وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة القادسية / كلية العلوم
قسم علوم الحياة

التغيرات في pH المحلول المغذي في الزراعة المائية

بحث تخرج مقدم إلى
قسم علوم الحياة _كلية العلوم _جامعة القادسية
كجزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في علوم الحياة

اعداد الطالبة
ديانا علي هدهود
بأشراف
م.م. ابتسام كاظم خضر

١٤٤٠ هجري ٢٠١٩ ميلادي

شكر وتقدير

الحمد لله الذي جعل اهل العلم اكثر الناس خشية له فهي مكرمة مفتاحها الاعتراف بالفضل وغايتها عدم ادعاء الكمال فله وحده العزة والكمال وإليه يرجع الأمر من قبل ومن بعد .

ونحن نضع لمسات بحثنا الأخير لا نسع الا ان نتقدم إلى استاذتنا (م.م ابتسام كاظم خضر) بالشكر والعرفان التي لن تفيها الكلمات لأشرافها على موضوع البحث ودعمها اللامحدود لنا .

الشكر موصول إلى رئاسة قسم علوم الحياة كل شخص من موظفين وأساتذة والي صديقاتي جميعا .

وختاما كلمة شكر وعرفان إلى كل من علمنا حرفا والى عوائلنا و زملائنا لوقوفهم معنا ولدعواتهم التي ذللت لنا الكثير من الصعاب .

الباحثة

الإهداء

إلى... من أملي رضاه وغايتي حبه ورجائي غفرانه

(الله رب العالمين)

ذو الخلق العظيم وال بيته الطيبين الطاهرين

محمد (صلى الله عليه واله وسلم)

إلى من جرع الكأس فارغا ليسقيني قطرة حب

إلى من كلت أنامله ليقدم لنا لحظة سعادة

إلى من حصد الأشواك عن دربي ليمتد لي طريق العلم

إلى القلب الكبير **(والدي العزيز)**

إلى من ارضعتني الحب والحنان والى رمز الحب

وبلسم الشفاء إلى القلب الناصع بالبياض **(والدتي العزيزة)**

إلى القلوب الطاهرة الرقيقة والنفوس البريئة إلى رياحين حياتي **(اخوتي)**

إلى من ذكرهم قلبي ولا يذكرهم **(قلمي)**

الان تفتح الاشرعة وترفع المرساة لتنطلق السفينة في عرض بحر واسع مظلم هو بحر الحياة وفي هذه الظلمة لا يضيء الا قنديل الذكريات ذكريات الاخوة البعيدة إلى الذين أحببتهم واحبوني **(اصدقائي)**

الخلاصة

الخلاصة

تناولت الدراسة التغيرات التي طرأت على قيم الأس الهيدروجيني في الزراعة المائية التي اجريت في كلية العلوم ، خلال شهري (آذار، نيسان) . تم قياس الرقم الهيدروجيني كل يومين الى ثلاثة أيام. باستخدام جهاز قياس الأس الهيدروجيني pH meter والدلائل اللونية .عند تحضير المحاليل واضافتها في الاسبوع الاول تقم القياس وكان الرقم الهيدروجيني متعادل ، اما الاسبوع الثاني وعند الاضافة الثانية ارتفع ليصل الى ٨،٨٧ (قاعدي) . وتم معالجتها واعادتها لتصبح بحدود ٥.٨_٦.٢ وهي القيمة المطلوبة والتي يستفاد عندها النبات.

الفصل الأول

المقدمة

المقدمة

بالقدر نفسه الذي يُحدثه الإنسان من تدمير في بيئته ومجتمعه وعالمه، فإن هناك مبادرات واختراعات واكتشافات إنسانية تعمل على إعادة التوازن، فينفتح باب للأمل محاولاً أن يخفف من موجات الألم والمصاعب التي تتلاحق من وجهات مختلفة.

أحد هذه الحلول والاكتشافات الإنسانية هي الزراعة المائية، التي لا تقتصر على تقديم فوائدها المباشرة من خلال تزويد المجتمع بالغذاء اللازم، ولكنها تقدم الكثير من الحلول لمشاكل أخرى وبطريقة غير مباشرة من خلال حماية البيئة، وتعزيز الجانب الاجتماعي.

