19th Iranian Soil Science Congress
2-4 December, 2025

نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذرماه ۱۴۰۴

مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

غلظت عناصرکینوا تحت تاثیر شوری و سطوح فسفر در شرایط هیدروپونیک

منیره ابویی[1*]، ناصر برومند[2]، معصومه صالحی[3]

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان*
M.abooei2010@gmail.com
۲- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
۳- دانشیار مرکز ملی تحقیقات شوری

چکیده:

یکی از چالشهای اصلی در راه رسیدن به تولید پایدار محصولات کشاورزی تنش های محیطی از جمله تنش شوری است. سطوح مختلف فسفر تحت شرایط تنش شوری بر جذب و غلظت سایر عناصر تاثیر میگذارد این پژوهش به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف فسفر (۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ میلی‌مولار) و شوری (۶ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر) و اثرات متقابل آن‌ها بر عملکرد، جذب عناصر غذایی سیستم کشت هیدروپونیک انجام شد. نتایج نشان داد که بالاترین غلظت پتاسیم و کلسیم در تیمار ۰/۲۵ فسفر و شوری ۱۴ دسی‌زیمنس‌برمتر (۲/۴۹ و ۰/۱۴ درصد) و بالاترین غلظت منیزیم مربوط به تیمار فسفر ۱/۲۵ و شوری ۱۴ دسی‌زیمنس‌برمتر (۰/۲۵ درصد) بود.

واژگان کلیدی: شورزیست، فسفر، هیدروپونیک

مقدمه:

یکی از چالش‌های اصلی در راه رسیدن به تولید پایدار محصولات کشاورزی تنش های محیطی می‌باشد. تنش شوری یکی از مهمترین عوامل محدودکننده در مناطق خشک و نیمه خشک شناسایی شده است. با توجه به تغییرات جهانی آب و هوا، یکی از خطرات مورد انتظار، افزایش شوری در مناطق تحت کشت دنیا است. شوری خاک به میزان ۱ تا ۲ میلیون هکتار در سطح جهان در حال گسترش است و بخش قابل توجهی از تولید محصولات زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ بیش از ۵۰ درصد مناطق دنیا تحت تاثیر تنش شوری قرار گیرد. یکی از اثرات اصلی شوری، کاهش عملکرد می‌باشد. همانطور که جمعیت جهان در حال افزایش است، تقاضا برای منابع غذایی نیز افزایش می‌یابد و نیاز به توسعه محصولات زراعی به خوبی سازگارشده با تنش شوری احساس می‌شود (Nimir Eltyb et al, 2010).

تحمل یک گونه گیاهی به نمک توانایی محصول برای رشد و تولید محصول قابل برداشت در خاک های تحت تأثیر شوری است (Munns et al. 2020). شناسایی و اصلاح کمبودهای غذایی در محصولات کشاورزی قبل از وقوع آن و اثر بر میزان عملکرد اهمیت دارد. برای بسیاری از محصولات با ارزش و یا معمول اطلاعات کافی برای تغذیه گیاهان وجود دارد (Bryson et al. 2014). با این حال، برای محصولات جدید مانند کینوا اطلاعات کمی در مورد علائم کمبود ظاهری و غلظت‌های مواد غذایی موردنیاز وجود دارد. گیاه کینوا با نام علمی (Chenopodium quinoa Willd.) هالوفیت اختیاری است که جزء شبه غلات دسته‌بندی می‌شود. تنش شوری بر تعادل مواد معدنی و انتقال یون های مواد مغذی در داخل گیاه تأثیر می گذارد. به عنوان مثال، سدیم باعث کمبود کلسیم و پتاسیم و منیزیم میشود (Grattan et al, 1992). هیدروپونیک یک گزینه مناسب برای مطالعه تغییرات در ساختار ریشه با ایجاد تنش مواد مغذی است. محلول‌های هیدروپونیک رایج، مانند Hoagland (1920)، به راحتی برای مطالعه اثرات شیمیایی و ایجاد کمبودهای تغذیه‌ای عنصری، مانند نیتروژن (Geary et al. 2015) ، فسفر

