

اثر فسفات و فسفیت در pH های مختلف بر عملکرد، رشد و وضعیت فسفر در کلم بروکلی

امین جهانیان^{۱*}، سید جلال طباطبائی^۲، نصرت الله نجفی^۳

۱- کارشناسی ارشد، دانش آموخته کشاورزی، دانشکده علوم باغبانی تبریز، تبریز، ایران

۲- استاد دانشکده علوم باغبانی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۳- دانشیار، دانشکده علوم خاک، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۰۷، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۱۵

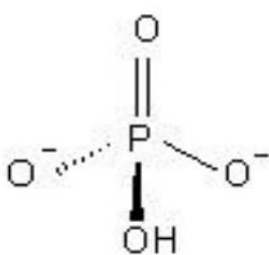
چکیده

فسفر برای گیاهان یک عنصر ضروری است که نقش‌های مهمی در متابولیسم کربوهیدرات‌ها و سیستم انتقال انرژی ایفا می‌کند. فسفیت (phi, PO_3^{3-}) یک شکل احیاء شده فسفات (pi, PO_4^{3-}) می‌باشد. جهت بررسی اثر فسفات و فسفیت در pH های مختلف بر رشد، عملکرد، و وضعیت فسفر در کلم بروکلی آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور شامل منبع فسفر (در سه سطح فسفیت، فسفات و نسبت مساوی فسفیت فسفات) و pH (در سه سطح ۵/۵، ۷ و ۸/۵) با چهار تکرار انجام شد. نتایج نشان داد که اثرات اصلی منبع فسفر و pH بر غلظت فسفر و پتاسیم برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود، اثر متقابل فسفر و pH بر فسفر برگ در سطح احتمال یک درصد و بر پتاسیم برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شدند. کمترین وزن تر سر (عملکرد) مربوط به تیمار فسفیت بود بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که فسفیت استفاده شده به عنوان منبع فسفر باعث تولید سرهای کوچک و نابالغ و حتی در بعضی از گیاهان مانع تولید سر شد و باعث ایجاد حالت سمیت و در نتیجه کاهش عملکرد را در پی داشت.

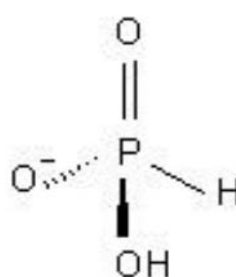
کلید واژه‌ها: کلم بروکلی، فسفیت، فسفات، رشد

مقدمه

نیاز روزافزون به مواد غذایی برای جمعیت رو به رشد کشور و لزوم ایجاد امنیت غذایی ایجاب می کند تا در حد امکان میزان تولیدات بخش کشاورزی در کشور افزایش یابد. کشت های گلخانه ای به منظور پیش رس کردن و تولید خارج از فصل در بسیاری از مناطق به ویژه در مکان هایی که خاک مناسب وجود ندارد روز به روز در حال توسعه است. فسفیت ($\text{phi}, \text{PO}_3^{3-}$) یک شکل احیاء شده فسفات است. فسفیت ($\text{pi}, \text{PO}_4^{3-}$) می باشد که وضعیت اکسیداسیونی فسفر در فسفیت +۳ و در فسفات +۵ می باشد. استفاده از فسفیت به عنوان یکی از شکل های احیاء شده فسفر در دنیا اخیراً مطرح شده است که در تحقیقات صورت گرفته در خصوص تأثیر آن بر رشد گیاه، نتایج متفاوتی وجود دارد. ترکیبات فسفیتی از اوایل دهه ۱۹۷۰ به عنوان ترکیبات ضد قارچ برای کنترل بیماری های گیاهی خانواده (Oomycetes) به خصوص بیماری فیتوفترا شناخته شده اند. ترکیبات جدید فسفیتی که در کمتر از یکی دو دهه وارد بازار شده اند به شکل های کود سم، بیو محرک (Biostimulant) و سایر شکل های قارچ کش سیستمیک در بازار وجود دارند. تعدادی از کودها که بر پایه فسفیت هستند شامل فسفیت پتاسیم، فسفیت منیزیم و فسفیت



Pi (HPO_4^{2-})



Phi (H_2PO_3^-)

شکل ۱. فرمول گسترده فسفیت (راست) و فسفات (چپ).

