Shahid Chamran University of Ahvaz

Irrigation Sciences and Engineering (JISE) Vol. 43, No. 3, Fall 2020, Original Paper, p. 163-177

EXTENDED ABSTRACT

The Effect of Humic Acid and Phosphorus Fertilizer on Dry Matter and Water Use Efficiency of Sugarcane (*Saccharum officinarum*)

H. R. Behravan[1], R. Khorassani[2*], A. Fotovat[3], A. A. Moezei[4] and M. Taghavi [5]

1- PhD Student, Ferdowsi University, Mashhad, Iran.
2*- Corresponding Author, Associate professor of Soil Science, Ferdowsi University, Mashhad, Iran (khorasani@um.ac.ir).
3- Professor of Soil Science, Ferdowsi University, Mashhad, Iran.
4- Associate professor of Soil Science, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.
5- Assistant professor of chemistry, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

Received: 11 April 2019 Revised: 5 June 2019 Accepted: 10 June 2019

Keywords: Dry plant matter, Organic Matter, Root Length, Root Weigh
DOI:10.22055/jise.2019.29090.1837.

Introduction

Sugarcane cultivation has been revived in Khuzestan province of Iran since the 1960s and due to good results, gradually began to grow from north to south of this region. Currently, sugarcane is cultivated in more than 100,000 hectares of the province's land and almost 25% of the country's demand for sugar is produced in this region. Regarding the very low rainfall and water resources reduction of the country in recent years, the optimal use of irrigation water is very important. Sugarcane fields in Iran due to irrigation problems such as distribution and consumption management, and the lack of continuous and uniform water supply, have high water use per hectare. In other words, the irrigation water use of farms is twice to three times of the real water need of sugarcane. Irrigation water use efficiency or WUE, which can be calculated from the ratio of plant dry matter to water consumption per hectare (Anyia and Herzog, 2004), is a very important criterion that can be of use in evaluating and improving irrigation operations and optimal water consumption. The water use efficiency of sugarcane depends on various factors such as climate, soil characteristics, irrigation management, cane cultivar and plant growth stage.

Irrigation water quality, climate change, weeds and soil characteristics (high pH and low organic matter, for example) are the main factors that affect production of sugarcane in Iran. Therefore, the yield of the sugarcane is also far from the potential yield. Sugarcane fields of Khuzestan province are mainly rich in lime percentage and poor in organic matter and phosphorus. Soil pH in this region of the country is also about 8-8.5 and uptake of some elements such as phosphorus, by plants and phosphorus fertilizer efficiency in these soils (alkaline and calcareous soils) are expected to be low (Wang and Wang, 1995). The optimum use of phosphorus fertilizer and water irrigation are essential for the quantitative and qualitative function of sugarcane plants. Due to the very low mobility of phosphorus in soil, its uptake by plants such as sugarcane is affected by the number of soil and plant factors (especially plant root characteristics). Changes in these factors can lead to reduction or increase of P uptake by the crop.

Because of the role of organic compounds in improvement of mobility and phosphorus uptake, the use of organic maters has been considered in several researches. Organic compounds can play a

direct and indirect role in plant factors and in phosphorous uptake improvement, yield increase and finally water use efficiency improvement.

Methodology

The optimum use of phosphorus fertilizer and water irrigation are essential for the quantitative and qualitative function of sugarcane plants. Due to the very low mobility of phosphorus in soil, its uptake by plants such as sugarcane is affected by number of soil and plant factors (especially plant root characteristics). Changes in these factors can lead to reduction or increase of P uptake by the crop. Because of the role of organic compounds in improvement of mobility and phosphorus uptake, the use of organic matters has been considered in several researches. Organic compounds can play a direct and indirect role in plant factors and in phosphorous uptake improvement, yield increase and finally water use efficiency improvement.

In this regard, a greenhouse pot experiment was conducted in 2016-2017 at Farabi Agro Industry Co, 35 km south of Ahvaz, Iran (48º 36' E, 30º 59' N). This research carried out by using three levels of humic acid (immersion of sugarcane setts in three concentrations of 0, 0.3 and 0.5% of humic acid) as well as three levels of phosphorus fertilizer (triple super phosphate) 0, 125 and 250 kg/ha, in two different harvesting periods (45 and 90 days after planting). The experiment was set up as a factorial, based on Complete Randomized Design with three replicates. In this experiment, the effects of different levels of phosphorous fertilizers and humic acid on aerial parts (shoot height, shoot dry weight), underground part (root length, root dry weight), and finally, water use efficiency in different treatments were investigated.

Results and discussion

As the results show, the use of humic acid and phosphorus fertilizer, although with different rates, can improve all of these factors. Shoot height, shoot dry weight, root length, root dry weight and water use efficiency in humic acid treatments and phosphorous fertilizer treatments (as the phosphorous fertilizer levels rose) showed a significant increase in both harvests compared to non-used humic acid and also in non-used phosphorous treatments.

The results showed that the application of humic acid and phosphorus fertilizer improved the length and weight of the sugarcane root and because of root system development, the height and plant dry matter increased significantly. As a result of the increase in dry matter of plant in these treatments, water use efficiency increased 2 to 3 times in the first and 50% in the second harvest, compared to the control treatment. The results of this study indicated a strong relationship between root dry weight, root length and water use efficiency, in both harvest times (figure 1 and 2, for example).

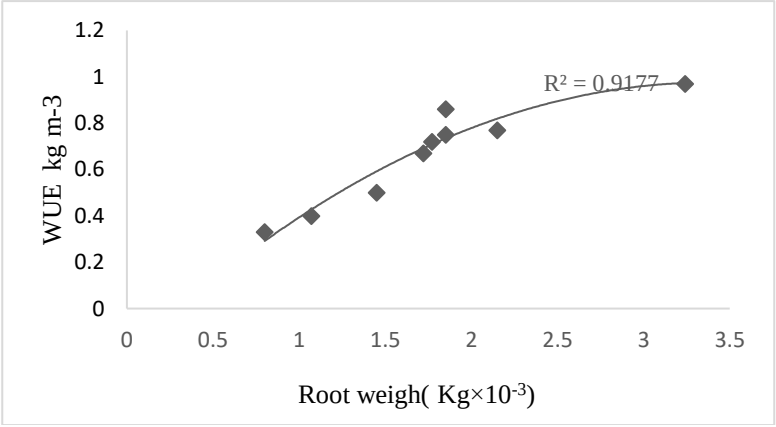


Fig. 1- The relationship between root weight and water use efficiency in the first harvest

