadi, M, R.; Shamsabadi, M. and Razi, A. (2009). Effect of spraying NPK Chelate nano-fertilizer on quantitative and qualitative characteristics of dryland cumin. J. Nanotechnol., 1: 193-225.

Nissen, L.; Zatta, A.; Stefanini, I.; Grandi, S.; Sgorbati, B. and Biavati, B. (2010). Characterization and antimicrobial activity of essential oils of industrial hemp varieties (Cannabis sativa L.). Fitoterapia., **81**: 413–419.

Nel, A.; Xia, T.; Madler, L. and Li, N. (2006). Toxic potential of materials at the nano level. Science, 311: 622-627.

Novak, J.; Bitsch, Ch.; Langbehn, J.; Pank, F.; Skoula, M.; Gotsiou, Y. and Franz, Ch.M. (2000). Ratios of cis- and trans-sabinene hydrate in Origanum majorana L. and Origanum microphyllum (Ben- tham) Vogel. Biochem. Syst. Ecol. 28: 697-704.

Novak, J.; Bitsch, Ch.; Pank, F.; Langbehn, J. and Franz, Ch.M. (2002). Distribution of the cis-sabinene hydrate acetate chemotype in accessions of marjoram (Origanum majorana L.). Euphytica, 127: 69–74.

Nurzynska-Wierdak, R. and Borowski, B. (2011). Changes in the content and chemical composition of sweet basil essential oil under the influence of fertilization of plants with nitrogen and potassium. Annales UMCS, sec. DDD, Pharmacia, 24(3): 15-28.

Nurzynska-Wierdak, R. (2013). Does mineral fertilization modify essential oil content and chemical composition in medicinal plants? Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus., 12(5): 3-16.

Nwaoguala, C.N.C.; Law-ogbomo, K.E. and Osaigbovo, A.U. (2015). Influence by artificial defoliation and NPK fertilizer application on growth and yield of Okra (Abelmoschus esculentus (L.) Moech). Afric. J. Food Agric. Nutr., Dev., 15(2): 9794-9806.

Oloyede, F.M.; Agaje, G.O. and Obisesam, I.O. (2013). Effect of NPK fertilizer on fruit yield and yield components of Pumpkin (Cucurbita pepo Linn.). Afric. J. Food Agric. Nutr. Dev., 3(3): 7755-7771.

Omidbaigi, R. (2008). Production and Processing of Medicinal Plants. 5th ed. Tehran: Astan Quds Publication.

Orav, A.; Raal, A. and Arak, E. (2008). Essential oil composition of Pimpinella anisum L. fruits from various European countries. Nat. Product Res., 22(3): 227-232.

Pae, H.O.; Oh, H.; Yun, Y.G.; Oh, G.S.; Jang, S.I. and Hwang, K.M. (2002). Imperatorin, a furanocoumarin from Angelica dahurica (Umbelliferae), induces cytochrome cdependent apoptosis in human promyelocytic leukaemia, HL-60 cells. Pharmacol. Toxicol., 91: 40–48.

Parashar, M.; Jakhar, M.L. and Malik, C.P. (2014). A review on biotechnology, genetic diversity in cumin (Cuminum cyminum). Life Sci., 4(4): L17-L34.

Pepó, P.; Vad, A. and Berényi, S. (2005). Agrotechnikai tényezők hatása a kukorica termésére monokultúrás termesztésben. Növénytermelés, 54: 317-326.

Pérez-de-Luque, A. and Hermosín, M.C. (2013). Nanotechnology and its use in agriculture. In: Bagchi D, Bagchi M, Moriyama H, Shahidi F, editors. Bio-nanotechnology: A Revolution in Food, Bomedical and Health Sciences. Wiley-Blackwell, West Sussex, UK, pp: 299-405.

Pimenov, M.G. and Leonov, M.V. (1993). The genera of the Umbelliferae. Kew: Royal Botanic Gardens.

Prajapati, V.; Tripathi, A.K.; Aggarwal, K.K. and Khanuja, S.P.S. (2005). Insecticidal, repellent and oviposition-deterrent activity of selected essential oils against Anopheles stephensi, Aedes aegypti and Culex quinquefasciatus. Biores. Technol., 96: 1749-1757.

Premlata, S.; Mourya, K.K.; and Padma, K. (2015). Gas chromatography-mass spectrometric analyses of acetone extract of Marwar Dhaman grass for bioactive compounds. Plant Archives., 15(2): 1065-1074.

Raghothama, K.G. (1999). Phosphate acquisition. Ann. Rev. Plant Biol., 50(1): 665-693.

Rai, N.; Yadav, S.; Verma, A.K.; Tiwari, L. and Sharma, R.K. (2012). A monographic profile on quality specifications for herbal drug and spice of commerce- Cuminum cyminum L. Int. J. Adv. Herbal Sci. Technol., 1(1): 1-12.

Rai, S.K.; Katiyar, R.S. and Singh, S.P. (2002). Effect of nitrogen and phosphorous on growth and yield of Foeniculum vulgare on the sodic soils. J. Med. Aroma. Pl. Sci., 24(1): 65-67.

Raj, H. and Thakral, K.K. (2008). Effect of chemical fertilizers on growth, yield and quality of fennel (Foeniculum vulgare Miller). J. of Spices and Aromatic Crops, 17(2): 134-139.

Rameshaiah, G.N.; Pallavi, J. and Shabnam, S. (2015). Nano fertilizers and nano sensors–an attempt for developing smart agriculture. Int. J. Eng. Res. Gen. Sci., 3(1): 2091 – 2730.

Rao, C.S.; Swarup, A.; Rao, A.S. and Gopal, V.R (1999). Kinetics of nonexchangeable potassium release from a Tropaquept as influenced by long-term cropping, fertilization and manuring. Soil Res., 37(2): 317-328.