کلسیم می باشند (Thao et al., 2008). مطالعاتی که توسط Mclintire et al (1950) روی نقش تغذیه ای فسفیت صورت گرفت، نشان داد که با کاربرد فسفیت رشد گیاهان بهبود یافت. Rickard (2000) افزایش عملکرد و بهبود کیفیت چندین محصول را با کاربرد برگری فسفیت گزارش نمود. مشخص گردید که اثرات مفیدی از فسفیت روی رشد خیار همچنین، روی عملکرد و کیفیت پرتقال ساتسوما در ژاپن وجود دارد. همچنین، Albrigo (1999) در فلوریدا اثرهای مفید فسفیت روی پرتقال والنسیا را گزارش نمود. در شرایط کشت درون شیشه ای نیز اثرات منفی در رشد گیاهچه های *Brassica nigra* گزارش شده است (Carswell, et al., 1996). گیاهان خیار، گوجه فرنگی، توت فرنگی، اسفناج و ذرت تیمار شده با فسفیت کاهش معنی داری در رشد نسبت به گیاهان تیمار شده با فسفات نشان دادند (Schroetter et al., 2006; Guest and Grant, 1991 et al., 2009; Thao et al., 2002; Moor et al., 2008; نتایجی که توسط Guest and Grant, 1991 (1991) گزارش شد نشان داد که جذب و انتقال فسفیت در داخل گیاه سریع تر بوده است.

مختلف فسفر (فسفیت، فسفات، نسبت مساوی از فسفیت و فسفات) و فاکتور دوم شامل سه سطح pH (۵/۵، ۷ و ۸/۵) بود که در کل تعداد تیمارها ۹ و در ۴ تکرار اجرا گردید. داده‌های بدست آمده در برنامه آماری SPSS تجزیه واریانس گردید و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

رشد و عملکرد

نتایج حاصل از تجزیه واریانس تیمارها نشان داد که اثر اصلی منبع فسفر بر وزن تر سر (عملکرد)، و وزن خشک سر معنی دار بود (جداول ۱ و ۳). بر همکنش منبع فسفر^x pH بر خصوصیات وزن تر و خشک سر معنی دار شد. میانگین داده‌ها نشان داد که، حداقل وزن تر سر (عملکرد) مربوط به تیمار فسفیت (pH=7) و حداکثر آن مربوط به تیمار نسبت مساوی فسفیت فسفات (pH=5.5) بود (شکل ۲). وزن تر سر (عملکرد) در تیمار نسبت مساوی فسفیت فسفات (pH=5.5) نسبت به تیمار فسفیت (pH=7) ۹۴ درصد افزایش عملکرد را نشان داد. همچنین، تیمار فسفات (pH=5.5) نسبت به تیمار فسفیت (pH=5.5) ۷۵ درصد افزایش عملکرد را نشان داد (جداول ۲ و ۴). که این نتایج با نتایج Moor et al (2009) مطابقت داشت، ایشان گزارش کردند که کاربرد فسفیت به صورت محلول‌پاشی در مقایسه با فسفات بر رشد و افزایش عملکرد توت‌فرنگی تأثیری نداشت. در واقع چنین می‌توان نتیجه گرفت که فسفیت استفاده شده به عنوان منبع فسفر باعث تولید سرهای کوچک و نابالغ و حتی در برخی از گیاهان مانع تولید سر شده و در نتیجه کاهش عملکرد را در پی داشت (شکل ۴).