(Summerhays et al. 2017) و پتاسیم (Turcios et al. 2020) قابل تغییر هستند. هدف از این مطالعه، مقایسه سطوح فسفر بر کاهش اثرات شوری و تعیین اثرات متقابل شوری آب برغلظت عناصر در گیاه کینوا در شرایط شور بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار در گلخانه مرکز تحقیقات ملی شوری اجرا شد. ۵ نهال سبز شده کینوا در بستر کشت پرلیت کوکوپیت به هر واحد آزمایشی شامل یک گلدان ۶ لیتری حاوی محلول کشت هیدروپونیک با ۵ سطح فسفر (۰/۲۵، ۰/۵، ۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ فسفر محلول هوگلند با پی اچ ۵/۵) و دو سطح کلرید سدیم ۶ و ۱۴ دسی‌زیمنس‌برمتر منتقل شدند. تنها منبع فسفر مورد استفاده مونوآمونیوم فسفات ($NH_4H_2PO_4$) کسر نیتروژن ناشی از اعمال سطوح فسفر توسط مقادیر مشخص شده از آمونیاک جبران شد. ترکیب عناصر غذایی موجود در محلول‌های غذایی در جدول (۱) آمده است. اعمال تیمار شوری با نمک کلریدسدیم و به صورت تدریجی انجام گرفت. بعد از برداشت غلظت سدیم و پتاسیم با دستگاه فلیم‌فتومتر Sherwood 410، کلسیم و منیزیم و روی با دستگاه جذب اتمیک Perkin Elmer 3110 اندازه‌گیری شد. در نهایت تجزیه واریانس داده ها توسط نرم افزار آماری SAS، اثر متقابل با روش برش‌دهی فیزیکی و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح آماری پنج درصد انجام شد.

جدول ۱- ترکیب شیمیایی محلول غذایی اصلاح شده هوگلند

عناصر غذایی ماکرو	g/l	(ml/l)میلی لیتر در لیتر				
		فسفر ۰/۲۵	فسفر ۰/۵	فسفر ۰/۷۵	فسفر ۱	فسفر ۱/۲۵
نیترات پتاسیم (۲مولار) KNO_3	۲۰۲	۳	۳	۳	۳	۳
نیترات کلسیم(۲مولار) $Ca(NO_3)_2.4H_2O$	۴۷۲	۲	۲	۲	۲	۲
سولفات منیزیم (۲مولار) $MgSO_4.7H_2O$	۴۹۳	۱	۱	۱	۱	۱
مونوآمونیم فسفات (۱مولار) $NH_4H_2PO_4$	۱۱۵	۰/۲۵	۰/۵	۰/۷۵	۱	۱
آمونیاک (۱ مولار) NH_3	۱۷	۰/۷۵	۰/۵	۰/۲۵	-	–
اسید فسفریک (۱ مولار) H_3PO_4	۹۸	–	–	–	–	۱/۲۵
عناصر غذایی میکرو						
اسید بوریک H_3BO_3	۲/۸۶	۱	۱	۱	۱	۱
کلرید منگنز $MnCl_2.4H_2O$	۱/۸۱	۱	۱	۱	۱	۱

سولفات روی $ZnSO_4.7H_2O$	۰/۲۲	۱	۱	۱	۱	۱
سولفات مس $CuSO_4.5H_2O$	۰/۰۸	۱	۱	۱	۱	۱
اسیدمولیبدیک $H_2MoO_4.H_2O$	۰/۰۲	۱	۱	۱	۱	۱
تارتارات آهن $C_{12}H_{12}Fe_2O_{18}$	۵	۱	۱	۱	۱	۱

نتایج و بحث:

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که غلظت پتاسیم و جذب آن تحت تأثیر تنش شوری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشت. علاوه بر این، اثر غلظت فسفر و همچنین اثر متقابل تنش شوری در غلظت فسفر بر غلظت پتاسیم بذر معنی‌دار به‌دست آمد (جدول ۲). جذب پتاسیم تحت شرایط غیر شور ۱۱۷/۸ میلی‌گرم درگلدان بود در حالی که در شرایط تنش شوری این جذب به ۹۶/۶۷ میلی‌گرم درگلدان کاهش یافت. در مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری در فسفر، بالاترین غلظت پتاسیم بذر مربوط به کاربرد ۰/۲۵ میلی‌مولار فسفر در تیمار تنش شوری شدید با میانگین ۲/۴۹ درصد بود. در حالی که کاربرد ۱ میلی‌مولار فسفر تحت شرایط غیر شور، کمترین غلظت پتاسیم بذر را با میانگین ۱/۰۵ درصد نشان داد (جدول ۲).