Rao, E.V.S.P.; Puttana, K.; Rao, R.S.G. and Ramesh, S. (2007). Nitrogen and potassium nutrition of French basil (Ocimum basilicum Linn.). J. Spices Arom. Crops, 16(92): 99-105.

Ren, T.; Lu, J.; Li, H.; Zou, J.; Xu, H.; Liu, X. and Li, X. (2013). Potassium- fertilizer management in winter oilseed- rape production in China. J. Plant Nutr. Soil Sci., 176(3): 429-440.

Rihawy, M.S.; Bakraji, E.H. and Odeh, A. (2014). PIXE and GC-MS investigation for the determination of the chemical composition of Syrian Cuminum cyminum L. Appl. Radiat. Isot., 86:118-125.

Robertson, G.P. and Vitousek, P.M. (2009). Nitrogen in agriculture: balancing the cost of an essential resource. Annu. Rev. Environ. Resour. 34: 97-125.

Russo, E. B (2011). Taming THC: potential cannabis synergy and phytocannabinoid-terpenoid entourage effects. British Journal of Pharmacology., **163** (7): 1344–1364.

Sadik, O.A.; Zhou, A.L.; Kikandi, S.; Du, N.; Wang, Q. and Varner, K. (2009). Sensors as tools for quantitation, nanotoxicity and nanomonitoring assessment of engineered nanomaterials. J. Environ. Monitor., 11(10): 1782-1800.

Said-Al Ahl, H.A.H.; Omer, E.A. and Naguib, N.Y. (2009a). Effect of water stress and nitrogen fertilizer on herb and essential oil of oregano. Int. Agroph., 23: 269-275.

Said-Al Ahl, H.A.H.; Hasanaa, S.A. and Hendawy S.F. (2009b). Effect of potassium humate and nitrogen fertilizer on herb and essential oil of oregano under different irrigation intervals. J. Appl. Sci. 2(3), 319-323.

Salama, Z.A.; El Baz, F.K.; Gaafar, A.A. and Zaki, M.F. (2015). Antioxidant activities of phenolics, flavonoids and vitamin C in two cultivars of fennel (Foeniculum vulgare Mill.) in responses to organic and bio-organic fertilizers. J. Saudi Soc. Agric. Sci., 14(1): 91–99.

Sanchez, P.A. (2002). Soil fertility and hunger in Africa. Sci., 295(5562): 2019 – 2020.

Sanginga, N. and Woomer, P.L. (eds.) (2009). Integrated Soil Fertility Management in Africa: Principles, Practices and Developmental Process. Tropical Soil Biology and Fertility Institute of the International Centre for Tropical Agriculture. Nairobi. pp: 79.

Schachtman, D.P.; Reid, R.J. and Ayling, S.M. (1998). Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. Plant Physiol., 116 (2): 447-453.

Scrinis, G. and Lyons, K. (2007). The emerging nano-corporate paradigm: nanotechnology and the transformation of nature, food and agri-food systems. Int. J. Soc. Food and Agric., 15(2): 22-44.

Selles, F.; Campbell, C.A. and Zentner, R.P. (1995). Effect of cropping and fertilization on plant and soil phosphorus. Soil Sci. Soc. America J., 59(1): 140-144.

Shah, V. and Belozerova, I. (2009). Influence of metal nanoparticles on the soil microbial community and germination of lettuce seeds. Water Air Soil Pollut., 197: 143-148.

Sharafzadeh, S.; Esmaeilli, M. and Mohammadi, A.H. (2011a). Interaction effects of nitrogen, phosphorus and potassium on growth, essential oil and total phenolic content of sweet basil. Adv. Environ. Biol., 5(6): 1285-1289.

Sharafzadeh, S.; Khosh-Khui, M. and Javidnia, K. (2011b). Effect of nutrients on essential oil components, pigments and total phenolic content of lemon balm (Melissa officinalis L.). Adv. Environ. Biol. 5(4): 639-646.

Sharma, S. and Kumar, R. (2012). Effect of nitrogen on growth, biomass and oil composition of clary sage (Salvia sclarea Linn.) under mid hills of north western Himalayas. Indian J. Nat. Prod. Res., 3(1): 79-83.

Sharma, A.; Kumar, V.; Kohli, S. K.; Thukral, A. K. and Bhardwaj, R. (2015). Phytochemicals in Brassica juncea L. seedlings under

imidacloprid-epibrassinolide treatment using GC-MS. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research., 7(10): 708-711.

Sifola, M.I. and Barbieri, G. (2006). Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. Sci. Hort., 108: 408-413.

Singh, A.; Singh, N.B.; Hussain, I.; Singh, H. and Singh, S.C. (2015). Plant-nanoparticle interaction: an approach to improve agricultural practices and plant productivity. Int. J. Pharm. Sci. Invent., 4(8): 25-40.

Singh, G.; Maurya, S.; de Lampasona, M.P. and Catalan, C. (2006). Chemical constituents, antifungal and antioxidative potential of Foeniculum vulgare volatile oil and its acetone extract. Food Control, 17: 745–752.

Singh, I.D. and Stockopf, N.C. (1971). Harvest index in cereals. Agron. J., 63: 224–226.

Singh, M.; Singh, V.P. and Reddy, D.D. (2002). Potassium balance and release kinetics under continuous rice–wheat cropping system in Vertisol. Field Crops Res., 77(2): 81-91.

Smil, V. (1999). Nitrogen in crop production: An account of global flows. Global Biogeochemical Cycles, 13: 647-662.

Smil, V. (2004). Enriching the earth: Fritz Haber, Carl Bosch, and the transformation of world food production. MIT press.

Singh, V. and Jain, D.K. (2007). Taxonomy of Angiosperms. 6th ed. India: Rastogi publications, p. 298.

