Shahid Chamran University of Ahvaz

Irrigation Sciences and Engineering (JISE)
Vol. 46, No. 3, Fall 2023, p. 17-34
Journal homepage: https://jise.scu.ac.ir

Research Paper

EXTENDED ABSTRACT

Effect of Water stress and Aquasorb 3005 super absorbent application on maize yield production in trickle irrigation system

M.R.Rahmani[1] S.Khoshnavaz[2*],S.Boromandnasab[3] and A.Dareckvand[4]

1- PhD student in Irrigation and Drainage, Islamic Azad University, Shushtar.
2- Corresponding Author, Assistant Professor,Department of Irrigation and Drainage, Islamic Azad University, Shushtar. (s.khoshnavaz@iau-shoushtar.ac.ir)*
2- Professor and Faculty Member of the Faculty of Water and Environment Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
4- Assistant Professor, Department of Water Sciences, Islamic Azad University, Shushtar.

ARTICLE INFO

Artlcle history:
Received: 28 November 2021
Revised: 2 February 2022
Accepted: 14 February 2022

Keywords:
Gotvand, Water productivity, Deficit irrigation, Yield production, Canopy cover.

TO CITE THIS ARTICLE:

Rahmani, M., Khoshnavaz, S., Boroomand Nasab, S., Derikvandi, E. (2023). 'Effect of Water stress and Aquasorb 3005 super absorbent application on maize yield production in trickle irrigation system', Irrigation Sciences and Engineering, 46(3), pp. 17-34. doi: 10.22055/jise.2022.39161.1999.

Introduction

Water scarcity is the most important factor limiting the production of agricultural products, especially in arid and semi-arid regions. Application of some materials such as superabsorbent polymers in soil increases water retention in soil and thus reduces water consumption and fertilizer leaching. These materials can reduce the effects of dehydration on the plant and lead to increased yield in arid and semi-arid regions. In order to investigate the effect of superabsorbent under water stress conditions on yield, yield components and some physiological characteristics of corn, experimental plots were conducted in the form of split plots in a randomized complete block design in Gotvand region in Khuzestan province. Three treatments of Aquasorb 3005 (600,300,0 kg / ha) A1, A2 and A3 and four irrigation strategies (50,75,100,125) percent of water requirement I1, I2, I3 and I4 in three replications for two growing seasons, respectively Summer 2019 and spring planting 2020) were considered. Irrigation planning, biological yield, harvest index and canopy cover were measured at different stages of growth seasons, based on which a growth simulation model was presented using AquaCrop software. The results of this test showed that the use of Aquasorb 3005 increased product performance by one percent. In addition, the results show the effect of superabsorbent application and irrigation planning on improving water efficiency. The highest grain yield in spring and summer cultivation was related to I2A3 treatment equal to 9055 and 9255 kg / ha, respectively, and the lowest yield in both crops was related to I4A0 treatment equal to 5977 kg / ha in spring cultivation and 6344 kg / ha in summer cultivation.

Methods

The effect of different types of superabsorbents under the same moisture conditions and the effect of similar superabsorbents under different moisture conditions on saturation moisture, saturated hydraulic conductivity and water infiltration in soil showed a significant increase in soil saturation

moisture by applying superabsorbent polymers. While hydraulic conductivity decreased saturation and permeability because soil pores were blocked by the volume of swollen superabsorbents during more frequent periods of drying (Yan and Shi 2013). Superabsorbents reduce the loss of water and nutrients by increasing water storage capacity, and thus help the plant to use more of the solution received in the production process, and thus improve the efficiency of water and fertilizer consumption. (Ahrar and Delshad 2009). Increasing crop yield and of course increasing water use efficiency, due to the use of superabsorbent materials due to increased water and food storage capacity in the soil, reduced food leaching, rapid and optimal root growth with better food storage and aeration in the soil (Sharifian et al. 2013).

This study was conducted in two growing seasons (summer planting 2019 and spring planting 2020) in the northern region of Khuzestan (Gotvand city). Spring corn that is cultivated from early March to late March and harvested in July. The planting date of summer corn is from the second half of July to the tenth of August and its harvest takes place in late November and early December. The corn seed used in this design for cultivation is Semon cultivar, which was used for cultivation in both cropping seasons. This experiment was performed as fragmented plots based on randomized complete blocks with three replications. The treatments used in this study included water stress at four levels (100, 125, 75 and 50% of water requirement) as the main factor and crop management treatments at three levels as a secondary factor in three replications. The amount of aquasorb 3005 superabsorbent was added to the test soil at three levels (zero, 300 and 600 kg / ha) according to the experimental design (table1). The amount of superabsorbent used was mixed with soil by hand and with a shovel. The amount of superabsorbent required per plot at a depth of 30 cm (maximum root density) is evenly distributed from the soil surface.

Table 1- Irrigation and superabsorbent treatments in spring and summer treatments

Soil-water scenarios			First growing period				Second growing period			
Treatments	I	A	Biomass (kg/ha)		HI (%)	Irrigation water (mm)	Biomass (kg/ha)		HI (%)	Irrigation water (mm)
			M	S_d			M	S_d		
I1A1		0	14700	231	49		15450	493	51	
I1A2	125	300	15600	247	51	640.1	15950	569	53	751.8
I1A3		600	16450	264	52		16950	416	56	
I2A1		0	15250	252	51		15950	379	52	
I2A2	100	300	16550	287	53	556	17250	777	53	666.3
I2A3		600	17300	302	55		18850	635	56	
I3A1		0	15150	245	50		15450	321	52	
I3A2	75	300	15500	268	53	489	16450	231	53	559.1
I3A3		600	16700	297	55		17650	503	55	
I4A1		0	13100	189	43		13200	265	39	
I4A2	50	300	13300	232	45	336.7	13650	379	42	445.8
I4A3		600	13550	246	44		14150	351	45	

I: irrigation (%); S: Aquasorb 3005 (kg/ha); M: mean; Sd: standard deviation; HI: Harvest index

Dimensions of each plot are 5 × 3 meters. The distance between each repetition is two meters and the distance between irrigation treatments is two meters per repetition and the distance between plots is considered per repetition meter. The longitude was 48 degrees and 48 minutes east and the latitude was 32 degrees and 13 minutes north with 65 meters.

Irrigation system implemented in this drip irrigation project (type) with a diameter of 16.5 mm irrigation strips and a distance between the drippers of 10 cm and a discharge of 3 liters per hour was used. Also, pressure control and measurement of irrigation water in each treatment were performed by adjustable valve and volume meter, respectively. The water source used was the main canal of Karun agro-industry branching off from Gotvand regulatory dam. The crop irrigation program is

summarized based on the scenarios defined in (Table 2). It should be noted that in spring cultivation due to rainfall at the beginning of cultivation was not irrigated. After that, two irrigations were applied equally at a depth of 20 and 29 mm for all treatments and then low irrigation scenarios were performed. In summer planting, the first irrigation was done in the same way to establish the plant and not to face stress before seed germination, according to the water requirement, and then irrigation treatments were applied at four levels.

The error coefficients used for the model calibration process are the mean squared error square (RMSE), the Nash-Sutcliffe efficiency index (NSE), the normalized objective function (NOF) and the absolute error (MAE) for the simulated and observed performance output values. The criteria used in this study are obtained using the following equations.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \bar{O})^2} \quad (1)$$

$$NOF = \frac{RMSE}{\bar{O}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(O_i - P_i)^2/n}}{\bar{O}} \quad (2)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n}|O_i - P_i|}{n} \quad (3)$$

In the above equations, Oi is the value observed in Experiment i, Pi, the predicted value in Experiment i, $\bar{O}$, the mean of the observed values, and n is the number of observational data. The minimum RMSE value is zero and the model error will decrease as it approaches zero. The NSE index varies infinitely from one to negative, with values close to one being the best answer.

Table 2- Irrigation plans in spring and summer cultivations

Spring cultivation						Summer cultivation						
I_4 Mm	I_3 Mm	I_2 Mm	I_1 Mm	Day	Date	I_4 mm	I_3 Mm	I_2 Mm	I_1 mm	Day	Date	No.
20	20	20	20	1	99.1.3	32	32	32	32	1	98.4.25	1
29	29	29	29	3	99.1.5	32	32	32	32	2	98.4.26	2
12.4	16.1	18.5	21.5	5	99.1.7	30	30	32	30	3	98.4.27	3
16.1	21.5	25	26.5	11	99.1.13	34	34	34	34	7	98.4.31	4
18	23	28	34.2	18	99.1.21	35	35	35	35	13	98.5.6	5
14.4	18.5	26.6	32.3	24	99.1.27	21	21	21	21	17	98.5.10	6
13.5	19.9	25	31.7	33	99.2.5	14.1	18.7	24	28.5	22	98.5.15	7
15.5	24.4	32.5	36.3	40	99.2.12	30.3	39.8	48.4	56.5	28	98.5.21	8
10.1	16.6	21.2	22.6	47	99.2.19	29.2	47.4	54.4	62.1	34	98.5.27	9
13.3	19	24.2	26.2	53	99.2.25	26.2	39.3	54	63.6	40	98.6.2	10
17.5	29.2	32	34.8	60	99.3.1	24.2	31.2	44.1	56	46	98.6.8	11
14.5	22.1	29.2	35.8	65	99.3.6	31.3	43.2	58.5	60.6	51	98.6.13	12
13.5	19.2	24.1	32	70	99.3.11	21.8	34	49.2	61.6	57	98.6.19	13
17.5	28.2	32	38.8	76	99.3.17	18.1	29.4	35.3	43	64	98.6.26	14
14.2	19.7	22.2	29.2	82	99.3.23	18	24.1	31.3	38.3	71	98.7.2	15
14	18.5	26	32.5	88	99.329	12	18.1	22.3	27.1	78	98.7.9	16
19	36	42	44.4	93	99.4.3	9.8	14.4	19.2	21.1	88	98.7.19	17
20	34	38	43.4	97	99.4.7	8	10.1	11.8	14.1	96	98.7.27	18
24.4	28.5	34	38.9	101	99.4.11	6.6	8.8	10.2	13.1	103	98.8.4	19
19.8	21.2	26	30	104	99.4.14	6.1	8.3	10	11.8	110	98.8.11	20
						6.1	8.3	9.6	10.4	121	98.8.21	21
336.7	489	556	640.1			445.8	559.1	666.3	751.8			Total(mm)

I_4=50%water requirements،I_3=75%،I_2=100%،I_1=125%

Results

Table (3) shows the variance test for significant evaluation of the effect of treatments and replications. As shown in the table, the effect of replication on the mean biological yield was not significantly different. The results showed that the effect of different levels of irrigation and application of polymer adsorbents as well as their interaction caused a significant difference in the probability level of 0.01. Therefore, according to the results, improving soil and water conditions can have a positive effect on crop production. There is a significant difference in comparing the average biological yield in different irrigation and superabsorbent treatments in spring cultivation. In summer cultivation, there is a significant difference compared to the average biological yield in different irrigation treatments and the treatment of 100% water requirement is more effective and the treatment is significant, but in superabsorbent treatments, there is no significant difference in treatments A2 and A1, but with treatment. A3 have significant differences.