 DOI: 10.22055/jise.2019.29090.1837

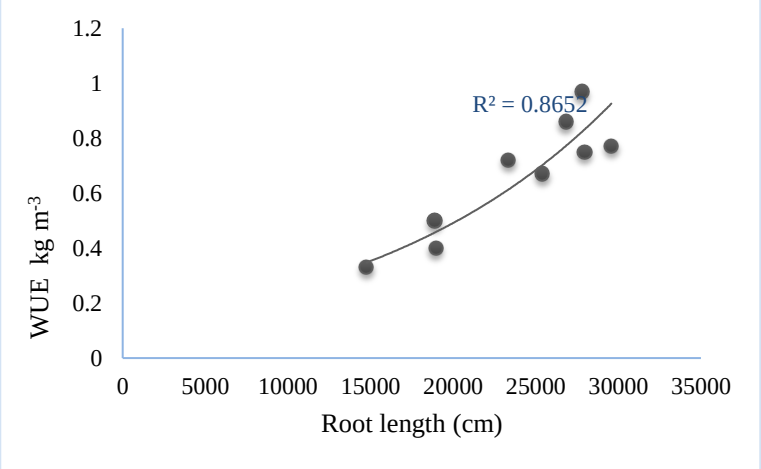


Fig. 2- The relationship between root length and water use efficiency in the first harvest

Conclusion

In this study, the effect of different treatments of humic acid with different treatments of phosphorus fertilizer on root system, dry matter of sugarcane and also water use efficiency were investigated. The results showed that the application of humic acid at plantation time as immersion setts in humic acid solution could improve significantly these plant factors (including root length and dry weight of root, height and dry weight of shoot) and finally water use efficiency. In addition, in most of the factors with similar or lower phosphorous content, even in non-fertilized treatments, the use of humic acid has shown better results than that of the same, but without the use of humic acid treatments.

Based on the results, using humic acid due to improved phosphorus fertilizer use efficiency and phosphorous uptake by plant is expected to be increased and hence the fertilizer use would be reduced. This study showed that it is possible to use humic acid in the practical form during the cultivation of sugarcane setts, but it seems that further research is needed to examine other important points such as the use of humic acid during plant growth season and its other applications, such as spraying or its application in irrigation water.

Acknowledgment

We are immensely grateful to Dr. Safirzadeh from research department of Farabi Agri. Ind. CO. for his help in all stages of this research.

References

1- Anyia, A.O. and Herzog, H., 2004. Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. *European Journal of Agronomy, 20*, pp. 327-339.

2- Busato, J.G., Zandonadi, D.B., Dobbss, L.B., Façanha, A.R. and Canellas, L.P., 2010. Humic substances isolated from residues of sugarcane industry as root growth promoter. *Scientia Agricola, 67(2)*, pp. 206-212.

3- Canellas, L.P. and Olivares, F.L., 2014. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 1:3

4- Govindasmy, R. and S. Chandrasekaran., 2098. Effect of humic acids on the growth, yield and nutrient content of sugarcane. *Science of the Total Environment, 117-118*, pp. 575-581.

5- Pizzeghello, D., Francioso, O., Ertani, A., Muscolo, A. and Nardi, S., 2013. Isopentenyladenosine and cytokinin-like activity of different humic substances. *Journal of Geochemical Exploration,129*, pp. 70-75.

6- Vahap Katka, A., Çelik, H., Murat, A.T. and Asik, B.B., 2009. Effects of soil and foliar applications of humic substances on dry weight and mineral nutrients uptake of wheat under calcareous soil conditions. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(2), pp. 1266-1273.

7- Vaezi, A.R., Homaee, M. and Malakoti., M.J., 2002. Effect of fertigationon fertilizer use efficiency and water use efficiency on forage corn. *Journal of Soil and Water Sciences, 158*(2)(In Persian).

8- Wang, X.J., Wang, Z.Q. and Li, S.G., 1995. The effect of humic acids on the availability of phosphorus fertilizers in alkaline soils. *Soil Use and Management*, 11, pp. 99-102.

© 2020 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

علوم و مهندسی آبیاری جلد ۴۳، شماره‌ی۳، پاییز ۹۹، مقاله پژوهشی، ص. ۱۷۷-۱۶۳

اثر کاربرد اسید هومیک و کود فسفر بر تولید ماده خشک و کارایی مصرف آب گیاه نیشکر

حمیدرضا بهروان[۱]، رضا خراسانی[۲*]، امیر فتوت[۳]، عبدالامیر معزی[۴] و مهدی تقوی[۵]

۱- دانشجوی دکترای شیمی و حاصخیزی خاک، دانشگاه فردوسی مشهد.

۲*- نویسنده مسئول، دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد. khorasani@um.ac.ir

۳- استاد گروه علوم خاک، دانشگاه فردوسی مشهد.

۴- دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۵- استادیار گروه شیمی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

دریافت: ۱۳۹۸/۱/۲۲ بازنگری: ۱۳۹۸/۳/۱۵ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۲۰

چکیده

بالا بودن نیاز گیاه به آب و فسفر از یک سو و محدود بودن منابع آبی کشور و نامساعد بودن شرایط جذب فسفر در خاک (از جمله pH بالا و میزان ماده آلی بسیار کم) از سوی دیگر، به مصرف بهینه آب و کود فسفر در این منطقه اهمیت ویژه‌ای می‌بخشد. این تحقیق با هدف بررسی اثر اسید هیومیک و کود فسفر بر سیستم ریشه‌ای، ماده خشک گیاهی و در نهایت کارایی مصرف آب اجرا گردید. این آزمایش گلخانه‌ای به صورت طرح فاکتوریل بر پایه طرح کامل تصادفی با تیمارهای اصلی سطوح مختلف فسفر (صفر، ۱۲۵ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) و اسید هومیک (غوطه‌ورسازی قلمه در محلول‌های ۰، ۰/۳ و ۰/۵ درصد) در دو زمان برداشت (۴۵ و ۹۰ روز پس از کشت) با سه تکرار، در جنوب استان خوزستان اجرا گردید. در این تحقیق طول و وزن خشک ریشه، ارتفاع و وزن خشک بوته اندازه‌گیری و در نهایت کارایی مصرف آب برای هر تیمار تعیین شد. نتایج نشان داد که مصرف اسید هومیک و کود فسفر، طول و وزن ریشه را بهبود داده و با تاثیر بر سیستم ریشه‌ای، ارتفاع بوته و ماده خشک گیاهی را به‌طور معنی‌داری (از ۳/٤ گرم و ۲٦/۵ گرم در تیمار شاهد به‌ترتیب به ۱۰/۱ گرم و ۳۹/۱ گرم در برداشت اول و دوم) افزایش داد. در نتیجه افزایش ماده خشک گیاهی کارایی مصرف آب نسبت به تیمار شاهد بین ۲ تا ۳ برابر در برداشت اول و حدود ۵۰ درصد در برداشت دوم، افزایش یافت.

کلید واژه‌ها: طول ریشه، وزن خشک ریشه، ماده خشک گیاهی، ماده آلی.