غلظت و جذب کلسیم در بذر کینوا تحت تأثیر تنش شوری، غلظت فسفر و همچنین اثر متقابل این دو تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۲). در مقایسه میانگین اثر متقابل، بالاترین غلظت کلسیم بذر در کاربرد ۰/۲۵ میلی‌مولار فسفر تحت شرایط تنش شوری با میانگین ۰/۱۳۷ درصد به‌دست آمد در حالی که کمترین غلظت کلسیم بذر در کاربرد ۱/۲۵ میلی‌مولار فسفر تحت هر دو شرایط شور و غیر شور (به ترتیب ۰/۰۳ و ۰/۰۳ درصد) ثبت شد. در مقایسه میانگین اثر متقابل، بیشترین جذب کلسیم بذر در کاربرد ۰/۲۵ میلی‌مولار فسفر در هر دو شرایط شور و غیر شور (به‌ترتیب با میانگین ۵/۵۲ و ۴/۸۵ میلی‌گرم در گلدان) به‌دست آمد. علاوه بر این، کاربرد ۰/۵ و ۱ میلی-مولار فسفر تحت شرایط غیر شور نیز دارای بالاترین میانگین این صفت بودند. از طرف دیگر، کاربرد ۰/۷۵، ۱ و ۱/۲۵ میلی‌مولار فسفر تحت شرایط تنش شوری، کمترین جذب کلسیم بذر را داشتند (جدول ۲).

اثر متقابل شوری در فسفر بر غلظت و جذب منیزیم بذر به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در مقایسه میانگین اثر متقابل شوری در فسفر، بالاترین غلظت منیزیم بذر در کاربرد ۱/۲۵ میلی‌مولار فسفر تحت تنش شوری با میانگین ۰/۲۵۵ درصد مشاهده شد. در حالی که استفاده از ۰/۷۵ میلی‌مولار فسفر در سطح تنش شوری کمترین غلظت منیزیم بذر را با میانگین ۰/۱۸۷ درصد نشان داد. براساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش شوری در فسفر، بالاترین جذب منیزیم بذر در کاربرد غلظت‌های ۰/۲۵، ۰/۵، ۱ و ۱/۲۵ میلی‌مولار فسفر تحت شرایط غیر شور به‌ترتیب با میانگین ۲۱/۵۳، ۲۴/۳۰، ۲۲/۴۸ و ۲۱/۳۵ میلی‌گرم در گلدان ثبت شد. در حالی که کمترین جذب، در پایین غلظت فسفر (۰/۲۵ میلی‌مولار) تحت شرایط تنش شوری با میانگین ۸/۹۶ میلی‌گرم در گلدان به‌دست آمد (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس کاربرد فسفر بر جذب و غلظت عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم در گیاه کینوا تحت شرایط تنش شوری در کشت هیدروپونیک

منابع	df	میانگین مربعات (MS)

تغییرات		غلظت پتاسیم بذر	جذب پتاسیم بذر	غلظت کلسیم بذر	جذب کلسیم بذر	غلظت منیزیم بذر	جذب منیزیم بذر
شوری (S)	۱	۲/۶**	۳۳۴۹/۳۶**	۰/۰۰۱۱**	۱۷/۴۶**	۰/۰۰۰۵^{ns}	۵۸۴/۳۵**
فسفر (P)	۴	۰/۳۳**	۳۵۸/۱^{ns}	۰/۰۰۳۵**	۶/۲۹**	۰/۰۰۱۲**	۱۲/۹۱*
S × P	۴	۰/۳۱**	۳۳۶/۰۱^{ns}	۰/۰۰۳**	۳/۲۵*	۰/۰۰۰۷*	۲۹/۵۸**
خطا	۲۰	۰/۰۶	۳۳۸/۵۴	۰/۰۰۰۱	۰/۸۵	۰/۰۰۰۲	۴/۱۹
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۶/۴۱	۱۷/۱۶	۱۵/۲۵	۲۵/۳۷	۶/۲۷	۱۲/۲

نتیجه گیری:

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که جذب عناصری همچون روی و پتاسیم تحت شرایط تنش شوری در مقایسه با شرایط غیر شور کاهش معنی‌دار داشتند. در این راستا، پژوهشگران بیان داشتند که یکی دیگر از اثرات تنش شوری افزایش غلظت سدیم در خاک است که باعث افزایش جذب سدیم توسط ریشه و تجمع آن در بافت‌های گیاهی می‌شود. سدیم با جایگزینی کاتیون‌های ضروری مانند پتاسیم، باعث اختلال در عملکرد آنزیم‌ها و پروتئین‌ها شده و در نتیجه رشد گیاه را مختل می‌کند (Aghighi Shahverdi *et al.*, 2019; Alghamdi *et al.*, 2023). گیاه کینوا توانایی حفظ جذب پتاسیم را حتی با وجود غلظت‌های بالای سدیم در خاک، پس از تحمل تنش شوری طولانی مدت (۱۶ هفته پس از آغاز تنش) دارد (Roman, 2021). با این حال، زمانی که گیاهان به محیطی با غلظت بالای Na^+(تیمار شوری) منتقل می‌شوند، غلظت K^+ همزمان با افزایش Na^+ در بافت گیاهی در گیاه کاهش می‌یابد (Flowers and Colmer, 2008). استفاده از غلظت فسفر تحت شرایط تنش شوری، افزایش جذب عناصری همچون پتاسیم، کلسیم و منیزیم را در بذر در پی داشت. در این شرایط مطلوب‌ترین غلظت فسفر برای افزایش جذب عناصر، ۰/۲۵ میلی‌مولار فسفر بود که در مجموع عناصر اثرگذارترین سطح غلظتی محسوب می‌شود. در این راستا، پارسا مطلق و همکاران (۱۳۹۰) بیان داشتند که اثر متقابل تنش شوری و کاربرد کود فسفر بر محتوای سدیم و فسفر برگ معنی‌دار بود و استفاده از منابع کود فسفر تحت شرایط تنش شوری، جذب این عناصر را افزایش داد. براساس نظر محققان، افزایش جذب عناصری مانند کلسیم و منیزیم تحت شرایط تنش شوری با استفاده از کود فسفر می‌تواند یکی دیگر از مکانیسم‌های دفاعی گیاه در برابر اثرات منفی ناشی از تنش شوری باشد (Ghollar-Ata *et al.*, 2008). افزایش مصرف فسفر منجر به افزایش جذب عناصر غذایی ضروری مانند Zn ، Fe، Mg و Ca گردید، که در شرایط شوری بالا کاهش یافته بودند. همچنین، نسبت Na^+/K^+ در برگ‌ها تحت شرایط شوری افزایش یافت، اما با کاربرد فسفر، جذب مواد مغذی متعادل‌تر شد. بنابراین، نتایج نشان می‌دهد که استفاده از فسفر به‌عنوان راهبردی مؤثر برای کاهش اثرات منفی شوری بر رشد و تغذیه گیاهان می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد (Bouras *et al.*, 2021)، که این یافته‌ها به‌طور کامل با اهداف و نتایج تحقیق ما همخوانی دارد.

جدول۲- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف فسفر بر غلظت و جذب پتاسیم کلسیم و منیزیم بذر کینوا در شرایط تنش شوری (حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بین تیمارها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد است)

شوری محلول غذایی	سطوح فسفر میلی مول برلیتر	غلظت پتاسیم ٪	غلظت کلسیم٪	غلظت منیزیم٪	جذب کلسیم (میلی‌گرم در گلدان)	جذب منیزیم (میلی‌گرم در گلدان)
۶	۰/۲۵	۱/۲۳ cd	۰/۰۴۶ bcd	۰/۲۰ bcd	۴/۸۵ a	۲۱/۵۳ a
	۰/۵	۱/۱۲ d	۰/۰۴۰ bcd	۰/۲۱ b	۴/۶۷ a	۲۴/۳۰ a
	۰/۷۵	۱/۳۳ cd	۰/۰۵۰ bc	۰/۲۰ bc	۴/۱۹ ab	۱۶/۲۰ b
	۱	۱/۰۱ d	۰/۰۵۰ bc	۰/۲۲ b	۵/۳۳ a	۲۲/۴۹ a
۱۴	۱/۲۵	۱/۱۹ cd	۰/۰۳۰ e	۰/۲۱ b	۲/۹۶ bc	۲۱/۳۶ a
	۰/۲۵	۲/۴۹ a	۰/۱۴۰ a	۰/۲۲ b	۵/۵۳ a	۸/۹۷ d
	۰/۵	۱/۵۰ bc	۰/۰۳۶ de	۰/۲۱ b	۲/۰۸ c	۱۲/۱۰ cd
	۰/۷۵	۱/۳۰ cd	۰/۰۳۶ de	۰/۱۸ c	۲/۸۵ bc	۱۴/۱۶ bc
	۱	۱/۷۰ bc	۰/۰۴۰ cde	۰/۲۲ b	۲/۲۰ c	۱۱/۸۷ cd
	۱/۲۵	۱/۸۹ b	۰/۰۳۰ e	۰/۲۵ a	۱/۷۲ c	۱۴/۶۳ bc

منابع:

۱. پارسا مطلق، ب.، محمودی، ب.، سیاری زهان، م.ح.، نقی‌زاده، م. ۱۳۹۰. تأثیر قارچ مایکوریزا و کود فسفر بر غلظت رنگیزه‌های فتوسنتزی و عناصر غذایی لوبیا در شرایط تنش شوری. بوم‌شناسی کشاورزی، ۳(۲): ۲۴۴-۲۳۳.