Table 3- Analysis of variance to evaluate the effect of treatments and replications on biomass

Source of variation	Degree of freedom	Sum of squares	Mean square	F
Replication (R)	2	1128732	493691	13.4^{ns}
Irrigation (I)	3	637827382	19244365	86.4^{**}
Error I	6	1463284	228235	
Aquasorb 3005 (A)	2	14765843	7074537	91.3^{**}
Error A	4	335837	82432	
A × I	6	1034586	169453	68.7^{**}
Error AI	12	207894	17534	
Total	35	656763558		

**, * and respectively are significantly at the level of one percent, five percent and no significantly.

Conclusion

The results showed that with increasing drought stress, yield decreased significantly. The reason for this can be attributed to the effect of drought stress by reducing leaf area index and disruption of the process of absorption and transport of nutrients, which ultimately reduces the supply of nutrients Results in reduced performance. Meanwhile, the presence of superabsorbent has been able to store water and nutrients and release it under stress conditions, finally provide sufficient nutrients for the plant and prevent a significant reduction in yield. Therefore, by using superabsorbent, it is possible to achieve acceptable yield and increase water consumption efficiency by using less water. As a result, in saving water consumption, by saving water, the area under cultivation is increased. In general, it can be concluded that the use of superabsorbent polymer due to improved root ventilation, by absorbing gravity water in a relatively short time after irrigation and also preventing soil compaction, creates a very suitable environment for the plant and the plant in These conditions absorb water and salts better. Regarding the nutritional effects of this polymer, it can be said that these compounds increase the air in the soil, cause better efficiency of some types of chemical fertilizers and better activity of soil microorganisms, or due to having a negative charge in the hydrated state, the possibility of absorbing some ions. Have a positive in the soil.

Acknowledgments

In the end, all professors and officials of the Faculty of Water Science Engineering of the Islamic Azad University, Shushtar Branch and Shahid Chamran University of Ahvaz are thanked for their great cooperation during this research.

References

1- Ahrar, M., delshad, M., Babalar, M. (2009). 'Improving water/fertilizer use efficiency of hydroponically cultured greenhouse cucumber by grafting and hydrogel amendment', *Journal Of Horticultural Science*, 23(1), pp. -. doi: 10.22067/jhorts4.v1388i1.1913 (In Persian).

2-Nash, J.E. and Sutcliffe, J.V., 1970. River flow forecasting through conceptual models part I—A discussion of principles. *Journal of hydrology*, *10*(3), pp.282-290. doi:10.1016/0022-1694(70)90255-6.

3-Sharifian, H. Mokhtari, P. and Hezarcharibi, A. 2013. Investigation of the effect of superabsorbent polymer on changes in Kostiakov-Lewis diffusion equation coefficients in furrow irrigation. Water and soil (agricultural sciences and industries). 27 (1). Pp. 205-212. (In Persian)

4- Yan L, Shi Y. Research Article Effects of Super Absorbent Resin on Leaf Water Use Efficiency and Yield in Dry-land Wheat. Advance *Journal of Food Science and Technology*. 2013;5(6):661-4. Doi:10.19026/ajfst.5.3145.

© 2023 Shahid Chamran Universiry of Ahvaz, 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 ٤٦، شماره‌ی۳، پاییز ۱٤۰۲، مقاله پژوهشی، ص. ۳٤-۱۷

تأثیر تنش آبی واستفاده ازسطوح مختلف سوپرجاذب اکوازورب ۳۰۰۵ روی عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت در روش آبیاری قطره‌ای

محمدرضا رحمانی[۱]، صائب خوشنوار کومله[۲*]، سعید برومند نسب[۳] و احسان دریکوند[۴]

۱- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر.

۲*-نویسنده مسئول، استادیارگروه آبیاری و زهکشی دانشگاه آزاد اسلامی واحدشوشتر s.khoshnavaz@iau-shoushtar.ac.ir

۳- استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.

۴- استادیار گروه علوم آب دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر.

دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۰۷ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۲۱ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۵

چکیده

کمبود آب مهمترین عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود. کاربرد برخی مواد نظیر پلیمرهای سوپر جاذب در خاک باعث افزایش ماندگاری آب در خاک و در نتیجه کاهش مصرف آب و آب شویی کودها می‌گردد. این مواد اثرات تنش کم آبی بر گیاه را کاهش داده و منجر به افزایش عملکرد در مناطق خشک و نیمه خشک می‌گردند. به‌منظور بررسی تأثیر سوپرجاذب در شرایط تنش آبی روی عملکرد، اجزای عملکرد و بعضی ویژگی‌های فیزیولوزیکی ذرت، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در منطقه گتوند در استان خوزستان انجام شد. سه تیمار کاربرد Aquasorb 3005 (۰،۳۰۰،۶۰۰ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب A_1، A_2و A_3 و چهار استراتژی آبیاری (۱۲۵،۱۰۰،۷۵،۵۰) درصد نیاز آبی به‌ترتیب I_1،I_2،I_3 وI_4 در سه تکرار برای دو فصل کشت (کشت تابستانه ۱۳۹۸ و کشت بهاره ۱۳۹۹) در نظر گرفته شد. برنامه‌ریزی آبیاری، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت و پوشش تاج در مراحل مختلف فصول رشد اندازه‌گیری شد. نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده از Aquasorb 3005 عملکرد محصول را در سطح اطمینان یک درصد افزایش داد. علاوه بر این نتایج نشان دهنده تأثیر کاربرد سوپر جاذب و برنامه‌ریزی آبیاری در بهبود بهره‌وری آب است. بیشترین عملکرد دانه در کشت بهاره و تابستانه مربوط به تیمار I_2A_3 به‌ترتیب برابر ۹۰۵۵ و۹۲۵۵ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد در هر دو کشت مربوط به تیمار I_4A_0 برابر ۵۹۷۷ کیلو گرم درهکتار در کشت بهاره و ٦۳٤٤ کیلوگرم در هکتار در کشت تابستانه بوده است.

کلید واژه‌ها: گتوند، بهره وری آب، کم آبیاری، عملکرد محصول، سطح سایه انداز.

مقدمه

رشد روز افزون جمعیت جهان و در نتیجه نیاز بیشتر به تولیدات کشاورزی از مسائل مهمی است که امروزه بشر با آن روبه‌رو است. در این ارتباط محدودیت منابع آب و خاک به‌عنوان بستر اصلی تولیدات کشاورزی نیز مطرح بوده، به‌طوری‌که هم اکنون استفاده بهینه از منابع آب، سرلوحه فعالیت‌های کشورهای مختلف قرار گرفته است. از آن‌جایی که بیشتر مساحت ایران را مناطق خشک و نیمه‌خشک با منابع آب محدود تشکیل داده است در صورتی که مقدار آب مورد نیاز گیاه فراهم نشود، گیاه با تنش خشکی مواجه شده و صدمات جبران ناپذیری به محصول وارد خواهد آمد. تنش شدید خشکی باعث افزایش دمای برگ و در نتیجه پژمردگی، پیچیدگی و پیری زودرس برگ‌ها شده و با کاهش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی منجر به کاهش تولید ماده خشک می‌شود. بنابراین کارایی مصرف و استفاده بهینه از منابع آب به‌عنوان یکی از محورهای اصلی کشاورزی پایدار در مناطق خشک و نیمه خشک مطرح می باشد.

پلیمرهای سوپرجاذب ژل‌های آب‌دوستی هستند که پس از جذب آب و در اثر خشک شدن محیط، آب داخل پلیمر به تدریج تخلیه شده و بدین ترتیب خاک به مدت طولانی مرطوب می‌ماند (Raju et al. 2002). ماده‌ای که قابلیت جذب حداقل ۲۰ برابر وزن خود را دارا باشد به‌عنوان سوپرجاذب ارزیابی می‌شود. مقدار جذب آب در این پلیمرها بسته به فرمول شیمیایی پلیمر ، آب، ناخالصی‌ها و مقدار نمک موجود، از مقادیر بسیار کم حدود ۲۰ برابر وزنی تا بالاتر از ۲۰۰۰ برابر وزنی متغیر است. سوپرجاذب‌ها ترکیبات غیرسمی و بی‌خطر بوده که تا چندین سال استحکام خود را حفظ می‌کنند و بعد از این زمان در اثر تجزیه میکروبی و یا در اثر نور خورشید به آب، دی اکسید کربن، آمونیم و پتاسیم تجزیه می شوند (Fazeli Rostampour, 2013).

