سومین همایش ملی
پژوهش های محیط زیست وکشاورزی ایران
۲۲ مرداد ۱۳۹۴

اثر تکنیک pH متناوب محلول غذایی بر عملکرد و فلورسانس کلروفیل خیاردر کشت هایدروپونیک در مناطقی با آب های کربناته و بیکربناته

سعید فلاح*[۱]، سیدجلال طباطبایی[۲]، بهمن قاسمی[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی و اصلاح سبزی دانشگاه تبریز

پست الکترونیکی:*saeedfallah89@yahoo.com*

[۲] استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد

پست الکترونیکی:*j.tabatabaei@shahed.ac.ir*

[۳] دانشجوی کارشناسی ارشد فیزیولوژی و اصلاح سبزی دانشگاه تبریز

پست الکترونیکی:*bahmanghasemi68@yahoo.com*

چکیده

با توجه به کیفیت نامناسب آب های آبیاری اکثر مناطق به علت وجود کربنات ها و بی کربنات ها و در نتیجه pH بالای آب در این مناطق برای رفع این مشکل با تکنیک pH متناوب به بررسی سه سطح pH (۵/۵، ۷، ۸/۵) به‌صورت تناوبی در محلول غذایی بر عملکرد و فلورسنس کلروفیل خیار در کشت هایدروپونیک، آزمایشی از نوع طرح پایه کاملا تصادفی که شامل ۷ تیمار (pH=۵/۵ : محلول غذایی با pH ثابت ۵/۵، pH=۸/۵ : محلول غذایی با pH ثابت ۸/۵، pH=۷ : محلول غذایی با pH ثابت ۷ (میانگین دو سطح pH قبلی)، $pH=۵/۵_{(۱)}$ ۸/۵: محلول غذایی با دو سطح pH متغیر ۵/۵ و ۸/۵ با تناوب ۱ روز از هر pH ، $pH=۵/۵_{(۲)}$ ۸/۵ : محلول غذایی با دو سطح pH متغیر ۵/۵ و ۸/۵ با تناوب ۲ ، $pH=۵/۵_{(۳)}$ ۸/۵ : محلول غذایی با دو سطح pH متغیر ۵/۵ و ۸/۵ با تناوب ۳ روز، $pH=۵/۵_{(۴)}$ ۸/۵ : محلول غذایی با دو سطح pH متغیر ۵/۵ و ۸/۵ با تناوب ۴ روز) و ۴ تکرار در بستر پرلایت + ورمی کولایت – به ترتیب ۷۵٪ و ۲۵٪ ظرفیت حجمی و در بالشتک‌ها در گلخانه انجام شد. نتایج نشان داد که تیمارهای $pH=۵/۵_{(۲)}$: ۸/۵$_{(۲)}$ و $pH=۵/۵_{(۳)}$: ۸/۵$_{(۳)}$ به ترتیب نسبت به pH=۷، ۲۵ و ۱۵ درصد افزایش عملکرد را نشان دادند. بیشترین فلورسنس کلروفیل مربوط به $pH=۵/۵_{(۲)}$: ۸/۵$_{(۲)}$، $pH=۵/۵_{(۱)}$: ۸/۵$_{(۱)}$ ، $pH=۵/۵_{(۳)}$: ۸/۵$_{(۳)}$ ، $pH=۵/۵_{(۴)}$: ۸/۵$_{(۴)}$ و pH=۷ بود و کمترین فلورسنس کلروفیل مربوط به تیمارهای pH=۵/۵ و pH=۸/۵ بود با توجه به این آزمایش به نظر می‌رسد که تیمارهای $pH=۵/۵_{(۲)}$: ۸/۵$_{(۲)}$ و $pH=۵/۵_{(۳)}$: ۸/۵$_{(۳)}$ مناسب‌ترین تناوب را در جهت افزایش عملکرد در خیار دارد.

