



دانشگاه گیلان

مجله پژوهش‌های تولید گیاهی  
جلد شانزدهم، شماره سوم، ۱۳۸۸  
www.gau.ac.ir/journals

## بررسی تبعیض ایزوتوپ‌های کربن ( $^{12}\text{C}$ و $^{13}\text{C}$ ) برای برآورد تنش رطوبتی ذرت

\*منصور موحدی

مربی گروه فیزیک، دانشگاه گلستان

تاریخ دریافت: ۸۷/۶/۱۷؛ تاریخ پذیرش: ۸۸/۲/۳۰

### چکیده

تنش رطوبتی موجب بسته شدن روزنه‌های برگ گیاه و کاهش جذب کربن می‌گردد و این عمل باعث کاهش عملکرد در کشاورزی دیم می‌شود. نسبت کربن  $^{13}\text{C}$  به کربن  $^{12}\text{C}$  (اتم‌سفر که توسط گیاه جذب می‌شود به مدت زمان باز بودن روزنه‌های گیاه که به نوبه خود به میزان تنش رطوبتی بستگی دارد، وابسته می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی تبعیض ایزوتوپ‌های کربن ( $^{12}\text{C}$  و  $^{13}\text{C}$ ) برای برآورد تنش رطوبتی ذرت می‌باشد. مزرعه محل آزمایش در اراضی کالج امپریال در منطقه وای از استان کنت، انگلستان، بود. نتایج نشان داد تبعیض ایزوتوپ‌های  $^{12}\text{C}$  و  $^{13}\text{C}$  اختلاف معنی‌داری بین تیمارها ندارد اما تنها اثر زمان معنی‌دار بود ( $P=0/001$ ) به طوری که افزایش دلتا با گذشت زمان، افزایش جذب دی‌اکسیدکربن با افزایش سن گیاه را نشان داده اگرچه افزایش عملکرد در تیمارهای ۱۰۰ تن در هکتار مالچ و ۵۰ تن در هکتار کمیوست مخلوط ممکن است به درصد پوشش بیشتر آنها نسبت به شاهد مربوط باشد ولی میزان عملکرد بالا در تیمار ۵۰ تن در هکتار مالچ با درصد پوشش مشابه با تیمارهای شاهد و نترات آمونیوم به جذب بیشتر دی‌اکسیدکربن مربوط است و مقادیر دلتا در تیمار ۵۰ تن در هکتار با تیمارهای شاهد و نترات آمونیوم متفاوت نیست. بین تبادل روزنه‌ای و رطوبت موجود در خاک و گیاه رابطه‌ای مستقیمی برقرار است و از آنجایی که تبادل روزنه‌ای محدودیتی در جذب کربن برای تیمار ۵۰ تن در هکتار مالچ سطحی ایجاد نکرد، بنابراین این امر

\* مسئول مکاتبه: mansoormovahedi@yahoo.com

نشان می‌دهد عوامل دیگری غیر از هدایت آبی روزنه‌ها و آب قابل استفاده گیاه، جذب کربن و رشد گیاه را محدود می‌نمایند. بنابراین، افزایش عملکرد ذرت با کاربرد کمپوست به دلیل افزایش ذخیره آب خاک با این تیمار نبود بلکه دیگر عوامل تغذیه باید در نظر گرفته شوند.

**واژه‌های کلیدی:** ایزوتوپ‌های ۱۲ و ۱۳ کربن، تنش رطوبتی، کمپوست، مالچ و ذرت

### مقدمه

روزنه‌های گیاه و آنزیم‌های اولیه سازنده گروه‌های کربوکسیلی<sup>۱</sup> در فرآیند جذب دی‌اکسیدکربن از راه‌های فتوسنتزی C3 و C4، میل بیشتری به جذب (<sup>13</sup>C) نسبت به (<sup>12</sup>C) دارند و هرچه طول مدت باز بودن روزنه‌ها افزایش یابد، نسبت (<sup>13</sup>C) به (<sup>12</sup>C) بیشتر می‌شود و به مواد طبیعی مثل هوا نزدیک‌تر می‌گردد (اهلرینگر، ۱۹۹۱). این نسبت در مواد طبیعی ۱/۱۰۸ درصد می‌باشد. تنش رطوبتی روزنه‌ها را می‌بندد و افزایش رطوبت خاک آنها را باز نگه می‌دارد. به همین جهت مقدار تبعیض کربن که با  $\Delta C$  نشان داده می‌شود معیاری از تبادل روزنه‌ای گیاه در طول حیاتش می‌باشد. با افزایش جذب (<sup>13</sup>C)،  $\Delta C$  کاهش می‌یابد. مونوکس و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از این روش لاین‌های مقاوم به خشکی ذرت را جدا نمودند. دو روش برای اندازه‌گیری فاکتور تبعیض کربن ( $\Delta C$ ) وجود دارد:

۱. در روش اول، نسبت  $^{13}C/^{12}C$  در هوا ( $Ra$ ) به همان نسبت در کربن آلی گیاه ( $Rp$ ) تقسیم می‌شود و یک واحد از آن کسر می‌شود، یعنی  $(\Delta = Ra/Rp - 1)$

۲. در روش دوم، میزان غنی‌شدگی<sup>۲</sup> کربن <sup>13</sup>C موجود در گیاه نسبت به میزان آن در استاندارد <sup>3</sup>PDB که آن را با  $\delta$  نشان می‌دهند، اندازه‌گیری می‌شود و سپس با استفاده از فرمول زیر  $\Delta$  محاسبه می‌شود:

$$\Delta = \frac{\delta PDB \text{ air} - \delta PDB \text{ plant}}{1 + \delta PDB \text{ plant}} \quad (1)$$

کسر  $^{13}C/^{12}C$  در هوا ( $Ra$ ) و در گیاه ( $Rp$ ) از رابطه ۲ محاسبه می‌گردد:

$$R = \frac{(\text{atom } \%^{13}C \text{ from mass spectrometer})}{100 - \text{atom } \%^{13}C} = \frac{^{13}C}{^{12}C} \quad (2)$$

1- Carboxylating Enzymes

2- Enrichment

3- Peedee Belemnite

درصد اتمی  $^{13}\text{C}$  در هوا (شرایط عادی)  $1/108$  در نظر گرفته می‌شود. بنابراین در رابطه بالا  $R=0/011204141$  است. مقدار  $\delta PDB$  نیز از رابطه ۳ برآورد می‌گردد (اهلرینگر، ۱۹۹۱):

$$\delta PDB = ((R \times 1000) - 11.2372) \times \frac{1}{11.2372} \quad (3)$$

در این جا  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ایزوتوپ استاندارد  $PDB=11/2372$  و برای هوا  $\delta PDB = -2/94$  هست. مقدار  $\Delta C$  با هدایت روزنه‌ای در کل مدت زندگی گیاه رابطه مستقیم و با جذب دی‌اکسیدکربن و راندمان مصرف آب در طول مدت حیات گیاه رابطه غیرمستقیم دارد. راندمان مصرف آب که تابعی از میزان هدایت روزنه‌ها است و با  $\Delta C$  نسبت مستقیم دارد، معادل نسبت جذب دی‌اکسیدکربن به آب مصرف شده برای تعرق می‌باشد. ربتزک و همکاران (۲۰۰۲) ارتباط قوی این تبعیض و رشد گندم را نشان داده‌اند.

با استفاده از روش تبعیض ایزوتوپ کربن می‌توان دریافت که آیا اثر کاهش تنش رطوبتی بر افزایش عملکرد نهایی گیاه در تیمارهای کاهش‌دهنده تبخیر خاک از طریق تأثیر بر عملکرد روزنه‌های گیاه و جذب کربن است و یا باید علت را در عوامل دیگر جستجو کرد. به‌عنوان مثال، افزایش رطوبت خاک ممکن است از طریق افزایش انتشار عناصر غذایی به‌سمت ریشه نیز باعث افزایش عملکرد گیاه گردد که در این صورت به‌جای کاربرد آبیاری در کشت‌های دیم و تبدیل آنها به اراضی آبی، با روش‌های دیگری از قبیل کوددهی نیز می‌توان به عملکردهای بالاتر دست یافت و در غیر این صورت، تنها راه افزایش عملکرد، حفظ رطوبت در خاک و یا آبیاری است. آراس و همکاران (۲۰۰۳) و کاندون و همکاران (۱۹۹۳) به بررسی ارتباط عملکرد گندم دوروم (گندم ماکارونی) و دیم و تبعیض ایزوتوپی کربن پرداختند. سودمندی افزودن کمپوست معمولاً به آزادسازی مواد غذایی (لی، ۱۹۹۷) و (هورنیک، ۱۹۸۸) یا نگهداری رطوبت آب (یوسان و کوک، ۱۹۹۵) نسبت داده می‌شود. کلی و همکاران (۲۰۰۲) نقش تنش رطوبتی و ارتباط آن با تبعیض ایزوتوپی کربن را نشان دادند. گجری و همکاران (۱۹۹۴) و امباگو (۱۹۹۱) نشان دادند که مالچ‌های کمپوست علاوه بر افزایش دمای خاک، سطح خاک را نیز مرطوب نگه می‌دارند.