بررسی اثر انواع مختلف سوپرجاذب تحت شرایط رطوبتی یکسان و اثر سوپرجاذب‌های مشابه تحت شرایط رطوبتی

متفاوت بر رطوبت اشباع، هدایت هیدرولیکی اشباع و نفوذ آب در خاک حاکی از افزایش قابل توجه رطوبت اشباع خاک با اعمال پلیمرهای سوپرجاذب بود. درحالی‌که هدایت هیدرولیکی اشباع و نفوذپذیری کاهش یافت زیرا خلل و فرج خاک توسط حجم سوپر جاذب‌های متورم در طول دوره‌های مکرر تر و خشک شدن مسدود شد (Yan and Shi 2013). سوپرجاذب‌ها از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب، باعث کاهش هدر رفت آب و عناصر غذایی می‌شود و از این طریق به گیاه کمک می‌کند تا بخش بیشتری از محلول مصرفی دریافتی در فرایند تولید به‌کار گیرد و در نتیجه مقدار کارایی مصرف آب و کود بهبود می‌یابد (Ahrar et al., 2009). افزایش عملکرد محصولات زراعی و بالطبع افزایش کارایی مصرف آب، در اثر کاربرد مواد سوپرجاذب به‌دلیل افزایش ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی در خاک، کاهش شستشوی مواد غذایی، رشد سریع و مطلوب ریشه با ذخیره مواد غذایی و هوادهی بهتر در خاک است (Sharifian et al. 2013).

Shahram et al. (2013) در بررسی تنش خشکی در سه سطح ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و کاربرد سوپر جاذب در چهار سطح صفر، ۳۵، ۷۰ و ۱۰۵ کیلوگرم در هکتار بر گیاه ذرت گزارش نمودند که بالاترین عملکرد دانه مربوط به آبیاری (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه) و کاربرد ۱۰۵ کیلوگرم سوپرجاذب در هکتار و کمترین عملکرد دانه مربوط به آبیاری (۴۰ درصد نیاز آبی‌گیاه) و عدم کاربرد سوپر جاذب بود. Memar و Mojaddam (2015) در بررسی سه سطح پلیمر سوپرجاذب ۰، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار روی کنجد اعلام کردند که با افزایش میزان پلیمر سوپرجاذب تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان عملکرد دانه و بیولوژیک و وزن هزار دانه به‌دست‌آمد.

Pouresmaeil et al., (2012) در مطالعه روی اثر پلیمر سوپرجاذب در برخی از خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی ارقام مختلف لوبیای قرمز تحت تنش خشکی به این نتیجه رسیدند تنش خشکی سبب کاهش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت گردید و کاربرد پلیمر سوپرجاذب به‌دلیل کاهش اثرات ناشی از تنش خشکی سبب افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت شد. Keykhai (2001) اثر پلیمر سوپرجاذب PR3005A را بر میزان آب مصرفی و برخی خصوصیات کمی و کیفی گیاه کتان در اقلیم نیمه خشک و معتدل بررسی کرد و نتایج وی نشان داد که افزایش مصرف میزان پلیمر باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، عملکرد بیولوژیک و کاهش عمق آبیاری گردید (Shekari et al.2015). با بررسی اثر پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا نشان دادند که سطوح مختلف پلیمر سوپرجاذب در تمام صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش تفاوت معنی‌داری را نشان داد به‌طوری که بیشترین تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه از تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به‌دست‌آمد.

Khadem et al. (2011) در تحقیقی گزارش کردند علت روند افزایشی عملکرد در اثر مصرف سوپرجاذب، رساندن آب و مواد غذایی به گیاه در مرحله رشد رویشی و زایشی گیاه توسط سوپرجاذب می‌باشد که در مراحل تنش قادر است کمبود آب در مرحله
گرده‌افشانی را بر طرف کرده و سبب افزایش عملکرد دانه شود، با توجه به این که برای تولید عملکرد بالا، وجود آب کافی ضروری است، مسلماً این مواد سبب افزایش آب قابل دسترس گیاه می‌شوند که در نهایت سبب افزایش عملکرد می‌شوند. و در نتیجه کاربرد پلیمر سوپر جاذب روی ذرت منجر به افزایش شاخص برداشت، قطر و طول بلال، تعداد دانه در ردیف و عملکرد دانه و وزن هزار دانه شد.

Ali Zadeh و Abbasi (2017) در تحقیقی به ارزیابی مدل اکواکراپ از داده‌های ذرت دانه‌ای در منطقه کرج پرداختند. تحلیل حساسیت مدل نشان داد که مدل نسبت به رطوبت اولیه خاک، زمان شروع پیری ضریب گیاهی ، بهره‌وری آب نرمال شده، حساس‌تر از سایر پارامترهاست. نتایج نشان داد در هر دو سال زراعی (واسنجی و صحت‌سنجی) مدل قادر است عملکرد دانه را در شرایط تنش هم‌زمان آبی و کود ازته به خوبی شبیه‌سازی نماید. با توجه به موقعیت جغرافیایی استان خوزستان که در منطقه گرم و خشک قرار دارد و کمبود آب می‌تواند با تغییر در شیوه‌های مدیریت زراعی و استفاده از سوپر جاذب‌ها، نسبت به کاهش مصرف آب اقدام نمود. لذا در این تحقیق تلفیقی از مدیریت مصرف آب و استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت مورد ارزیابی قرار گرفت. تا کنون مطالعات بسیاری برروی بررسی و ارزیابی کاربرد پلیمرهای سوپر جاذب بر عملکرد و کارایی مصرف آب در ذرت بر خصوصیات خاک تحت شرایط مختلف تنش آبی و همچنین تاثیر استفاده سوپر جاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت انجام شده است. مدلهای شبیه سازی گیاهی از آنجا که توان پیش بینی عملکرد محصول و وضعیت خاک با توجه به تغییر در اقلیم، گیاه، عملیات مدیریتی و ... را دارند از اینرو سبب صرفه جوئی در وقت و هزینه می شوند. با استفاده از این مدل ها میتوان تأثیر فاکتورهای مختلف را در برآورد عملکرد نهایی بررسی و مطالعه نمود.

علی رغم واقع شدن ایران در منطقه خشک و نیمه خشک جهان و کمبود منابع آب و بروز خشکسالی های مکرر در نقاط مختلف کشور ،اما استفاده از سوپر جاذب برای رفع آسیب های خشکسالی و کمبود رطوبت خاک کمتر مورد توجه قرار گرفته است. به همین دلیل ،این تحقیق با هدف بررسی اثر سطوح مختلف سوپر جاذب بر ذرت تحت تنش کمبود آب اجرا شد.

DOI: 10.22055/JISE.2022.39161.1999

– در این تحقیق تاثیر سطوح مختلف تنش آبی وتاثیرآن بر سطوح پلیمرهای سوپر جاذب بر عملکرد واجزاء عملکردی ذرت در روش آبیاری قطره ای و شبیه سازی عملکرد با استفاده از نرم افزارAqua crop مورد بررسی قرار گرفته است.

نتایج این تحقیق نشان داد که عملکرد دانه ،اجزای عملکرد و شاخص کلروفیل تحت اثر تیمار تنش کمبود آب و پلیمر سوپر جاذب قرار گرفتند .تنش خشکی باعث کاهش معنی دار شاخص کلروفیل و محتوای رطوبت نسبی برگ گردید که میتوان نتیجه گرفت اثر سوپر جاذب ها در رطوبت های پایین تر محسوس تر است .

استفاده از سوپرجاذب به تنهایی یا در کنار سایر روشهای آبیاری در صورتیکه به نحوه صحیح به کار رود و ادامه یابد این توانایی را دارد که زمینهای خشک و غیر قابل کشت کشورمان را با کمترین هزینه از خشکسالی نجات دهد و همچنین تحولی عظیم در کشاورزی و اقتصاد کشاورزان شریف و کلیه مراکز و سازمانهای حفظ و نگهداری منابع طبیعی و فضای سبز کشور ایجاد کند

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو فصل کشت (کشت تابستانه ۱۳۹۸ و کشت بهاره ۱۳۹۹) در منطقه شمال خوزستان (شهرستان گتوند) انجام شد. ذرت بهاره که از اوایل اسفند ماه تا اواخر اسفندماه کشت و در تیرماه برداشت می‌شود. تاریخ کاشت ذرت تابستانه از نیمه دوم تیرماه تا دهم مرداد ماه و برداشت آن نیز در اواخر آبان ماه و اوایل آذرماه صورت می‌گیرد. بذر مورد استفاده در این طرح برای کشت، رقم Semon می‌باشد که در هر دو فصل زراعی از همین رقم برای کشت استفاده گردید. این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرده شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار به اجرا شد. تیمارهای مورد استفاده در این تحقیق شامل تنش آبی در چهار سطح (۱۲۵،۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی) به‌عنوان عامل اصلی و تیمارهای مدیریت زراعی در سه سطح به‌عنوان عامل فرعی در سه تکرار بوده است. مقادیر سوپر جاذب آکوازورب ۳۰۰۵ در سه سطح (صفر، ۳۰۰ و۶۰۰ کیلوگرم در هکتار) به خاک محل آزمایش بر اساس طرح آزمایشی مورد نظر افزوده شد. میزان سوپر جاذب مورد استفاده به‌صورت دستی و با بیل با خاک مخلوط گردید. سوپرجاذب موردنیاز در هر کرت در عمق ۳۰ سانتی‌متری (حداکثر تراکم ریشه) از سطح خاک به‌طور کاملا یکنواخت توزیع می‌شود بعد از ریختن سوپر جاذب در طول خط کشت به‌طور کامل باخاک مخلوط گردید. برای تعیین خصوصیات خاک مزرعه اعماق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری شد. پس از تهیه نمونه مخلوط، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش قرار گرفت که نتیجه آن در جدول (۱) منعکس شده است. پارامترهای هواشناسی منطقه در طول دوره رشد در جدول (۲) ارایه شده است. ابعاد هر کرت ۵×۳ متر در نظر گرفته شده فاصله بین هر تکرار دو متر و فاصله بین تیمارهای آبیاری در هر تکرار دو متر و فاصله بین کرت‌ها در هر تکرار یک متر در نظر گرفته شده است که ساختار اجرای طرح درشکل (۱) نشان داده شده است.

