



## اثر سطوح مختلف شوری و سولفات آمونیوم بر عملکرد و تبعیض ایزوتوپ کربن در ارقام گندم

اعظم برزویی<sup>۱\*</sup>، صفورا سعادت<sup>۱</sup>، شهریار ملکی<sup>۲</sup>

۱ پژوهشکده کشاورزی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، صندوق پستی ۳۱۴۸۵-۴۹۸، کرج، ایران.

۲ پژوهشکده کاربرد پرتوها، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، کرج، ایران.

### چکیده:

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف سولفات آمونیوم و تنش شوری بر عملکرد دانه و تبعیض ایزوتوپ کربن ( $\Delta^{13}C$ ) در برگ دو رقم گندم، یک آزمایش مزرعه‌ای در طی دو سال انجام شد. تیمارها شامل سه سطح تنش شوری (۱۰، ۵ و ۱/۳ دسی زیمنس بر متر)، سه سطح کود سولفات آمونیوم (۱۵۰، ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و دو رقم گندم (بم و توس) بود. نتایج این پژوهش نشان داد تبعیض ایزوتوپ کربن در بین دو رقم گندم در سطوح مختلف شوری به طور معنی‌داری متفاوت بود. رقم متحمل به شوری بم از نظر عملکرد و همچنین  $\Delta^{13}C$  در مقایسه با رقم حساس به شوری توس، در شرایط تنش شوری کارآمدتر بود. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تبعیض ایزوتوپ کربن برگ و عملکرد دانه گندم مشاهده شد. نتایج حاصل از تبعیض ایزوتوپ کربن نشان داد که  $\Delta^{13}C$  شاخص مؤثری برای انتخاب ارقام گندم با عملکرد بالا در شرایط تنش شوری است.

کلیدواژه‌ها: تبعیض ایزوتوپ کربن، تنش شوری، گندم، نیتروژن.

## Effect of different levels of salinity and ammonium sulfate on yield and carbon isotope discrimination in wheat cultivars

Azam Borzouei<sup>1,\*</sup>, Safoora Saadati<sup>1</sup>, Shahryar Malekie<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Agriculture Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, PO Box 31485-498 Karaj, Iran.

<sup>2</sup> Nuclear Science and Technology Research Institute, Radiation Application Research School, Karaj, Iran

### Abstract:

In order to study the effects of different levels of ammonium sulfate and salinity stress on the yield and carbon isotope discrimination in the leaf ( $\Delta^{13}C$ ) of two wheat cultivars, a two-year field experiment was carried out. The treatments included three levels of salt stress (1.3, 5 and 10 dS m<sup>-1</sup>), three levels of N (50, 100 and 150 kg N ha<sup>-1</sup>) and two wheat cultivars, Bam and Toos. The results of this research showed that carbon isotope discrimination (CID) varied significantly among two wheat cultivars under salt-stressed conditions. Salt-tolerant cultivar Bam was more efficient in terms of yield, as well as higher  $\Delta^{13}C$  as compared with salt-sensitive cultivar Toos, under salt stress. A positive and significant correlation was observed between leaf CID and wheat grain yield. The results of carbon isotope discrimination showed that leaf  $\Delta^{13}C$  was an effective index for selecting high grain yield wheat cultivars under salt stress condition.

**Key words:** Carbon isotope discrimination, Salt stress, Wheat, Nitrogen.

<sup>1</sup> \* Email: [aborzouei@aeoi.org.ir](mailto:aborzouei@aeoi.org.ir)