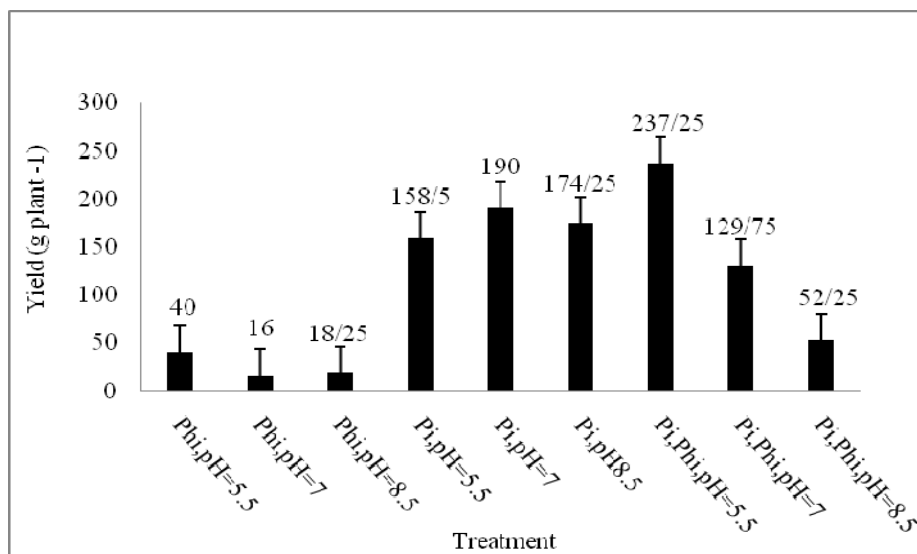
Thao and Yamakawa (2008) گزارش کردند که استفاده از فسفیت به عنوان کود فسفره چه به صورت محلول‌پاشی و چه به صورت تغذیه از طریق ریشه، چه در غلظت‌های بالا و چه در غلظت‌های پایین هیچ تأثیر مثبتی بر رشد اسفناج نداشت.

تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که واکنش‌های مثبت رشد و عملکرد برخی گیاهان به فسفیت تأیید شده است (Albrigo 1999, Lovatt 1990 a, Lovatt 1999 b,) (Rickard 2000, Watanabe 2005). از طرف دیگر واکنش‌های منفی رشد و عملکرد نسبت به فسفیت توسط دیگر محققان گزارش شده است (Carswell et al.,) (1996, Forster et al., 1998 Schroetter et al., 2006; Thao et al., 2008; Thao and Yamakawa, 2008).

مواد و روش‌ها

در این آزمایش بجای بستر جامد از سیستم آبکشت (*Floating*) استفاده شد. در این سیستم گلدان‌های ۸ لیتری کاملاً با محلول غذایی پر شد و ریشه‌های گیاه در داخل محلول غذایی قرار گرفت. جهت تهویه (تنفس ریشه‌ها و جلوگیری از پوسیدگی ریشه‌ها) داخل محلول هوا تزریق شد. در این آزمایش از محلول غذایی هوگلند تغییر یافته (نصف هوگلند) استفاده شد چند روز پس از سبز شدن بذور گیاهچه‌ها با محلول غذایی بسیار رقیق تغذیه شدند و به مرور زمان با بزرگ شدن گیاهچه‌ها محلول غلیظ شد. تیمارهای فسفیت (۲/۵ میلی‌گرم در لیتر) از منبع کود تجاری با نام فسفیت، محصول شرکت GROWTH PRODUCTS آمریکا و فسفات (۲/۵ میلی‌گرم در لیتر) از منبع مونوپتاسیم فسفات و تیمارهای نسبت مساوی از فسفیت و فسفات (۲/۵ میلی‌گرم در لیتر) از منابع ذکر شده فسفیت و فسفات تأمین شد. شاخص کلروفیل در انتهای آزمایش و قبل از برداشت گیاه توسط دستگاه کلروفیل سنج (Minolta. 550, SPAD, Japan) اندازه‌گیری شد. فسفر به روش اسپکتروفوتومتری در طول موج ۴۳۰ نانومتر و پتاسیم به روش نشر شعله‌ای توسط دستگاه فلایم فتومتری (Flame Photometric 410) قرائت شد و در نهایت مقادیر خوانده شده برای محاسبه غلظت پتاسیم در ماده خشک گیاهی استفاده شد (طباطبائی، ۱۳۹۲).

این آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار انجام شد. فاکتور اول شکل‌های



شکل ۲. تأثیر منبع فسفر در pH های مختلف بر عملکرد گیاه

Fig 2. The effects of P source on broccoli yield (g/plant⁻¹) in different pH levels.