اهداف این تحقیق عبارتند از:

- بررسی تأثیر افزایش کمپوست به‌صورت مخلوط و مالچ بر میزان رطوبت خاک در مزارع ذرت.
- در صورت افزایش عملکرد ذرت با افزایش رطوبت خاک، با بررسی تبعیض ایزوتوپ کربن مشخص شود که آیا این افزایش عملکرد از طریق تأثیر رطوبت بر روزنه‌ها و جذب کربن است و یا آن‌که ساز و کار دیگری برای تأثیر افزایش رطوبت خاک بر عملکرد گیاه وجود دارد.

## مواد و روش‌ها

مزرعه محل آزمایش در اراضی کالج امپریال در منطقه وای از استان کنت انگلستان (به مختصات ۵۱ درجه عرض و ۱ درجه طول جغرافیایی و ارتفاع ۴۰ تا ۵۰ متری از سطح دریا) واقع بود. متوسط بارندگی سالیانه (بین سال‌های ۱۹۹۶-۱۹۶۷) ۷۵۰ میلی‌متر بود. تیمارهای آزمایشی به شرح زیر بودند: فقط کشت ذرت (BC)، مصرف کمپوست به صورت مالچ و به میزان ۵۰ تن در هکتار با حضور گیاه (CM)، مصرف کمپوست به صورت مالچ و به میزان ۱۰۰ تن در هکتار با حضور گیاه (DM)، مصرف کمپوست پس از شخم به میزان ۵۰ تن در هکتار و اختلاط آن با خاک با استفاده از پاور هارو<sup>۱</sup> با حضور گیاه (I)، فقط خاک بدون حضور گیاه (B)، کاربرد N به صورت نترات آمونیوم و به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با حضور گیاه (F)، مصرف کمپوست پس از شخم به میزان ۵۰ تن در هکتار و اختلاط آن با خاک با استفاده از پاور هارو بدون حضور گیاه (NI) و مصرف کمپوست به صورت مالچ و به میزان ۱۰۰ تن در هکتار بدون حضور گیاه (NC2).

خاک مورد آزمایش یک خاک قهوه‌ای آرچیلیک تپیک (سری همبل)<sup>۲</sup> با بافت لومی سیلتی بود (جارویس و همکاران، ۱۹۸۴). قبل از اعمال تیمارها، زمین در اوایل آوریل ۱۹۹۶ شخم زده شد و تیمارهای کمپوست در ۲۴ آوریل اعمال گردیدند. بذره‌های ذرت در چهار ردیف در هر کرت و در عمق ۵ سانتی‌متری به تعداد صد هزاردانه در هر هکتار کشت گردید و غلطک زده شد. فاصله بین ردیف‌ها ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بین بذور ۱۳ سانتی‌متر بود. برای اعمال تیمارهای مالچ (DM، CM و NC)، قبل از بذرکاری، توسط دستگاهی که به این منظور ساخته شده بود (اسپردر<sup>۳</sup>) کمپوست به طور یکنواخت روی سطح کرت‌ها پخش گردید. در مورد تیمارهایی که کمپوست می‌بایست با خاک آمیخته می‌شد (I، NI)، نخست کمپوست با استفاده از همان ماشین به طور یکنواخت پخش شد و سپس با استفاده دستگاه از پاور هارو تا عمق ۲۰۰ میلی‌متری با خاک مخلوط گردید. همه کرت‌ها با علف‌کش آترازین تیمار شدند و برای تیمار F از ۱۰۰ کیلوگرم N در هکتار از منبع کود نترات آمونیوم استفاده شد (۹ می ۱۹۹۶). از آفت‌کش درازا (۴ درصد وزنی متیوکارب) برای کنترل راب و از آفت‌کش رگور L40 (L<sup>-1</sup> 400g dimethoate) برای کنترل شته‌ها استفاده گردید (۱۰ ژوئای ۱۹۹۶).

1- Power Harrow

2- Typical Argillic Brown Earth (=Hamble Series)

3- Spreader

به منظور اندازه‌گیری رطوبت حجمی خاک، میله‌های هادی امواج تی‌دی‌آر<sup>۱</sup> به‌طور افقی در عمق‌های ۰/۰۵، ۰/۲۰، ۰/۴۰ و ۰/۶۰ متری در وسط هر کرت قرار داده شدند. رطوبت حجمی خاک با استفاده از رینگ‌های ۱۵۰ سانتی‌متر مکعبی در اعماق ۰ تا ۰/۰۷۵ و ۰/۰۷۵ تا ۰/۱۵۰ متری نیز اندازه‌گیری شد. میزان آب قابل استفاده خاک (AWC)<sup>۲</sup> مابین پتانسیل‌های ۵- و ۱۵۰۰- کیلوپاسکال با استفاده از تمپی سل<sup>۳</sup> و پرشرپلیت<sup>۴</sup> تعیین گردید.