## ۱. مقدمه

به دلیل رشد روز افزون جمعیت انسانی، جهان با چالش امنیت غذایی، حفاظت از منابع آب و خاک روبرو است. تأمین مواد غذایی برای جمعیت در حال رشد، از طریق بهبود فناوری‌های کشاورزی مانند تولید انواع محصولات با بازده بالاتر، بهبود راندمان استفاده از کود و آب و مدیریت مؤثر آفات و بیماری‌ها امکان پذیر است [۱]. در ایران، گندم (*Triticum aestivum* L.) مهم‌ترین محصول در بین غلات است و در بیش از ۶/۵ میلیون هکتار کشت می‌شود. متوسط عملکرد دانه این محصول استراتژیک در ایران کمتر از سایر کشورها است. بنابراین، افزایش عملکرد گندم برای دستیابی به امنیت غذایی برای جمعیت در حال رشد بسیار مهم است. در ایران، بارندگی کافی در طی پاییز و زمستان صورت می‌گیرد، در حالی که در اوایل تا اواسط فصل بهار میزان بارندگی کم است، بنابراین توزیع غیر یکنواخت بارش در فصل رشد گندم منجر به کاهش عملکرد گندم می‌شود. به نظر می‌رسد، ایران در بین ۶۶ کشوری که در سال‌های آینده در معرض کمبود منابع آب هستند، قرار خواهد گرفت [۲]. کشاورزان برای تأمین تقاضای آب محصولاتشان در طی فصل خشک، از آب با کیفیت پایین که حاوی نمک‌های زیادی است، استفاده می‌کنند که این امر اثر مخرب بر رشد گیاه دارد. تنش شوری با کاهش میزان جذب  $CO_2$  و جلوگیری از رشد گیاه، منجر به کاهش فتوسنتز و عملکرد می‌شود [۳، ۴، ۵]. مطالعه ترکیب ایزوتوپ پایدار کربن در گیاهان به درک مکانیسم‌های فتوسنتز و تعرق در شرایط تنش‌های غیرزیستی کمک می‌کند [۶، ۷]. مهم‌ترین مزیت توصیف تنش در گیاه بر اساس تبعیض ایزوتوپ کربن، اندازه‌گیری سریع تبادل گاز یا پتانسیل آب، به عنوان شاخصی سریع برای تعیین تاریخ تنش است [۸]. اگرچه رابطه بین شوری و نسبت ایزوتوپ کربن در گیاه قبلاً توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است [۹، ۱۰]، اما پژوهش‌های محدودی در مورد کاربرد ایزوتوپ‌های کربن در شرایط تنش شوری در اقلیم‌های خشک ایران انجام گرفته است. اهداف این پژوهش ارزیابی تبعیض ایزوتوپ کربن بین دو رقم گندم و تعیین روابط بین ایزوتوپ کربن و عملکرد دانه در شرایط تنش شوری و سطوح مختلف نیتروژن است.

## ۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش در طی دو سال در پژوهشکده کشاورزی علوم و فنون هسته‌ای کرج انجام شد. این پژوهش به صورت طرح کرت خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. کرت اصلی شامل سه سطح تنش شوری (۱۰ و ۵، ۱/۳ دسی زیمنس بر متر)، سه سطح کود سولفات آمونیوم (۱۵۰، ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار) و کرت فرعی شامل دو رقم گندم به نام‌های بم (مقاوم به شوری) و توس (حساس به شوری) با سه تکرار است. قبل از کاشت، هر کرت ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار و ۲۵۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار دریافت کرد. بذور گندم در تاریخ‌های آبان ۱۳۹۱ و مهر ۱۳۹۲ کشت شد. هنگامی که میزان بارندگی کافی نبود، آبیاری هر ۱۵ روز یک بار با استفاده از آب چاه که به آن نمک طعام افزوده شده و دارای هدایت الکتریکی متفاوت بودند، انجام شد. علاوه بر این، در طی فصل رشد مقابله با علف‌های هرز و بیماری‌ها انجام گرفت.

### ۲.۱ اندازه‌گیری تبعیض ایزوتوپ کربن

تعداد ۲۰-۱۰ برگ کاملاً بالغ از ده گیاه مشخص در هر تیمار، ۱۰ روز پس از گلدهی جمع آوری شد. برای تعیین ترکیب ایزوتوپ کربن، نمونه‌های برگ به مدت ۲ روز در دمای ۶۰ درجه سلسیوس خشک و پودر شدند. ترکیب ایزوتوپ کربن با استفاده از طیف سنج جرمی نسبت ایزوتوپی (Model Pee Dee Belemnite SerCon Ltd., Crewe, UK) در مرکز تحقیقات گیاهی دانشگاه آدلاید استرالیا اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها نسبت به استاندارد

تعیین شد. تبعیض ایزوتوپ نسبت به هوا (M) به این ترتیب محاسبه شد:

نسبت های ایزوتوپ کربن نمونه‌ها ( $^{13}C/^{12}C$  sample) و استاندارد ( $^{13}C/^{12}C$  standard) با استفاده از فرمول زیر به  $\delta^{13}C$  (‰) تبدیل شدند:

$$\delta^{13}C (\%) = \left( \frac{^{13}C/^{12}C \text{ sample}}{^{13}C/^{12}C \text{ standard}} - 1 \right) \times 1000$$

مقادیر  $\delta^{13}C$  با استفاده از معادله زیر به تبعیض ایزوتوپ کربن ( $\Delta$ ) تبدیل شد. در فرمول زیر a و p به ترتیب نسبت ایزوتوپی هوا و گیاه را نشان می‌دهند [۱۱].