واژه های کلیدی: pH، تناوب، هایدروپونیک، عملکرد، خیار، کربنات، بی کربنات

۱- مقدمه

عامل pH به عنوان غلظت یون های H^+ یا OH^- یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های ریزوسفر است که برجذب عناصر غذایی، فعالیت نسبی ریز جانداران، رشد گیاه و کیفیت محصول تأثیر دارد (سیلبر و همکاران،۱۹۹۸). pH محیط ریشه از دو جنبه حائز اهمیت است، نخست اینکه pH بر تعادل اکسیداسیون – احیا، انحلال‌پذیری و شکل یونی عناصر تأثیر دارد. برای مثال در یک محلول که pH آن برابر ۸ باشد، آهن فریک (Fe^{+3}) به‌صورت هیدروکسید فریک $Fe(OH)_3$ که بسیار غیر محلول است، رسوب می‌کند و درنتیجه ممکن است از دسترس گیاه خارج شود. حالت اکسایشی و حل‌پذیری سایر فلزات سنگین نیز تا حد زیادی تحت تأثیر pH است. یون که حاوی بار الکتریکی است ممکن است در مواردی به‌جای جذب دفع شود مثلاً با افزایش pH جذب B تحت تأثیر قرار می‌گیرد. جذب P نیز تحت تأثیر pH قرار می‌گیرد به‌طوری‌که با افزایش pH شکل فسفات از $H_2PO_4^{-2}$ به HPO_4^{-2} و نهایتاً، به PO_4^{-3} تبدیل می‌شود که درنهایت هم‌اندازه و هم‌بار الکتریکی یون عوض می‌شود، جنبه‌ی دوم pH محلول غذایی، با اثر یون‌های هیدروژن و هیدروکسل برریشه گیاه به‌ویژه به غشای سلول‌های انتقال‌دهنده یون، مربوط است (طباطبایی،۱۳۹۲). درجه قلیایت آب‌های آبیاری به مجموع یون‌های کربنات و بی‌کربنات در آب آبیاری بستگی دارد. معمولاً pH چنین آب‌های از ۷/۵ بالاتر بوده و اگر یون بی‌کربنات در آب موجود باشد pH حتی از ۸/۳ نیز فراتر خواهد رفت واکنش خاک (قدرت اسیدی خاک یا pH) ممکن است بر قابلیت جذب بعضی از عناصر لازم برای رشد گیاه، مؤثر باشد. همچنین بعضی از بیماری‌های خاکزی نیز تحت تأثیر pH خاک هستند (طباطبائی و ملکوتی، ۱۳۸۴). کربنات ها و بی کربنات ها با افزایش pH و کاهش در مقدار جذب عناصر غذایی توسط گیاه به ویژه آهن، عملکرد محصولات را تحت تأثیر قرار می دهند. مطالعات نشان داده که احیاء ریبونوکلئوتید به دی اکسی ریبونوکلئوتید به وسیله احیاء کننده ای که آهن جز ساختمانی آن است انجام می شود (مارشنر ۱۹۹۵). بنابراین در شرایط بی کربنات بالا و غیر فعال شدن آهن، سنتز DNA که برای رشد سلول و تقسیم آن، ضروری است کم شده و با کاهش رشد سلولی عملکرد کاهش می یابد (منگل ۱۹۹۴). مطالعات والاسه و چا(۱۹۸۶) نشان داد که اضافه کردن ۲۰ میلی اکی والان بر لیتر بیکربنات به محلول غذایی، باعث کاهش ۵۴ درصدی عملکرد نسبت به شاهد و ۱۳ درصدی آن نسبت به ازت نیتراتی گردید .این نتایج نشان داد که تأثیر منفی بی کربنات بر عملکرد بیشتر می باشد .مطالعات بترونی و همکاران (۱۹۹۲) با سطوح مختلف pH و بی کربنات بر روی شبدر سفید نشان داد که درpH =۷/۵ و بی کربنات بالا (۳/۲۵ میلی اکی والان بر لیتر)، رشد ریشه ها و قسمت های هوایی گیاه به طور معنی داری کاهش پیدا کرد. زیادی بی کربنات علاوه بر کاهش عملکرد، سبب بروز کلروز آهن در گیاهان می گردد .براون و همکاران(۱۹۵۹) گزارش نمودند که وقتی گیاه سویا در محلول غذایی کامل و با مقدار ۵ میلی اکی والان بر لیتر بی کربنات و در سیستم آبکشت رشد می کند، کلروز مشاهده و گسترش یافته و تنفس ریشه کم می شود .آنها نتیجه گرفتند که

بی کربنات بیشتر به علت تأثیرش برغلظت آهن محلول باعث زرد برگی می شود و تأثیر متابولیکی آن محدود است. بی کربنات بالا باعث کاهش تنفس نوک ریشه، فعالیت آنزیم سیتوکروم اکسیداز و محتوی کلروفیل گیاهان می شود و در شرایط بیکربنات بالا متابولیسم نیتروژن، اسیدهای آلی و انتقال کربوهیدرات ها کم می شود و غلظت اسید سیتریک در برگ در مقایسه با اسید مالیک و اسید اکسالیک افزایش می یابد .همچنین در داخل ریشه با افزایش غلظت اسیدهای آلی جذب آهن و انتقال آن کم و تولید سیتوکینین در ریشه کمتر می شود که این موضوع باعث کاهش پروتئین و توسعه کلروپلاست می شود (مارشنر ۱۹۵۵). از طرفی در محلول غذایی با pH زیاد، فراهمی عناصر منیزیم، کلسیم، فسفر و پتاسیم به میزان کمی کاهش می‌یابد، درصورتی‌که فراهمی منگنز، روی، مس و مخصوصاً آهن به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد (باگبی ۲۰۰۳). آیبکوی و همکاران بیان کردند: شوری و pH از تأثیرگذارترین فاکتورهای مؤثر بر رشد گیاهان است و تأثیر بور در گیاه تحت شرایط کمی اسیدی شدیدتر است. ، کن و همکاران (۲۰۰۶) مشاهده کردند با افزایش pH محلول غذایی، وزن ریشه پیاز خوراکی افزایش و غلظت K ریشه کاهش یافت. همچنین دانیالا و همکارانش بیان کردند pH بالای محلول غذایی غلظت Fe را کاهش می‌دهد و مشخصاً باعث توقف مقدار Mn و Zn در شاخه‌ها می‌شود. با توجه به مشکلات آب های کربناته و بی کربناته و اینکه ۸۶ درصد آب های آبیاری کشور دارای قلیائیت زیاد است (ملکوتی و همکاران ۱۳۸۲)، این تکنیک pH متناوب به منظور بررسی اثر آن در رفع این مشکل و از طرفی چون تأثیر pH های مختلف به‌صورت چرخه ای و تناوب در چند روز بر رشد و عملکرد مشخص نیست صورت گرفت.