نمونه‌هایی از کل اندام گیاهی به‌منظور محاسبه تبعیض ایزوتوپ کربن ( $\Delta C$ ) در ۱۲ ژوئن و ۲۶ ژولای و ۱۲ سپتامبر سال ۱۹۹۶ تهیه شدند. ارتفاع گیاه و درصد پوشش گیاهی توسط سان فلک سپتومتر<sup>۵</sup> برای تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شد. عدد تبعیض ایزوتوپ کربن ( $\Delta C$ ) مدت زمانی که روزنه‌ها در طول مدت عمر گیاه باز می‌مانند و امکان کربن‌گیری وجود دارد را تخمین می‌زند (اهرلینگر، ۱۹۹۱). در این مطالعه،  $\Delta C$  برای مقایسه میزان تعرق در تیمارهای مختلف مورد استفاده قرار گرفت.

در هنگام برداشت محصول، با استفاده از یک دستگاه برداشت تک‌ردیفی ذرت علوفه‌ای، دو ردیف از مرکز کرت‌های ۸ متری برداشت شدند. یک نمونه نیم کیلویی از مواد خرد شده و مخلوط شده از هر کرت به‌منظور تعیین مقدار ماده خشک و دیگر آنالیزها مانند اندازه‌گیری نسبت وزن ماده خشک بلال‌ها به‌صورت درصدی از وزن کل ماده خشک، مورد استفاده قرار گرفت.

به‌منظور آنالیز داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS (۱۹۸۹)، مدل خطی عمومی (GLM)<sup>۶</sup>، مقایسه‌های ارتوگونال<sup>۷</sup>، تکرار اندازه‌گیری‌های آنالیز واریانس<sup>۸</sup> استفاده شد.

**فاکتور تبعیض کربن ( $\Delta C$ ):** سه نمونه از کل گیاه که در تاریخ‌های ۱۲ ژوئن، ۲۶ ژولای و ۱۲ سپتامبر برداشت شده بودند برای دومین بار در کپسول‌های فولادی با استفاده از یک آسیاب پیستونی آسیاب شدند. دو تکرار مشابه از هر نمونه به‌منظور تعیین میزان تبعیض حقیقی مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌ها در ظروف توزین خاک مربوطه توزین شدند و درصد اتمی کربن ۱۳ با استفاده از یک

- 
- 1- TDR Waveguides
  - 2- Available Water Capacity
  - 3- Temp Pressure Cells
  - 4- Pressure Plate Apparatus
  - 5- Sunflec Ceptometer
  - 6- General Linear Model
  - 7- Orthogonal Contrasts
  - 8- Repeated Measures of Analysis of Variance

اسپکترومتر جرمی ایزوتوپ‌های پایدار تعیین گردید. یک آرد مرجع با مقدار مشخص کل کربن و درصد اتمی کربن ۱۳ به‌عنوان مرجع دستگاه اسپکترومتر جرمی مورد استفاده قرار گرفت. هر نمونه به گونه‌ای وزن شد که حاوی ۱۰۰۰ میکروگرم کربن باشد.

### نتایج و بحث

ظرفیت آب قابل استفاده خاک فوقانی برای تیمار شاهد ۱۵/۱ درصد شد و افزایش مقدار آن (۱۷/۱ درصد) برای تیمار مخلوط کمپوست با خاک همراه با کشت گیاه (I2) معنی‌دار بود ( $P=0/0479$ ). براساس جدول ۱، اختلاط کمپوست با خاک بدون کشت گیاه (NI) و تیمار مالچ بدون کشت گیاه (NC) هر دو موجب کاهش متوسط میزان تبخیر در طول فصل رشد شدند ( $P=0/0152$ ). رطوبت خاک در تیمار فقط کشت ذرت (BC) به‌طور معنی‌داری ( $P=0/0017$ ) از تیمارهای ۵۰ تن در هکتار مالچ با حضور گیاه ذرت (CM) و ۱۰۰ تن در هکتار مالچ با حضور گیاه ذرت (DM) کمتر بود، اما تأثیر تیمار I در مقایسه با BC و CM در مقایسه با DM معنی‌دار نبود. در تیمارهای مخلوط با خاک در مقایسه با کلیه تیمارهای حاوی گیاه، رطوبت خاک به‌طور معنی‌داری ( $P=0/0185$ ) در آخر فصل رویش (ماه اוגست) کاهش یافت زیرا با توجه به درصد بالای پوشش گیاهی، تبخیر و تعرق در این تیمارها بیشتر بود.