$$\Delta (\%) = \frac{\delta^{13}Ca - \delta^{13}Cp}{1 - \delta^{13}Cp / 1000}$$

## ۲.۲ تجزیه و تحلیل آماری

داده های حاصل با کمک نرم افزار SAS آنالیز و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

## ۳. نتایج و بحث

### ۳.۱ عملکرد دانه

با توجه به داده‌های هواشناسی دو ساله، کاهش بارندگی و افزایش شوری باعث کاهش عملکرد دانه در سال دوم شد. عملکرد دانه با افزایش سطح شوری طی دو سال آزمایشی به طور معنی‌داری کاهش یافت. علاوه بر این، با افزایش سطح شوری عملکرد دانه در هر دو رقم گندم به طور قابل توجهی کاهش یافت (جدول ۱). کوددهی نیتروژن به طور معنی‌داری عملکرد دانه گندم را در شرایط تیمارهای شوری ۵ و ۱/۳ دسی زیمنس بر متر افزایش داد، اگرچه اختلاف معنی‌داری بین سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم مشاهده نشد (شکل ۱). با وجود این، در بالاترین سطح تیمار شوری با افزایش سطوح کود نیتروژن، عملکرد دانه کاهش یافت و اختلاف معنی‌داری در عملکرد دانه، در بین تیمارهای کودی نیتروژن مشاهده نشد. بیشترین عملکرد دانه به ترتیب در ترکیب پایین‌ترین سطح شوری و تیمارهای کودی ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم در ارقام بم و توس مشاهده شد (شکل ۱). در تمام تیمارهای شوری، عملکرد دانه در بم در مقایسه با توس بیشتر بود. عملکرد دانه در تیمار ۱۰ شوری دسی زیمنس بر متر و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم، در رقم بم به طور متوسط ۲۹/۰۴ درصد کاهش یافت، در حالی که این کاهش در رقم توس ۳۶ درصد بود (شکل ۱). معمولاً کمبود نیتروژن در خاک‌های شور مشاهده می‌شود، بنابراین کاربرد ازت ممکن است باعث افزایش عملکرد در برخی از محصولات مانند جو شود [۱۲]. در این رابطه اشرف و همکاران [۱۳] گزارش کرد که مصرف نیتروژن بر روند متابولیک شرایط فیزیکی و شیمیایی اطراف ریشه تأثیر می‌گذارد و فعالیت برخی از آنزیم‌ها را افزایش می‌دهند. کاربرد نیتروژن از طریق سم‌زدایی رادیکال‌های آزاد اکسیژن و القای ترکیبات اسمزی مانند پرولین و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان اثر مهار کننده بر تنش شوری دارد [۱۴].

### ۳.۲ تبعیض ایزوتوپ کربن

اثرات متقابل مصرف کود ازت و تیمارهای شوری نشان داد که کمترین تبعیض ایزوتوپ کربن در تیمارهای اثر متقابل شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر و ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم و شوری ۱۰ دسی زیمنس بر متر و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آمونیوم مشاهده شد (شکل ۲A). نتایج این پژوهش بیانگر این است که در تمام سطوح شوری، رقم بم تبعیض ایزوتوپ کربن بیشتری را نسبت به رقم توس نشان داد. نتایج تبعیض ایزوتوپ کربن در شرایط تنش شوری نشان داد که، تبعیض ایزوتوپ کربن در رقم بم در تیمار بالاترین سطح شوری، به طور معنی‌داری بیشتر از رقم توس بود (شکل ۲B). در شرایط تنش، کربن کمتری (به شکل دی‌اکسید کربن)، به ویژه به شکل  $^{13}C$  از اتمسفر توسط گیاهان دریافت می‌شود. بر این اساس، تغییرات عمده‌ای در نسبت ایزوتوپی طبیعی  $^{13}C$  و  $^{12}C$  ( $\Delta$ ) در مواد گیاهی ایجاد می‌شود. میزان  $^{13}C$  در ارقام گیاهی مقاوم به کمبود آب در مقایسه با ارقام حساس کاهش کمتری نشان می‌دهند. تبعیض ایزوتوپ  $^{13}C$  در بافت‌های گیاهی برای تولید ارقام متحمل به شرایط کمبود آب مورد استفاده قرار گرفته است [۱۵]. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تبعیض ایزوتوپ کربن و عملکرد گندم مشاهده شد (داده‌ها نشان داده نشده است).