Steel, R.G.D.; Torrie, J.H. and Dickey, D.A. (1997). Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach, 3rd Ed. McGraw Hill Book Co. Inc., New York, USA.

Stewart, W.M.; Dibb, D.W.; Jhonston, A.E. and Smyth, T.J. (2005). The contribution of commercial fertilizer nutrients to food production. J. Agron., 97: 1-6.

Subbarao, Ch.V.; Kartheek, G. and Sirisha, D. (2013). Slow release of potash fertilizer through polymer coating. Int. J. Appl. Sci. Eng., 11(1): 25-30.

Surmaghi, M.H.S, (2010). Medicinal Plants and Phytotherapy, Vol.1, Donyay Taghziah Press, Tehran, Iran.

Sun, J (2007). d-Limonene: safety and clinical applications. Alternative Medicine Review., 12 (3): 259–64

Sylvestre, H.; Constance, M.; Esdras, N. and Athanase, N. (2015). Effect of poultry manure and NPK (17-17-17) on growth and yield of carrot in Rulindo district, Rwanda, USA. Int. J. Novel Res. Life Sci., 2(1): 42-48.

Tahmasbi, D.; Zarghami, R.; Azghandi, A.V. and Chaichi, M. (2011). Effects of nanosilver and nitroxin biofertilizer on yield and yield components of potato minitubers. Int. J. Agric. Biol. 13: 986-990.

Tamizkar, A. and Khoshouei, Z. (2011). Fertilizer management in chamomile for achieve to the sustainable agriculture at Iran. In International Conference on Technology and Business Management, March (pp. 28-30).

Tarafdar, J.C.; Sharma, S. and Raliya, R. (2013). Nanotechnology: Interdisciplinary science of applications. Afric. J. Biotech., 12(3): 82-95.

Taylor, R. and Walton, D.R.M. (1993). The chemistry of fullerenes. Nature, 363: 685-693.

Telci, I.; Demirtas, I. and Sahin, A. (2009). Variation in plant properties and essential oil composition of sweet fennel (Foeniculum vulgare Mill.) fruits during stages of maturity. Ind. Crops Prod., 30: 126-130.

Torney, F.; Trewyn, B.G.; Lin, V.S. and Wang, K. (2007). Mesoporous silica nanoparticles deliver DNA and chemicals into plants. Nat. Nanotechnol., 2: 295-300.

Tothill, I.E. (2001). Biosensors developments and potential applications in the agricultural diagnosis sector. Computers and Electronics in Agric., 30(1): 205-218.

Trichopoulou, A.; Vasilopoulou, E.; Hollman, P.; Chamalides, C.; Foufa, E.; Kaloudis, T. and Stafilakis, K. (2000). Nutritional composition and flavonoid content of edible wild greens and green pies: a potential rich source of antioxidant nutrients in the Mediterranean diet. Food Chem., 70(3): 319-323.

Van Straaten, P. (2006). Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 78(4): 731-747.

Veronica, N.; Guru, T.; Thatikunta, R. and Narender Reddy, S. (2015). Role of Nano fertilizers in agricultural farming. Int. J. Environ. Sci. Technol., 1(1): 1-3.

Wang, M.; Zheng, Q.; Shen, Q. and Guo, S. (2013). The critical role of potassium in plant stress response. Int. J. Mol. Sci., 14: 7370-7390.

Wareaing, P.F. (1983). Interaction between nitrogen and growth regulators. In the Control of Plant Development British Plant Growth Group Monograph. 9:1-4.

Wijesinghe, W.P.S.L. and Weerasinghe, A.M.C.P. (2015). Development of nano fertilizers as slow release fertilizers. Sciscitator, 2: 28-29.

Woronuk, G.; Demisse, Z.; Rheault, M. and Mahmoud, S. (2011). Biosynthesis and therapeutic proper- ties of Lavandula essential oil constituents. Planta Med., 77(1): 7–15.

Xiaoyu, N.; Yuejin, W.; Zhengyan, W.; Lin, W.; Guannan, Q. and Lixiang, Y. (2013). A novel slow-release urea fertilizer: Physical and chemical analysis of its structure and study of its release mechanism. Biosystems Engineering, 115: 274-284.

Xu, G.; Fan, X. and Miller, A.J. (2012). Plant nitrogen assimilation and use efficiency. Plant Biology, 63: 153-182.

Zargari, A. (1996). Medicinal Plants. Tehran University Press, Tehran, Iran.

Zarshenas, M.M.; Arabzadeh, A.; Tafti, M.A.; Kordafshari, G.; Zargaran, A. and Mohagheghzadeh, A. (2013). Application of herbal exudates in traditional Persian medicine. Galen. Med. J., 1:78-83.

Zeng, Z.; Zhang, S.; Wang, H. and Piao, X. (2015). Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition: a review. J. Animal Sci. Biotechnol., 6(1): 7-18.

Zheljazkov, V.D.; Cantrell, C.L.; Ebelhar, M.W.; Rowe, D.E.; Coker, Ch. (2008). Productivity, oil content and oil composition of sweet basil as a function of nitrogen and sulphur fertilization. Hort. Sci., 43(5): 1415-1422.

Zheljazkov, V.D.; Cantrell, C.L.; Astatkie, T. and Ebelhar, M.W. (2010). Peppermint productivity and oil composition as a function of nitrogen, growth stage, and harvest time. Agron. J., 102(1): 124-128.

Zheljazkov, V.D.; Cantrell, C.L.; Astatkie, T. and Cannon, J.B. (2011). Lemongrass productivity, oil content, and composition as a function of nitrogen, sulphur, and harvest time. Agron. J., 103(3): 805-812.

Zubair, M. (2003). Growth and yield response of fennel to different seed rates and nitrogen levels. MSc. Thesis, Dept. Of Argon. Univ. of Agric., Faisalabad, Pakistan.