جدول ۱- متوسط درصد آب خاک هر تیمار در زمان‌ها و اعماق مختلف با نمونه‌برداری با رینگ. (ف- عمق فوقانی ۰/۰۷۵-۰/۰۰۰ متر، ت- عمق تحتانی ۰/۱۵۰-۰/۰۷۵ متر).

| تاریخ نمونه‌برداری |      |            |      |            |      |            |      |            |      |            |      | تیمار |
|--------------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|-------|
| ۱۹۹۶/۰۹/۰۷         |      | ۱۹۹۶/۰۸/۱۸ |      | ۱۹۹۶/۰۷/۳۰ |      | ۱۹۹۶/۰۷/۰۹ |      | ۱۹۹۶/۰۶/۱۹ |      | ۱۹۹۶/۰۵/۳۱ |      |       |
| ت                  | ف    | ت          | ف    | ت          | ف    | ت          | ف    | ت          | ف    | ت          | ف    |       |
| ۲۷/۹               | ۱۶/۸ | ۲۵/۸       | ۱۵/۲ | ۲۵/۶       | ۱۴/۲ | ۲۴/۰       | ۱۳/۵ | ۲۲/۲       | ۱۰/۲ | ۲۴/۷       | ۱۵/۳ | B     |
| ۲۶/۴               | ۱۷/۶ | ۲۷/۹       | ۱۶/۱ | ۲۷/۷       | ۱۵/۵ | ۲۶/۲       | ۱۴/۳ | ۲۴/۴       | ۱۲/۲ | ۲۴/۶       | ۱۵/۷ | NI    |
| ۲۷/۴               | ۱۹/۱ | ۲۷/۱       | ۱۶/۷ | ۲۴/۵       | ۱۶/۰ | ۲۵/۵       | ۱۵/۴ | ۲۱/۲       | ۱۰/۹ | ۲۴/۸       | ۱۵/۵ | NC    |
| ۲۶/۳               | ۱۸/۶ | ۲۴/۵       | ۱۶/۲ | ۱۷/۸       | ۱۱/۶ | ۲۳/۷       | ۱۱/۶ | ۲۳/۶       | ۸/۲  | ۲۴/۵       | ۱۲/۹ | BC    |
| ۲۵/۳               | ۲۰/۲ | ۲۲/۹       | ۱۶/۹ | ۱۶/۶       | ۱۲/۲ | ۲۳/۲       | ۱۲/۷ | ۲۱/۹       | ۱۰/۳ | ۲۳/۸       | ۱۳/۳ | F     |
| ۲۶/۱               | ۲۰/۷ | ۱۹/۷       | ۱۵/۱ | ۱۸/۶       | ۱۲/۸ | ۲۲/۸       | ۱۳/۱ | ۲۱/۷       | ۹/۶  | ۲۵/۱       | ۱۴/۲ | I     |
| ۲۶/۶               | ۲۰/۴ | ۲۴/۹       | ۱۷/۸ | ۱۶/۱       | ۱۳/۴ | ۲۵/۳       | ۱۴/۷ | ۲۴/۲       | ۱۱/۹ | ۲۵/۱       | ۱۵/۶ | CM    |
| ۲۵/۴               | ۲۰/۸ | ۲۲/۸       | ۱۹/۲ | ۱۷/۹       | ۱۲/۰ | ۲۲/۶       | ۱۴/۹ | ۲۱/۰       | ۱۱/۶ | ۲۷/۰       | ۱۷/۳ | DM    |

جدول ۲ درصد پوشش گیاهی تیمارها را برای شش اندازه‌گیری در طول فصل رشد نشان می‌دهد. تیمارهای I و DM درصد پوشش گیاهی را نسبت به تیمارهای BC, F و CM به‌طور معنی‌داری افزایش دادند ( $P=0/0012$ ). نسبت این اختلافات در اوایل فصل رشد بیشتر بود. جدول ۳ میانگین عملکرد خشک در تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. افزایش عملکرد خشک در تیمارهای حاوی کمپوست (I, DM, CM) نسبت به تیمارهای حاوی کود ازت (F) و شاهد (B) به‌میزان نسبتاً معنی‌داری<sup>۱</sup> ( $P=0/099$ ) بیشتر بود در حالی که نسبت درصد ماده خشک بلال به کل وزن خشک در تیمارهای حاوی کمپوست نسبت به تیمارهای کود ازت و شاهد کمتر بود ( $P=0/0579$ ).