جدول ۱. تجزیه واریانس اثرات منبع فسفر در pH های مختلف بر خصوصیات رویشی کلم بروکلی

Table 1. Analysis of variance of P source in different pH on vegetative characteristics of broccoli

Source variance	Mean square						
	Leaf Fwt (g/plant)	Root Fwt (g/plant)	Stem Fwt (g/plant)	Leaf Dwt (g/plant)	Root Dwt (g/plant)	Stem Dwt (g/plant)	Leaf area (cm ²)
P source	6742.58 ⁿ _s	3385.44*	6414.36**	61.50 ^{ns}	9.65**	42.19**	11874370**
pH	2481.08 ⁿ _s	1220.52 ^{ns}	3663.36**	194.40*	0.69 ^{ns}	55.45**	119806*
P * pH	4927.29 ⁿ _s	202.69 ^{ns}	1151.52 ^{ns}	88.48 ^{ns}	5.07**	11.37 ^{ns}	38914 ^{ns}

ns: non-significant, * Significance at 0.05 probability level and ** Significance at 0.01 probability level.

جدول ۲. مقایسه میانگین منبع فسفر در pH های مختلف بر خصوصیات رویشی کلم بروکلی

Table 2. Mean comparison of P source in different pH on vegetative characteristics of broccoli

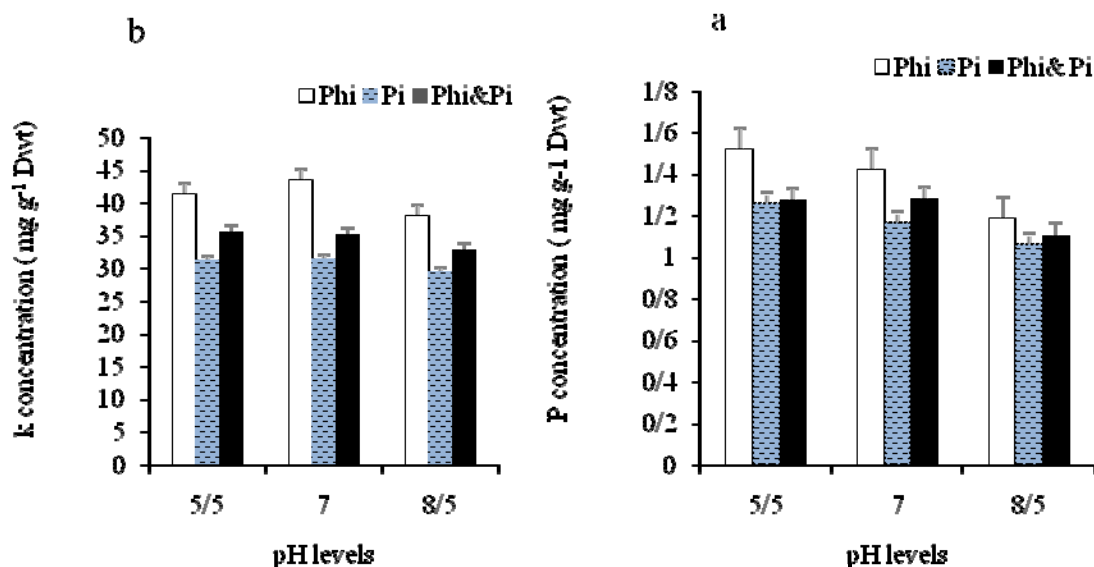
Treatment	Fresh weight (g/plant)			Dry weight (g/plant)			Leaf area (cm ²)
	Leaf Fwt (g/plant)	Root Fwt (g/plant)	Stem Fwt (g/plant)	Leaf Dwt (g/plant)	Root Dwt (g/plant)	Stem Dwt (g/plant)	
Phi							
pH5.5	277.00 ^{ab}	138.75 ^{ab}	120.75 ^{bcd}	28.04 ^{ab}	6.86 ^{abcd}	10.87 ^{bcd}	1938.70 ^{abc}
pH7	202.75 ^b	127.00 ^b	96.50 ^{ed}	22.15 ^b	5.71 ^d	8.81 ^{cd}	1866.53 ^{bc}
pH8.5	234.25 ^{ab}	111.00 ^{ab}	85.50 ^e	26.24 ^{ab}	6.04 ^d	7.66 ^d	1650.51 ^c
Pi							
pH5.5	289.50 ^{ab}	165.00 ^a	152.25 ^{ab}	35.93 ^a	6.75 ^{bcd}	14.25 ^{ab}	2427.47 ^{ab}
pH7	233.50 ^{ab}	146.25 ^{ab}	130.00 ^{abc}	23.30 ^b	7.96 ^{abc}	11.67 ^{abc}	2440.39 ^{ab}
pH8.5	256.75 ^{ab}	151.50 ^{ab}	139.75 ^{ab}	25.00 ^{ab}	8.51 ^a	12.05 ^{abc}	2452.27 ^{ab}
Phi & Pi							
pH5.5	269.50 ^{ab}	161.75 ^a	161.00 ^a	26.79 ^{ab}	8.41 ^{ab}	15.12 ^a	2306.16 ^{bc}
pH7	323.00 ^a	161.00 ^a	158.75 ^a	27.34 ^{ab}	8.56 ^a	13.09 ^{ab}	2311.21 ^{bc}
pH8.5	272.50 ^{ab}	143.50 ^{ab}	104.00 ^{cde}	16.57 ^b	6.34 ^{dc}	7.65 ^d	2025.35 ^{abc}