مزرعه آزمایشی به مساحت ۱۰۰۰ مترمربع در شهرستان گتوند در استان خوزستان با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی با ۶۵ متر ارتفاع از سطح دریا قرار داشت. سیستم آبیاری اجرا شده در این طرح آبیاری قطره ای (تیپ) با قطر نوارهای آبیاری ۱۶/۵ میلی‌متر و فاصله بین قطره چکان‌ها ۱۰ سانتی‌متر و آبدهی سه لیتر در ساعت استفاده شد. همچنین کنترل فشار و اندازه‌گیری مقدار آب آبیاری در هر تیمار به‌ترتیب توسط شیر قابل تنظیم و کنتور حجمی صورت گرفت. منبع آب مورد استفاده، کانال اصلی کشت و صنعت کارون منشعب شده از سد تنظیمی گتوند بوده است. برنامه آبیاری محصولات بر اساس سناریوهای تعریف شده در جدول (۳) خلاصه شده است. لازم به توضیح است که در کشت بهاره به واسطه بارندگی در ابتدای کشت آبیاری انجام نشده است. پس از آن دو آبیاری به‌صورت یکسان به عمق ۲۰ و ۲۹ میلی‌متر برای همه تیمارهای اعمال شد و سپس سناریوهای کم آبیاری اجرا گردید. در کشت تابستانه نیز شش آبیاری اول برای استقرار گیاه و عدم مواجه با تنش قبل از جوانه زنی بذر به‌صورت یکسان و با توجه به نیاز آبی انجام شد و سپس تیمارهای آبیاری در چهار سطح اعمال گردید.

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

Table 1-Physical and chemical properties of farm

Organic Carbon(%)	P (ppm)	K (ppm)	pH	EC (ds/m)	ρ_b (gr/cm^3)	PWP ($\%\Theta_m$)	FC ($\%\Theta_m$)	Texture soil	Depth Of soil(cm)
0.731	29.2	385	7.36	0.85	1.54	9	25	Silt-Loam	0-30
0.341	17.3	255	7.65	0.48	1.59	11	26	Silt-Loam	30-60

جدول۲- پارامترهای آب و هوایی منطقه در دو فصل رشد

Table 2- Climatic parameters for two growing seasons

Growing season	Month	Temperature		Relative humidity	Precipitation
		Max °C	Min °C	%	mm
2019	July	43.2	19.2	15	0
	August	41.8	15.4	28	0
	September	36.8	11.2	34	0
	October	32.1	8.4	41	0
	November	27.4	5.2	47	12
2020	March	18.2	4.3	46	46
	April	22.7	11.3	38	16
	May	31.4	14.6	27	17
	June	33.2	15.4	17	0
	July	34.6	16.1	16	0

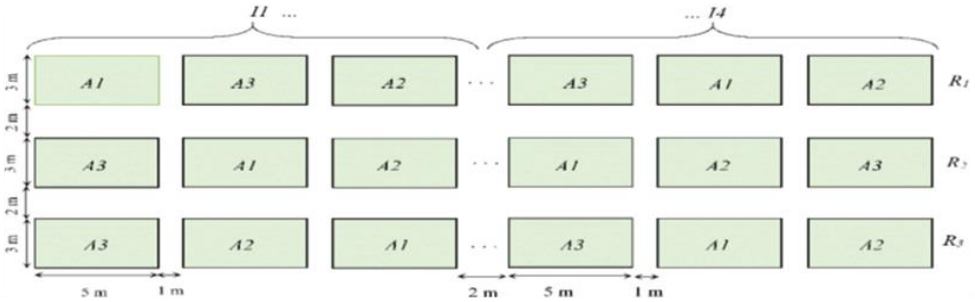

Fig.1- Experimentai farm structure

شکل۱- ساختار مزرعه آزمایشی

جدول ۳- برنامه‌های آبیاری در کشت بهاره و تابستانه

Table 3- Irrigation plans in spring and summer cultivations

Summer cultivation							Spring cultivation					
			I_1	I_2	I_3	I_4			I_1	I_2	I_3	I_4
No	Date	Day	mm	mm	mm	mm	Date	Day	mm	mm	mm	mm
1	98.4.25	1	32	32	32	32	99.1.3	1	20	20	20	20
2	98.4.26	2	32	32	32	32	99.1.5	3	29	29	29	29
3	98.4.27	3	30	32	30	30	99.1.7	5	21.5	18.5	16.1	12.4
4	98.4.31	7	34	34	34	34	99.1.13	11	26.5	25	21.5	16.1
5	98.5.6	13	35	35	35	35	99.1.21	18	34.2	28	23	18
6	98.5.10	17	21	21	21	21	99.1.27	24	32.3	26.6	18.5	14.4
7	98.5.15	22	28.5	24	18.7	14.1	99.2.5	33	31.7	25	19.9	13.5
8	98.5.21	28	56.5	48.4	39.8	30.3	99.2.12	40	36.3	32.5	24.4	15.5
9	98.5.27	34	62.1	54.4	47.4	29.2	99.2.19	47	22.6	21.2	16.6	10.1
10	98.6.2	40	63.6	54	39.3	26.2	99.2.25	53	26.2	24.2	19	13.3
11	98.6.8	46	56	44.1	31.2	24.2	99.3.1	60	34.8	32	29.2	17.5
12	98.6.13	51	60.6	58.5	43.2	31.3	99.3.6	65	35.8	29.2	22.1	14.5
13	98.6.19	57	61.6	49.2	34	21.8	99.3.11	70	32	24.1	19.2	13.5
14	98.6.26	64	43	35.3	29.4	18.1	99.3.17	76	38.8	32	28.2	17.5
15	98.7.2	71	38.3	31.3	24.1	18	99.3.23	82	29.2	22.2	19.7	14.2
16	98.7.9	78	27.1	22.3	18.1	12	99.329	88	32.5	26	18.5	14
17	98.7.19	88	21.1	19.2	14.4	9.8	99.4.3	93	44.4	42	36	19
18	98.7.27	96	14.1	11.8	10.1	8	99.4.7	97	43.4	38	34	20
19	98.8.4	103	13.1	10.2	8.8	6.6	99.4.11	101	38.9	34	28.5	24.4
20	98.8.11	110	11.8	10	8.3	6.1	99.4.14	104	30	26	21.2	19.8
21	98.8.21	121	10.4	9.6	8.3	6.1						
Total(mm)				751.8	666.3	559.1	445.8				640.1	336.7 489 556

I_4=50%water requirements،I_3=75%،I_2=100%،I_1=125%

DOI: 10.22055/JISE.2022.39161.1999

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد

پس از رسیدگی فیزیولوژیکی با حذف نیم متر حاشیه‌ای کرت‌ها، برای تعیین عملکرد دانه از هر کرت بلال‌های شیار میانی جدا شده و در پاکت‌های شماره‌گذاری شده قرار گرفته و به آزمایشگاه منتقل شد. برای تعیین اجزای عملکرد (وزن هزار دانه، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت)، از هر کرت پنج بوته که از ابتدای فصل علامت‌گذاری شده بودند را از سطح خاک به‌طور کامل جدا کرده و به آزمایشگاه انتقال داده شد. در آزمایشگاه پس از توزین نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. نمونه‌های خشک مجدداً وزن شده و عملکرد دانه و سایر اجزای عملکرد در رطوبت ۱۴ درصد اندازه‌گیری شد. عملکرد بیولوژیکی برابر با وزن هوایی کلیه اندام‌های گیاه می‌باشد و شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی محاسبه گردید. علاوه بر این، طول و قطر بلال در مرحله رسیدگی کامل گیاه به‌صورت میانگین ازبین هشت تا ۱۰ گیاه به‌دست آمد.

شاخص‌های گیاهی

شاخص‌های گیاهی اندازه‌گیری شده شامل میزان کلروفیل A، کلروفیل B، کارتنوئید، مقاومت روزنه‌ای و شاخص سطح برگ هستند. کلروفیل A و B با روش Arnon (1975) اندازه‌گیری شدند. در این روش ۰/۵ گرم از بافت تازه برگ توزین و به قطعات کوچک خرد شد. سپس با مقداری استون ۸۰ درصد در هاون چینی له گردید و بعد حجم آن با استون به ۲۵ میلی‌لیتر رسانده شد. آن‌گاه محلول حاصله به مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. در مرحله بعد برای محاسبه غلظت کلروفیل B,A عصاره حاصل با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۴۵، ۶۶۳ و ۴۷۰ نانومتر قرائت و غلظت کلروفیل A و B با استفاده از روابط ذیل محاسبه شد (Amon, 1949).

$$\text{mg chl. a/ g tissue} = [12.25\ (A_{663}) - 2.55\ (A_{645})]\ \text{v/w} \quad (۱)$$

$$\text{mg chl. b/ g tissue} = [\ 20.31\ (A_{645}) - 4.91\ (A_{663})]\ \text{v/w} \quad (۲)$$

در روابط فوق، v حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)؛ A جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ و w وزن‌تر نمونه بر حسب گرم هستند. برخی شاخص‌های گیاهی مانند شاخص سطح برگ در طول فصل و در سه مرحله ابتدایی، میانی و انتهایی رشد گیاه اندازه‌گیری شد. برای این منظور در هر کرت پنج بوته از ابتدای فصل علامت‌گذاری شده و اندازه‌گیری روی آن‌ها صورت گرفت. برای محاسبه شاخص سطح برگ (LAI) از رابطه زیر استفاده شده است.

$$LAI = \frac{LA}{A} \quad (۳)$$

در رابطه فوق، A، سطح اشغال شده توسط هر بوته، LA سطح برگ هر بوته (مجموع سطح تک تک برگ‌های هر بوته) می‌باشد. سطح هر برگ نیز از حاصلضرب بزرگترین عرض برگ در طول برگ در ۰/۷۵ محاسبه شده است.