جدول ۲- درصد متوسط پوشش گیاهی در پنج تیمار و شش تاریخ نمونه‌برداری.

| تیمار | تاریخ نمونه‌برداری |            |            |            |            |            |
|-------|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|       | ۱۹۹۶/۰۸/۱۹         | ۱۹۹۶/۰۸/۰۵ | ۱۹۹۶/۰۷/۱۸ | ۱۹۹۶/۰۷/۰۴ | ۱۹۹۶/۰۶/۱۱ | ۱۹۹۶/۰۵/۱۱ |
| BC    | ۶۶/۲               | ۶۳/۵       | ۵۳/۹       | ۴۴/۳       | ۲/۸        | ۰          |
| CM    | ۶۷/۲               | ۶۵/۸       | ۵۶/۰       | ۳۷/۳       | ۳/۵        | ۰          |
| DM    | ۷۰/۰               | ۶۶/۷       | ۶۴/۱       | ۵۶/۹       | ۴/۰        | ۰          |
| I     | ۶۸/۸               | ۶۹/۴       | ۵۸/۳       | ۴۵/۶       | ۳/۸        | ۰          |
| F     | ۶۷/۲               | ۶۵/۸       | ۵۲/۶       | ۴۳/۵       | ۲/۶        | ۰          |

جدول ۳- متوسط عملکرد خشک (کیلوگرم بر هکتار) و نسبت وزن خشک بلال به کل وزن خشک ذرت در تیمارهای مختلف.

| تیمار | نسبت وزن خشک بلال به کل وزن خشک ذرت | عملکرد علوفه خشک   |
|-------|-------------------------------------|--------------------|
| BC    | ۶۶/۴ <sup>b</sup>                   | ۱۱۵۲۷ <sup>b</sup> |
| CM    | ۶۶/۰ <sup>b</sup>                   | ۱۳۲۳۳ <sup>a</sup> |
| DM    | ۶۳/۳ <sup>c</sup>                   | ۱۳۲۷۴ <sup>a</sup> |
| I     | ۶۶/۴ <sup>b</sup>                   | ۱۲۳۳۵ <sup>a</sup> |
| F     | ۶۸/۵ <sup>a</sup>                   | ۱۱۸۱۶ <sup>b</sup> |

حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد برای میانگین‌های موجود در هر ستون.

1- Marginally Significant

صرف نظر از روش استعمال و میزان کمپوست مصرفی، کاربرد کمپوست موجب افزایش میزان محصول ذرت گردید و با کاربرد ۱۰۰ تن در هکتار مالچ و اختلاط کمپوست با خاک، درصد پوشش گیاهی افزایش یافت. تیمارهای مالچ رطوبت خاک سطحی را بیش از اختلاط کمپوست با خاک افزایش دادند. به عبارت دیگر مالچ در کنترل تبخیر بسیار مؤثر است. لی (۱۹۹۷) و هورنیک (۱۹۸۸) گزارش دادند کاربرد مالچ در مناطق نیمه خشک موجب افزایش عملکرد محصول و نگهداری رطوبت بیشتر در زمان رشد ریشه و بهبود خصوصیات شیمیایی و وضعیت تغذیه می‌شود. با وجود افزایش رطوبت قابل استفاده خاک در تیمار اختلاط کمپوست با خاک (۵۰ تن در هکتار)، تأثیر کمتر آن بر افزایش رطوبت خاک نسبت به تیمار مالچ (۵۰ تن بر هکتار)، احتمالاً ناشی از رصدهای بیشتر پوشش گیاهی و سطح تبخیر بیشتر آن بود.

جدول ۴ داده‌های مربوط به تبعیض ایزوتوپ کربن و نیز میانگین آن را برای تیمارهای مختلف و در سه تاریخ مختلف نمونه برداری نشان می‌دهد. تبعیض ایزوتوپ‌های  $^{13}\text{C}$  و  $^{12}\text{C}$  اختلاف معنی داری بین تیمارها نشان نداد اما تنها اثر زمان معنی دار بود ( $P=0/010$ ) و افزایش دلتا با گذشت زمان، افزایش جذب دی‌اکسید کربن را با افزایش سن گیاه نشان داد. این نتایج با نتایج مورگان و همکاران (۱۹۹۳) در گندم زمستانه مغایر بود. هدف از روش تبعیض ایزوتوپ کربن این بود که وجود هر گونه ارتباط بین هدایت آبی روزنه‌ها و جذب کربن با عملکرد نهایی تیمارها مورد بررسی قرار گیرد. تبعیض ایزوتوپی در گیاهان مختلف متفاوت است. هندرسون و همکاران (۱۹۹۸) نتیجه گرفتند که تبعیض ایزوتوپ کربن در سورگوم از سایر گیاهان  $\text{C3}$  بیشتر می‌باشد.

هر ستون جدول نشان دهنده این واقعیت است که فرق معنی داری بین تیمارهای گوناگون از نظر شدت تعرق وجود ندارد بنابراین عامل دیگری غیر از کاهش تنش رطوبتی توسط کمپوست در افزایش محصول و جذب کربن دخیل بوده است.