مقدمه

کشت نیشکر در استان خوزستان از دهه ۱۳۴۰ هجری شمسی مجدداً احیا و به‌دلیل نتایج خوب به‌دست آمده به‌تدریج از شمال تا جنوب این استان گسترش یافت. اکنون نیشکر در بیش از ۱۰۰ هزار هکتار از اراضی استان خوزستان کشت می‌شود و تقریباً ۵۰ درصد شکر تولیدی کشور در این منطقه تولید می‌شود. خاک‌های تحت کشت نیشکر از آهک غنی و فقیر از مواد آلی، فسفر و نیتروژن هستند. pH خاک در این منطقه از کشور حدود ۸ تا ۸/۵ است. باتوجه به میزان بارندگی بسیار پایین منطقه و کاهش ذخایر آبی کشور در سال‌های گذشته، مصرف بهینه آب آبیاری از اهمیت بسیاری برخوردار است و گیاه نیشکر به‌دلیل روبه‌رو بودن با مشکلات مربوط به سیستم‌های آبیاری، مدیریت توزیع و مصرف و عدم تأمین مستمر و یکنواخت آب، آبیاری مزارع با مصرف آبی حدود بیش از دو تا سه برابر نیاز واقعی انجام می‌شود (Abbasi and Sheiny Dashtegol, 2014). نکته دیگر این‌که به‌دلیل تاثیر سایر عوامل کاهنده محصول نظیر کیفیت آب آبیاری، تغییرات آب و هوایی، آفات و علف‌های هرز و مشکلات مربوط به حاصل‌خیزی خاک که جذب عناصر غذایی را با دشواری همراه می‌سازد، عملکرد محصول نیز با پتانسیل عملکرد محصول نیشکر فاصله زیادی دارد. کارایی مصرف آب آبیاری که می‌تواند از نسبت عملکرد محصول/ماده خشک گیاهی به آب مصرفی محاسبه شود از معیارهای بسیار مهمی است که می‌تواند در ارزیابی و بهبود عملیات آبیاری و مصرف بهینه آب بسیار مفید باشد Anyia and (Herzog, 2004). کارایی مصرف آب گیاه نیشکر با توجه به اقلیم، سیستم آبیاری، رقم نیشکر و مرحله رشدی گیاه متغیر می‌باشد و عوامل مختلفی بر روی آن تاثیر می‌گذارند.

با توجه به شرایط خاک‌های تحت کشت نیشکر در ایران، عوامل کوددهی و ماده آلی خاک به‌عنوان عوامل مهم محدودکننده رشد گیاه می‌تواند کارایی مصرف آب را از طریق تاثیر بر عملکرد محصول تحت‌تاثیر قرار دهد. فسفر به‌عنوان یکی از عناصر مهم غذایی همواره مورد توجه بوده است. براساس تحقیقات .Wang et al (1995) و .Vahap Katka et al (2009)، انتظار می‌رود که جذب فسفر

DOI: 10.22055/jise.2019.29090.1837

به‌وسیله گیاهان و هم‌چنین کارایی مصرف کودهای فسفر در خاک‌هایی با pH و درصد آهک زیاد (خاک‌های قلیایی و آهکی) به‌طور قابل‌توجهی کم باشد. بنابراین توجه به مدیریت مصرف کود فسفر و نیز افزایش کارایی کود و هم‌چنین استفاده از ذخایر فسفر موجود در خاک مزارع تحت کشت نیشکر بسیار مهم است.

کاربرد ترکیبات آلی برای افزایش تحرک فسفر در خاک و در نتیجه افزایش جذب آن به‌وسیله گیاه در بسیاری از تحقیقات مورد توجه قرار گرفته است (Sund and Celements, 1974; Martinez et al., 1984; Bezerra et al., 2015). در سال‌های اخیر، بهبود وضعیت مواد آلی خاک با استفاده از کمپوست و محصولات فرعی کارخانه‌های شکر (به‌ویژه فیلترکیک) در سراسر دنیا مورد توجه قرار گرفته است (Demattê et al., 2005). مطابق با این مطالعات، ترکیبات آلی می‌توانند تحرک عناصر غذایی به‌ویژه فسفر و جذب آن به‌وسیله گیاهان از جمله گیاه نیشکر را بهبود بخشند. نتایج به‌دست آمده در این تحقیقات اثرات مثبت اسید هیومیک را بر رشد و عملکرد گیاه نیشکر و هم‌چنین بهبود جذب فسفر و بهبود کارایی مصرف این عنصر نشان داده است (Govindasmy and Chandrasekaran, 2008). اسید هومیک جذب عناصر غذایی از قبیل فسفر را از طریق تأثیر بر رشد و توسعه ریشه افزایش می‌دهد و بنابراین می‌تواند در بهبود رشد و عملکرد گیاه نیز مؤثر باشد (Zandonadi et al., 2010).

بهبود جذب عناصر از طریق گسترش ریشه‌ها و هم‌چنین افزایش طول و تراکم تارهای کشنده از مهمترین اثرات اسید هومیک می‌باشند (Canellas and Olivares, 2014). برخی محققین بر نقش اسید هومیک در افزایش جمعیت میکروبی خاک Puglisi et al (2008 & 2009) و ترشح اسیدهای آلی در ریزوسفر Bruna et al (2016) و Šmejkalová and Piccolo (2008) و در نتیجه بهبود تحرک عناصر غذایی و جذب آن‌ها تاکید نموده‌اند. علاوه بر این اثر اسید هیومیک بر افزایش کارایی مصرف آب در گیاهانی مانند سیب‌زمینی شیرین نیز توسط برخی محققین گزارش شده است (Abd- All et al., 2017). تاکنون تحقیقات بسیار کمی در زمینه استفاده از اسید هیومیک و کود فسفر درجهت افزایش جذب عناصر غذایی، بهبود حجم و وزن ریشه و در نتیجه جذب آب و عناصر غذایی و در نهایت افزایش عملکرد محصول نیشکر در ایران صورت گرفته است. با توجه به این تحقیقات و سایر منابع و تجارب به نظر می‌رسد که عوامل کود فسفر و اسید هیومیک می‌توانند با اثر بر عملکرد گیاه باعث بهبود کاربرد مصرف آب شوند. بنابراین، هدف از این تحقیق بررسی نقش اسید هیومیک و کود فسفر در بهبود سیستم ریشه‌ای و ماده خشک گیاهی و در نتیجه افزایش کارایی مصرف آب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

خاک مورد استفاده در تحقیق حاضر از لایه سطحی خاک (۳۰ – ۰ سانتی‌متر) یکی از مزارع نیشکر واقع در شرکت کشت و صنعت حکیم فارابی (48º 36′ E , 30º 59′ N) جمع‌آوری شد. نمونه‌های خاک، هوا خشک‌شده و پس از خرد کردن از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک به روش‌های متداول آزمایشگاهی تعیین شدند (جدول ۱). بافت خاک به روش هیدرومتری مطابق با Bouyoucos (1967) و کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون با اسید مطابق با Loeppert و Suarez (1996) اندازه‌گیری شدند. pH خاک با استفاده از نسبت خاک به آب ۱ به ۲ تعیین شد. کربن آلی خاک با روش اکسیداسیون تر مطابق با Nelson و Sommers (1996) و فسفر قابل جذب توسط استخراج با بی‌کربنات سدیم ۰/۵ نرمال مطابق با روش Olsen et al. (1954) تعیین شدند. در این تحقیق از دو فاکتور کود فسفر (در سه سطح صفر، ۱۲۵ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) و اسید هومیک (به روش غوطه‌وری در سه سطح صفر، ۰/۳ و ۰/۵ درصد) در سه تکرار به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی استفاده شد و در دو زمان مختلف (۴۵ و ۹۰ روز پس از کشت) برداشت گیاه انجام شد. به‌منظور کاهش صدمات ناشی از بافت سنگین خاک در هنگام جداسازی ریشه‌ها در زمان برداشت، خاک مورد استفاده با نسبت ۱:۱ با شن شسته‌شده مخلوط شد. به‌منظور اجرای آزمایش گلخانه‌ای از گلدان‌های استوانه‌ای شکل با قطر ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر استفاده گردید. قبل از کشت گیاه، کود فسفر در سه سطح صفر، ۱۲۵ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل به خاک درون گلدان‌ها اضافه شد که به‌ترتیب به صورت P_0، P_{125} و P_{250} نشان داده شده‌اند.