غلظت فسفر و پتاسیم

شکل ۳ نشان می‌دهد که تیمار فسفیت در مقایسه با تیمار فسفات دارای غلظت‌های بیشتری از فسفر و پتاسیم در خوشه‌های بروکلی بود. این موضوع قابل تأمل است که علت کاهش عملکرد و خوشه‌های کوچک و نابالغ و حتی عدم تشکیل خوشه به علت غلظت‌های بالای فسفر و پتاسیم برگ می‌تواند باشد، یا اینکه استفاده از فسفیت به عنوان منبع فسفر باعث ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی در تولید خوشه کلم بروکلی نموده است. مقایسات میانگین فسفر و پتاسیم سر نشان داد که در بین تیمارها، فسفیت با pH=5.5 و فسفیت با pH=7 به ترتیب بیشترین غلظت فسفر و پتاسیم سر را دارا بودند. نتایج پژوهش مطلبی فرد

(۱۳۹۳) روی سیب زمینی نشان داد که با افزایش مصرف فسفر جذب پتاسیم بخش هوایی روند افزایشی داشت و بین غلظت پتاسیم بخش هوایی و غلظت نیتروژن و فسفر بخش هوایی همبستگی مثبت و معنی‌داری گزارش شد. نتایج پژوهش Moor et al., (2009) نشان داد که با کاربرد فسفیت از طریق محلولپاشی برگی توت‌فرنگی اسیدیته میوه افزایش و TSS کاهش پیدا کرد.

Thao and Yamakawa (2010) در پژوهشی روی گیاه خردل گزارش کردند که با کاربرد غلظت‌های 0.05 mMol/l و 0.5 mMol/l فسفیت، جذب فسفات در گیاه خردل کاهش پیدا کرد.



شکل ۳. تأثیر منبع فسفر در pH های مختلف بر غلظت فسفر و پتاسیم خوشه کلم بروکلی

Fig 3. The effect of P source in different pH levels on the concentrations of P (a) and K (b) in the heads

جدول ۳. تجزیه واریانس اثرات منبع فسفر در pH های مختلف بر خصوصیات رویشی کلم بروکلی

Table 3. Analysis of variance of P source in different pH on vegetative characteristics of broccoli

Source of variance	Mean square					
	P concentration (mg/g Dwt)			K concentration (mg/g Dwt)		
	Leaf	Root	Stem	Leaf	Root	Stem
P source	0.23**	0.24**	0.76**	2318.72**	114.86**	35.53*
pH	0.12**	0.04*	0.39*	123.22**	27.18 ^{ns}	123.96**
P * pH	0.02**	0.01 ^{ns}	0.10 ^{ns}	61.32*	18.12 ^{ns}	25.35*

ns: non-significant, * Significance at 0.05 probability level and ** Significance at 0.01 probability level.