۲- مواد و روش

این تحقیق در گلخانه تحقیقاتی هایدروپونیک دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در تابستان ۱۳۹۳ انجام گرفت. آزمایش با سه سطح pH (۵/۵، ۷، ۸/۵) به‌صورت تناوبی در محلول غذایی از نوع طرح پایه کاملا تصادفی که شامل ۷ تیمار (pH=۵/۵ : محلول غذایی با pH ثابت ۵/۵، pH=۸/۵ : محلول غذایی با pH ثابت ۸/۵، pH=۷ : محلول غذایی با pH ثابت ۷ (میانگین دو سطح pH قبلی)، pH=۵/۵(۱)-۸/۵(۱): محلول غذایی با دو سطح pH متغیر ۵/۵ و ۸/۵ با تناوب ۱ روز از هر pH ، pH=۵/۵(۲) : ۸/۵(۲) محلول غذایی با دو سطح pH متغیر ۵/۵ و ۸/۵ با تناوب ۲ ، pH=۵/۵(۳) : ۸/۵(۳) محلول غذایی با دو سطح pH متغیر ۵/۵ و ۸/۵ با تناوب ۳ روز، pH=۵/۵(۴) : ۸/۵(۴) محلول غذایی با دو سطح pH متغیر ۵/۵ و ۸/۵ با تناوب ۴ روز) و ۴ تکرار انجام گرفت. آزمایش به‌صورت کشت بدون خاک در مواد جامد مخلوطی از پرلایت (*Perlite*) ورمی کولایت (*Vermiculite*) به نسبت ($V:V$ ۳:۱) بود که بسترهای ذکرشده پس از اختلاط در داخل اسلب هایی (بالشتک) به‌اندازه ۲۰×۱۰×۷۰ به رنگ سیاه، قرار گرفت که هر اسلب به‌عنوان یک واحد آزمایشی شامل ۲ گیاه بود. تمامی اسلب ها بر روی یونولیت‌ها طوری قرار گرفت که فواصل گیاهان از یکدیگر ۳۰×۱۰۰ باشد. به‌طوری‌که تراکم گیاه در هر مترمربع ۳ بود. روی اسلب ها را با فویل آلومینیومی به‌طور کامل جهت انعکاس نور و جلوگیری از افزایش بیش‌ازحد دما در اثر تابش نور پوشاندیم و یونولیت‌ها جهت ایجاد شیب و عایق حرارتی بین زمین و بستر کشت استفاده شد. در این آزمایش از محلول غذایی دانشگاه تبریز استفاده شد که غلظت عناصر آن شامل: نیتروژن ۲۰۷، پتاسیم ۲۰۷، کلسیم ۹۳/۲، فسفر ۲۵، منیزیم ۳۹/۲، آهن ۱/۹، بور ۰/۳، منگنز ۰/۸، روی ۰/۱، مس ۰/۲ و مولیبدن ۰/۰۳ میلیگرم در لیتر بود(طباطبایی،۱۳۹۲). تیمارهای مورداستفاده در این آزمایش به‌صورت ۳ محلول جداگانه در بشکه‌های ۲۰۰ لیتری تهیه گردیده و پس از تنظیم pH (۵/۵، ۷، ۸/۵) مورداستفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است برای کاهش pH و تنظیم pH

مطلوب و موردنظر محلول از اسید نیتریک[1] و اسیدسولفوریک[2] (نسبت۱:۳) استفاده شد و جهت افزایش *pH* از کربنات پتاسیم[3] استفاده شد، برای تنظیم *pH*=۵/۵ ۱۳۰۰ میلی‌لیتر از اسید و برای تنظیم *pH*=۸/۵ به میزان ۳۰ گرم کربنات پتاسیم استفاده شد که با توجه به میزان لازم اسید نیتریک و اسیدسولفوریک و کربنات پتاسیم غلظت عناصر به‌طور دقیق محاسبه گردید و به بشکه‌ها اضافه گردید.از آنجایی که *pH* آب گلخانه با محلول ها برابر ۷ بود به بشکه *pH* برابر ۷ هیچ اسید یا کربناتی اضافه نگردید. برای تامین عناصر غذایی کم مصرف و پر صرف از منابع کودی NH_4NO_3، KH_2PO_4، KNO_3، $Ca(NO3)_2.4H_2O$، $MgSO_4.7H_2O$، $FeSO_4$، $CuSO4.5H_2O$، $H_2MoO_4.H_2O$، H_3BO_3 و $MnSO_4.4H_2O$ استفاده شد.