الزراعة المائية أو (hydroponics)

هي عبارة عن زراعة النباتات باستخدام محلول مغذى و (بدون تربه) حيث تنمو جذور النباتات بشكل مباشر داخل المحلول المغذى أو داخل تربه من (مواد خامله) مثل الصوف الزجاجي أو أحجار البرليت او نشارة الخشب، و المقصود بخامله هنا أي أنها لا تتفاعل مع المحلول المغذى لتظل كافة مكوناته في صوره ميسره لجذور النباتات لإمتصاصها. اكتشف العلماء أن النباتات تتغذى من خلال امتصاص أيونات العناصر الغذائية المعدنية الذائبة في الماء، و أن التربة الزراعية أو الأرض ما هي إلا (مخزن) لهذه العناصر ليس إلا!!

أهمـية الزراعـة المائـية:

الزراعة المائية من أهم الوسائل العلمية للبحوث في تغذية النبات بالطريقة التي تجعل جذورها مغمورة في المحلول المغذي ومثبتة بواسطة دعامات التحكم في تهوية المحلول، بتوفير الأكسجين اللازم لتنفس الجذور. نستطيع التحكم في جميع العناصر المغذية والضوء، درجة الحرارة المناسبة ويعتبر المحلول المغذي شبيه بالتربة الخصبة يعجز تسمح هذه الطريقة بمعرفة العناصر المعدنية التي يحتاجها النبات في الوسط الطبيعي والضرورية لنموه.

للزراعة المائية عدة محاسن بالمقارنة مع الزراعة التقليدية وتتمثل في غياب التقنيات الزراعية والتسميد ونظافة الزراعة أي غياب الأعشاب الضارة وبالتالي تجنب أعمال قطع الأعشاب والاكتفاء بتطهير الأحواض ومنه سهولة إعادة الزراع ونقص اليد العاملة، يمكن أيضا معرفة كمية المواد المعدنية المستهلكة من طرف النبات ، كما نتحصل على منتوج زراعي مبكر .بالرغم من كل هذه المحاسن إلا أنها لا تخلو من مساوئ مثل مصاريف المنشئات المركبة المرتفعة وصعوبة التحكم في التقنيات . الزراعة المائية مكلفة من الناحية الاقتصادية و تحتاج الى خبرة فنية.

مميزات الزراعة المائية

وفي مقابل هذه العيوب، هناك مميزات كثيرة جداً لهذا النوع من الزراعة، كما جاء في النسخة العربية من موقع "منظمة الزراعة المعمرة"، حيث أن الزراعة المائية تعمل على توفير المياه بشكل كبير جداً، كما أنها تحافظ على البيئة من خلال التقليل من التلوث والمبيدات الحشرية، وغيرها من الملوثات التي تنقل إلى البشر الكثير من الأمراض، كما أنها تعمل على توفير المساحات من خلال استثمار مساحات صغيرة، وكذلك استثمار الزراعة في المدن، الأمر الذي سيوفر الغذاء ويعمل على التقليل من نسبة انبعاثات الكربون.

عيوب الزراعة المائية

أهم عيوب الزراعة المائية، بحسب موقع "الباحثون السوريون"، هو الحاجة إلى بنية تحتية كبيرة ورأس مال ضخم، حيث الحاجة إلى أنظمة مياه وطاقة ومهندسين وصيانة وضبط ومراقبة. هذا الأمر، وإن تحقق، سيجعل الزراعة بيد الشركات ويُبعدها عن النشاط الفردي الذي ميز العمل الزراعي التقليدي عبر قرون مضت. ثم يأتي أمر آخر وهو سرعة انتقال العدوى، حال وجودها، عبر الماء، الذي يمر على كل المزروعات. بيد أن هناك من الخبراء، وبحسب ما جاء في صحيفة "الاتحاد" الإماراتية، من يحذر من مخاطر أكبر تتعلق بالمكملات الغذائية والمواد الكيماوية التي يتم وضعها في الماء بدلاً من الأسمدة الموجودة في التربة.

مكونات الزراعة المائية :

١- المحاليل المغذية :

الأسمدة والمغذيات تضاف إلى أنظمة الزراعة المائية بعد تذويبها للنباتات، ويجب أن تحتوي هذه المحاليل على مغذياتٍ أساسيةٍ هي البوتاسيوم، والفوسفور والكالسيوم، والنيتروجين، والمغنيسيوم، ، كما يجب اختيار الأسمدة والمغذيات المناسبة لنوع النباتات المزروعة.