نتایج به‌دست آمده از اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیکی و تخمین شاخص برداشت را برای کشت بهاره و تابستانه به تفکیک سه سناریوی کاربرد Aquasorb 3005 (۰،۳۰۰،۶۰۰کیلوگرم در هکتار) و چهار سطح آب آبیاری(۱۲۵،۱۰۰،۷۵،۵۰درصد نیاز آبی) که به گیاه اختصاص داده شده است نشان می‌دهد. مطابق نتایج جدول (۴)، بیشترین عملکرد بیولوژیکی محصول در شرایط آبیاری ۱۰۰درصد به‌دست آمده است. مقایسه کشت بهاره و تابستانه نیز نشان می‌دهد که متوسط عملکرد بیولوژیکی در تیمارهای مشابه در کشت تابستانه بیش از کشت بهاره است. علاوه بر این عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت با افزایش میزان کاربرد سوپر جاذب در همه سناریوهای آبیاری افزایش یافته است. بنابراین این دو پارامتر که مستقیماً میزان عملکرد دانه را تعیین خواهند کرد با میزان آب در دسترس ریشه رابطه مستقیم دارد.

آزمون‌های تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد بیولوژیکی

جدول (۵) آزمون واریانس را برای ارزیابی معنادار اثر تیمارها و همانند سازی‌ها نشان می دهد. همان‌طور که در جدول نشان داده شده است، تأثیر تکرار روی میانگین عملکرد بیولوژیکی تفاوت معنی‌داری نداشت. نتایج نشان داد که تأثیر سطوح مختلف آبیاری و کاربرد فوق جاذب پلیمری و همچنین اثر متقابل آن‌ها اختلاف معنی‌داری را در سطح احتمال ۰/۰۱ ایجاد کرده است. بنابراین، با توجه به نتایج به‌دست آمده، بهبود شرایط خاک و آب می‌تواند تأثیر مثبتی بر تولید محصولات داشته باشد

جدول ٤-تیمارهای آبیاری و سوپرجاذب در کشت بهاره وتابستانه

Table 4- Irrigation and superabsorbent treatments in spring and summer treatments

Soil-water scenarios			First growing period				Second growing period			
Treatments	I	A	Biomass (kg/ha) M	S_d	HI (%)	Irrigation water (mm)	Biomass (kg/ha) M	S_d	HI (%)	Irrigation water (mm)
I1A1		0	14700	231	49		15450	493	51	
I1A2	125	300	15600	247	51	640.1	15950	569	53	751.8
I1A3		600	16450	264	52		16950	416	56	
I2A1		0	15250	252	51		15950	379	52	
I2A2	100	300	16550	287	53	556	17250	777	53	666.3
I2A3		600	17300	302	55		18850	635	56	
I3A1		0	15150	245	50		15450	321	52	
I3A2	75	300	15500	268	53	489	16450	231	53	559.1
I3A3		600	16700	297	55		17650	503	55	
I4A1		0	13100	189	43		13200	265	39	
I4A2	50	300	13300	232	45	336.7	13650	379	42	445.8
I4A3		600	13550	246	44		14150	351	45	

I: irrigation (%); A: Aquasorb 3005 (kg/ha); M: mean; Sd: standard deviation; HI: Harvest index

جدول ٥- تجزیه واریانس برای ارزیابی تأثیر تیمارها و تکرارها بر عملکرد بیولوژیکی

Table 5– Analysis of variance to evaluate the effect of treatments and replications on biomass

Source of variation	Degree of freedom	Sum of squares	Mean square	F
Replication (R)	2	1128732	493691	13.4^{ns}
Irrigation (I)	3	637827382	19244365	86.4^{**}
Error I	6	1463284	228235	
Aquasorb 3005 (A)	2	14765843	7074537	91.3^{**}
Error A	4	335837	82432	
A × I	6	1034586	169453	68.7^{**}
Error AI	12	207894	17534	
Total	35	656763558		

**, * and respectively are significantly at the level of one percent, five percent and no significantly

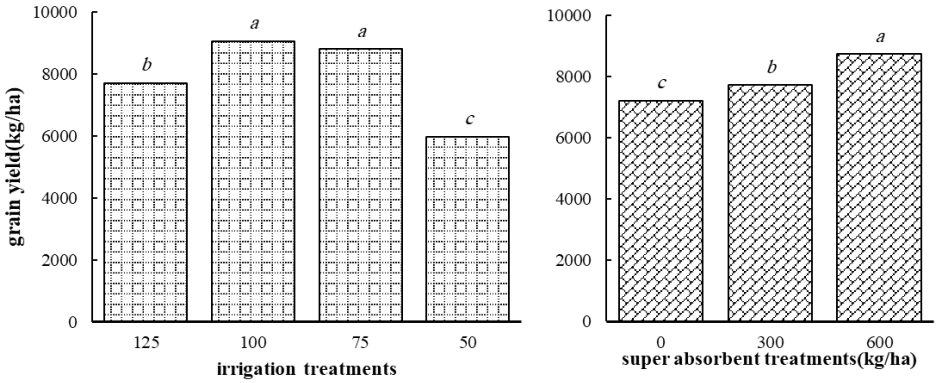

Fig. 2- Comparison of yield production in different treatments for spring cultivations

شکل۲- مقایسه عملکرد دانه در تیمارهای مختلف آبیاری وسوپرجاذب در کشت بهاره

DOI: 10.22055/JISE.2022.39161.1999

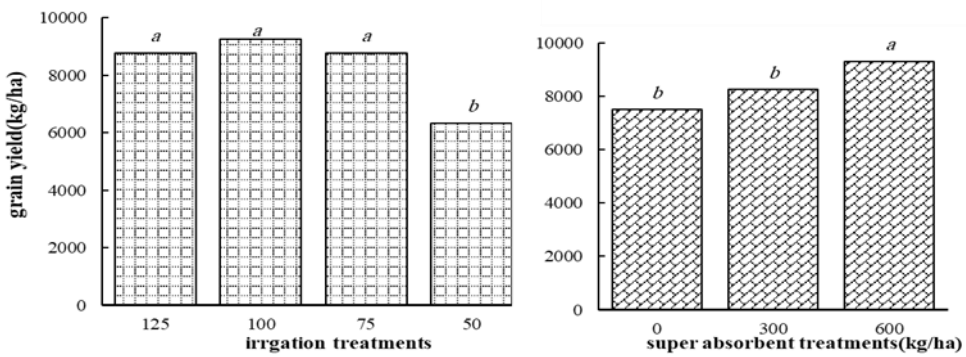

Fig. 3- Comparison of yield production in different treatments for summer cultivations
شکل۳- مقایسه عملکرد دانه در تیمارهای مختلف آبیاری وسوپرجاذب در کشت تابستانه

.عملکرد دانه

در شرایط آب و هوایی یکسان عملکرد گیاه تابع میزان و کیفیت آب دریافتی است. آب در دسترس گیاه از طریق ارتفاع یا حجم آب آبیاری و میزان نگهداری رطوبت در خاک برای گیاه فراهم می‌شود. برآورد دقیق نیاز آبی موجب دست‌یابی به بیشترین عملکرد دانه می‌گردد که تأثیر افزایش یا کاهش آن بر عملکرد در این تحقیق ارزیابی شده است. تأمین ۱۰۰درصد نیاز آبی حدود ۹۰۵۰ کیلوگرم در هکتار برای کشت بهاره و ۹۲۵۰ کیلوگرم در هکتار برای کشت تابستانه شکل‌های (۲) و (۳) تولید در پی داشته است. همان‌گونه که در شکل مشاهده می‌گردد بجز تفاوت بین تیمارهای I_2 و I_3 (۱۰۰درصد و ۷۵درصد آبیاری) در کشت بهاره، اختلاف عملکرد سایر تیمارها در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است. از طرفی تخصیص آب بیش از حد مورد نیاز گیاه موجب آب گرفتگی و کاهش عملکرد آن شده است. در تحقیقی Rafiei et al. (2013) کاربرد پلیمر سوپرجاذب در سه سطح صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار روی ذرت منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد، وزن هزار دانه، تعداد دانه در ردیف و طول بلال گردید. Memar و Mojaddam (2015) استفاده سه سطح پلیمر سوپرجاذب صفر، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار روی کنجدبه این نتیجه رسیدند که با افزایش میزان پلیمر سوپرجاذب تا ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک و وزن هزار دانه به‌دست آمد. این نتایج همانند نتایج به‌دست آمده از تحقیقات Muazanzadeh Qhamsri et al. (2009) که مقادیر مختلف پلیمر سوپرجاذب A۲۰۰ (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) و سه دور آبیاری (۷، ۹ و ۱۱ روز یکبار) که کاربرد پلیمر سوپرجاذب منجر به افزایش میزان عملکرد، وزن خشک بخش هوایی، ارتفاع گیاه، سرعت رشد نسبی و سرعت رشد محصول گردید. Yazdani et al (2007) نیز کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار سوپر جاذب را عامل افزایش بهترین رشد و عملکرد سویا رقم L11 در شرایط تنش خشکی و آبیاری معمول دانسته اند. در مطالعه Sorensen و (2005) Butts کاهش آب آبیاری از ۱۰۰ درصد نیاز آبی به ۷۵ درصد تفاوت معنی‌داری را در عملکرد ذرت نشان نداده است. این موضوع می‌تواند از طریق مدیریت بهینه زمان و مقدار آبیاری به‌ویژه در سیستم آبیاری قطره‌ای که از کنترل بهتری نسبت به آبیاری سطحی برخوردار است قابل دستیابی باشد. مدیریت مشابه در این‌خصوص در سیستم آبیاری قطره‌ای برای افزایش عملکرد و بهره‌وری آب در کشت ذرت توسط Shahsavari Gughar et al. (2018) نیز بررسی شده است.

بیشترین عملکرد دانه در کشت تابستانه به‌دست آمد با توجه به این‌که در خوزستان، به‌دلیل خنک شدن تدریجی هوا و هم‌زمان نبودن مرحله زایشی گیاه به دمای خیلی بالا یا پائین در کشت تابستانه ذرت، تجمع و انتقال مواد غذایی به سمت دانه‌ها، بیشتر سریع‌تر و بهتر صورت می‌گیرد که همین امر را می‌توان از عامل‌های اصلی افزایش عملکرد دانه نسبت به کشت بهاره دانست. گزارش پژوهشگران دیگر مؤید نتایج این آزمایش بود. آنان عنوان کردند، وجود شرایط مطلوب‌تر دمایی می‌تواند عامل افزایش عملکرد باشد، زیرا دمای مناسب باعث افزایش سرعت ساخت و ساز و طول دوره پر شدن دانه می‌شود (Lafitte and Edmeades 1997).

