

## اثر اسید فولیک بر تسهیم ذخایر بذر و قدرت اولیه گیاهچه‌های گندم

شبنم صادقی رازلیقی<sup>۱</sup>، ایرج الله‌داد<sup>۲</sup> و عزت اله اسفندیاری<sup>۳\*</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

۲- دانشیار پردیس ابوریحان دانشگاه تهران

۳- استادیار دانشگاه مراغه

### چکیده

به منظور بررسی اثر اسید فولیک بر نحوه تسهیم ذخایر بذر و قدرت اولیه گیاهچه‌های گندم، آزمایشی در قالب طرح کاملا تصادفی بر روی رقم کویر گندم با مقادیر صفر، ۱۲/۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میکرومولار اسید فولیک اجرا شد. نتایج نشان داد که در تمامی تیمارهای مورد مطالعه وزن خشک بذر با یک الگوی مشابه کاهش یافت و حدود ۸-۶٪ از کل بذر را بخش ساختاری آن تشکیل داد. روند تغییرات وزن خشک گیاهچه‌ها در شاهد و تیمارهای اسید فولیک مشابه بود ولی کاهش وزن خشک گیاهچه‌ها در شاهد و تیمارهای اسید فولیک مشابه بود ولی کاهش وزن خشک گیاهچه‌ها در شاهد و تیمارهای اسید فولیک مشابه بود ولی کاهش وزن خشک گیاهچه‌ها در شاهد و تیمارهای اسید فولیک مشابه بود. روز پس از خیساندن ادامه داشت و پس از آن، به دلیل رسیدن به مرحله اتوتروفی، وزن خشک گیاهچه‌ها روند صعودی به خود گرفت. لازم به ذکر است که اسید فولیک توانست زمان رسیدن به مرحله آغاز اتوتروفی (زمان شروع افزایش وزن خشک گیاهچه) و اتوتروفی کامل (زمان رسیدن وزن خشک گیاهچه به وزن اولیه بذر) را کوتاه نماید. الگوی تغییر وزن خشک گیاهچه‌ها، اندام‌های هوایی و ریشه‌چه در تمامی تیمارها مشابه بود. با این تفاوت که کاربرد اسید فولیک سرعت افزایش وزن خشک هر یک از بخش‌های یاد شده را افزایش داد. همچنین میزان مصرف ذخایر بذر در شاهد و تیمارهای کاربرد اسید فولیک یکسان بود، ولی بکارگیری اسید فولیک سبب افزایش سرعت مصرف ذخایر بذر در مقایسه با شاهد شد. بعلاوه نتایج نشان داد که کارایی تبدیلی ذخایر بذر به ساختار گیاهچه، در تیمارهای مورد بررسی در محدوده ۶۲/۹۶-۲۰٪ متغیر است. بطوریکه کمترین و بیشترین کارایی تبدیلی به ترتیب به تیمارهای ۴۰۰ و ۲۵ میکرومولار اسید فولیک تعلق داشت. تفاوت موجود بین تیمارها از نظر این متغیر می‌تواند ناشی از نحوه اختصاص مواد ذخیره‌ای به تنفس رشد و یا نگهداری می‌باشد. لازم به ذکر است که تنفس رشد و نگهداری تیمارهای مورد بررسی به ترتیب در محدوده ۶۳/۲۶-۱۲/۱۲٪ و ۸۷/۸۷-۳۶/۷۳٪ متغیر بود. لذا می‌توان اظهار داشت که اسید فولیک با افزایش کارایی تبدیلی و تنفس رشد سبب افزایش ویگور اولیه گیاهچه‌ها می‌گردد.

**واژه‌های کلیدی:** اسید فولیک، قدرت اولیه گیاهچه، رشد اتوتروفی، رشد هتروتروفی، کارایی تبدیلی و گندم

## مقدمه:

سریع کانوپی، موجب افزایش جذب نور، بالا رفتن سرعت رشد محصول، افزایش بیوماس و عملکرد دانه در کشت‌های دیر هنگام گندم بویژه در مناطق دیم که سبز کردن بذور مستلزم بارش نزولات آسمانی است و همچنین محیطی‌هایی که فصل رشد آنها کوتاه می‌باشد خواهد گردید.