2. Aghighi Shahverdi, M., Omidi, H., Tabatabaei, S. J. 2019. Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) responses to NaCl stress: Growth, photosynthetic pigments, diterpene glycosides and ion content in root and shoot. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, 18, 355-360.
3. Alghamdi, S. A., Alharby, H. F., Abbas, G., Al-Solami, H. M., Younas, A., Aldehri, M., Alabdallah, N. M., Chen, Y. 2023. Salicylic Acid-and Potassium-Enhanced Resilience of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) against Salinity and Cadmium Stress through Mitigating Ionic and Oxidative Stress. *Plants*, 12, 3450
4. Bouras, H., Bouaziz, A., Choukr-Allah, R., Hirich, A., Devkota, K. P., Bouazzama, B. 2021. Phosphorus fertilization enhances productivity of forage corn (*Zea mays* L.) irrigated with saline water. Plants, 10, 2608
5. Bryson, G.M., Mills, H.A., Sasseville, D.N., Jones, J.B. and Barker, A.V. 2014. Plant analysis handbook III: A guide to sampling, preparation, analysis, interpretation and use of results of agronomic and horticultural crop plant tissueMicro-Macro Publishing, Incorporated.
6. Flowers, T. J., Colmer, T. D. 2008. Salinity tolerance in halophytes. New Phytologist, 945-963
7. Geary, B., Norton, R. M., & Sadras, V. O. (2015). Response of canola (Brassica napus L.) to nitrogen, phosphorus and potassium fertilisers in south-eastern Australia. Crop and Pasture Science, 66(5), 479-488. https://doi.org/10.1071/CP14187
8. Ghoularata, M., Raeisi, F., Nadian, H. E. 2008. Salinity and phosphorus interactions on growth, yield and nutrient uptake by berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.). Research in Agronomy, 9, 117-125.
9. Grattan, S.R.; Grieve, C.M. Mineral Element Acquisition and Growth Response of Plants Grown in Saline Environments. Agric. Ecosyst. Environ. **1992**, 38, 275–300
10. Munns, R., Day, D.A., Fricke, W., Watt, M., Arsova, B., Barkla, B.J., Bose, J., Byrt, C.S., Chen, Z.H. and Foster, K.J. 2020. Energy costs of salt tolerance in crop plants. New Phytologist. 225, 1072-1090. doi:https://doi.org/10.1111/nph.15864.
11. Nimir Eltyb A. N., Lu, Sh., Zhou, G., Guo, W., Ma, B. and Wang, Y. (2010) Comparative effects of gibberellic acid, kinetin and salicylicacid on emergence, seedling growth and the antioxidantdefence system of sweet sorghum (Sorghum bicolor) under salinity and temperature stresses. Crop and Pasture Science 66: 145–157.
12. Roman, V. J. 2021. 'Salt tolerance strategies of the ancient Andean crop quinoa', Wageningen University and Research
13. Summerhays, J. S., Jolley. D. Hill, M. W. and Hopkins, B. G. 2017. Enhanced phosphorus fertilizers (CarbondPVR and AVAILVR) supplied to maize in hydroponics. Journal of Plant Nutrition 40 (20):2889–97. https://doi: 10.1080/01904167.2017.1384007
14. Turcios, A. E., Papenbrock, J. and Trankner. M. 2020. Potassium, an important element to improve water use efficiency and growth parameters in quinoa (Chenopodium quinoa) under saline conditions. Journal Agronomy and Crop Science. 2021,207:618–630. https://doi: 10.1111/jac.12477.

Quinoa nutrient concentrations affected by salinity and phosphorus levels in hydroponic conditions

Monireh Abooei[1*], Naser Borooman[2], Masomeh Salehi[3]

1- PhD student, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman,
2- Associate Professor, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman,
3- Associate Professor, National Salinity Research Center
*m.abooei2010@gmail.com

Abstract

One of the main challenges in achieving sustainable agricultural production is environmental stresses, including salinity stress. Different levels of phosphorus under salinity stress conditions affect the absorption and concentration of other elements. This study was conducted to investigate the effect of different levels of phosphorus (0.25, 0.5, 0.75, 1 and 1.25 mM) and salinity (6 and 14 dS/m) and their interactions on the performance and absorption of nutrients in a hydroponic culture system. The results showed that the highest concentrations of potassium and calcium were in the treatment of 0.25 phosphorus and 14 dS/m salinity (2.49 and 0.14 percent) and the highest concentration of magnesium was in the treatment of 1.25 phosphorus and 14 dS/m salinity (0.25 percent).

Keywords: Biosaline, Hydroponics, Phosphorus