تجزیه واریانس اجزای عملکرد

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین پارامترهای اندازه‌گیری شده مزرعه برای مطالعه تفاوت آن‌ها در جداول (۶) و (۷) خلاصه شده است .

جدول ٦- تجزیه واریانس اثر آبیاری و سوپرجاذب بر گیاه در کشت بهاره

Table 6– Analysis of variance of the irrigation and superabsorbent effects on plant in spring cultivation

Source of variation		Average squares of biological yield	Harvest index	Number of grain Rows per corn cob	Weight of one Hundred seeds	Cob length
Replication(R)	2	$^{ns}0.13$	24.11^{ns}	274.75^{ns}	151^{ns}	0.33^{ns}
Irrigation(I)	3	7.13^{**}	176.40^{**}	64046.62^{*}	1056.76^{**}	39.06^{**}
Error	6	0.25	4.96	167.04	60.85	0.48
Aquasorb 3005 (A)	2	5.40^{**}	21.19^{**}	98205.08^{**}	1487.25^{**}	88.58^{**}
Error A	4	0.07	2.77	262.08	75.87	0.41
I × A	6	0.59^{ns}	7.15^{*}	1138.15^{ns}	94.54^{ns}	1.62^{*}
Error IA	12	0.14	3.79	284.65	40.37	0.45

**, * and respectively are significantly at the level of one percent, five percent and no significantly.

جدول۷ - تجزیه واریانس اثر آبیاری و سوپرجاذب بر گیاه در کشت تابستانه

Table 7- Analysis of variance of the irrigation and superabsorbent effects on plant in summer cultivation

Source of variation		Average squares of biological yield	Harvest index	Number of grain Rows per corn cob	Weight of one Hundred seeds	Cob length
Replication(R)	2	0.96^{ns}	66.36^{ns}	2086.77^{ns}	8.58^{ns}	0.08^{ns}
Irrigation(I)	3	23.80**	150.91^{**}	116736.91^{**}	907.40^{ns}	55.33^{**}
Error	6	0.14	3.80	4773.11	11.21	0.52
Aquasorb 3005 (A)	2	9.01^{**}	88.11^{*}	124016.19**	482.33^{**}	70.08^{**}
Error A	4	0.40	16.52	869.77	8.79	0.66
A × I	6	0.35^{ns}	10.22^{ns}	1927.30^{ns}	2.62^{ns}	0.86^{*}
Error IA	12	0.29	17.52	861.66	5.47	0.22

**, * and respectively are significantly at the level of one percent, five percent and no significantly

.اثر آبیاری و سوپرجاذب بر طول بلال در سطح یک درصد در هر دو کشت بهاره و تابستانه معنی‌دار و اثر متقابل آن‌ها بر طول بلال در هر دو کشت بهاره و تابستانه در سطح پنج درصد معنی‌دار شده است. اثر تیمارهای آبیاری بر وزن صد دانه در کشت بهاره در سطح یک درصد معنی‌دار به‌دست آمد در حالی‌که در کشت تابستانه اثر تیمارهای آبیاری معنی‌دار نبوده اما اثر تیمارهای سوپر جاذب بر وزن صد دانه در سطح یک درصد در هر دو کشت بهاره و تابستانه معنی‌دار بوده است. لذا با توجه به تحلیل برنامه آبیاری در کشت تابستانه، یکی از دلایل عدم معنی‌داری برخی از اجزای عملکرد در کشت تابستانه، عدم دریافت به موقع آب مورد نیاز آبیاری و در نتیجه کاهش عملکرد آن‌هاست. اثر آبیاری و سوپرجاذب بر شاخص برداشت در سطح یک درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح پنج درصد در کشت بهاره معنی‌دار بوده است اما در کشت تابستانه اثر تیمارهای آبیاری در سطح یک درصد و تیمارهای سوپرجاذب در سطح پنج درصد معنی‌دار بوده لیکن اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبوده است. hadem et al. (2011) گزارش دادند با افزایش شدت تنش خشکی تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت کاهش یافت ولی با کاربرد پلیمر سوپرجاذب بر تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک افزوده شد.

برای مشاهده اثرات معنی‌دار به‌دست آمده در جداول تجزیه واریانس برای هر یک از اجزای عملکرد، جداول (۸) و (۹) به‌ترتیب مقایسه میانگین پارامترها را برای سطوح آبیاری و سوپرجاذب در سطح اطمینان یک درصد نشان می‌دهند. در ادامه مقایسه میانگین و تحلیل هر یک از شاخص‌های اندازه‌گیری شده به تفکیک مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

DOI: 10.22055/JISE.2022.39161.1999

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آبیاری بر گیاه در کشت بهاره و تابستانه

Analysis of variance of the irrigation effect on plant in spring and summer cultivations–Table 8

Cultivation season	Treatment	Biological yield (kg/ha)	Grain yield (kg/h)	Harvest index(%)	Cob length (cm)	Number of grain per corn cob	Weight of one hundred seeds
Spring	I_1	15560b	7778b	51.77a	19.22b	503b	205ab
	I_2	16560a	9055a	53.77a	20.77a	555a	213a
	I_3	16144ab	8800ab	54.66a	20.22ab	567a	218a
	I_4	14510c	5977c	44.88b	16.11c	382c	193b
Summer	I_1	16111b	8789a	53.22a	20.11b	528b	207b
	I_2	17733a	9255a	53.55a	23.11a	668a	214a
	I_3	16533b	9011a	53.44a	22a	603ab	211ab
	I_4	13844c	6344b	45.22a	17.44c	403c	192c

جدول ۹-مقایسه میانگین اثرسوپرجاذب بر گیاه در کشت بهاره و تابستانه (سطح اطمینان: ۱ درصد)

Table 9– Analysis of variance of the superabsorbent effect on plant in spring and summer cultivations

Cultivation season	Treatment	Biological yield (kg/ha)	Grain yield (kg/h)	Harvest index (%)	Cob length (cm)	Number of grain per corn cob	Weight of one hundred seeds
Spring	A_1	15204c	7225b	49.75a	16.25c	407c	197b
	A_2	15656b	7735b	52.16a	19.33b	512b	204b
	A_3	16378a	8748a	51.91a	21.66a	587a	219a
Summer	A_1	15266b	7500b	49.25a	18.25c	441c	199c
	A_2	15916b	8250b	50.41a	20.66b	568b	206b
	A_3	16983a	9300a	50.41a	23.08a	642a	212a

(Confidence level: 1%)

طول بلال

طول بلال از شاخص‌های ارزیابی عملکرد و واکنش ذرت به رطوبت دریافتی از خاک است که در رژیم‌های آبیاری مختلف دچار تغییرات معنی‌داری می‌گردد. Haji Babaei و Azizi (2015)

شکل‌های (۴) و (۵) مقایسه طول بلال در سطح اطمینان یک درصد را در اثر تیمارهای آبیاری و سوپرجاذب در کشت بهاره و تابستانه نشان می‌دهد. مقدار آبیاری ۱۰۰ درصد بیشترین طول بلال را داشته است و کاهش ۲۵ درصد از نیاز آبی تنها ۲/۶۵ درصد از طول بلال را کاهش خواهد داد که اختلاف معنی‌داری محسوب نمی‌شود. افزایش آب به ۱۲۵ درصد نیاز آبی و کاهش ۵۰ درصدی در آب دریافتی به‌ترتیب ۷/۵ و ۲۲/۴ درصد نسبت به بهترین حالت موجب کاهش طول بلال شده اند.

افزایش سوپرجاذب به خاک زراعی در تیمارهای ۳۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش طول بلال با اختلاف معنی‌دار یک درصد در هر دو کشت بهاره و تابستانه شده است. علاوه بر این اختلاف بین همه تیمارهای آبیاری درکشت تابستانه در سطح یک درصددر کشت تابستانه معنی دار گزارش شده است و به‌ترتیب I_2، I_1،I_3 و I_4 از نظر این پارامتر شرایط مطلوب‌تری را کسب کرده‌اند.

قطر بلال

قطر بلال در اثر کاربرد سوپرجاذب در سطح یک درصد افزایش معنی‌داری داشته است اشکال (۶ و ۷). میانگین این پارامتر در کشت بهاره در تیمارهای A_1، A_2 و A_3 به‌ترتیب ۱/۶۹، ۱/۸۹ و ۲/۰۴ سانتی‌متر اندازه‌گیری شده است. تغییرات قطر بلال در کشت بهاره همانند طول بلال تنها در صورت افزایش ۲۵ درصدی و کاهش ۵۰ درصدی در میزان آب دریافتی دچار افت معنی‌دار شده است. در کشت تابستانه تنها اختلاف معنی‌دار (در سطح یک درصد) مربوط به کاهش قطر بلال در اثر کم آبیاری ۵۰ درصد بوده است. سایر مقادیر به‌دست آمده برای قطر بلال در کشت تابستانه بین ۱/۹۷ تا ۲/۰۱ سانتی‌متر متغیر است که بر خلاف کشت بهاره اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشته‌اند. در شرایط تنش کم آبی مواد فتوسنتزی برای گرده افشانی و رشد زایشی گیاه کاهش یافته و تشکیل و پر شدن دانه و در نتیجه قطر بلال دچار ضعف خواهد شد. از این رو با توجه به اختلاف معنی دار کاربرد سوپرجاذب در کشت بهاره برای ظرفیت نگهداشت آب، این گونه مدیریت زراعی می‌تواند کمبود آب موردنیاز گیاهان در شرایط کم آبی را جبران کند.