قلمه‌های نیشکر از رقم تجاری CP69–1062 به مدت ۳۰ دقیقه در محلول‌های صفر (آب) (H_0)، ۰/۳ ($H_{0.3}$) و ۰/۵ ($H_{0.5}$) درصد اسید هومیک غوطه‌ور شدند و سپس در هر گلدان یک قلمه در عمق ۵ سانتی‌متری از سطح خاک کشت شد. کود نیتروژن نیز به‌صورت اوره به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار برای همه تیمارها در دو مرحله، به همراه آب آبیاری (نیمی در مرحله چهار برگی و نیم دیگر کود یک ماه پس از کشت) مصرف گردید. به‌منظور حفظ رطوبت گلدان‌ها در حدود ۸۰ درصد ظرفیت زراعی (به‌دلیل عدم اندازه‌گیری نقطه پژمردگی دایمی در خاک مورد مطالعه، آبیاری براساس ظرفیت زراعی انجام شد و نه آب سهل‌الوصول)، آبیاری گلدان‌ها به فاصله زمانی دو روز یک‌بار انجام شد. برای تیمارهای برداشت اول تعداد نوبت‌های آبیاری ۱۳ نوبت و برای تیمارهای برداشت دوم ۲۱ نوبت بود. حجم آب آبیاری به دقت اندازه‌گیری شد و دقیقاً برای همه تیمارها به‌طور یکسان انجام شد. به‌منظور بررسی تاثیر اسید هومیک و کود فسفر بر سیستم ریشه‌ای، ماده خشک گیاهی و کارایی مصرف

آب، گیاه نیشکر در دو زمان ۴۵ و ۹۰ روز پس از کشت، برداشت شد. در هر یک از زمان‌های برداشت، ابتدا ارتفاع گیاه از سطح خاک تا سومین برگ انتهایی به روش کراپ لاگینگ اندازه‌گیری شد (Sund and Clements, 1974). سپس گیاه از سطح خاک بریده شده و پس از حذف ذرات خاک، توزین شد و به‌منظور تعیین وزن خشک قسمت هوایی گیاه، نمونه‌ها در آون و در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند (Miller, 1998). به‌منظور بررسی مورفولوژی ریشه گیاه، خاک درون گلدان‌ها به‌طور کامل تخلیه شده و ریشه گیاه به دقت از خاک خارج شد و با آب بر روی الک کاملاً شسته شد تا ذرات خاک چسبیده به آن جدا شوند (شکل‌های ۱، ۲ و ۳).

طول ریشه با استفاده از روش برخورد خطوط متقاطع Tennant (1975) اندازه‌گیری شد. کارایی مصرف آب نیز از نسبت ماده خشک تولیدی به میزان آب مصرفی برای تیمارهای مختلف محاسبه شد (Vafabakhsh et al., 2009).

تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار Minitab (version 16.0, Minitab Inc., State College, PA, USA) انجام شد و به‌منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح ۵ درصد استفاده گردید. نمودارها نیز با استفاده از برنامه MS-Excel رسم گردید.

جدول ۱ - نتایج تجزیه خاک مورد استفاده در تحقیق

Table 1- Results of soil analysis applied in study

Texture	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	OC (%)	P-Olsen (mg kg^{-1})	$CaCO_3$ (%)	pH	EC (dS m^{-1})
Sandy Loam	14	21	65	0.18	3.6	32.5	8.03	3.52



Fig. 1- Plantation of sugarcane settes

شکل ۱- کشت قلمه‌های نیشکر

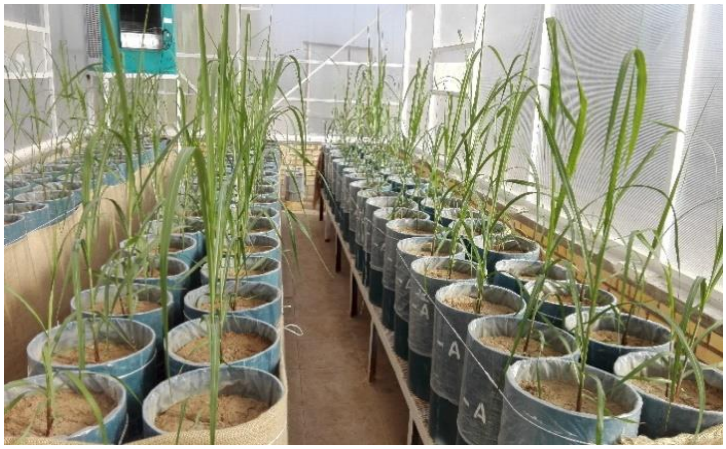


Fig. 2- Sugarcane shoots in greenhouse

شکل ۲- بوته‌های نیشکر در گلخانه

 DOI: 10.22055/jise.2019.29090.1837



Fig. 3- Removed sugarcane roots from the pots
شکل ۳- ریشه‌های خارج‌شده نیشکر از گلدان‌ها

نتایج و بحث

آنالیز خاک

خاک مورد استفاده در این تحقیق دارای pH حدوداً قلیایی و مقدار کربنات کلسیم بالا می‌باشد. هم‌چنین مقدار فسفر قابل دسترس خاک کم بوده و محتوای کربن آلی اندکی دارد که از ویژگی‌های خاک مناطق خشک و نیمه خشک است (جدول ۱). با توجه به این نتایج لزوم استفاده از مواد آلی برای بهبود شرایط رشد و توسعه ریشه گیاه، جذب آب و عناصر غذایی، افزایش کارایی مصرف آب و در نهایت بهبود عملکرد محصول ضروری به نظر می‌رسید.