٢- الاوساط الزراعية :

هي اي بيئة مناسبة لنمو وتطور النبات ودعم جذور النبات ونموها وتسمح بامتصاص الماء والعناصر وتبادل الغازات بين الجذور والوسط المحيط بها . بدأ استخدام الاوساط الزراعية المختلفة غير التربة منذ عهد قديم لتربية الاشتال ثم ازدادت اهمية الاوساط الزراعية مع تطور البيوت الزجاجية ومع تطور الزراعة بدون تربة ازدادت انواع الاوساط الزراعية المستخدمة وبدأت عليها الدراسات والابحاث المختلفة ونشات لها شركات ومصانع خاصة.

الخصائص العامة للأوساط الزراعية :

- جيدة الصرف والتهوية .
- لها قابلية الاحتفاظ بالماء.
- خالية من الاصابات المرضية وبذور الاعشاب .
- خفيفة الوزن .
- قابلية الخلط .
- قابلة للتعقيم .
- خالية من الاملاح الضارة .
- سهلة التداول والتناول .
- متوفرة بسعر معقول .
-

اهم الاوساط الزراعية المستخدمة :

- **المواد الصلبة الغير العضوية**

الرمل - التوف البركاني - الصوف الصخري – البيرلايت -

فيرميكيولايت - يوريا فورمالدهايد – كرات البولسترين ..

- **المواد الصلبة العضوية**

نشارة الخشب - السماد العضوي المختمر – البتموس.

البتموس

يتكون البتموس بالطبيعة نتيجة تراكم المادة النباتية في مناطق سيئة الصرف تحت ظروف حرارة ورطوبة وضوء مختلفة . نوع المادة النباتية ودرجة تحللها تحدد بشكل كبير قيمة استخدام البتموس كوسط زراعي .يستخدم البتموس كوسط زراعي للأشتال وللزراعة العضوية في المناطق حيث يتوفر بكميات كبيرة وبأسعار زهيدة.

بقايا الاخشاب (نجارة الخشب) :

تشكل بقايا الاخشاب (النشارة) مصدرا كبيرا وهاما للأوساط الزراعية وهي عبارة عن المنتجات الثانوية لصناعة الاخشاب بأنواعها . على سبيل المثال اصبحت بقايا الاخشاب نتيجة لكمياتها الكبيرة المنتجة تشكل مشكلة لصناعة الاخشاب في بعض الدول حيث تتجمع الى الاطنان سنويا . ويمكن استعمالها كوسط زراعي هام للزراعة العضوية وتحسين نوعية التربة. عملية التسميد تزيد من قيمة استخدام بقايا الاخشاب كوسط زراعي .وتدخل النشارة كنوع من الخلطة الزراعة وليس وحدها .

٣- النباتات :

هذا النظام من الزراعة لا يقتصر على نوع معين من النباتات فقط، وإنما التجارب جارية ليشمل نباتات مختلفة، وكذلك زراعة الأسماك التي تأتي أحياناً كجزء أساسي من هذا النظام الزراعي الجديد.

وتشتمل الزراعة المائية أخيراً على الأنواع الخفيفة من الزراعات، كـ"اللفت والخس"، وكثير من النباتات التي لا تحتاج عناصر ثقيلة في تغذيتها.

الأس الهيدروجيني pH :

هو القياس الذي يحدد ما إذا كان السائل حمضا أم قاعدة أم متعادلا. ويُعرَّف الأس الهيدروجيني لمحلول ما على أنه اللوغاريتم السلبي، (للأساس ١٠)، لتركيز أيونات الهيدروجين فيه. ويعبر عن هذا التركيز بعدد مولات أيونات الهيدروجين في لتر من المحلول .حيث تعتبر السوائل ذات درجة حموضة أقل من ٧ أحماضا وتعتبر السوائل ذات درجة حموضة أعلى من ٧ محلولا قلويا أو قواعد. أما درجة الحموضة ٧ فهي تعتبر متعادلة وهي تساوي حموضة الماء النقي على درجة حرارة ٢٥ مئوية. ويمكن معرفة درجة حموضة أي محلول باستخدام مؤشر الرقم الهيدروجيني. اخترع عالم الكيمياء العضوية سورن بدر لوريتس سورنسن نظام الأس الهيدروجيني عام ١٩٠٩م.