Zublena, J.P.; Barker, J.C. and Carter, T.A. (1990). Poultry manure as a fertilizer source. AG-North Carolina Agricultural Extension Service, North Carolina State University (USA).

ملحق 1: المركبات المحددة بتقنية GC–MS للمستخلص الكحولي لبذور الينسون بحسب تشابهها وإختلافها ضمن المعاملات السمادية المختلفة، إذ يشير اللون الأزرق للمركبات إلى ظهورها في جميع العينات، اللون الأسود الى عدم ظهور المركبات في جميع العينات، الألوان المختلفة تشير إلى ظهور المركبات في بعض العينات دون الأخرى

المقارنة	Name	Area%
1	.alpha.-Pinene	1.07
2	.beta.-Phellandrene	0.48
3	.beta.-Myrcene	0.68
4	D-Limonene	21.99
5	.alpha.-Pinene	2.79
6	(-)-Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,3,3-trimethyl-, (1R)-	1.87
7	Benzene, 1-methoxy-4-(1-propenyl)-	53.51
8	Fenchyl acetate	0.32
9	Benzene, 1-methoxy-4-(1-propenyl)-	5.48
10	1H-Cyclopenta[1,3]cyclopropa[1,2]benzene, octahydro-7-methyl-3-methylene-4-(1-m	0.79
11	Apiol	0.23
12	9-Nor-10-deoxydihydroartemisinin	0.24
13	Phytol	0.28
14	Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester	0.6
15	Phthalic acid, monoamide, N-ethyl-N-(3-methylphenyl)-, undecyl ester	0.39
16	Heneicosane, 11-decyl-	0.45
17	Stigmasterol	1.56
18	14,16-Hentriacontanedione, 25-hydroxy-	2.24
19	.gamma.-Sitosterol	4.28
20	Stigmast-7-en-3-ol, (3.beta.,5.alpha.,24S)-	0.75
		100
NPK عادي - موصى	Name	
1	.alpha.-Pinene	1.42
2	Camphene	0.18
3	Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-	0.39
4	.beta.-Myrcene	0.93
5	Cyclopenta[d]anthracene, 3-isopropyl-8,11-bis(benzyloxy)-6(6aH)-oxo-1,2,3,3a,4,5,7,	0.19
6	D-Limonene	12.98
7	.alpha.-Pinene	1
8	1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	0.41
9	(-)-Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,3,3-trimethyl-, (1R)-	8.42
10	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,7,7-trimethyl-, (1S)-	0.27

11	Benzene, 1-methoxy-4-(1-propenyl)-	56.73
12	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,3,3-trimethyl-, acetate, (1S-exo)-	0.43
13	Benzene, 1-methoxy-4-(1-propenyl)-	10.06
14	1H-Cyclopenta[1,3]cyclopropa[1,2]benzene, octahydro-7-methyl-3-methylene-4-(1-m	0.4
15	Z,Z-2,15-Octadecedien-1-ol acetate	0.2
16	Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester	0.84
17	Heneicosane, 11-decyl-	0.91
18	Stigmasterol	1.77
19	10-Nonadecanone	0.83
20	.gamma.-Sitosterol	1.65
		100
NPK نانوي - موصى	Name	Area%
1	.alpha.-Pinene	1.43
2	.beta.-Phellandrene	0.34
3	.beta.-Myrcene	0.82
4	D-Limonene	13.22
5	.alpha.-Pinene	1.45
6	(-)-Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,3,3-trimethyl-, (1R)-	7.16
7	Spirobicyclo[2.2.1]heptane-2,2'-(1',3'-dioxa-2'-oxocyclohex-5'-ene)], 1,6',7,7-tetramet	0.34
8	Benzene, 1-methoxy-4-(1-propenyl)-	22.84
9	Fenchyl acetate	0.44
10	Benzene, 1-methoxy-4-(1-propenyl)-	42.7
11	1H-Cyclopenta[1,3]cyclopropa[1,2]benzene, octahydro-7-methyl-3-methylene-4-(1-m	0.37
12	Octadecanal	0.18
13	Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester	0.73
14	cis-9-Hexadecenal	0.71
15	Octadecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester	0.41
16	Heneicosane, 11-decyl-	1.9
17	Di-n-decylsulfone	0.48
18	Stigmasterol	1.71
19	10-Nonadecanone	1.14
20	.gamma.-Sitosterol	1.63
		100
NPK عادي - ضعف الموصى	Name	Area%
1	.alpha.-Pinene	0.84
2	.beta.-Myrcene	1.06
3	D-Limonene	31.43
4	.alpha.-Pinene	3.21
5	(-)-Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,3,3-trimethyl-, (1R)-	2.85
6	Benzene, 1-methoxy-4-(1-propenyl)-	9.36
7	Fenchyl acetate	1.11
8	Benzene, 1-methoxy-4-(1-propenyl)-	32.69