ارتفاع بوته و وزن ماده خشک

همان‌گونه که در جدول (۲) آمده است، ارتفاع بوته هم در اثر کاربرد کود و هم در اثر مصرف اسید هومیک افزایش معنی‌داری داشت. تغییرات برای تیمارهای اسید هومیک در سطح یک درصد در هر دو برداشت معنی‌دار بود. اما برای کود فسفر صرفاً به برداشت اول محدود شده بود. جدول (۳) مقایسه میانگین ارتفاع اندام هوایی نیشکر را در تیمارهای مختلف و در برداشت‌های اول و دوم نشان می‌دهد. مطابق با این نتایج ارتفاع بوته در تیمارهای اسید هومیک به‌طور کلی نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشته است. در برداشت اول و دوم نتایج ارتفاع بوته بسیار مشابه بوده است، به‌طوری که بین استفاده از اسید هومیک و عدم استفاده از آن اختلاف معنی‌داری وجود نداشته است و علاوه‌بر این در تیمارهای کوددهی نیز بیشترین ارتفاع مربوط به تیمارهای P_{125} و غوطه‌ورسازی قلمه‌ها در محلول ۰/۳ درصد و هم‌چنین تیمار P_{250} و غوطه‌ورسازی قلمه در محلول ۰/۳ درصد بوده است. نتایج جدول تجزیه واریانس جدول (۲) نشان می‌دهد که کاربرد اسید هومیک و کود فسفر به‌ویژه در برداشت دوم افزایش معنی‌داری را در وزن بوته (در سطح ۱ درصد در برداشت دوم) ایجاد کرد. ازآنجایی که این فاکتور در ارتباط با عملکرد گیاه و ماده خشک تولیدی است، از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد.

وزن خشک اندام هوایی از حدود ۳/۴۲ گرم در تیمار شاهد و در ۴۵ روز بعد از کشت به بیش از ۳۹ گرم در تیمارهای مصرف توام کود فسفر و اسید هومیک رسید. در این زمان وزن خشک بوته برای تیمار بدون مصرف فسفر و اسید هیومیک حدود ۲۶ گرم بود. یعنی وزن خشک بوته نسبت به شاهد حدود ۵۰ درصد افزایش یافت. بیشترین وزن خشک اندام هوایی در برداشت اول مربوط به تیمار غوطه‌ور کردن قلمه در محلول ۰/۳ درصد اسید هومیک و مصرف کود فسفر معادل تیمار P_{250} بود. در این زمان غوطه‌وری قلمه‌های نیشکر در محلول اسید هومیک تفاوت معنی‌داری را در سطح ۵ درصد نسبت به تیمارهای شاهد و حتی مصرف کود کم P_{125} نشان داد. در برداشت دوم، تیمارهای غوطه‌ورسازی قلمه در محلول ۰/۵ درصد اسید هومیک و تیمارهای P_{125} و P_{250} بیشترین وزن بوته را نشان دادند (جدول ۳). همانگونه که نتایج جدول‌های (۲) و (۳) نشان می‌دهند مصرف اسید هومیک و کود فسفر هم از نظر شرایط ظاهری گیاه و هم از نظر سایر پارامترهای قابل اندازه‌گیری تأثیر کاملاً مشخصی نسبت به عدم مصرف آن‌ها داشته است. البته مصرف کود فسفر نیز به تنهایی این خصوصیات را نسبت به تیمار شاهد بهبود داد. ارتفاع و وزن خشک بوته به‌ویژه تحت‌تأثیر تیمارهای اسید هومیک افزایش معنی‌داری را نسبت به عدم مصرف اسید هومیک در هر دو زمان برداشت نشان داد. این نتایج را می‌توان به نقش اسید هومیک در بهبود تنفس، فتوسنتز و جذب اکسیژن به‌وسیله گیاه و در نتیجه افزایش رشد گیاه نسبت داد (Sellamuthu and Govindaswamy, 2003; Pizzeghello et al., 2013).

علاوه بر این تأثیر اسید هومیک بر مکانیسم‌های تقسیم سلولی که به خصوصیات شبه اکسین اسید هومیک و نقش آن در افزایش فعالیت آنزیم ATPase نسبت داده می‌شود، می‌تواند افزایش ارتفاع و وزن گیاه و در نهایت عملکرد گیاه را توضیح دهد (Canellas and Olivares, 2014). نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، بیانگر روند صعودی ارتفاع گیاه و بنابراین وزن خشک اندام هوایی در اثر افزایش مصرف کود فسفر و اسید هومیک می‌باشد، البته این روند در تیمارهایی که در آن‌ها تنها کود فسفر استفاده شده بود (بدون اسید هومیک) نیز با شدت کمتری نسبت به تیمارهای اسید هومیک مشاهده شد. به عبارت دیگر کاربرد اسید هومیک می‌تواند راندمان

مصرف کودهای فسفر را نیز افزایش دهد. بر پایه این تحقیق در تیمارهای اسید هومیک که کود فسفر دریافت نکرده بودند، یا این‌که مقدار کمتری کود فسفر (۱۲۵ کیلو گرم در هکتار) مصرف شده بود، ارتفاع و وزن بوته بهتری نسبت به تیمارهای کود فسفر (بدون مصرف اسید هومیک) به‌دست آمد.

طول و وزن ریشه

افزایش طول ریشه به‌طور معنی‌داری و در سطح یک درصد با افزودن کود فسفر و اسید هومیک در هر دو زمان برداشت رخ داد (جدول ۲) این نتیجه با تحقیقات .Busato et al (2010) مطابقت دارد. طول ریشه‌های گیاه نیشکر، در نتیجه استفاده از محلول اسید هومیک و کود فسفر از ۲۸۰۷ سانتی‌متر (در تیمار شاهد و در ۴۵ روز بعد از کشت) به بیش از ۲۷۰۰۰ سانتی‌متر (میانگین تیمارهای مصرف توام اسید هومیک و کود فسفر در ۹۰ روز بعد از کشت) افزایش یافت. در این مدت تغییر در تیمار شاهد، بسیار کمتر بوده و طول ریشه در زمان برداشت دوم به ۱۴۷۵۱ سانتی‌متر یعنی حدود نصف طول ریشه تیمارهای کوددهی و اسید هومیک رسید (جدول ۳). بیشترین افزایش طول ریشه به‌ترتیب مربوط به تیمارهای غوطه‌ورسازی در محلول ۰/۳ درصد و مصرف کود فسفر معادل ۱۲۵ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). اثر اسید هومیک در طول ریشه در برداشت دوم نیز مانند برداشت اول بسیار بیشتر از تاثیر بر بخش هوایی بوده است. وزن ریشه اگر چه با مصرف کود فسفر و اسید هومیک تغییرات معنی‌داری را نشان داد ولی افزایش وزن ریشه برای مصرف اسید هومیک در هر دو زمان برداشت در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