جدول ۴- مقادیر متوسط  $\Delta^{13}\text{C}$  برای تیمارها ( $\delta$ ) و مقادیر تبعیض ( $\Delta$ ) در سه تاریخ نمونه گیری.

| تیمار | تاریخ نمونه برداری |          |            |          |            |          |          |          |
|-------|--------------------|----------|------------|----------|------------|----------|----------|----------|
|       | ۱۹۹۶/۰۹/۱۲         |          | ۱۹۹۶/۰۸/۲۶ |          | ۱۹۹۶/۰۶/۱۲ |          | میانگین  |          |
|       | $\Delta$           | $\delta$ | $\Delta$   | $\delta$ | $\Delta$   | $\delta$ | $\Delta$ | $\delta$ |
| BC    | -۱۱/۸۲             | ۸/۹۸     | -۱۱/۸۳     | ۸/۹۸     | -۱۱/۸۳     | ۸/۹۸     | -۱۱/۸۳   | ۸/۸۹     |
| F     | -۱۱/۸۴             | ۹/۰۰     | -۱۱/۸۸     | ۹/۰۵     | -۱۱/۸۸     | ۹/۰۵     | -۱۱/۸۸   | ۸/۹۳     |
| M     | -۱۱/۸۶             | ۹/۰۲     | -۱۱/۸۶     | ۹/۰۳     | -۱۱/۸۶     | ۹/۰۳     | -۱۱/۸۶   | ۸/۹۲     |
| C     | -۱۱/۸۵             | ۹/۰۱     | ۱۱/۸۲      | ۸/۹۸     | ۱۱/۸۲      | ۸/۹۸     | -۱۱/۸۵   | ۸/۹۱     |
| D     | -۱۱/۹۳             | ۹/۱۰     | -۱۱/۸۸     | ۸/۹۴     | -۱۱/۸۸     | ۸/۹۴     | -۱۱/۸۵   | ۸/۹۱     |



اگرچه افزایش عملکرد در تیمارهای ۱۰۰ تن در هکتار مالچ و ۵۰ تن در هکتار کمپوست مخلوط ممکن است به درصد پوشش بیشتر آنها نسبت به شاهد مربوط باشد ولی میزان عملکرد بالا در تیمار ۵۰ تن در هکتار مالچ با درصد پوشش مشابه با تیمارهای شاهد و نیترات آمونیوم به جذب بیشتر دی‌اکسیدکربن مربوط است و با توجه به جدول ۴ مقادیر دلتا در تیمار ۵۰ تن در هکتار با تیمارهای شاهد و نیترات آمونیوم متفاوت نیست. بنابراین، ممکن است فرآیندهای فیزیولوژیکی دیگری غیر از تغییر هدایت روزنه‌ای ناشی از کاربرد کمپوست، بر جذب کربن مؤثر باشد. بین تبادل روزنه‌ای و رطوبت موجود در خاک و گیاه رابطه‌ای مستقیم برقرار است و از آنجایی که تبادل روزنه‌ای محدودیتی برای جذب کربن در تیمار ۵۰ تن در هکتار مالچ سطحی ایجاد نکرد، بنابراین احتمالاً عوامل دیگری غیر از هدایت آبی روزنه‌ها و آب قابل استفاده گیاه، جذب کربن و رشد گیاه را محدود نمودند. به عبارت دیگر، افزایش عملکرد ذرت در اثر کاربرد کمپوست به دلیل افزایش ذخیره آب خاک ناشی از این تیمار نبود بلکه سایر فاکتورهای تغذیه باید در نظر گرفته شوند.

### سپاسگزاری

نویسنده مایل است از جناب دکتر سیدعلیرضا موحدینایینی برای راهنمایی‌های ایشان تشکر کند.

### منابع

1. Araus, J.A., Villegas, D., Aparicio, N., García del Moral, L.F., Hani, Y., Rharrabti, S.El., Ferrio, J.P., and Royo, C. 2003. Environmental factors determining Carbon Isotope discrimination and yield in durum wheat under mediterranean conditions. *Crop Sci.* 43: 170-180.
2. Clay, D.E., Engel, R.E., Long, D.S., and Liu, Z. 2001. Nitrogen and water stress interact to influence carbon-13 discrimination in wheat. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 1823-1828.
3. Candon, A.G.A., Richards, R.A., and Aruhar, G.D. 2003. Relationships between carbon isotope discrimination, water use efficiency and transpiration efficiency for dryland wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 44: 1693-1711.
4. Ehleringer, J.R. 1991.  $^{13}C/^{12}C$  pfractionation and its utility in terrestrial plant studies. In: *Carbon Isotope Techniques*, Coleman, D.C., and Fry, B. (Eds), Academic press, inc. (Harcourt brace Jovanovich, publishers), U.S.A., Pp: 187-200.
5. Gajri, P.R., Arora, V.K., and Chaudhary, M.R. 1994. Maize growth responses to deep tillage, straw mulching and farmyard manure in coarse textured soils of N.W. India. *Soil use and management*, 10: 15-20.