9	1H-Cyclopenta[1,3]cyclopropa[1,2]benzene, octahydro-7-methyl-3-methylene-4-(1-m	0.53
10	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	0.66
11	Phytol	0.99
12	Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester	1.67
13	cis-9-Hexadecenal	0.85
14	1-Heptacosanol	0.69
15	Heneicosane, 11-decyl-	4.07
16	1-Heptacosanol	1.08
17	.alpha.-Tocopherol-.beta.-D-mannoside	0.62
18	Stigmasterol	2.63
19	10-Nonadecanone	1.67
20	.gamma.-Sitosterol	1.98
		100
NPK نانوي - ضعف الموصى	Name	Area%
1	.alpha.-Pinene	1.31
2	.beta.-Phellandrene	0.29
3	.beta.-Myrcene	1.04
4	D-Limonene	18.98
5	.alpha.-Pinene	2.58
6	1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	0.27
7	(-)-Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,3,3-trimethyl-, (1R)-	8.32
8	Spirobicyclo[2.2.1]heptane-2,2'-(1',3'-dioxa-2'-oxocyclohex-5'-ene)], 1,6',7,7-tetramet	0.46
9	Benzene, 1-methoxy-4-(1-propenyl)-	2.75
10	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,3,3-trimethyl-, acetate, (1S-exo)-	0.9
11	Benzene, 1-methoxy-4-(1-propenyl)-	49.63
12	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	0.32
13	Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester	1.24
14	E,Z-1,3,12-Nonadecatriene	1.37
15	Octadecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester	2.56
16	Heneicosane, 11-decyl-	2.81
17	1-Heptacosanol	0.57
18	Stigmasterol	1.64
19	10-Nonadecanone	1.42
20	.gamma.-Sitosterol	1.55
		100
NPK خليط - موصى	Name	Area%
1	.alpha.-Pinene	1.38
2	.beta.-Phellandrene	0.25
3	Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-	0.27
4	.beta.-Myrcene	1.28
5	D-Limonene	16.63
6	.alpha.-Pinene	2.51
7	1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	0.44

8	(-)-Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,3,3-trimethyl-, (1R)-	6.2
9	Benzene, 1-methoxy-4-(1-propenyl)-	2.27
10	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,3,3-trimethyl-, acetate, (1S-exo)-	1.04
11	Benzene, 1-methoxy-4-(1-propenyl)-	54.38
12	Apiol	0.41
13	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	0.32
14	Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester	1.14
15	1,3,12-Nonadecatriene	1.64
16	Octadecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester	2.57
17	Heneicosane, 11-decyl-	2.81
18	Stigmasterol	1.6
19	10-Nonadecanone	1.31
20	.gamma.-Sitosterol	1.54
		100
خليط NPK - ضعف الموصى	Name	Area%
1	.alpha.-Pinene	1.15
2	.beta.-Phellandrene	0.27
3	.beta.-Myrcene	0.94
4	D-Limonene	16.1
5	.alpha.-Pinene	1.33
6	(-)-Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,3,3-trimethyl-, (1R)-	9.61
7	Benzene, 1-methoxy-4-(1-propenyl)-	20.48
8	Fenchyl acetate	0.72
9	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-ol, 1,3,3-trimethyl-, acetate, (1S-exo)-	0.86
10	Benzene, 1-methoxy-4-(1-propenyl)-	35.83
11	1-Hydroxymethyl-1,2,3,4-tetrahydro-naphthalen-2-ol	0.95
12	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	0.24
13	Phytol	0.58
14	Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester	1.61
15	E,Z-1,3,12-Nonadecatriene	1.58
16	Octadecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester	0.86
17	Heneicosane, 11-decyl-	2.07
18	Stigmasterol	2
19	10-Nonadecanone	0.98
20	.gamma.-Sitosterol	1.83
		100

ملحق 2: المركبات المحددة بتقنية GC–MS للمستخلص الكحولي لبذور الينسون بحسب تشابهها وإختلافها ضمن المعاملات السمادية المختلفة، إذ يشير اللون الأزرق للمركبات إلى ظهورها في جميع العينات، اللون الأسود الى عدم ظهور المركبات في جميع العينات، الألوان المختلفة تشير إلى ظهور المركبات في بعض العينات دون الأخرى

المقارنة	Name	Area%
1	.alpha.-Pinene	6.45
2	Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-	0.59
3	D-Limonene	2.84
4	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	1.75
5	Decanal	7.33
6	2-Cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-, (R)-	2.92
7	2-Decenal, (E)-	8.68
8	2,3-Dimethyl-3-decanol	28.85
9	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	3.51
10	2-Propenoic acid, 2-methyl-, decyl ester	0.95
11	2-Dodecenal	2.56
12	3-Undecanol, 3-ethyl-	6.25
13	Apiol	4.84
14	8-Hexadecenal, 14-methyl-, (Z)-	6.92
15	Cyclopropanecarboxylic acid, heptadecyl ester	7.81
16	Butane, 1,1'-[methylenebis(oxy)]bis[3-methyl-	1.02
17	Tetradecanoic acid, tetradecyl ester	1.97
18	Hexadecanoic acid, cyclohexyl ester	1.27
19	Stigmasterol	1.16
20	.gamma.-Sitosterol	2.32
		100
NPK عادي - موصى	Name	Area%
1	.alpha.-Pinene	7.7
2	Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-	0.68
3	D-Limonene	0.98
4	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl	33.25
5	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,7,7-trimethyl-, (1R)-	0.71
6	Decanal	7.86
7	2-Decenal, (E)-	5.2
8	2,3-Dimethyl-3-decanol	15.04
9	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	3.18
10	2-Propenoic acid, 2-methyl-, decyl ester	0.85
11	2-Dodecenal	1.89