جدول‌های مقایسه میانگین‌های وزن ریشه، اختلاف معنی‌داری را بین تیمارهای مختلف و به‌ویژه با تیمار شاهد در هر دو برداشت نشان می‌دهد (جدول ۳). بیشترین وزن ریشه در تیمار غوطه‌ورسازی قلمه در محلول ۰/۳ درصد اسید هومیک و مصرف کود به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار (با وزن ۳ گرم) و کمترین مقدار مربوط به تیمار شاهد (با وزن ۰/۹ گرم) بوده است. همین غلظت محلول اسید هومیک در تیمارهای ۱۲۵ و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار در زمان برداشت دوم نیز بیشترین وزن ریشه را باعث شده است. در این زمان تیمارهای اسید هومیک (به همراه کود فسفره و حتی بدون آن) نسبت به تیمار شاهد حدود ۱۵ درصد افزایش در وزن ریشه را نشان دادند (جدول ۳). بررسی بخش‌های زیرزمینی گیاه نیز نتایج مشابهی را نسبت به نتایج مربوط به اندام‌های هوایی گیاه نشان داده است. طول و وزن ریشه، به‌ویژه تحت‌تأثیر تیمارهای اسید هومیک، تغییرات مثبتی را نشان دادند. بر پایه نتایج به‌دست آمده در این تحقیق کاربرد اسید هومیک (در هر دو سطح) با و بدون مصرف کود فسفر، طول و وزن ریشه را در هر دو برداشت افزایش داد. این نتایج با تحقیقات برخی محققین .Busato et al (2010) و Canellas و Olivares (2014) نیز انطباق دارد. این محققین اثرات هومیک اسید را به نقش آن بر سلول‌های مریستمی متراکم ریشه که مسئول تولید تارهای کشنده هستند، مربوط می‌دانند. به عبارت دیگر اثر القایی بر سایت‌های میتوتیک و افزایش فعالیت آنزیم H^+-ATPase باعث افزایش طول و تراکم تارهای کشنده می‌شود. اسید هومیک به‌دلیل تأثیر بیشتر در رشد و گسترش ریشه موجب افزایش معنی‌دار طول و وزن ریشه نسبت به سایر تیمارها شد.

کارایی مصرف آب

نتایج مربوط به اندازه‌گیری کارایی مصرف آب (جدول‌های ۲ و ۳) در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد که مصرف کود فسفر و اسید هومیک این فاکتور را به‌طور معنی‌داری افزایش داد، به طوری‌که نسبت به تیمار شاهد، مصرف اسید هومیک و کود فسفر توانسته بود کارایی مصرف آب را حدود ۳ برابر در برداشت اول و حدود ۷۰ درصد در برداشت دوم افزایش دهد. میزان مصرف آب در برداشت اول و دوم به‌ترتیب ۰/۰۱۰۴۰ و ۰/۰۱۶۸ مترمکعب بود که با احتساب سطح گلدان (۷۰۶/۵ cm^3) مقدار آب مصرفی در هکتار به‌ترتیب ۱۴۷۲ و ۲۳۷۸ m^3 محاسبه شد. از آن‌جایی که کارایی مصرف آب از نسبت ماده خشک تولیدی به میزان مصرف آب محاسبه می‌شود، با مصرف بهینه کود می‌توان عملکرد محصول، ماده خشک گیاهی و در نتیجه کارایی مصرف آب را افزایش داد (Vaezi et al., 2002).

با افزایش رشد و گسترش ریشه، میزان جذب آب و مواد غذایی افزایش یافته و در نتیجه میزان عملکرد و ماده خشک تولیدی افزایش یافت. به عبارت دیگر، گسترش ریشه (وزن و طول ریشه) با کارایی مصرف آب همبستگی معنی‌داری را نشان می‌دهد که این نتیجه با تحقیقات .Jangpromma et al (2012) مطابقت دارد. از سوی دیگر افزایش معنی‌دار طول و در نتیجه سطح جذب ریشه در اثر کاربرد اسید هومیک موجب افزایش جذب آب و فسفر گردیده و بدین ترتیب در هر دو برداشت به‌طور معنی‌داری ماده خشک و در نتیجه کارایی مصرف آب نسبت به تیمارهای شاهد و تیمارهای بدون مصرف اسید هیومیک افزایش یافت. بنابراین هم نقش اسید هیومیک و هم نقش فسفر در افزایش عملکرد و گسترش ریشه باعث افزایش کارایی مصرف آب شده است (Kang et al., 2014). نتایج به‌دست آمده در این تحقیق نشان می‌دهد که همبستگی کارایی مصرف آب با وزن ریشه نسبت به طول ریشه، بیشتر بوده است که می‌تواند به دلیل خطای موجود در روش اندازه‌گیری طول ریشه به روش خطوط متقاطع باشد (شکل‌های ۴، ۵، ۶ و ۷).

DOI: 10.22055/jise.2019.29090.1837

جدول ۲- تحلیل آماری اثر کود فسفر و اسید هومیک بر خصوصیات گیاهی و جذب فسفر گیاه نیشکر در ٤٥ و ۹۰ روز پس از کشت

Table 2- Variance analysis of effect humic acid and phosphorus fertilizer on plant characteristics and phosphorus uptake in sugarcane at 45 and 90 days after planting (DAP)

S.O.V	df	Root weigh (g)		Root length (m)		Shoot weigh (g)		Shoot height (cm)		Water use efficiency (kg m^{-3})	
		45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP
P	2	1.039**	1.49*	1343.46**	3937.00**	5.74*	21.3**	42.51*	14.37^{ns}	0.065**	0.090**
Humic acid	2	2.99**	4.74**	5125.22**	17476.22**	39.18**	172.25**	171.38**	54.84**	0.441**	0.844**
P × Humic acid	4	0.3537^{ns}	0.29^{ns}	85.19^{ns}	499.44^{ns}	1.837^{ns}	5.35^{ns}	5.57^{ns}	1.06^{ns}	0.019^{ns}	0.021*
Error	12	0.0930	0.40	11.76	567.34	1.093	1.60	12.03	4.55	0.010	0.007

^{ns} Non significant, * Significant at 5%, ** Significant at 1%

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر کود فسفر و اسید هومیک بر خصوصیات اندام هوایی و ریشه گیاه نیشکر در ۴۵ و ۹۰ روز پس از کشت

Table 3- Mean comparison of effect humic acid and phosphorus fertilizer on shoot and root characteristics in sugarcane at 45 and 90 days after planting (DAP)