6. Henderson, S.A., Von Caemmerer, A.D.S., Farquhar, A.G.D., Wade, B.L., and Hammer, C.G. 1998. Correlation between carbon isotope discrimination and transpiration efficiency in lines of the C4 species *Sorghum bicolor* in the glasshouse and the field. *Aust. J. Plant Physiol.* 25: 111-123.
7. Hornick, S.B. 1988. Use of organic amendments to increase the productivity of sand and gravel spoils: effect on yield and composition of sweet corn. *American journal of alternative agriculture*, 3: 4. 156-162.
8. Jarvis, M.G., Allen, R.H., Fordham, S.J., Hazelden, J., Moffat, A.J., and Sturdy, R.G. 1984. Soil survey of England and Wales. In: bulletin no. 15: Soil and their use in south east England, whistable, Kent, U.K., 405p.
9. Lee, H.C. 1997. Inorganic and organic fertiliser use strategies in cereals. *Aspects of applied biology*, 50: 1-7.
10. Mbagwu, J.S.C. 1991. Influence of different mulch materials on soil temperature, soil water content and yield of three cassava cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 54: 569-577.
11. Monneveux, P., Sheshshayee, M.S., Akhter, J., and Ribaut, A. 2007. Using carbon isotope discrimination to select maize (*Zea mays* L.) inbred lines and hybrids for drought tolerance. *Plant Science*, 173: 4. 390-396.
12. Morgan, J.A., Morgan, D., Le Cain, D.R., McCaig, T.N., and Quick, J.S. 1993. Gas exchange, carbon isotope discrimination and productivity in winter wheat, *Crop Sci.* 33: 178-186.
13. Rebetzke, G.J., Condon, A.G., Richards, R.A., and Farquhar, G.D. 2002. Selection for reduced carbon isotope discrimination increases aerial biomass and grain yield of rainfed bread wheat, *Crop Sci.* 42: 739-745.
14. SAS. 1989. *Sas/stat user's guide version 6*. SAS Institute Inc. Cary, NC, U.S.A., 638p.
15. Uson, A., and Cook, H.F. 1995. Water relations in a soil amended with composted organic waste. In: Cook, H.F., and Lee, C. (Eds.), *Sustainable Agriculture*, Wye College Press, Great Britain, Pp: 453-460.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Plant Production, Vol. 16(3), 2009*  
[www.gau.ac.ir/journals](http://www.gau.ac.ir/journals)

## **$^{13}\text{C}$ to $^{12}\text{C}$ molar ratio carbon assimilation for estimating water stress by maize**

**\*M. Movahedi**

Instructor, Dept. of Physics, Golestan University

### **Abstract**

Stomata are closed by moisture stress, reducing carbon assimilation and yield production with dry land agriculture. Relative  $^{13}\text{C}$  to  $^{12}\text{C}$  molar ratio assimilation by a plant is a function of time stomata remain open during plant life time, itself a function of moisture stress. The purpose of this study was to test the existence of any relationship between stomatal conductance and assimilation rate and final yield of treatment. The field experiment was established in Why College Estate, Kent, England. Employing the repeated measures method for statical analysis suggests no significant differences between subjects and no significant time interaction effects, The only significant subject was time effect itself ( $P=0.0001$ ), suggesting an increasing Delta value for maize as a consequence of age and consequently accumulation carbon dioxide in crop. Although the extra yield production by heavy mulch and incorporation could be attributed to their extra canopy production (ground cover), the extra yield by light mulch with the same canopy cover as control and ammonium nitrate fertilizer (compost mulch treatment, at 100 t/ha versus compost incorporation treatment, at 50 t/ha) requires greater rates of carbon dioxide assimilation, which in this experiment is not attribute to the Delta value and hence stomotal conductance, (i.e. other unknown physiological processes might enhance carbon assimilation without affecting stomotal conductance). If the result from carbon discrimination in this experiment are reliable, they elude other factors involved in carbon dioxide assimilation rather than stomotal conductance.

**Keywords:**  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  assimilation by maize, Compost incorporation and mulch, Bare soil evaporation

---

\* Corresponding Author; Email: [mansoormovahedi@yahoo.com](mailto:mansoormovahedi@yahoo.com)