تنمو معظم النباتات في البيئة المتعادلة حيث تزداد مشاكل النمو مع ارتفاع او انخفاض الرقم الهيدروجيني .

ويرجع السبب الرئيسي في ذلك الى تأثير صلاحية المغذيات النباتية تحت هذه الظروف، فمثلا تحت تأثير الحامضية تزداد صلاحية العناصر الى درجة تصبح عندها سامة للنبات، وفي نفس الوقت تقل صلاحية عناصر اخرى مثل الكالسيوم والفسفور والنتروجين. وتحت الظروف القاعدية حيث تقل صلاحية العناصر مثل الكالسيوم والنتروجين .

وتحت الظروف القلوية عندما يرتفع الرقم الهيدروجيني عن قيمة (٩) فأن زيادة عنصر الصوديوم يؤدي الى تسمم النباتات.

طرق قياس الأس الهيدروجيني :

يعد الأفضل أن تقيس الرقم الهيدروجيني في مكان الماء. قد يذوب ثاني أكسيد الكربون في العينة التي تأخذ من الماء وهو قادر على التفاعل مع أيونات الماء ليزيد حامضية المحاليل المتعادلة أو القلوية، لذلك عليك اختبار العينة خلال ساعتين من أخذها حتى تتفادى تأثيره.

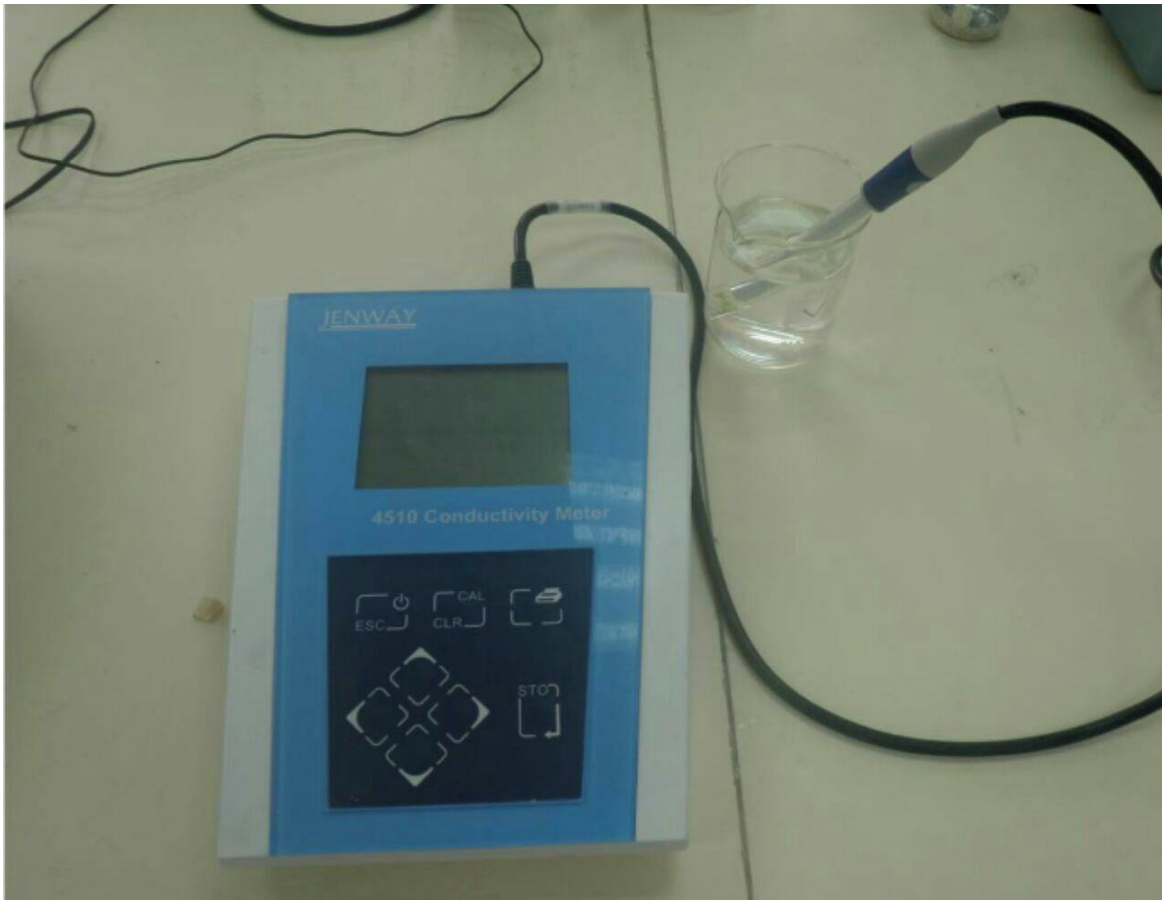
اولا :الكواشف اللونية :