12	3-Undecanol, 3-ethyl-	4.34
13	8-Hexadecenal, 14-methyl-, (Z)-	3.19
14	Cyclopropanecarboxylic acid, heptadecyl ester	3.05
15	Tetradecanoic acid	2.32
16	1-Ethyl-1-(3,5-dimethylcyclohexyloxy)-1-silacyclohexane	1.22
17	Tetradecanoic acid, tetradecyl ester	2.38
18	Hexadecanoic acid, cyclohexyl ester	2.14
19	Stigmasterol	1.15
20	.gamma.-Sitosterol	2.84
		100
NPK نانوي - موصى	Name	Area%
1	.alpha.-Pinene	5.87
2	Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-	0.55
3	.beta.-M rcene	0.43
4	D-Limonene	1.02
5	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	29.08
6	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,7,7-trimethyl-, (1R)-	1.34
7	Decanal	4.33
8	2-Decenal, (E)-	8.96
9	2,3-Dimethyl-3-decanol	19.11
10	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	2.88
11	2-Propenoic acid, 2-methyl-, decyl ester	0.93
12	2-Dodecenal	2.89
13	3-Undecanol, 3-ethyl-	4.48
14	8-Hexadecenal, 14-methyl-, (Z)-	5.58
15	Cyclopropanecarboxylic acid, heptadecyl ester	5.04
16	Tetradecanoic acid	1.67
17	Tetradecanoic acid, tetradecyl ester	1.65
18	Hexadecanoic acid, cyclohexyl ester	1.33
19	Stigmasterol	0.75
20	.gamma.-Sitosterol	2.1
		100
NPK عادي - ضعف الموصى	Name	Area%
1	.alpha.-Pinene	14.74
2	Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-	1.42
3	-Limonene	0.52
4	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	44.09
5	Decanal	4.99
6	2-Undecenal, E-	2.84
7	2,3-Dimethyl-3-decanol	6.87
8	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	2.65
9	2-Propenoic acid, 2-methyl-, decyl ester	0.62
10	2-Dodecenal	2.57

11	3-Undecanol, 3-ethyl-	5.05
12	8-Hexadecenal, 14-methyl-, (Z)-	0.91
13	Cyclopropanecarboxylic acid, heptadecyl ester	1.44
14	Tetradecanoic acid	2.04
15	Decanoic acid, decyl ester	0.9
16	Tetradecanoic acid, tetradecyl ester	0.81
17	Dodecanoic acid, isooctyl ester	0.75
18	Stigmasterol	2.13
19	.gamma.-Sitosterol	3.82
20	12-Oleanen-3-yl acetate, (3.alpha.)-	0.85
		100
NPK - نانوي ضعف الموصى	Name	Area%
1	.alpha.-Pinene	12.47
2	Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-	0.88
3	D Limonene	1.33
4	1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	1.79
5	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	26.03
	Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,7,7-trimethyl-, (1R)-	1.2
7	Decanal	6.74
8	2-Decenal, (E)-	6.02
9	2,3-Dimethyl-3-decanol	16.04
10	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	2.45
11	2-Propenoic acid, 2-methyl-, decyl ester	0.62
12	2-Dodecenal	2.85
13	3-Undecanol, 3-ethyl-	5.77
14	8-Hexadecenal, 14-methyl-, (Z)-	2.15
15	Cyclopropanecarboxylic acid, heptadecyl ester	2.55
16	Tetradecanoic acid	3.06
17	Tetradecanoic acid, tetradecyl ester	2.33
18	Hexadecanoic acid, cyclohexyl ester	1.87
19	Stigmasterol	1.14
20	.gamma.-Sitosterol	2.72
		100
NPK خليط - موصى	Name	Area%
1	L-Proline, N-octanoyl-, heptadecyl ester	0.39
2	.alph .-Pinene	9.03
3	Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-	0.9
4	Rhodium, di-.mu.-chlorobis(.eta.4-1,2-diethenylcyclohexane)di-, stereoisomer	0.33
5	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	37.95
6	Decanal	6.09
7	2-Decenal, (E)-	5.37
8	Stearic acid, 2-phenyl-m-dioxan-5-yl ester, trans-	0.56
9	2,3-Dimethyl-3-decanol	18.14

10	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	2.9
11	2-Propenoic acid, 2-methyl-, decyl ester	0.99
12	2-Dodecenal	1.61
13	3-Undecanol, 3-ethyl-	3.46
14	8-Hexadecenal, 14-methyl-, (Z)-	1.6
15	Cyclopropanecarboxylic acid, heptadecyl ester	2.14
16	Tetradecanoic acid	2.45
17	Tetradecanoic acid, tetradecyl ester	1.34
18	Hexadecanoic acid, cyclohexyl ester	1.36
19	Stigmasterol	1.03
20	.gamma.-Sitosterol	2.35
		100
خليط NPK - ضعف الموصى	Name	Area%
1	.alpha.-Pinene	11.08
2	Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-	0.94
3	1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	3.85
4	1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	34.45
5	2-t-Butyl-5-hydroxymethyl-5-me hyl-[1,3]dioxolan-4-one	2.89
6	Benzene, 1-methoxy-4-(1-propenyl)-	11.08
7	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)-	2.61
8	Longifolene-(V4)	5.56
9	Cyclohexene, 1-methyl-4-(5-methyl-1-methylene-4-hexenyl)-, (S)-	0.6
10	Tetradecanoic acid	2.18
11	Phenol, 2-methoxy-4-(1-propenyl)-, acetate, (E)-	3.78
12	3-Hydroxycarbofuran	6.71
13	l-(+)-Ascorbic acid 2,6-dihexadecanoate	1.62
14	Phytol	1.14
15	Tetradecanoic acid, tetradecyl ester	0.71
16	Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester	2.44
17	Hexadecanoic acid, cyclohexyl ester	0.66
18	Octadecanoic acid, 2,3-dihydroxypropyl ester	1.36
19	Stigmasterol	2.66
20	.gamma.-Sitosterol	3.68
		100

ملحق 3: المركبات المحددة بتقنية GC–MS للمستخلص الكحولي لبذور الحبة الحلوة بحسب تشابهها وإختلافها ضمن المعاملات السمادية المختلفة، إذ يشير اللون الأزرق للمركبات إلى ظهورها في جميع العينات، اللون الأسود الى عدم ظهور المركبات في جميع العينات، الألوان المختلفة تشير إلى ظهور المركبات في بعض العينات دون الأخرى