شایان‌ذکر است که سیستم هیدروپونیک مورداستفاده در این آزمایش سیستم باز بوده، بدین ترتیب که محلول غذایی پس از تهیه شدن درون بشکه‌های ۲۰۰ لیتری ریخته شده و محلول غذایی برای هر تیمار توسط یک پمپ آب به لوله اصلی از جنس پلی‌اتیلن و سپس ولوله‌های ماکارونی متصل به آن در محل کاشت گیاه روی اسلب که یک قطره‌چکان روی آن نصب‌شده بود منتقل و محلول اضافی از سوراخ‌های پایین اسلب زهکشی می‌شد.

۲-۱- کاشت و داشت گیاهان

در این آزمایش از بذور خیار رقم نگین[4] استفاده گردید. بذور پس از خیساندن در سینی‌های کاشت کشت گردید، پس از خروج لپه ها ابتدا گیاهان با محلول یک چهارم دانشگاه تبریز و سپس تا مرحله ی انتقال یک دوم در مرحله‌ی سه برگی به محیط کشت اصلی انتقال داده شد و تیمارهای لازم با محلول کامل دانشگاه تبریزاعمال گردید. میانگین دمای روزانه گلخانه ۲±۲۵ و دمای شبانه ۲±۱۸ درجه سانتی گراد و نیز با رطوبت نسبی ۵ ±۶۵٪ و شرایط نور طبیعی خورشید (شدت نور تقریباً ۵۰۰μ*mol-2S-1* بود) تنظیم گردید. جهت افزایش دقت و تنظیم بودن *pH*، از زمان تهیه‌ی محلول غذایی به‌طور مرتب *pH* محلول غذایی توسط *pH* متر مدل (*HANA Insruments*) کنترل می‌گردید. قبل از اندازه‌گیری *pH* محلول، *pH* متر را با بافرهای ۴ و ۷ کالیبره نموده و سپس *pH* محلول غذایی با تیمارها تنظیم و کنترل می‌گردید. برای تنظیم *EC* از دستگاه *EC* متر مدل (*EC215, HANA Instruments*) استفاده می‌گردید. قبل از شروع، دستگاه *EC* متر کالیبره می‌گردید. با توجه به اینکه به‌مرورزمان *EC* بستر آزمایش افزایش می‌یافت لذا *EC* بستر و نیز *EC* محلول غذائی هر ۴۸ ساعت یک‌بار کنترل و بستر کشت نیز با آب خالص تا زمانی که *EC* به سطح موردنظر برسد آبشویی می‌گردید.

---

[1] *Nitric acid (HNO_3)*
[2] *Sulfuric acid (H_2SO_4)*
[3] *Potassium carbonate (K_2CO_3)*
[4] *negeen*

۲-۲- اندازه‌گیری عملکرد شامل تعداد، وزن میوه‌ها

در خیار میزان عملکرد به‌صورت تعداد میوه و یا وزن کل میوه‌ها در بوته نشان داده می‌شود. در آزمایش‌ها بر روی خیار مشخص‌شده است که صفت تعداد میوه در بوته ثابت‌تر از میزان کل وزن میوه‌های تشکیل‌شده در یک بوته هست (وهنر و همکاران ۱۹۸۹). برداشت میوه‌ها حدود ۴ هفته پس از انتقال نشاها آغاز شد و در هر برداشت وزن میوه‌ها به‌وسیله ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری و یادداشت شد. به‌منظور تعیین وزن خشک عملکرد، ۵ میوه از هر واحد آزمایشی به‌صورت تصادفی انتخاب شد و ۲۰ گرم از هر میوه به‌صورت برش‌های بسیار نازک و یکنواخت از تمام قسمت‌ها درون پتری دیش قرار گرفت و به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد در آون گذاشته شد و سپس وزن خشک آن به‌وسیله ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد و در پایان دوره با استفاده از تناسب، وزن خشک عملکرد هر واحد آزمایشی محاسبه شد (احرار و همکاران، ۱۳۸۸).

۲-۳- فلورسنس کلروفیل(کارایی فتوسنتز)

توسط دستگاه فلورسنس متر یا استرس سنج (*Hansatech Instruments, HandPea Chlorophyll Fluorimeters, UK,*) اندازه‌گیری می‌شود. میزان اکسیداسیون انتقال‌دهنده‌های الکترون که نشان‌دهنده میزان تنش موجود در گیاهان می‌باشد، به‌صورت *fv/fm* گزارش می‌شود.