تعداد ردیف دانه در بلال

بیشترین تعداد ردیف دانه در بلال در اثر آبیاری در آزمایش‌های I_3 و I_2 در کشت بهاره و به‌ترتیب با مقادیر ۱۴/۸۹ و ۱۴به‌دست آمده است شکل‌های (۸) و (۹) بنابراین در تیمار I_3 علی رغم کاهش ۲۵ درصد مقدار مصرف آب آبیاری اما شاهد افزایش تعداد دانه در ردیف به میزان شش درصد نسبت به تیمار شاهد بوده است همچنین در بین تیمارهای اثر سوپرجاذب تفاوت معنی‌دار وجود دارد. در کشت تابستانه در همه تیمارهای آبیاری اختلاف معنی‌دار وجود دارد و تیمار I_2 تیمار برتر می‌باشد و در بین تیمارهای اثر سوپرجاذب هر چند در تیمار A_3 نسبت به A_2 افزایش وجود دارد لیکن این افزایش معنی‌دار نمی‌باشد.

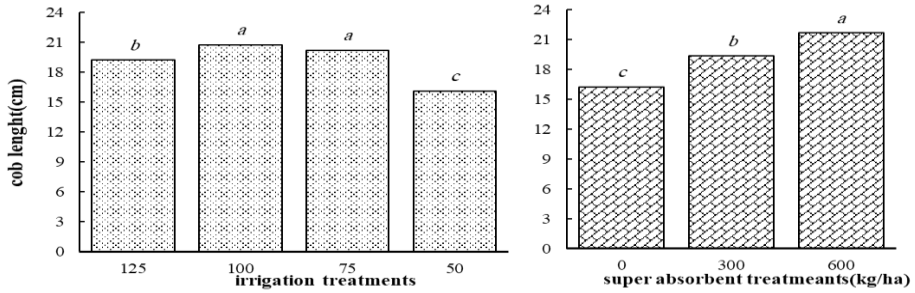

Fig.4– Comparison of era length in different treatments of water and super absorbent in spring cultivations

شکل٤- مقایسه طول بلال در تیمارهای مختلف آبیاری و سوپر جاذب در کشت بهاره

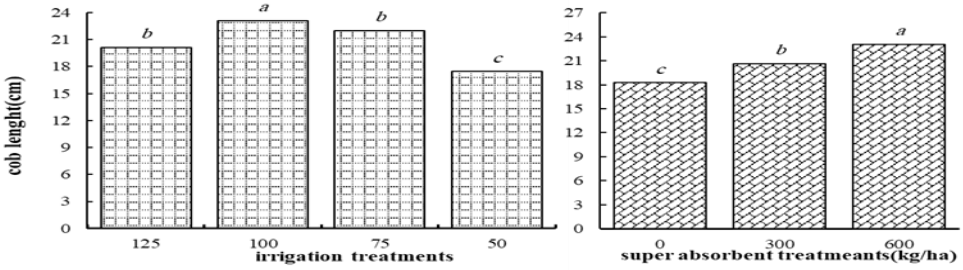

Fig.5– Comparison of era length in different treatments of water and super absorbent in summer cultivations

شکل٥- مقایسه طول بلال در تیمارهای مختلف آبیاری و سوپر جاذب در کشت تابستانه

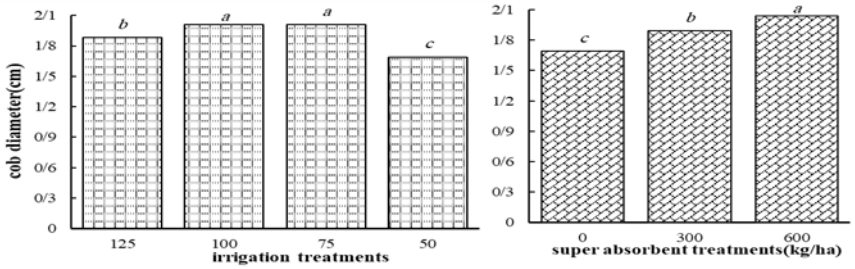

Fig.6- Comparison of era diameter in different treatments of water and super absorbent in spring cultivations

شکل ٦- مقایسه قطر بلال در تیمارهای مختلف آبیاری و سوپرجاذب در کشت بهاره

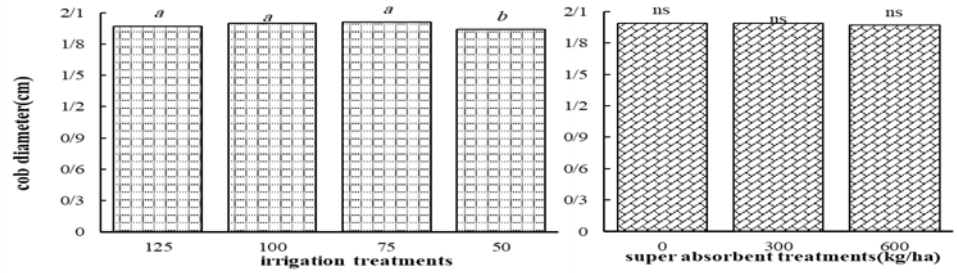

Fig.7- Comparison of era diameter in different treatments of water and super absorbent in summer cultivations

شکل ۷- مقایسه قطر بلال در تیمارهای مختلف آبیاری و سوپرجاذب در کشت تابستانه

DOI: 10.22055/JISE.2022.39161.1999

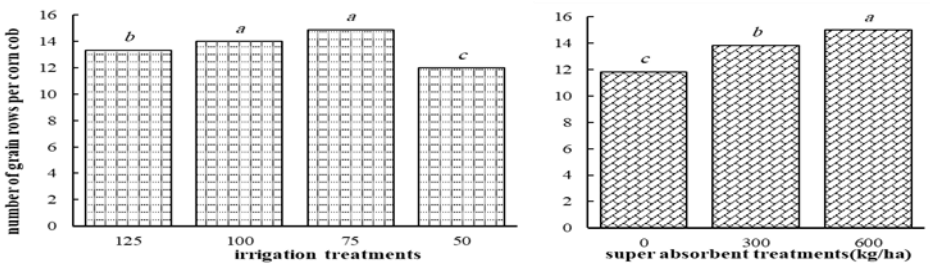

Fig.8- Comparison of the number of seed rows in different treatments of water and super absorbent in spring cultivations

شکل ۸- مقایسه تعداد ردیف دانه در تیمارهای مختلف آبیاری و سوپرجاذب در کشت بهاره

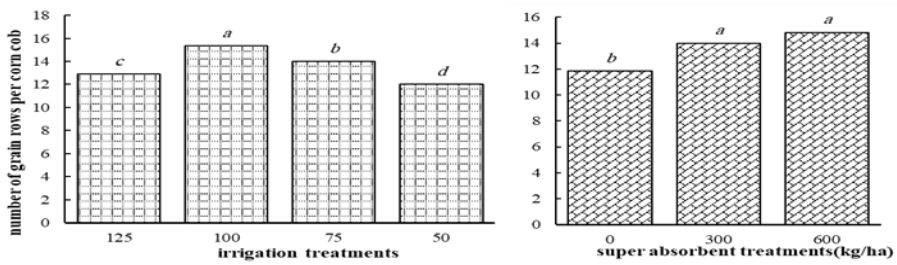

Fig.9- Comparison of the number of seed rows in different treatments of water and super absorbent in summer cultivations

شکل ۹- مقایسه تعداد ردیف دانه در تیمارهای مختلف آبیاری و سوپرجاذب در کشت تابستانه

عملکرد بیولوژیک

همان‌گونه که در شکل‌های (۱۰) و (۱۱) مشاهده می‌گردد در مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک در تیمارهای مختلف آبیاری و سوپرجاذب در کشت بهاره اختلاف معنی‌دار وجود دارد. در کشت تابستانه نیز در مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک در تیمارهای مختلف آبیاری اختلاف معنی‌دار وجود دارد و تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی اثر بخشی بیشتری دارد و تیمار شاخص می‌باشد اما در تیمارهای سوپر جاذب درتیمارهای A_2 و A_1 اختلاف معنی‌دار وجود ندارد اما با تیمار A_3 اختلاف معنی دار دارند

شاخص های گیاهی

شاخص‌های گیاهی اندازه‌گیری شده برای سنجش تأثیر آبیاری و سوپرجاذب بر تغییرات آن‌ها در این تحقیق شامل کلروفیل A، کلروفیل B، کارتنوئید و مقاومت روزنه‌ای می‌باشد. در کشت بهاره با کاهش آب تخصیص داده شده به گیاه بدون در نظر گرفتن نیاز آبی سطح کلروفیل A، کلروفیل B و کارتنوئید کاهش خواهد داشت اما تفاوت ایجاد شده معنی‌دار محسوب نمی‌شود. مقاومت رزونه‌ای در کشت بهاره با افزایش آب آبیاری (I_1) و کاهش آن (I_4) در سطح یک درصد معنی‌دار بود. در تحقیقات مشابه نیز کم آبیاری از عوامل کاهش غلظت کلروفیل‌های A و B بوده است .Khacksar et al (2013) میزان کاهش غلظت کلروفیل‌های A و B در اثر تنش خشکی در آزمایش مزرعه‌ای .Nasrollahzadeh Asl et al(2016) حدود ۱۶ درصد گزارش شده است. از سوی دیگرHagh Joe و Bohrani (2014) نشان دادند که کم آبیاری ملایم در طول رشد گیاه می‌تواند موجب افزایش شاخص‌های گیاهی گردد.