شکل ۳. تاثیر فسفیت و فسفات بر تشکیل خوشه و رشد ریشه

Fig.3. Effect of Phosphite and Phosphate on yield and root growth

جدول ۴. مقایسه میانگین منبع فسفر در pHهای مختلف بر خصوصیات رویشی کلم بروکلی

Table 4. Mean comparison of P source in different pH on vegetative characteristics of broccoli

Treatments	P concentration (mg/g Dwt)			K concentration (mg/g Dwt)		
	Leaf	Root	Stem	Leaf	Root	Stem
	Phi					
pH5.5	1.59 ^a	1.51 ^{ab}	1.89	62.64 ^a	28.90 ^a	23.53 ^a
pH7	1.43 ^b	1.55 ^a	1.38	50.49 ^{bc}	20.65 ^{bc}	15.17 ^b
pH8.5	1.18 ^c	1.39 ^{abc}	1.09	46.59 ^c	24.26 ^{ab}	12.23 ^{bc}
	Pi					
pH5.5	1.09 ^{cd}	1.27 ^{cd}	0.94	25.66 ^d	18.98 ^{bc}	13.78 ^{bc}
pH7	1.12 ^{cd}	1.19 ^d	0.85	26.54 ^d	18.93 ^{bc}	15.96 ^b
pH8.5	1.04 ^d	1.01 ^e	0.83	24.63 ^d	17.23 ^c	10.00 ^c
	Phi& Pi					
pH5.5	1.38 ^b	1.27 ^{cd}	1.18	54.91 ^b	25.62 ^{ab}	20.68 ^a
pH7	1.34 ^b	1.37 ^{bcd}	1.10	56.03 ^b	25.46 ^{ab}	14.68 ^{bc}
pH8.5	1.16 ^c	1.32 ^{cd}	0.84	49.81 ^{bc}	22.52 ^{abc}	13.53 ^{bc}

پیشنهادها

شکل انتقال فسفیت در داخل گیاه، تأثیر فسفیت بر روی میزان فیتات بذور و کاربرد فسفیت همراه با قارچ مایکوریزا مورد مطالعه بیشتر قرار گیرند.

بر اساس نتایج بدست آمده برای استمرار موضوع پیشنهاد می شود تأثیر محلول پاشی فسفیت به عنوان منبع فسفر، تأثیر دمای محیط ریشه بر جذب فسفیت و فسفات،

منابع

- طباطبائی، س. ج. ۱۳۹۲. اصول تغذیه معدنی گیاهان. چاپ دوم. انتشارات دانشگاه تبریز.
- مطلبی فرد، ر. ۱۳۹۳. اثر رطوبت خاک، فسفر و روی بر ترکیب شیمیایی و رشد سیب زمینی. رساله دکتری خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
- Albrigo, LG. 1999. Effects of foliar applications of urea ornutriphite on flowering and yields of Valencia orangetrees. Proc. Fla. State. Journal of Horti Science., 112, 1-4
- Avila, F.W., Faquin V., Araujo J.L., Marques D.J., Ribeiro P.M., Lobato A.K.D., Ramos S.J., Baliza D.P. (2011) Phosphite supply affects phosphorus nutrition and biochemical responses in maize plants. Australian Journal of Crop Science 5:646-653.
- Carswell, MC, Grant BR, Theodorou ME, Harris J, Niere JO, Plaxton WC. 1996. The fungicide phosphonate disrupts the phosphate-starvation response in *Brassica nigra* seed-lings. Journal of Plant Physiology., 110, 105-110.
- Guest, D., Grant, B.R., 1991. The complex action of phosphonates as antifungal agents. Biology. Review. 66, 159-187.
- Lovatt CJ 1990. Formulation of phosphorus fertilizer for plants. US Patent No. 5830255.
- Lovatt CJ 1999. Timing citrus and avocado foliar nutrient applications to increase fruit set and size. HortTechnology. 9, 607-612.
- MacIntire, W., Winterberg S., Hardin L., Sterges A., Clements L. 1950. Fertilizer evaluation of certain phosphorus, phosphorous and phosphoric materials by means of pot cultures. Agronomy Journal 42.
- Moor, U. Po Idma, P. Tunotare, T. Karp, K. Starast, M and Vool, e. 2009. Effect of Phosphite fertilization on growth, yield and fruite composition. Journal of Scientia horticulter. 119, 264-269.
- Rickard DA. 2000. Review of phosphorus acid and its salts as fertilizer materials. Journal of soil science and plant nutrition. 23, 161-180.
- Schroetter, S., Angeles-Wedlel D., Kreuzig R., Schnug E. 2006. Effects of phosphite on phosphorus supply and growth of corn (*Zea mays*). Landbauforschung Volkenrode 56:87-99.
- Thao, H.T.B., Yamakawa T. 2009. Phosphite (phosphorous acid): Fungicide, fertilizer or biostimulator? . Journal of Soil Science and Plant Nutrition 55:228-234.
- Thao, H.T, B. and Yamakawa, T. 2010. Phosphate absorbtion of intact kumatsuna plants as influenced by Phosphite. . Journal of soil science and plant nutrition. 56, 133-139.
- Thao, H.T, B. Yamakawa, T, Sarr PS, Myint AK. 2008a. Effects of phosphite, a reduced form of phosphate, on the growth and phosphorus nutrition of spinach (*Spinacia oleracea L.*). Journal of soil science and plant nutrition. 54, 761-768.
- Varadarajan D.K., Karthikeyan A.S., Matilda P.D., Raghothama K.G. 2002. Phosphite, an analog of phosphate, suppresses the coordinated expression of genes under phosphate starvation. Journal of Plant Physiology. 129:1232-1240.