Treatments	Root weigh (g)		Root length (cm)		Shoot dry matter (g)		Shoot height (cm)		Water use efficiency (kg m^{-3})	
	45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP	45 DAP	90 DAP
P_0H_0	0.84^{b}	9.69^{b}	2807.00^{b}	14751.13^{b}	3.42^{e}	26.46^{b}	18.50^{c}	30.00^{b}	0.33^{e}	1.58^{d}
$P_{125}H_0$	1.07^{b}	10.61^{ab}	5151.33^{ab}	18974.20^{ab}	4.19^{de}	27.89^{ab}	22.40^{bc}	32.47^{ab}	0.40^{de}	1.66^{d}
$P_{250}H_0$	1.45^{b}	10.35^{ab}	5262.03^{ab}	18863.03^{ab}	5.23^{cde}	29.85^{ab}	24.87^{bc}	33.41^{ab}	0.50^{cde}	1.78^{d}
$P_0H_{0.3}$	1.77^{b}	11.14^{ab}	7985.97^{ab}	23351.13^{ab}	7.53^{abc}	34.53^{ab}	29.67^{ab}	36.35^{ab}	0.72^{abc}	2.06^{c}
$P_{125}H_{0.3}$	2.15^{ab}	12.06^{a}	11080.57^{a}	29579.47^{a}	8.00^{ab}	39.26^{a}	30.30^{ab}	38.43^{a}	0.77^{abc}	2.34^{a}
$P_{250}H_{0.3}$	3.24^{a}	12.31^{a}	9977.70^{a}	27792.37^{ab}	10.10^{a}	39.06^{a}	34.07^{a}	38.33^{a}	0.97^{a}	2.33^{ab}
$P_0H_{0.5}$	1.72^{b}	11.17^{ab}	7154.13^{ab}	25406.43^{ab}	6.96^{bcd}	35.03^{ab}	28.47^{ab}	35.15^{ab}	0.67^{bcd}	2.09^{bc}
$P_{125}H_{0.5}$	1.85^{ab}	11.97^{a}	8055.10^{ab}	26833.23^{ab}	8.98^{a}	37.87^{ab}	30.30^{ab}	36.91^{ab}	0.86^{ab}	2.25^{abc}
$P_{250}H_{0.5}$	1.85^{ab}	11.64^{ab}	8186.07^{a}	27982.80^{a}	7.81^{abc}	35.55^{ab}	29.93^{ab}	36.64^{ab}	0.75^{abc}	2.12^{abc}

In each column, the means with dissimilar letters are significant different at $P < 0.05$ (Tukey method)

H_0, $H_{0.3}$ and $H_{0.5}$ indicate 0, 0.3 and 0.5% humic acid solution, respectively; P_0, P_{125} and P_{250} indicate control (0), 125 and 250 P fertilizers use per hectare, respectively.

DOI: 10.22055/jise.2019.29090.1837

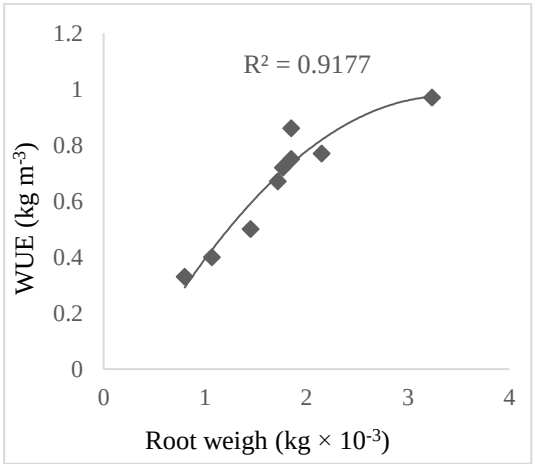


Fig. 4- The relationship between roots weigh

شکل ٤- رابطه وزن ریشه و کارایی مصرف آب در برداشت اول

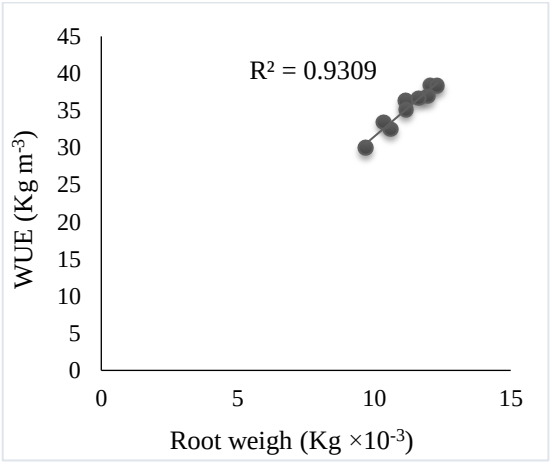


Fig. 5- The relationship between roots weigh and water use efficiency in second harvest

شکل ٥- رابطه وزن ریشه و کارایی مصرف آب در برداشت دوم

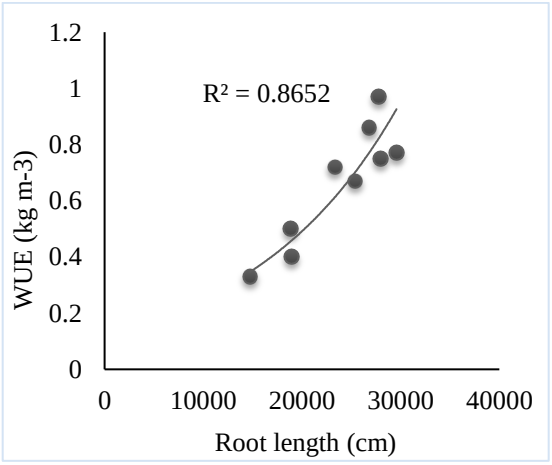


Fig. 6- The relationship between root length and water use efficiency in first harvest

شکل ٦- رابطه طول ریشه و کارایی مصرف آب در برداشت اول

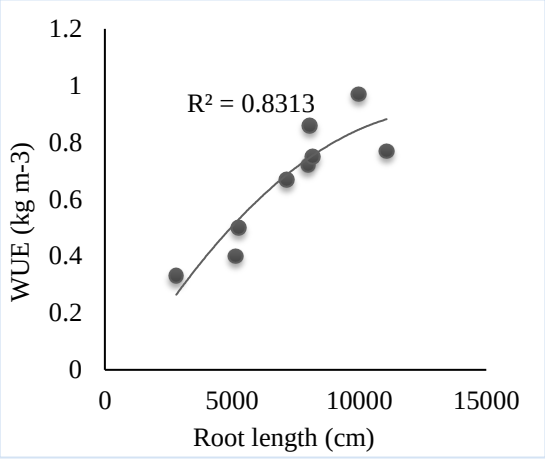


Fig. 7- The relationship between root length and water use efficiency in second harvest
شکل ۷- رابطه طول ریشه و کارایی مصرف آب در برداشت دوم

نتیجه‌گیری

بررسی اثر تیمارهای اسید هومیک و کود فسفر بر روی خصوصیات گیاهی و کارایی مصرف آب در نیشکر نشان داد که کاربرد اسید هومیک در زمان کشت و به شکل غوطه‌ورسازی قلمه‌ها در محلول اسید هومیک می‌تواند در خصوصیات فوق مؤثر باشد. البته در بسیاری موارد این نتایج با استفاده هم‌زمان کود فسفر و اسید هومیک مؤثرتر بود. به طور خلاصه می‌توان گفت که مصرف اسید هومیک باعث تغییر معنی‌دار طول و حجم سیستم ریشه‌ای شد. بدین ترتیب با بهبود سیستم ریشه‌ای ماده خشک گیاهی و کارایی مصرف آب در این تیمارها افزایش معنی‌داری یافت. نتایج این تحقیق هم‌چنین نشان می‌دهد که کاربرد اسید هومیک در شرایط عملی و اجرایی می‌تواند در زمان کشت مزارع نیشکر مورد استفاده قرار گیرد، اما به نظر می‌رسد مطالعات بیشتری باید در زمینه سایر جنبه‌های مهم این تحقیق نظیر کاربرد اسید هومیک در دوره داشت گیاه، شکل‌های دیگر استفاده نظیر محلول‌پاشی، کاربرد خاکی، استفاده در آب آبیاری و بالاخره ملاحظات اقتصادی مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

نویسندگان از کمک‌های بی‌دریغ جناب آقای دکتر سعید صفیرزاده ریاست محترم تحقیقات آب و خاک شرکت کشت و صنعت حکیم فارابی سپاسگزاری می‌نماید.