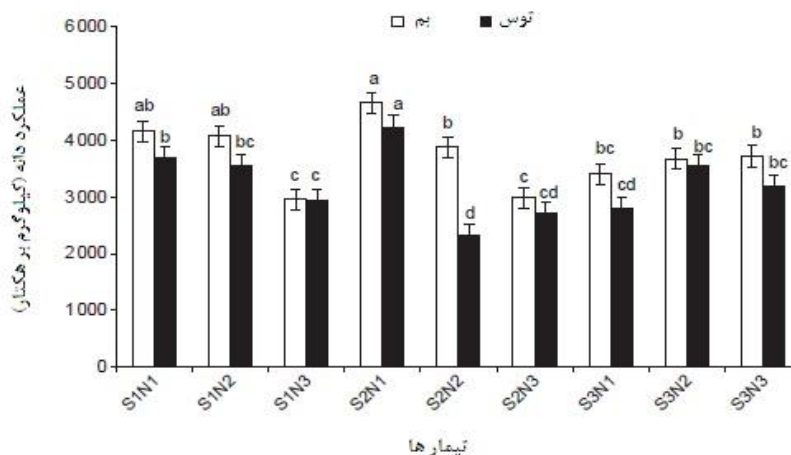
## ۴. نتیجه گیری

به طور کلی کاربرد کود نیتروژن موجب افزایش عملکرد هر دو رقم گندم در شرایط تنش شوری شد. این نتایج نشان داد که استفاده از کود نیتروژن ممکن است عملکرد گیاهان را بهبود بخشد و اثرات مضر تنش شوری بر گندم را کاهش دهد. علاوه بر این، نتایج حاصل از مقادیر تبعیض ایزوتوپ کربن نشان داد که می‌توان از برگ برای انتخاب انواع گندم با عملکرد دانه بالا در شرایط تنش شوری استفاده کرد.

جدول ۱- اثر متقابل شوری × سال، شوری × رقم و شوری × سولفات آمونیوم بر میزان عملکرد دانه گندم (کیلوگرم در هکتار).

تیمارها	سال		ارقام		سولفات آمونیوم (کیلوگرم بر هکتار)		
	اول	دوم	بم	توس	۵۰	۱۰۰	۱۵۰
شوری	۵۷۸/۰۵ a	۴۷۴/۷۳ c	۵۶۲/۱۵ a	۵۲۶/۴۶ bc	۵۲۰/۷۰ bcd	۵۷۰/۱۴ ab	۵۸۴/۷۶ a
دسی زیمنس	۵۴۶/۱۴ b	۴۵۳/۷۳ c	۵۴۶/۹۳ ab	۵۱۷/۰۴ bc	۵۰۷/۹۰ cd	۵۵۹/۶۱ abc	۵۴۴/۵۹ ab
بر متر	۵۲۹/۴۶ b	۴۱۱/۴۸ d	۵۲۲/۱۷ bc	۴۹۷/۲۰ c	۵۱۵/۷۹ cd	۵۱۳/۷۹ cd	۴۸۳/۶۱ d

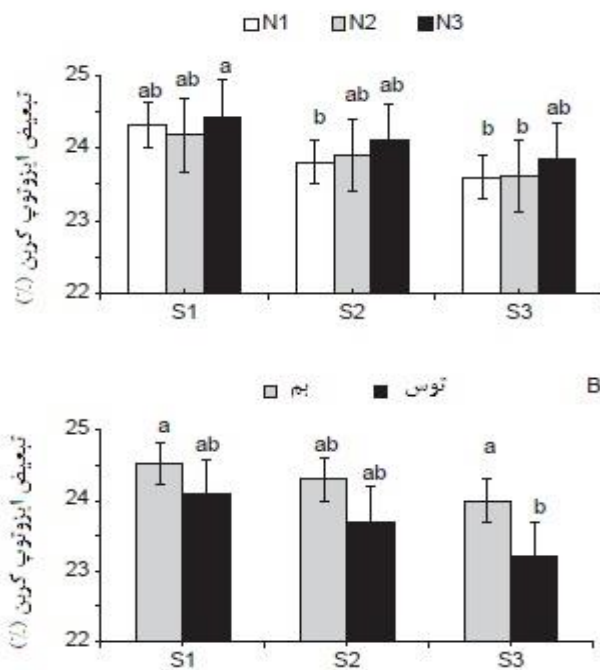
در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ندارند.



شکل ۱- تأثیر سطح کود نیتروژن و شوری بر میزان عملکرد دانه دو رقم گندم. میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ندارند.