۲-۴- تجزیه و تحلیل آماری:

داده‌های حاصل از اندازه‌گیری‌های فوق با استفاده از نرم‌افزار آماری *SPSS* (نسخه ۲۱) تجزیه آماری و میانگین‌های به‌دست‌آمده با روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد مقایسه شدند. گراف‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار *Microsoft Office Excel 2013* رسم گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- عملکرد بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها (جدول ۱) نشان می دهدکه تیمارهای مختلف *pH* تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد بوته دارند. مقایسه میانگین داده‌ها نشان می دهد که حداکثر عملکرد در pH=۵/۵(۲) : ۸/۵(۲) (محلول غذایی با دو سطح *pH* متغیر ۵/۵ و ۸/۵ با تناوب ۲ روز)، با ۴/۳۵ کیلوگرم در بوته و کمترین عملکرد مربوط به pH= ۸/۵ (محلول غذایی با *pH* ثابت ۸/۵ در تمام مدت آزمایش) با ۲/۶۸ کیلوگرم در بوته می باشد . به‌طورکلی عملکرد *pH* های متناوب بیشتر از*pH*

های ثابت می باشد اگرچه بین pH=۵/۵(۱) : ۸/۵(۱) (محلول غذایی با دو سطح pH متغیر ۵/۵ و ۸/۵ با تناوب ۱ روز) و pH=۵/۵(۴) : ۸/۵(۴) (محلول غذایی با دو سطح pH متغیر ۵/۵ و ۸/۵ با تناوب ۴ روز) با pH=۷ و بین pH=۵/۵(۴) : ۸/۵(۴) با pH=۵/۵ لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری وجود ندارد (نمودار۱).

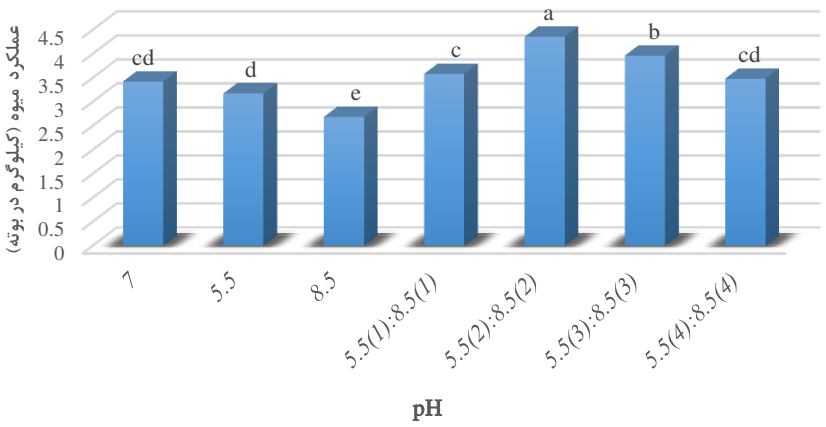
جدول *Error! No text of specified style in document.***-۱ تجزیه واریانس pH های متناوب بر عملکرد و فلورسنس کلروفیل خیار**

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		عملکرد بوته	تعداد میوه	درصد وزن خشک میوه	فلورسنس کلروفیل
pH	۶	۶۸۷۷۹۴۹/۷۱۴**	۳۹۹/۵۷۱**	۰/۲۲۴ *	۷۸۵۸/۶۴۳ **
خطای آزمایش	۲۱	۶۷۹۹۲۱/۲۵۰	۱۷/۵۲۴	۰/۰۸۷	۱۲۳۳/۷۲۶
ضریب تغییرات	٪	۵/۰۹	۴/۸۶	۶/۱۴	۴/۴۶

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ را نشان می‌دهد

وزن میوه در pH=۵/۵(۲) : ۸/۵(۲) و pH=۵/۵(۳) : ۸/۵(۳) (محلول غذایی با دو سطح pH متغیر ۵/۵ و ۸/۵ با تناوب ۳ روز)، به ترتیب نسبت به pH=۷ ، ۲۷ و ۱۶ درصد و نسبت به pH=۸/۵ به ترتیب ۶۲ و ۴۷ درصد افزایش عملکرد را نشان می دهد. با توجه به اهمیت pH در رشد گیاه و جذب عناصر غذایی و اینکه ایجاد pH مناسب یک عامل بسیار مهم در حفظ تعادل عناصر غذایی است و حلالیت عناصر غذایی به‌شدت تحت تأثیر pH محیط کشت می باشد (سیلبر و همکاران،۱۹۹۸). به‌طوری‌که در pH پایین (کمتر از ۵/۵-۶) حلایت آهن، منگنز، مس، روی و بور بالا رفته و قابل‌جذب برای گیاه می‌شوند (طباطبایی و ملکوتی، ۱۳۸۴). به نظر می‌رسد که pH های متناوب باعث کمک به جذب بهتر عناصر و تغذیه متعادل در گیاه شده است که به تبع آن میزان کلروفیل و سطح برگ گیاه که از عوامل مؤثر در عملکرد می باشد افزایش‌یافته است درنتیجه باعث افزایش رشد و عملکرد در گیاه شده است. پارسا زاده (۱۳۸۷) بیان نمود که در گیاه اسفناج با افزایش pH محلول غذایی شدت فتوسنتز خالص به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد که این می‌تواند نشان دهد که احتمالاً در این آزمایش pH های متناوب باعث افزایش فتوسنتز خالص و درنتیجه افزایش عملکرد شده است، همچنین کاهش عملکرد تیمارpH=۸/۵ با نتایج ایسلام و همکاران (۱۹۸۰) برای تعیین pH مناسب شش گونه گیاهی که بیان کردند با افزایش pH از ۵/۵ به ۸/۵ عملکرد گونه‌های گیاهی به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد مطابقت داشت. ملکوتی و همکاران (۱۳۸۲) pH های قلیایی از طریق افزایش pH شیره سلولی در درون آوندها در نهایت سبب