Effect of phosphite and phosphate in different pH on yield, growth and P status in Broccoli

Amin Jahanian^{1*}, Seyed Jalal Tabatabaei², Nosratollah Najafi³

1- MSc student in the university of Tabriz, Iran

2- Professor, college of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

3- Associated professor, college of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

*Corresponding Author: Amin Jahanian
Email: amin.jahanian68@gmail.com

ABSTRACT

Introduction: Phosphorus (P) is an important nutrient for the plant affecting many physiological functions in plants. Phosphite (PO_3 ; Phi; valence of +3), a reduced form of phosphate (PO_4 ; Pi; valence of +5), that are being widely marketed either as an agricultural fungicide or as a superior source of plant phosphorus (P) nutrition. Furthermore, pH of both nutrient and soil solution alter the availability of P by the plants. There is insufficient information concerning the use of phosphite in plant. It could be possible to use of phosphite and phosphate to improve the P nutrition of plants.

Materials and Methods: An experiment was conducted to investigate the effect of phosphite and phosphate in different pH on yield, growth and P status in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italicacv.* Fiorentino). The experiment was conducted with three pH levels (5.5, 7, 8.5) factorially combined with three P source levels (Pi, Phi and Pi& Phi). The plants were grown in black buckets containing 8 L of aerated nutrient solution for 10 weeks. At the end of experiments the plant were harvested to measure the agronomical and physiological characteristics. The concentration of P was measured in the recently matured expanded leaves.

Results and Discussion: Results indicated that the growth of broccoli plants was affected by the form of P. Phosphite significantly reduced the yield of plant. In Phosphite treated plants immature heads (button-like flower heads) was observed. Likewise, Phosphite increased phosphorus and potassium concentration in the leaves, roots, Stems and heads. Both P and K concentration were significantly reduced by the increase pH level. The highest yield was observed in Pi& Phi with pH (5.5) at 237 g plant⁻¹. Phosphate (pH=5.5) compare to Phosphite (pH=5.5) increased by 75% in yield. The increase in Pi uptake in the Phi treatment plant caused increased in P concentration in leaves and growth reduction and phytotoxicity. The negative effects application of only Phosphite was strong inhibiting effect in fresh weight head. Despit of increased P concentration in Phosphite treated plant, it seems that P from Phosphite source has no effect on P functional in plants.

Conclusion: The findings this experiment indicted that Phosphite alone could not be used as a phosphorus fertilizer for the plants. however, the combination of Phosphite and phosphate improves the growth of broccoli plants.

Keywords: Broccoli, Phosphite, Phosphate.