ورق عباد الشمس هو قصاصة من الورق عليها حمض أو قاعدة، وأكثرها انتشارًا هي الحمراء (التي تحتوي على حمض يتفاعل مع القواعد) والزرقاء (تحتوي على قاعدة تتفاعل مع الأحماض). تتحول الورقة الحمراء للون الأزرق إذا لامست قاعدة بينما الزرقاء للأحمر إذا لامست حمضًا. تستخدم أوراق عباد الشمس في إجراء اختبار سريع وسهل، ولكن النوعيات الرخيصة منها لا توفر قراءة دقيقة لقوة المحلول.

ثانيا : الطريقة الكهربائية باستعمال جهاز PH meter

مقياس الأسّ الهيدروجيني هي أداة إلكترونية تستعمل لقياس الأسّ الهيدروجيني (درجة الحموضة أو القاعديّة) لسائل معيّن. عادة ما يتكون من قطب خاص (قطب زجاجي) متصل بمقياس إلكتروني يقيس ويعرض رقم الأس الهيدروجيني.

يتم القياس بواسطة معرفة الجهد الكهربائي وباستعمال الالكترود.



الفصل الثانى

المواد وطرق العمل

المواد وطرق العمل

• تنصيب منظومة الزراعة المائية :

استخدمت أنابيب PCV ذات قطر ٤ أنج وطول ٤ متر. الأنابيب الافقية بعدد ٦ أنابيب و٣ أنابيب للزراعة العمودية.

يحوي كل انبوب على ٦ أماكن لوضع الشتلات بقطر ٢ أنج ويجب ان تكون الفتحات باستقامة واحدة ليكون العدد الكلي للشتلات في الانابيب العمودية ١٨ شتلة. في الأنابيب الأفقية ١٠ فتحات في الأنبوب الواحد وبمسافة ٤٠ سم بين كل فتحة.

أستخدمت اجهزة اوكسجين عدد ٢ .

للتحكم بتشغيل الماطورات الكهربائية والاجهزة الأخرى أستخدم مفتاح كهربائي.

أستخدمت سدادة متحركة في نهاية كل من الانابيب ليتسنى لنا تنظيف الأنابيب وأزالة اي شوائب أو عالق من الجذور.

لأدخال الماء عملت فتحة بقطر ١٦ ملم لكل أنبوب في المنظومة.

أما في حالة أخراج الماء عملت فتحة بقطر ٢٢ ملم.

مع مراعاة وضع حلقة من المطاط لكل تصريف من الأنابيب لتجنب اي تسرب للماء من الأنابيب.

وكذلك المحافظة على تثبيت القطع في مكانها وتجنب ميلانها لأي اتجاه اخر.

وأستخدمت أنابيب BBR لتصريف الماء وأعادته الى الأحواض التي أنطلق منها لري النباتات في المنظومة.

أستخدمت مساند حديدية بأرتفاع ١٧٠ سم للأنبوب الأول. المسافة بين كل أنبوب كانت ٥٠سم لتجنب تزاحم النبات.

أستخدمت احواض عدد ٢ سعة كل واحد منها ٥٠ لتر ومضخات للماء عدد ٢.

- **تحضير المحلول المغذي :**

المحلول A ويتكون من :

١. سماد مركب NPK مع العناصر الصغرى
٢. كبريتات المغنيسيوم
٣. نترات البوتاسيوم

المحلول B ويتكون من :

١. حديد مخلبي
٢. نترات الكالسيوم

*٤٠٠ مل من المحلول A + ٤٠٠ مل من المحلول B يذوب في ٨٠ لتر من الماء المقطر .

وتمت الاضافة كالتالي :

الاسبوع الاول ١ مل من المحلول A و ١ غم من المحلول B

الاسبوع الثاني ٢ مل من المحلول A و٢ غم من المحلول B

الاسبوع الثالث ٣ مل من المحلول A و٣ غم من المحلول B

- **تهيئة اوساط النمو:**

استخدمت اقداح بلاستيكية تم عمل ثقوب فيها بمسافات متساوية ووضع فيها نشارة الخشب والى الاعلى منه وضع البتموس .