رسوب و غیرفعال شدن برخی از عناصر غذایی کم مصرف نظیر آهن و روی در گیاه می گردد و نیز اثر متقابل آن با سایر یون ها باعث ایجاد اختلال در رشد و در نتیجه کاهش محصول می شود که احتمالا کاهش عملکرد در تیمار pH=۸/۵ به این دلیل ذکر شده باشد. ریشه گیاهان انواع اسیدهای آلی مانند اسیدسیتریک، مالیک، مالونیک، اگزالیک و تارتاریک را به داخل ریزوسفر ترشح میکنند که جذب مواد غذایی به وسیله ریشه ها را تسریع می کند(دهلیز و ریان ۱۹۹۵؛ جوینز ۱۹۹۸، و روم هلد ۲۰۰۴)، این فعالیت زیستی قابلیت جذب یون ها را تحت تاثیر قرار می دهد و این شاید یکی از عوامل زنده ماندن گیاه در خاک های ضعیف باشد(طباطبایی ۱۳۹۲) با توجه به مطالب فوق احتمالا افزایش عملکرد در pH هایی متناوب به این دلیل باشد که در هنگام قرار گرفتن گیاه در pH برابر ۸ (دسترسی عناصر کاهش می یابد) این قابلیت ریشه در جهت جذب بیشتر عناصر بسیار افزایش می یابد، در نتیجه دوباره که گیاه در pH برابر ۵/۵ (دسترسی عناصر افزایش می یابد) قرار می گیرد چون پتانسیل ریشه جهت افزایش بیشتر عناصر در pH بالا افزایش یافته است منجر به جذب بیشتر عناصر نسبت به pH های ثابت می شود که این اتفاق باعث بهبود و ضعین تغذیه ای گیاه و در نتیجه افزایش عملکرد می شود.



نمودار (۱) تأثیر pH های متناوب بر عملکرد خیار وزن میوه

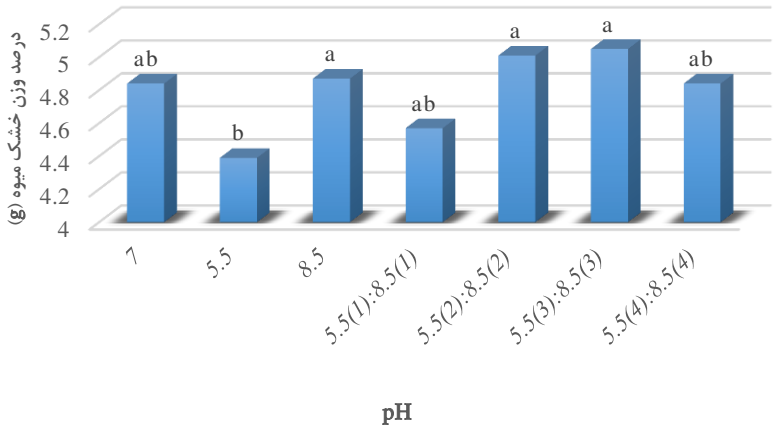
۳-۲- تعداد میوه در بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۱) نشان می دهد که تیمارهای مختلف pH تأثیر معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر تعداد میوه در بوته دارند . مقایسه میانگین داده ها نشان می دهد که حداکثر تعداد میوه در بوته مربوط به ۸/۵(۲) :

pH=۵/۵(۲) (محلول غذایی با دو سطح pH متغیر ۵/۵ و ۸/۵ با تناوب ۲ روز) و ۸/۵(۳) : pH=۵/۵(۳) (محلول غذایی با دو سطح pH متغیر ۵/۵ و ۸/۵ با تناوب ۳ روز) بود و کمترین تعداد میوه مربوط به pH=۸/۵ می باشد (نمودار۲). تیمارهای ۸/۵(۳) : pH=۵/۵(۳) و ۸/۵(۲) : pH=۵/۵(۲) نسبت به pH=۷ ازلحاظ تعداد میوه در بوته به ترتیب ۱۵ و ۱۲ درصد و نسبت به pH=۸/۵ به ترتیب ۴۵ و ۴۲ درصد افزایش عملکرد را نشان می دهند، این افزایش تعداد میوه در pH های متناوب احتمالا به همان دلایلی که در مورد عملکرد میوه بحث شد می باشد.