N1: 50 Kg N ha<sup>-1</sup>, N2: 100 Kg N ha<sup>-1</sup>, N3: 150 Kg N ha<sup>-1</sup>  
S1: 1.3 dSm<sup>-1</sup>, S2: 5 dSm<sup>-1</sup>, S3: 10 dSm<sup>-1</sup>

A



شکل ۲- اثر متقابل کود سولفات آمونیوم × شوری (A) و رقم × شوری (B) بر تبعیض ایزوتوپ کربن در برگ‌های گندم. میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌دار ندارند.

N1: 50 Kg N ha<sup>-1</sup>, N2: 100 Kg N ha<sup>-1</sup>, N3: 150 Kg N ha<sup>-1</sup>  
S1: 1.3 dSm<sup>-1</sup>, S2: 5 dSm<sup>-1</sup>, S3: 10 dSm<sup>-1</sup>

## ۵. تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای به دلیل تأمین اعتبار این پژوهش سپاسگزاری می‌کنند.



## ۶. مراجع

- 1 G. Tiziano, Soil degradation, land scarcity and food security: Reviewing a complex challenge. Sustainability 281, 1 (2016)
- 2 M. Ehsani and H. Khaledi, *Water Productivity in Agriculture*, (Iranian National Committee of Irrigation and Drainage, Tehran, Iran, 2003)
- 3 M. Ashraf and P.J.C. Harris, Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Plant Sci 166, 3 (2004)
- 4 S. Turan and B.C. Tripathy, Salt and genotype impact on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in two rice cultivars during de-etiolation. Protoplasma 250, 209 (2012).
- 5 P. Sayyad-Amin, A. Borzouei, M.R. Jahansooz, and F. Ajili, Changes in photosynthetic pigments and chlorophyll-a fluorescence attributes of sweet-forage and grain sorghum cultivars under salt stress. J. Biol. Phys. 42,601 (2016).
- 6 J.T. Tsiatas and N. Maslaris, Leaf carbon isotope discrimination relationships to element content in soil, roots and leaves of sugar beets grown under Mediterranean conditions. Field crop Res. 99,125 (2006).
- 7]H. Khazaei, S.D. Mohamma, M. Zaharieva, and P. Monneveux, Carbon isotope discrimination and water use efficiency in Iranian diploid, tetraploid and hexaploid wheat grown under well-watered conditions. Genet. Resour. Crop Evol 56,10 (2008).
- 8 H.W. Koyro, Effect of salinity on growth, photosynthesis, water relations and solute composition of the potential cash crop halophyte *Plantago coronopus* (L.). Environ. Exp. Bot 56,136 (2006).
- 9 R. Shaheen and R.C. Hood-Nowotny, Effect of drought and salinity on carbon isotope discrimination in wheat cultivars. Plant Sci. 168, 901 (2005).
- 10 P.H. Monneveux, D. Rekika, E. Acevedo, and O. Merah, Effect of drought on leaf gas exchange, carbon isotope discrimination, transpiration efficiency and productivity in field grown durum wheat genotypes. Plant Sci. 170, 867 (2006).
- 11 G.D. Farquhar, H.O. Oleary, and J.A. Berry, On the Relationship between Carbon Isotope Discrimination and the Intercellular Carbon Dioxide Concentration in Leaves. Aust. J. Plant Physiol. 9, 121 (1982).
- 12 M.H Siddique, F. Mohammad, M. Nasir Khan, M. HAl-Whaibi, and A.H.A. Bahkali, Nitrogen in relation to photosynthetic capacity and accumulation of osmoprotectant and nutrients in Brassica genotypes grown under salinity stress. Agr. Sci. China 5, 671 (2010).
- 13 M. Ashraf, S. Rahmatullah, M.A. Kanwal, A. Tahir, L.A. Sarwar, Differential salt tolerance of sugarcane genotypes. Pak. J. Agri. Sci. 44, 85 (2007).
- 14 A. Borzouei, A. Eskandari, M. Kafi, A. Mousavishalmani, A. Khorasani, Wheat yield, some physiological traits and nitrogen use efficiency response to nitrogen fertilization under salinity stress. Indian J. Plant Physiol, 19, 21 (2014).
- 15 Z. Qamar, J. Akhtar, M. Yasin Ashraf, S. Ali Sabir, W. Ishaq, Use of carbon isotope discrimination technique productivity under stressed and low land irrigation ecosystem of Pakistan. Pak. J. Bot. 44, 1 (2012).