المقارنة	Name	Area%
1	.alpha. Pinene	0.26
2	Hexa-(isopropylisonitril)-chrom(0)	0.14
3	.alpha.-Phellandrene	3.53
4	Benzene, 2-ethyl-1,3-dimethyl-	0.33
5	D-Limonene	15.45
6	3,6-Dimethyl-2,3,3a,4,5,7a-hexahydrobenzofuran	0.85
7	Cyclohexanone, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-, trans-	0.3
8	2-Cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-, (R)-	33.65
9	1s,4R,7R,11R-1,3,4,7-Tetramethyltricyclo[5.3.1.0(4,11)]undec-2-en-8-one	0.95
10	1,3-Benzodioxole, 4-methoxy-6-(2-propenyl)-	21.18
11	4-Methyl-2,5-dimethoxybenzaldehyde	0.52
12	Apiol	18.21
13	4,6-Bis(1,1'-dimethylethyl)-2',5'-dimethoxy-1,1'-biphenyl-2-ol	0.34
14	Phenol, 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-[(4-hydroxy-3,5-dimethylphenyl)methyl]-	0.53
15	.alpha.-Tocopherol-.beta.-D-mannoside	0.4
16	Stigmasterol	0.87
17	.gamma.-Sitosterol	0.98
18	Stigmast-8(14)-en-3.beta.-ol	0.41
19	Silane, dimethyl(docosyloxy)butoxy-	1.11
		100
NPK عادي - موصى	Name	Area%
1	.alpha.-Pinene	0.29
2	.beta.-Myrcene	0.16
3	.alpha.-Phellandrene	5.33
4	Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-	0.41
5	D-Limonene	25.09
6	5.alpha.-Cholestan-6.beta.-amine, N,N-dimethyl-	0.19
7	3,6-Dimethyl-2,3,3a,4,5,7a-hexahydrobenzofuran	1.25
8	Cyclohexanone, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-, trans-	0.67
9	Cyclohexanol, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-	0.17
10	2-Cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-, (R)-	23.57
11	Dodecane, 2,6,11-trimethyl-	0.28
12	1,3-Benzodioxole, 4-methoxy-6-(2-propenyl)-	2.09

13	4-Methyl-2,5-dimethoxybenzaldehyde	0.54
14	Apiol	37.08
15	Heneicosane, 11-decyl-	0.8
16	.alpha.-Tocopherol-.beta.-D-mannoside	0.45
17	Stigmasterol	0.62
18	.gamma.-Sitosterol	0.8
19	4-Pyrimidinecarboxylic acid, 2,6-bis[(tert-butyldimethylsilyl)oxy]-, tert-butyldimethyl	0.21
		100
NPK - نانوي موصى	Name	Area%
1	.alpha.-Pinene	0.2
2	.beta.-Myrcene	0.18
3	.alpha.-Phellandrene	3.55
4	3,27-Dioxa-2,28-disilanonacosane, 2,2,4,28,28-pentamethyl-	0.19
5	D-Limonene	29.37
6	Pseduotomatidin-5,20-dien diacetate	0.18
7	7-Oxabicyclo[4.1.0]heptane, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)-	0.12
8	3,6-Dimethyl-2,3,3a,4,5,7a-hexahydrobenzofuran	0.8
9	Cyclohexanone, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-, trans-	0.5
10	2-Cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-, (R)-	30.14
11	Tetradecane	0.15
12	1,3-Benzodioxole, 4-methoxy-6-(2-propenyl)-	0.31
13	Benzene, 1,2,3-trimethoxy-5-(2-propenyl)-	0.1
14	4-Ethyl-2,5-Dimethoxyphenethylamine	0.57
15	Apiol	31.91
16	Heneicosane, 11-decyl-	0.47
17	.alpha.-Tocopherol-.beta.-D-mannoside	0.22
18	Stigmasterol	0.53
19	.gamma.-Sitosterol	0.52
		100
NPK - عادي ضعف الموصى	Name	Area%
1	.alpha.-Pinene	0.17
2	Tungsten, bis(N,N-diethylmethacrylamide), dicarbonyl	0.15
3	.alpha.-Phellandrene	3.86
4	Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-	0.41
5	D-Limonene	28.05
6	7-Oxabicyclo[4.1.0]heptane, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)-	0.11
7	3,6-Dimethyl-2,3,3a,4,5,7a-hexahydrobenzofuran	0.53
8	Cyclohexanone, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-, trans-	0.54
9	Cyclohexanol, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-	0.23
10	2-Cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-, (R)-	29.1
11	Dodecane, 2,6,11-trimethyl-	0.22
12	Decanoic acid, 2-propenyl ester	0.17

13	1,3-Benzodioxole, 4-methoxy-6-(2-propenyl)-	5.16
14	4-Methyl-2,5-dimethoxybenzaldehyde	0.47
15	Apiol	27.91
16	Heneicosane, 11-decyl-	1.05
17	.alpha.-Tocopherol-.beta.-D-mannoside	0.28
18	Stigmasterol	0.75
19	.gamma.-Sitosterol	0.82
		100
NPK - نانوي ضعف الموصى	Name	Area%
1	.alpha.-Pinene	0.2
2	4-Piperidinepropanoic acid, 1-benzoyl-3-[2-(benzoyloxy)ethyl]-, ethyl ester	0.19
3	.alpha.-Phellandrene	3.51
4	Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-	0.44
5	D-Limonene	20.17
6	Docosyl trifluoroacetate	0.2
7	3,6-Dimethyl-2,3,3a,4,5,7a-hexahydrobenzofuran	1.04
8	Cyclohexanone, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-, trans-	0.51
9	2-Cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-, (R)-	27.46
10	Hexacosyl trifluoroacetate	0.38
11	1,3-Benzodioxole, 4-methoxy-6-(2-propenyl)-	0.87
12	4-Methyl-2,5-dimethoxybenzaldehyde	1.18
13	Apiol	40.27
14	Benzene, 1,2,4-trimethoxy-5-(1-propenyl)-	0.22
15	Heneicosane, 11-decyl-	0.57
16	.alpha.-Tocopherol-.beta.-D-mannoside	0.27
17	Stigmasterol	0.98
18	.gamma.-Sitosterol	1.06
19	Stigmast-7-en-3-ol, (3.beta.,5.alpha.,24S)-	0.48
		100
NPK - خليط موصى	Name	Area%
1	.alpha.-Pinene	0.13
2	Pseudosolasodine diacetate	0.13
3	.alpha.-Phellandrene	3.83
4	Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-	0.26
5	D-Limonene	23.62
6	3,6-Dimethyl-2,3,3a,4,5,7a-hexahydrobenzofuran	1.22
7	Cyclohexanone, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-, trans-	0.54
8	2-Butenoic acid, 2-methyl-, 1,1a,1b,4,4a,5,7a,7b,8,9-decahydro-4a,7b-dihydroxy-3-(h	0.42
9	Cyclohexanol, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-	0.25
10	2-Cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-, (R)-	27.6
11	Hentriacontane	0.18
12	1,3-Benzodioxole, 4-methoxy-6-(2-propenyl)-	0.25
13	4-Methyl-2,5-dimethoxybenzaldehyde	0.7
14	Apiol	37.89