۳-۳- درصد وزن خشک میوه

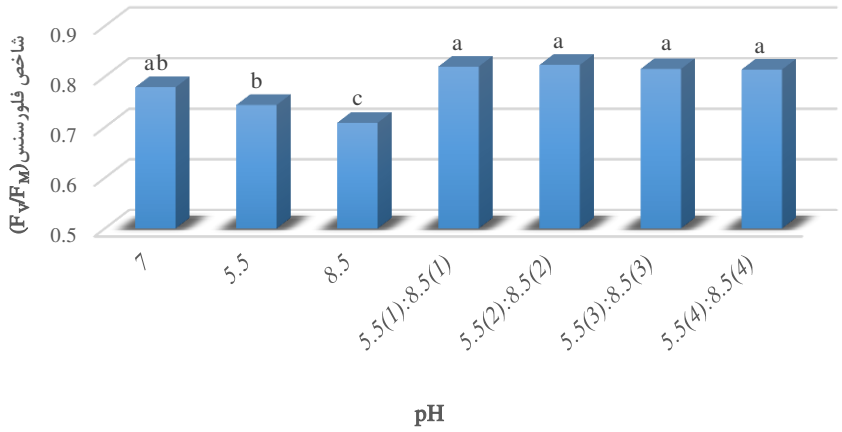
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۱) نشان می دهد که تیمارهای مختلف pH تأثیر معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر درصد وزن خشک میوه دارند، مقایسه میانگین داده ها نشان می دهد که بیشترین وزن خشک میوه مربوط به تیمارهای ۸/۵(۳) : pH=۵/۵(۳) (محلول غذایی با دو سطح pH متغیر ۵/۵ و ۸/۵ با تناوب ۳ روز) و ۸/۵(۲) : pH=۵/۵(۲) (محلول غذایی با دو سطح pH متغیر ۵/۵ و ۸/۵ با تناوب ۲ روز) می باشد اگرچه با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار ندارد ولی با تیمار pH=۵/۵ که کمترین وزن خشک میوه را داشت اختلاف معنی‌دار نشان می دهد.



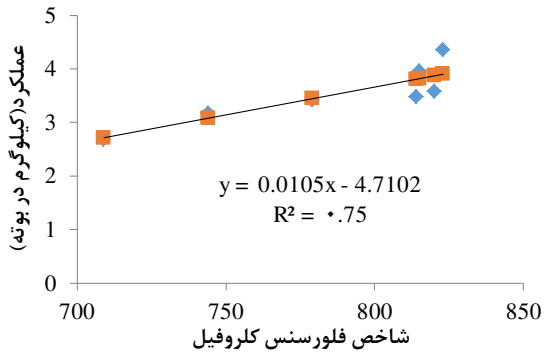
نمودار(۲) تأثیر pH های متناوب بر درصد وزن خشک میوه خیار

۳-۴- فلورسنس کلروفیل:

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها (جدول ۱) نشان می دهدکه تیمارهای مختلف pH تأثیر معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر فلورسنس کلروفیل دارند، مقایسه میانگین داده ها نشان می دهد بیشترین فلورسنس کلروفیل مربوط به تیمارهای pH=۵/۵$_{(۲)}$: ۸/۵$_{(۲)}$ (محلول غذایی با دو سطح pH متغیر ۵/۵ و ۸/۵ با تناوب ۲ روز)، pH=۵/۵$_{(۱)}$: ۸/۵$_{(۱)}$ (محلول غذایی با دو سطح pH متغیر ۵/۵ و ۸/۵ با تناوب ۱ روز)، pH=۵/۵$_{(۳)}$: ۸/۵$_{(۳)}$ (محلول غذایی با دو سطح pH متغیر ۵/۵ و ۸/۵ با تناوب ۳ روز)، pH=۵/۵$_{(۴)}$: ۸/۵$_{(۴)}$ (محلول غذایی با دو سطح pH متغیر ۵/۵ و ۸/۵ با تناوب ۴ روز) و pH=۷ می باشد و کمترین فلورسنس کلروفیل مربوط به تیمارهای pH=۵/۵ وpH= ۸/۵ می باشد(نمودار۳). به‌طورکلی میانگین داده‌ها نشان می دهد فلورسنس کلروفیل در pH های متناوب نسبت به pH های ثابت بیشتر می باشد اگرچه ازلحاظ آماری با pH=۷ اختلاف معنی‌دار نشان نمی دهند. با اندازه‌گیری فلورسنس کلروفیل، می‌توان عملکرد دستگاه فتوسنتزی را به‌خوبی پایش کرد (پدروس و همکاران،۲۰۰۸). منظری و همکاران (۱۳۸۸) بیان کردند که در کاهو با افزایش pH محلول غذایی میزان F_V/F_M کاهش می‌یابد که با نتایج ما مطابقت داشت و همان‌طور که بیان شد کمترین فلورسنس کلروفیل مربوط به pH ثابت ۸ بود. همچنینی روستا و رضایی (۲۰۱۴) بیشترین مقدار F_V/F_M را در گیاه داوودی در pH=۶/۵ و کمترین میزان را در pH=۸ مشاهده کردند. با توجه به این‌که بین فلورسنس کلروفیل و عملکرد گیاه ضریب همبستگی نسبتاً قوی (R^2=۰/۷۵) وجود دارد (نمودار۴)، احتمالاً کاربرد pH های متناوب باعث بهبود کارکرد دستگاه فتوسنتزی گیاه و افزایش عملکرد خود گیاه شده است.