نتیجه‌گیری

بیشترین عملکرددانه درهر دو کشت بهاره و تابستانه مربوط به تیمار I_2A_3 (۱۰۰درصد) نیاز آبی واستفاده ۶۰۰ کیلوگرم سوپر جاذب) به‌ترتیب برابر ۹۰۵۵ و ۹۲۵۵ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد در هر دو کشت مربوط به تیمار I_4A_0 (۵۰درصد نیاز آبی بدون استفاده از سوپر جاذب) برابر ۵۹۷۷ کیلوگرم در هکتار در کشت بهاره و ۶۳۴۴ کیلوگرم در هکتار در کشت تابستانه بوده است. بیشترین عملکرد بیولوژیکی محصول در شرایط آبیاری ۱۰۰ درصد به دست آمده است. که در کشت تابستانه در تیمارI_2A_3 به میزان ۱۸۸۵۰ کیلوگرم در هکتارو در کشت بهاره در تیمار I_2A_3 با ۱۷۳۰۰ کیلوگرم در هکتاربوده است. مقایسه کشت بهاره و تابستانه نیز نشان می‌دهد که عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت با افزایش میزان کاربرد سوپر جاذب در همه سناریوهای آبیاری افزایش یافته است. بنابراین این دو پارامتر که مستقیماً میزان عملکرد دانه را تعیین خواهند کرد با میزان آب در دسترس ریشه رابطه مستقیم دارند در عملکرد دانه بین تیمار آبیاری ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد نیاز آبی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد هر چند که تیمار شاهد (۱۰۰درصد نیاز آبی) عملکرد بیشتری نسبت به تیمار ۷۵ درصد دارد ولی این اختلاف معنی‌دار نیست و تیمار برتر در این تحقیق تیمار ۷۵ درصد نیاز آبی می‌باشد چون میزان

آب مصرفی در این تیمار کمتر است و در بین تیمارهای سوپرجاذب هم اختلاف معنی دار وجود دارد.

نتایج نشان داد که با افزایش تنش خشکی، عملکرد به‌طور معناداری کاهش نشان داد. دلیل آن را می‌توان به تأثیر تنش خشکی از طریق کاهش شاخص سطح برگ و اختلال در روند جذب و انتقال عناصر غذایی دانست که در نهایت به کاهش عرضه مواد پرورده می‌انجامد و موجب کاهش عملکرد می‌شود. در این میان حضور سوپر جاذب به خوبی توانسته است با ذخیره‌سازی آب و مواد غذایی و رها سازی آن در شرایط تنش، در نهایت مواد پرورده کافی را برای گیاه فراهم واز کاهش معنادار عملکرد جلوگیری نماید. لذا با استفاده از سوپرجاذب به خوبی می‌توان با کاربرد آب کمتر ،عملکرد قابل‌قبولی به‌دست آورد و کارایی مصرف آب را افزایش داد. در نتیجه، در مصرف آب صرفه‌جویی کرد و با آب صرفه‌جویی شده، سطح زیر کشت را افزایش داد. به‌طورکلی می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از پلیمر سوپرجاذب به‌علت بهبود تهویه ریشه، از طریق جذب آب ثقلی در مدتی نسبتاً کوتاه پس از آبیاری و نیز جلوگیری از تراکم خاک، باعث ایجاد یک محیط بسیار مناسب برای گیاه می‌گردد و گیاه در این شرایط آب و املاح را بهتر جذب

می‌کند. در مورد اثرات تغذیه‌ای این پلیمر می‌توان اظهار داشت که این ترکیبات با افزایش هوا در خاک باعث کارآیی بهتر بعضی از انواع کود شیمیایی و نیز فعالیت بهتر ریز جانداران خاک می‌شوند و یا به‌علت داشتن بار منفی در حالت هیدراته، امکان جذب بعضی یون‌های مثبت در خاک را دارند.

تشکر و قدردانی

در پایان از کلیه اساتید محترم و مسئولان دانشکده مهندسی آب و محیط زیست همچنین معاونت پژوهشی‌دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر و دانشگاه شهید چمران اهواز به‌دلیل همکاری فراوان در طی انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1- Ahrar, M., delshad, M., Babalar, M. (2009). 'Improving water/fertilizer use efficiency of hydroponically cultured greenhouse cucumber by grafting and hydrogel amendment', *Journal Of Horticultural Science*, 23(1), pp. -. doi: 10.22067/jhorts4.v1388i1.1913 (In Persian).

2- Ali zadeh, H. A., Abbasi, F. (2017). 'Assessment of AquaCrop Model for Simulating Yield Response of Corn to Water and Fertility Stresses', *Irrigation Sciences and Engineering*, 40(2), pp. 119-134. doi: 10.22055/jise.2017.13166. (In Persian).

3-Amon, D. I.,1949.Copper enzymes in isdated chloroplasts,polyph enoloxi dase in beta vulgaris.*plant phisiology*24:1-15.

4-.Arnon, D. I. 1975. Copper enzymes in isolated chloroplasts poly phenoxidase inn Beba vulgaris L. *Plant physiol*. 45:1-15.

5-Fazeli Rostampour, M. 2013. Effects of irrigation regimes and polymer on dry matter yield and several physiological traits of forage sorghum Var. Speed feed. *African journal of Biotechno-logy* 12(51): 7074-7080.

6- Hagh Joe, m. And Bohrani, A.,2014. Effect of Irrigation and Nitrogen Fertilizer on Grain Yield, Yield Components and Dry Transfer of Maize Single Cross 260, *Iranian Journal of Crop Science,*16(4) pp. 278-292. (In Persian).

7- Haji Babaei, M. Azizi, F,.2015. Effects of Drought Stress on Vegetative and Reproductive Stages in New Dual Purpose Maize Hybrids, *Iranian Journal of Crop Research*, 14 (2).P292-303. (In Persian).

8- Keykhai, F.,2001. Measurement of the effect of a moisture absorbent polymer super magnetizer PR3005A on a banking and quantitative and qualitative appropriation balance of Rogani linen. Danshekda Kashawarzi. Daneshgah Tarbiat teacher. (In Persian).

9- Khadem, S.A., Ramroudi, M., Galavi, M. and Rousta, M.J., 2011. the effect of drought stress and different rates of animal manure with super absorbent polymer on grain yield and yield components of corn (Zea mays L.). *Iranian Journal of field crop science, 42*(1), pp.115-123. . (In Persian).

10- Khacksar, A. Naderi, A. Aeyna band, A. Lak ، Sh. ,2013. Evaluation of Simultaneous Effect of Irrigation Deficit and Water Cutting Stress on Physiological Traits Affecting the Yield of Single Cross 704 Corn, *Journal of Crop Research*, 6 (1). (In Persian).

11- Lafitte, H.R. and Edmeades, G.O., 1997. Temperature effects on radiation use and biomass partitioning in diverse tropical maize cultivars. *Field crops research*, *49*(2-3), pp.231-247. Doi: 10.1016/S0378-4290(96)01005-2

12- Memar, M. and Mojaddam, M. 2015.The effect of irrigation intervals and different amounts of super absorption yield and yield components of sesame in Hamidiyeh weather conditions. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences.* 5 (1)pp. 179-186.

13- Muazanzadeh Qhamsri, b. Abri, M. Zohorian, g. And Nik-Niyayi, A., 2009. He made a curd and a person, hey, Rushd, which was scattered under the influence of different amounts of carbide, a supergravity polymer (Superab A-200) under tench strips. Iran agricultural sciences gayahan magazine. 40 (3). pp. 1-8. (In Persian).

14- Nasrollahzadeh Asl, V. Shiri, M. Muharram Nejad, S. Yosafi,M. Baghbani, f.,2016. The effect of drought stress on agronomic and biochemical properties of three maize hybrids, *Journal of Crop Research, Islamic Azad University, Ahvaz Branch, 8th year*, No. 32. (In Persian).

15- Pouresmaeil, P., Habibi, D., Boojar, M.M.A., Tarighaleslami, M. and Khoshouei, S., 2012. Effects of superabsorbent application on agronomic characters of red bean (Phaseolus vulgaris L.) cultivars under drought stress conditions. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS)*, *4*(24), pp.1874-1877.

16- Rafiei, F., Nourmohammadi, G., Chokan, R., Kashani, A. and Haidari Sharif Abad, H., 2013. Investigation of superabsorbent polymer usage on maize under water stress. *Global Journal of Medicinal Plant Research*, *1*(1), pp.82-87.

17- Raju, K.M., Raju, M.P. and Mohan, Y.M., 2002. Synthesis and water absorbency of crosslinked superabsorbent polymers. *Journal of Applied Polymer Science*, *85*(8), pp.1795-1801.

18- Shahram, M., Mansour, F.R. and Ansari, M.H., 2013. The effect of different levels of superabsorbent on efficiency of the photosynthetic matter the remobilization and portion of remobilization in seed yield of corn (Zea mays L.) under drought stress. *Annals of Biological Research*, *4*(1), pp.170-176.

19- Shahsavari Gugharغ, M., Rezaei Estakhroieh, A., Irandost, M. and Neshat, A., 2018. Evaluating the Effect of Different Levels of Deficit Irrigation and Partial Root-Zone Drying on the Yield and Water Productivity of Maize in Hajiabad. *JWSS-Isfahan University of Technology*, *22*(1), pp.61-70. (In Persian). Doi: 10.29252/jstnar.22.1.61.

20- Sharifian, H. Mokhtari, P. and Hezarcharibi, A. 2013. Investigation of the effect of superabsorbent polymer on changes in Kostiakov-Lewis diffusion equation coefficients in furrow irrigation. *Water and Soil (Agricultural Sciences and Industries).* 27 (1). pp. 205-212. (In Persian).

21- SHEKARI, F., JAVANMARD, A. and ABBASI, A., 2015. Effects of super-absorbent polymer application on yield and yield components of rapeseed (Brassica napus L.). *Notulae Scientia Biologicae*, *7*(3), pp.361-366. (In Persian).

22- Sorensen, R.B. and Butts, C.L., 2005. Cotton, corn, and peanut yield under subsurface drip irrigation. In *Impacts of Global Climate Change* (pp. 1-10).

23- Yan, L. and Shi, Y., 2013. Research Article Effects of Super Absorbent Resin on Leaf Water Use Efficiency and Yield in Dry-land Wheat. *Advance Journal of Food Science and Technology*, *5*(6), pp.661-664.2013;5(6):661-4. Doi:.19026/ajfst.5.3145

24- Yazdani, F., Allahdadi, I. and Akbari, G.A., 2007. Impact of superabsorbent polymer on yield and growth analysis of soybean (Glycine max L.) under drought stress condition. *Pakistan journal of biological sciences: PJBS*, *10*(23), pp.4190-4196. doi: 10.3923/pjbs.2007.4190.4196.