References

1- Abbasi, F. and Sheiny Dashtegol, A., 2014. Evaluation of farrow irrigation systems in sugar cane agro-industries (Case study in Amir Kabir, Dehkhoda, Farabi and Karun Agro-Industries) *Research Report*, pp. 16-20 (In Persian).

2- Abd- All, A.E., Ashraf, E., E-Namas. and EL-Naggar, E.M., 2017. Effect of humic acid and foliar application of different potassium sources on yield, quality and water use efficiency of sweet potato grown under drip irrigation in sandy soil. *Alexandria Science Exchange Journal*, *38*(3), pp. 543-553.

3- Anyia, A.O. and Herzog, H., 2004. Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. *European Journal of Agronomy*, *20*, pp. 327-339.

4- Bezerra, P.S.S., Prado, R.M. and Shigaki, F., 2015. Natural phosphate and humic substances applied in Quartzipsamment and Kandiudult cultivated with Sugar Cane. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences, 4(2),* pp. 153-163.

5- Bouyoucos, G.J., 1961. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal, 54*, pp. 464–465.

6- Bruna, A., Marcos, R., Amin, S., Alan, E.R., Fernando, D.A. and Paulo, S.P., 2016. Biological and morphological traits of sugarcane roots in relation to phosphorus uptake. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 16(4),* pp. 901-915.

7- Busato, J.G., Zandonadi, D.B., Dobbss, L.B., Façanha, A.R. and Canellas, L.P., 2010. Humic substances isolated from residues of sugar cane industry as root growth promoter. *Scientia Agricola, 67(2),* pp. 206-212.

8- Canellas, L.P. and Olivares, F.L., 2014. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture,* 1:3.

9- Demattê, J.A.M., Silva, M.L.S., Rocha, G.C., Carvalho, L.A., Formaggio, A.R. and Firme, L.P., 2005. Variações espectrais em solos submetidos à aplicação de torta de filtro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo, 29*, pp. 317-326.

10- Govindasmy, R. and Chandrasekaran, S., 2008. Effect of humic acids on the growth, yield and nutrient content of sugarcane. *Science of the Total Environment, 117-118,* pp. 575-581.

11- Jangpromma, N., Thammasirirak, S., Jaisil, P. and Patcharin, S., 2012. Effects of drought and recovery from drought stress on above ground and root growth, and water use efficiency in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *Australian Journal of Crop Science, 6(8)*, pp. 1298-1304.

12- Kang, Li., Shan-chao, Y.U.E. and Shi-qing, L.I., 2014. Effects of phosphorus application in different soil layers on root growth, yield, and water-use efficiency of winter wheat grown under semi-arid conditions. *Journal of Integrative AgricultureVolume, 13(9),* pp. 2028-2039.

13- Loeppert, H.L. and Suarez, D.L., 1996. Carbonate and gypsum. *Methods of Soil Analysis. SSSA, Part III.* Madison, WI, pp. 437-474.

14- Martinez, M.T., Romero, C. and Gaviu, N.J., 1984. Solubilization of phosphorus by humic acids from lignite. *Soil Science, 138,* pp. 257-261.

15- Miller, R.O., 1998. *Determination of dry matter content of plant tissue: gravimetric moisture*. *Handbook of Methods for Plant Analysis.* CRC Press.

16- Nelson, D.W. and Sommers, L.E., 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. *Methods of Soil Analysis. Part III.* SSSA. Madison, *WI,* pp. 961-1010.

17- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, E.S. and Dean, L.A., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *United States Department of Agriculture Circular, 939*, pp. 1-18.

18- Pizzeghello, D., Francioso, O., Ertani, A., Muscolo, A. and Nardi, S., 2013. Isopentenyladenosine and cytokinin-like activity of different humic substances. *Journal of Geochemical Exploration, 129*, pp. 70-75.

19- Puglisi, E., Fragoulis, G., Del Re, A.A., Spaccini, R., Piccolo, A., Gigliotti, G., Said-Pullicino, D., Trevisan, M., 2008. Carbon deposition in soil rhizosphere following amendments with compost and its soluble fractions, as evaluated by combined soil–plant rhizobox and reporter gene systems. *Chemosphere, 73,* pp.1292–1299.

20- Puglisi, E., Fragoulis, G., Ricciuti, P., Cappa, F., Spaccini, R., Piccolo, A., Trevisan, M. and Crecchio, C., 2009. Effects of a humic acid and its size-fractions on the bacterial community of soil rhizosphere under maize (Zea mays L.). *Chemosphere, 77*, pp. 829–837.

21- Sellamuthu, K.M. and Govindaswamy, M., 2003. Effect of fertiliser and humic acid on rhizosphere microorganisms and soil enzymes at an early stage of sugarcane growth. *Agronomy Series*, No.9, Ed., C.A. Black. Madison, Wisconsin, pp, 1149-1178.

22- Šmejkalová, D. and Piccolo, A., 2008. Aggregation and disaggregation of humic supramolecular assemblies by NMR diffusion ordered spectroscopy (DOSY-NMR). *Environmental Science & Technology, 42*, pp. 699–706.

23- Sund, K. and Clements, H., 1974. Production of sugarcane under saline desert conditions in Iran. University of Hawai

24- Tennant, D., 1975. A test of a modified line intercepts method of estimating root length. *Journal of Ecology, 63*, pp. 995-1001.

25- Vahap Katka, A., Çelik, H., Murat, A.T. and Asik, B.B., 2009. Effects of soil and foliar applications of humic substances on dry weight and mineral nutrients uptake of wheat under calcareous soil conditions. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences,* 3(2), pp. 1266-1273.

26- Vaezi, A.R., Homaee, M. and Malakoti., M.J., 2002. Effect of fertigationon fertilizer use efficiency and water use efficiency on forage corn. *Journal of Soil and Water Sciences, 158*(2)(In Persian).

27- Vafabakhsh, J., Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A. and Azizi, M., 2009. Effects of water deficit on water use efficiency and yield of Canola cultivars (Brassica napus L.). *Iranian Journal of Field Crops Research 7*(1), pp. 280-292. (In Persian).

28- Wang, X.J., Wang, Z.Q. and Li, S.G., 1995. The effect of humic acids on the availability of phosphorus fertilizers in alkaline soils. *Soil Use and Management*, 11, pp. 99-102.

29- Zandonadi, D.B., Santos, M.P., Dobbss, L.B., Olivares, F.L., Canellas, L.P., Binzel, M.L., Okorokova-Facanha, A.L., Facanha, A.R., 2010. Nitric oxide mediates humic acids-induced root development and plasma membrane H+-ATPase activation. *Planta, 231*, pp. 1025–1036.