- **زراعة الاوساط الزرعية بالبذور والشتلات**

تم زراعة عدد من الشتلات وكالاتي:

عدد شتلات الرشاد (٧)

عدد شتلات الطماطم (٢)

عدد شتلات الفلفل (٩)

عدد شتلات النعناع (١٤)

عدد شتلات الجرجير (٨)

عدد شتلات الزينة (٣)

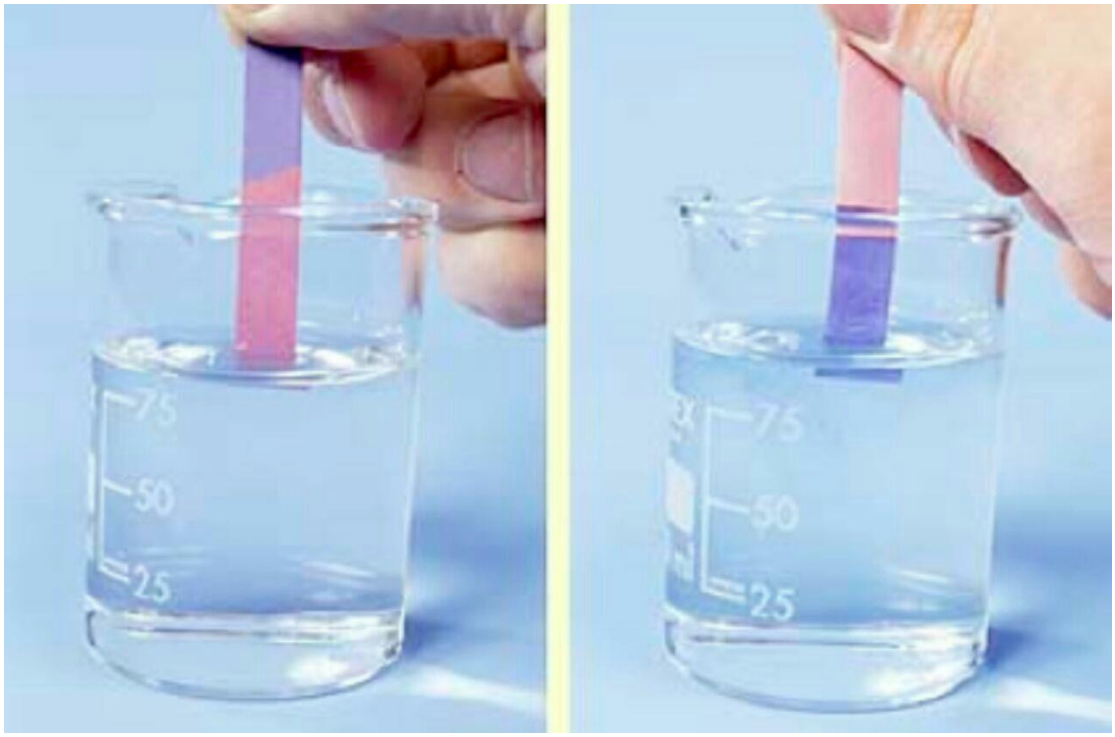
- **ضبط الاس الهيدروجيني للمحلول المغذي :**

اولا : طريقة قياس الاس الهيدروجيني باستعمال جهاز pH meter :

- غسل الالكترود بالماء المقطر ثم تجفيفه تماما.
- توضع كمية من محلول معلوم الPH في بيكر نظيف جاف وعادة تستعمل محاليل منظمة ذات أس هيدروجيني (٤,٧,٩).
- وضع الكترود الجهاز في المحلول (تجنب تماس الالكترود مع قاعدة البيكر).
- اوصل التيار الكهربائي للجهاز ثم حرك المحلول بتأني تجنبا لتحطيم الاليكترود ثم لاحظ قراءة الجهاز.
- عدل قراءة الجهاز بواسطة المنظم الخاص لتصبح مساوية للقيمة الحقيقية للمحلول المنظم.
- كرر الخطوات ٤و٥ بعد قطع التيار الكهربائي عن الجهاز وايصاله مرة اخرى مع تعديل قراءة الجهاز في كل مرة لحين استقرار القراءة.
- اقطع التيار الكهربائي عن الجهاز ثم ارفع المحلول واغسل الالكترود جيدا بالماء المقطر لعدة مرات ثم جففه تماما بورق التنشيف.
- خذ بعد ذلك كمية من المحلول المراد تقدير الاس الهيدروجيني له بواسطة بيكر نظيف وجاف.
- ضع الالكترود في المحلول واوصل التيار الكهربائي لبضع دقائق ثم دون قراءة الجهاز بعد استقرار المؤشر.
- اقطع التيار الكهربائي بعد ذلك ارفع الالكترود واغسله جيدا بالماء المقطر وجففه تماما ثم ضعه في قدح يحتوي على ماء مقطر ويحفظ هكذا للاستعمالات التالية