نمودار(۳) تأثیر pH های متناوب بر شاخص فلورسنس (F_V/F_M)



نمودار (۴) همبستگی بین عملکرد میوه با شاخص فلورسنس (F_V/F_M)

۳-۵- نتیجه گیری کلی

pH های متناوب : ((۸/۵(۲) : (۵/۵(۲)pH: محلول غذایی با دو سطح pH متغیر ۵/۵ و ۸/۵ با تناوب ۲ روز و (۸/۵(۳) : (۵/۵(۳)pH: محلول غذایی با دو سطح pH متغیر ۵/۵ و ۸/۵ با تناوب ۳ روز)، باعث افزایش عملکرد نسبت به pH=۷ که متوسط بین تیمارهای متناوب است و محدوده‌ی pH مناسب گیاه می‌باشد و همچنین pH=۸/۵ شد . با وجود اینکه یکی از پارامترهای مهم آب در کشت‌های هیدروپونیک وجود یون‌های کربنات و بیکربنات می‌باشد و اکثر آب های آبیاری ایران دارای مشکل قلیایی می باشند و باعث اختلال عملکرد و تغذیه گیاه می‌شود با به‌کارگیری روش pH های متناوب می‌توان این مشکل را برطرف کرد و باعث کاهش مصرف اسید و همچنین افزایش عملکرد در گیاه در مناطقی که این مشکل را دارند شد. همچنین pH های متناوب باعث افزایش ماده خشک میوه می شوند که از لحاظ تغذیه ای از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. به طور کلی می توان بیان کرد که با اعمال تکنیک pH های متناوب علاوه بر کاهش اثرات سو آب های کربناته و بی کربنانه می توان باعث افزایش عملکرد، افزایش کیفیت محصول، افزایش کارایی فتوسنتز یا به عبارتی کاهش تنش در گیاه و کاهش اسید مصرفی نسبت به pH های بالا و pH های متوسط شد.

منابع

احرار، م.، دلشاد، م.، و بابالار، م. ۱۳۸۸. بهبود کارایی مصرف آب وکود در کشت بدون خاک خیار گلخانه ای با استفاده از پیوند و پلیمرهای ابر جاذب .مجله علوم باغبانی(علوم و صنایع کشاورزی) ۶۹-۷۷ :۲۳

پارسا زاده ، ن.، نجفی ، م.، طباطبایی، س.ج.، اوستان، ش. ۱۳۸۹. تأثیر شکل نیتروژن و pHمحلول غذایی برجذب و غلظت پتاسم ، کلسیم، منزیم، و سدیم در ریشه و بخش هوایی اسفناج. مجله دانش آب‌وخاک.جلد۲۰|۱.شماره ۲: ۱۱۲-۱۳۰.

طباطبایی، س. ج، (۱۳۹۲).اصول تغذیه معدنی گیاهان.انتشارات دانشگاه تبریز.

طباطبایی، س، ج.، و ملکوتی، م. (۱۳۸۴). تهیه بستر کشت، تغذیه و آبیاری در محصولات گلخانه‌ای تهران، انتشارات سنا.

Bertoni, G. M., A. Prssaloux, P. Morard, and D. R. Sayag. 1992. Bicarbonate- pH

Brown, J. C., R. S. Holmes, L. O. Tiffin. 1959. hypothesis concerning iron chlorosis.

Bugbee, B. 2003. Nutrient management in recirculating hydroponic culture. Available at http://www.usu.edu/cpl/research hydroponics3.htm. Accessed 22 November 2010

Islam A,. Edwards, D. G., and Asher, C. J. 1980. pH optima for crop growth. Results of a flowing solution culture experiment with six species. Plant Soil 54: 339-357.

Kane, C. D., Jasoni, R. L., Peffley, E. P., Thompson, L.D., Green, C. J., Pare, P., and Tissue D, 2006. Nutrient solution and solution pH influences on onion growth and mineral content. J Plant Nutrition 29: 375-390.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press Inc. London, England.

Mengel, K. 1994. Iron availability in plant tissues and iron chlorosis on calcareous soils. Plant and Soil, 165: 275-283.

Pedros, R., Moya. I., Goulas, Y., and Jacquemoud, S.(2008) spectrum inside a leaf. Photochemical and Chlorophyll fluorescence emission. Photobiological Sciences 7: 498-502.

relationship with iron chlorosis in with lupine. J. Plant Nutr., 15: 1509-1518.

Roosta, H. R., and rezae, I. 2014. Effect of Nutrient Solution PH on the Vegetative and Reproductive Growth and Physiological Characteristics of Rose Cv. 'Grand Gala' in Hydroponic System. Journal of Plant Nutrition. 37:2179–2194.

Silber, A., Neumann, R. G., and Ben-Jacov, J. 1998. Effects of nutrient addition on growth and rhizosphere pH of Leucadendron "Safari Sunset". Plant Soil, 199: 205-211.

Soil Sci. Soci. Amer. Proc., 23(3):231-234.

Wallace, A. and J. W. Cha. 1986. Effect of bicarbonate, phosphorus, iron EDDHA, and nitrogen sources on soybeans grown in calcareous soil. J. Plant Nutr., 9: 251-256.

Wehner, T. C., Lower, R. L., Staub, J. E., and Tolla, G. E. 1989. Convergent-divergent selection for cucumber fruit yield. HortScience, 24:667-669