15	Heneicosane, 11-decyl-	0.61
16	.alpha.-Tocopherol-.beta.-D-mannoside	0.32
17	Stigmasterol	0.72
18	.gamma.-Sitosterol	0.93
19	17-(1,5-Dimethylhexyl)-10,13-dimethyl-4-vinylhexadecahydrocyclopenta[a]phenanth	0.39
		100
NPK - خليط ضعف الموصى	Name	Area%
1	3,3-Dimethoxy-2-butanone	0.11
2	.alpha.-Pinene	0.23
3	.beta.-Myrcene	0.25
4	.alpha.-Phellandrene	5.06
5	Benzene, 1-methyl-3-(1-methylethyl)-	0.49
6	D-Limonene	24.02
7	3,6-Dimethyl-2,3,3a,4,5,7a-hexahydrobenzofuran	1.11
8	Cyclohexanone, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-	0.77
9	Neodihydrocarveol	0.32
10	p-Menth-1(7)-en-9-ol	0.2
11	2-Cyclohexen-1-one, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-, (R)-	23.94
12	Dodecane, 2,6,11-trimethyl-	0.27
13	4-Methyl-2,5-dimethoxybenzaldehyde	0.34
14	Apiol	38.83
15	Heneicosane, 11-decyl-	1.46
16	.alpha.-Tocopherol-.beta.-D-mannoside	0.63
17	Stigmasterol	0.75
18	.gamma.-Sitosterol	0.91
19	Stigmast-7-en-3-ol, (3.beta.,5.alpha.,24S)-	0.3
		100

Summary

An experiment was conducted under the conditions of Al-Diwaniya governorate in a special nursery was specially constructed for the experiment during autumn season (2016 - 2017) in order to determine the effect of adding the different levels of NPK fertilizer (20-20-20) normal and nano to the soil of three types of Apiaceae (Cumin, anise and sweet fennel) and their interaction in growth, chemical content and active substances in seeds.

The factorial experiment that consist of two factors and with three replicates was designed by Randomized Complete Blocks Design (RCBD); The first factor consisted of three types of apiaceae plant that above-mentioned, while the second factor included seven levels of the NPK compound fertilizer balanced (control, normal NPK $^{\text{at recommended level}}$, nano NPK $^{\text{at recommended level}}$, normal NPK $^{\text{at double recommended level}}$, nano NPK $^{\text{at double recommended level}}$, Mixture NPK (Normal + nano) $^{\text{at recommended level}}$, Mixture NPK (Normal + nano) $^{\text{at double recommended level}}$). The means of the treatments was compared with a significant difference in the use of the least significant difference (LSD) at the probability level ($p \leq 0.05$). The results showed:

1. The superiority of sweet fennel plant in the following traits (plant height, total leaf area, fresh and dry weight of vegetative part, seed yield, total carbohydrate content, dietary fibers, phosphorus, potassium and Gamma-Sitosterol active substance) versus the superiority of the cumin plant in each of the traits (number of leaves, number of umbrellas, seed content of fixed oil, total protein, nitrogen, total flavonoids and Stigmasterol active substance) as well as anise plant was superiority in the number of branches per plant, leaf content of total chlorophyll, seeds content of the alpha-Pinene and D-Limonene active substances).
2. Significant effect of soil-additive fertilizers from normal and nano compound fertilizer in the increase of the majority of the studied traits and recording the highest mean in the NPK mixture at the double recommended or recommended level, except the active substances were all significantly

with normal compound fertilizer when the Gamma-Sitosterol active substance gave its highest percentage in comparison treatment.

3. The interaction between factors gave the same significant effect to the superiority of the individual factors, as well as the improvement traits of more than double in some of them and the difference of response between plants depending on the type of fertilizer as in the combination of cumin with normal compound fertilizer at the level of double recommended in the highest recording of D- Limonene active substance compared to the same when the combination of anise plant with nano compound fertilizer at the recommended level, as well as Gamma-Sitosterol active substance which reached the highest ratio when the combination of cumin for the treatment of comparison, also the combination of anise with nano compound fertilizer at the level of double recommended and the combination of sweet fennel with normal compound fertilizer at the level of double recommended.

Republic of Iraq
Ministry of Higher Education and Scientific Research
University of Al-Qadisiyah - College of Education
Department of Biology

Comparison of the Effect of Different Levels of NPK Compound Fertilizer Normal and Nano on Growth and Chemical Content of Three Types of Apiaceae Plants

A Thesis
Submitted to the Council College of Education in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master in Biology - Botany

By
Arkan A. S. Al-Tai

Supervision

Asst. Prof. Dr. Dhafer A. Jameel

Safar 1439 A.H. **November 2017 A.C.**