ثانيا : طريقة قياس الاس الهيدروجيني باستعمال الكواشف اللونية:

•اجمع العينة في وعاء نظيف. يجب أن يكون الماء عميقًا بما يكفي لتغطية قصاصة الورق.
•غطس ورقة الاختبار في العينة. تكفي ثوان قليلة بعدها ستبدأ ألوان الورقة في التغير.



الفصل الثالث

النتائج والمناقشة

النتائج والمناقشة:

تم تحضير المحاليل المغذية A و B حيث تم اخذ تراكيز مختلفة من هذه المحاليل بالتدريج ، تم اضافة المحاليل بتركيز ٠،٠٠١ لكل من محلول A و B في الاسبوع الاول وكان الرقم الهيدروجيني يساوي ٧٧،٦ .في الاسبوع الثاني تم اضافة المحاليل بتركيز ٠،٠٠٢ وعند قياس الرقم الهيدروجيني كان هناك ارتفاع في القيمة حيث بلغت ٨٧،٨ لذلك تم إضافة حامض HCl المخفف بهدف خفض القيمة وتتم اضافة الحامض بشكل تدريجي . وبعد ذلك حرصنا على ان نراقب التغيرات التي من الممكن ان تطرأ على هذه القيمة ، فقد تم قياس الاس الهيدروجيني كل يومين او ثلاثة ايام باستخدام جهاز pH meter وايضا الدلائل اللونية .

مستوى الحموضة في الماء يؤثر على امتصاص جذور النباتات للمواد الغذائية. مؤشر الحموضة (أو مؤشر pH) يمثل تركيز أيونات الهيدروجين في الماء. يكون توزيع القيم الأساسية أو الحامضية وفقا للتالي:

- القيم الاقل من٧ هي قيم حامضية
- القيم الاعلى من٧ هي قيم قاعدية

كلما ارتفعت قيم الاس الهيدروجيني اصبح المحلول اكثر قاعدية وكلما انخفضت القيم اصبح المحلول اكثر حموضة.

المجال المثالي لمعظم النباتات هو٦،٢-٥،٨ الانحراف عن هذه القيم يمكن أن يؤدي إلى انخفاض امتصاص النباتات للمواد الغذائية ويسبب نقص عند النبات. نقص المغذيات عند النبات يسبب نمو غير سليم ويجعل النبات أكثر عرضة للآفات حيث أن انخفاض الرقم الهيدروجيني الى الحدود الحامضية يؤدي الى تلف جذور النباتات ،بينما ارتفاعه الى الجانب القاعدي يؤدي الى ترسيب الكثير من العناصر في المحلول على هيئة املاح غير ذائبة لا يستفاد منها النبات.

دراسة تأثير الرقم الهيدروجيني على صلاحية المغذيات النباتية كل على حدة :

- **النتروجين :**

تزداد صلاحية النتروجين مع زيادة تحلل المادة العضوية بواسطة الكائنات الدقيقة والتي يتأثر نشاطها بواسطة الرقم الهيدروجيني فنجد ان هذا النشاط يكون مثاليا عند رقم هيدروجيني يتراوح بين ٨،٥-٥،٦ .

- **الفسفور :**

تكون صلاحية الفسفور أكبر ما يمكن عند رقم هيدروجيني يتراوح بين ٦ و٧ حيث تقل صلاحية الفسفور مع انخفاض الرقم الهيدروجيني، وذلك نظرا لتفاعله مع الأيونات الذائبة مكونا مركبات قليلة الذوبان، كذلك تقل صلاحية الفسفور تحت الظروف القاعدية حيث تترسب الفوسفات على صورة فوسفات الكالسيوم والمغنسيوم، ثم تزيد صلاحيته بعد رقم ٨.٥ نظرا لتكون فوسفات الصوديوم الذائبة.

- **المغذيات الصغرى :**

يؤدي انخفاض الرقم الهيدروجيني بصورة عامة الى:

زيادة صالحية المغذيات الصغرى الى درجة تصبح عندها سامة للنبات نظرا لاحتياج النبات لها بكميات صغيرة نسبيا .

المصادر

المصادر

1. Pschyrembel Klinisches Worterbuch, 258. Aufl., de Gruyter, Berlin, 1998.
2. S. P. L. Sorensen , Uber die Messung und die Bedeutung der Wasserstoffionenkonzentration bei enzymatischen Prozessen, Biochem. Zeitschr., 1909, 21, 131–304.
3. Jens G. Norby, The origin and the meaning of the little p in pH, Trends in Biochemical Sciences, 25 (2000), 36-37
4. BARBARA BROWN (24-9-2015), "The Best Vegetables to Grow Hydroponically"، www.livestrong.com, Retrieved
5. BAMBI TURNER, "How Hydroponics Works"، www.home.howstuffworks.com, Retrieved 7-8-2018. Edited.
6. CHRISTINA D'ANNA (6-8-2018), "A Beginner's Guide to Hydroponics"، www.thespruce.com, Retrieved 6-8-2018. Edited.
7. Queensland Department of Environment and Heritage Protection. "Soil pH".www.qld.gov.au 2017
8. Slessarev، E. W. ؛Lin، Y. ؛Bingham، N. L. ؛Johnson، J. E. ؛ Dai، Y. ؛Schimel، J. P. ؛Chadwick، O. A. (21 November 2016). "Water balance creates a threshold in soil pH at the global scale". Nature. 540 (7634): 567–569.
9. Covington, A. K.; Bates, R. G.; Durst, R. A. (1985). "Definitions of pH scales, standard reference values, measurement of pH, and related terminology" (PDF). Pure Appl. Chem. 57 (3): 531–542.
10. Wiklander, L. 1961. Potassium in the cultivated soils in the province of Shane.Potash Review 4:18
11. Wang, J., D. L. Harrell and P. F. Bell. 2004. Potassium buffering characteristics of three soils low in exchangeable potassium. Soil Sci. Soc. Am. J. 68:654-661.

12. Mallarino, A. et al., 1991. J. Prod. Agric. 4:562- 466.
13. Richards, J. E. and T. E. Bates. 1988. Studies on the potassium supplying capacities of southern Ontario soils. II.Nitric acid extraction of non-exchangeable K and its availability to crops. Can. J. Soil Sci. 68:199-
14. Jackson, M. L. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs ,N.J., USA. pp:498.
15. Laves, D. 1974. Kaliumbereitstell ungsvermogen und kaliums.Peicherf ahigkeil der Boden der D.D.R. Berlin Diss.(B). pp.85.
16. Mengel, K. and E. A. Kirkby. 2001. Principles of Plant Nutrition.Kluwer Academic Publishers. 5 th ed. pp. 849.
17. Mengel, K. and K. Uhlenbecker.1993.Determination of available interlayer potassium and its uptake by ryegrass. Soil Sci. Soc. Am. J. 57:561-566.
18. Nair, K. P. P., A. K. Sasanian, S.Hamza and J.Abraham. 1997. The importance of potassiu buffer power in the growth and yield of cardamom. J. Plant Nutr. 20: 987- 997.
19. Al-Rubaai, S. M. 1995.Potassium Availability Evaluation in some Iraqi SoilsUsing Thermodynamics Approach. M. Sc.Thesis, Soil Sci. Dept., Agric.College, Univ.of Baghdad. pp:125.
20. Page, A. L., R. H. Miller and D. R.Kenny. 1982. Methods of Soil Analysis. Part II. 2nd ed. Chemical and Microbiological Properties. Am. Soc.Agron.Inc.,Soil Sci. Soc. Am. Inc., Madison, Wis.USA. PP:1115.
21. Rahi, H. S., A. H. Al-Sheikhly, S. K. Essa and M. A. Jamal. 1987. Potassium status in some soils of Erbil. Iraqi J. Agric. Sci(ZANCO). 5(2):91-107. (In Arabic).