امروزه محققین معتقدند که برای افزایش استقرار گیاهچه‌ها و قدرت اولیه آنها می‌توان از روش‌های اصلاحی، به‌زراعی و فیزیولوژیکی استفاده نمود. ریتر که و همکاران (۲۰۰۴) در استفاده از روش‌های اصلاحی در این راستا گزارش می‌کند که توسعه ژنتیکی قدرت اولیه گیاهچه‌ها، با افزایش بیوماس و عملکرد دانه گندم‌های کشت شده در مناطق خشک و نیمه خشک همبستگی دارد و تفاوت‌های ژنتیکی در قدرت اولیه با تنوع در اندازه جنین، سرعت جوانه‌زنی و سطح ویژه برگ همراه می‌باشد. در روش‌های متداول فیزیولوژیکی نیز توجه به فرآیندهای داخل سلولی موثر در امر جوانه‌زنی و کاهش میزان هدر رفت مواد ذخیره‌ای بذر به شکل دی‌اکسید کربن و در نهایت افزایش کارایی تبدیل اندوخته بذور به ساختار گیاهچه الزامی است (Soltani et al., 2002). از جمله روش‌های فیزیولوژیکی متداولی که امروزه استفاده می‌گردد می‌توان به بررسی نقش ویتامین‌ها مانند اسید فولیک اشاره نمود.

اسید فولیک یا ویتامین ب ۹ از یک هسته پتریدینی که با یک بنیان میتلنی به گروه‌های اسید پارا-آمینوبنزوئیک و اسید گلوتامیک متصل می‌گردد تشکیل شده است.

تراهیدروفولات فرم فعال و کوآنزیمی این ویتامین می‌باشد که در انتقال بنیان‌های تک کربنی و

گندم از مهمترین محصولات کشاورزی است که نقش بسیار مهمی در تغذیه و امنیت غذایی مردم کشور ایفا می‌کند. اما علیرغم اهمیت و کشت گسترده آن، عدم استقرار مناسب گیاهچه‌های گندم، یکی از مهمترین مشکلات کشاورزان به‌شمار می‌آید. استقرار ضعیف گیاهچه‌ها سبب افزایش مصرف بذر، کاهش توان رقابتی گیاهچه‌ها با علف‌های هرز، کاهش سطح سایه‌انداز اندام‌های هوایی، کاهش میزان جذب نور، توسعه کند کانوپی و در نهایت کاهش بیوماس تولید شده را سبب می‌گردد (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۸۸) که موارد یاد شده می‌تواند کاهش عملکرد دانه را در انتهای فصل رشد به دنبال داشته باشد. در حالیکه تمامی محققین تلاش می‌نمایند که همگام با افزایش جمعیت تولید گندم را افزایش داده و از این طریق به حفظ امنیت غذایی مردم کمک نمایند.

استقرار مناسب گیاهچه‌ها و قدرت اولیه بالا به دلیل دارا بودن سطح برگ بیشتر، منجر به افزایش کارایی مصرف آب در اوایل دوره رشد می‌گردد (Lopez et al., 1995, 1996). استفاده کارآمدتر از آب موجود در خاک در مراحل اولیه رشد، افزایش بیوماس کل و عملکرد دانه را در پی خواهد داشت (Lopez et al., 1995, 1996). در واقع زیاد شدن سطح برگ، کارایی مصرف آب را از طریق زیر افزایش می‌دهد (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۸۸: الف) بیشتر شدن سطح سایه‌انداز گیاه که باعث کاهش تبخیر از سطح خاک می‌گردد. ب) افزایش توان رقابتی گیاه با علف‌های هرز (ج) زیادتر شدن کارایی تعرق یعنی میزان دی‌اکسید کربن تثبیت شده به ازای میزان آب از دست رفته از طریق تعرق. علاوه بر این توسعه

محدودیت در هر کدام از این فرآیندها می‌تواند در قدرت اولیه و رشد گیاهچه موثر باشد.

شناخت فرآیندهای متابولیسمی بذر و عوامل فیزیولوژیک دخیل در جوانه‌زنی بذر با هدف افزایش قدرت اولیه گیاهچه‌ها و استقرار مطلوب آنها الزامی است. زیرا دستیابی به این هدف ضمن کاهش میزان مصرف بذر، توان رویارویی با تنش‌های زیستی و محیطی را افزایش داده و می‌تواند به افزایش عملکرد گندم کمک نماید. بررسی‌ها نشان داد که مطالعات محدودی مانند بورگویر و همکاران (۲۰۰۷) در خصوص اثر اسید فولیک بر نحوه استقرار گیاهچه‌ها و تسهیم ذخایر بذر صورت گرفته است. به همین جهت در این پژوهش بذور یکنواخت رقم کویر گندم انتخاب و پس از قرار گیری ۲۴ ساعته در معرض مقادیر ۰، ۱۲/۵، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میکرومولار اسید فولیک، نقش این ویتامین در استقرار گیاهچه‌ها و تسهیم ذخایر بذر مورد بررسی قرار گرفت.

### مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر اسید فولیک بر تسهیم مواد ذخیره‌ای بذر و قدرت اولیه گیاهچه‌های گندم، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تکرار در اتاقک رشد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه در تابستان ۱۳۹۰ به مرحله اجرا در آمد. در این آزمایش فتوپریود ۸:۱۶، دمای روزانه و شبانه به ترتیب  $25 \pm 2$  و  $15 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۵٪ و شدت نور ۴۰۰ میکرومول فوتون بر متر مربع در ثانیه در نظر گرفته شد. بدین منظور بذور یکنواخت رقم کویر گندم انتخاب و به مدت ۲۴ ساعت در مقادیر ۰، ۱۲/۵، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۴۰۰ میکرومولار اسید فولیک

تبدیل آنها به یکدیگر نقش دارد. بعنوان مثال می‌توان به انتقال بنیان تک کربنی متیل و تبدیل هموسیستین به متیونین و دزوکسی یوریدین مونو فسفات به دزوکسی تیمیدین مونو فسفات اشاره نمود (Heldt, 2005). متیونین اولین اسید آمینه‌ای است که در بیوسنتز پروتئین در زنجیر پلی‌پپتیدی قرار می‌گیرد. بعلاوه تیمیدین مونو فسفات نوکلئوتیدی است که در ساختار DNA بکار می‌رود (Stimola, 2011). لذا برآیند عوامل با کاهش بیوسنتز پروتئین و تکثیر DNA سبب کاهش رشد گیاهچه می‌گردد.

جوانه‌زنی بذر گندم همانند سایر گیاهان در نتیجه دو فرآیند متابولیک حادث می‌گردد: هیدرولیز آنزیمی ذخایر بذر و تولید سلول‌های ساختاری با استفاده از این ذخایر، در زمان جوانه‌زنی اسید جیبرلیک پس از سنتز، از اسکتوم (لپه) به سمت لایه (یا لایه‌های) آلورن حرکت می‌کند و سبب فعال شدن آنزیم‌های هیدرولیتیک نظیر آمیلازها، فسفاتازها و نوکلئازها می‌گردد. این آنزیم‌ها ذخایر بذر را هیدرولیز می‌نمایند بطوریکه زیر واحدهای ساختاری آنها در رشد گیاهچه‌ها مصرف می‌شود. بدین ترتیب در اثر هیدرولیز آنزیمی و انجام تنفس پیوسته از وزن خشک بذور کاسته می‌شود (Soltani et al., 2006) و اسفندیاری و همکاران، (۱۳۸۸). در حقیقت رشد گیاه در مرحله هتروتروفی نتیجه فرآیندهای متعددی مانند وزن منتقل شده از ذخایر بذر (میلی گرم در بذر)، و کارایی تبدیل مواد منتقل وزن منتقل شده از ذخایر بذر (میلی گرم در بذر)، و کارایی تبدیل مواد منتقل شده به بافت گیاهچه‌ای یا به عبارت دیگر تولید وزن خشک گیاهچه به ازای هر واحد ماده ذخیره‌ای بذر است.

کارایی تبدیل یا انتقال مواد ذخیره‌ای بذر به گیاهچه نیز بر اساس رابطه زیر محاسبه شد (Asch et al., 1999):

$$\text{شیب وزن خشک کل گیاهچه} \\ \text{شیب وزن خشک بذر} = 1 - \text{کارایی تبدیل} \\ (\%)$$

در رابطه فوق شیب وزن خشک کل گیاهچه و شیب وزن خشک بذر به ترتیب از معادلات رگرسیون خطی II و I بدست آمده‌است (جدول ۲). همچنین برای تعیین درصد اختصاص مواد ذخیره‌ای به تنفس رشد و تنفس نگهداری در گیاهچه‌ها به این ترتیب عمل شد که در منحنی‌های مربوط به تغییرات وزن خشک کل گیاهچه و وزن خشک بذر، شیب خط منحنی وزن

خشک کل منحنی وزن خشک بذر را قطع نماید. بخش فوقانی نقطه تقاطع تنفس نگهداری و بخش تحتانی آن، تنفس رشد را نشان می‌دهد (Asch et al., 1999، شکل ۱).

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد. بعلاوه از آزمون LSD برای مقایسه میانگین داده‌ها استفاده گردید.

### نتایج و بحث:

با توجه به نقش وزن اولیه بذر در قدرت گیاهچه‌ها، جهت جلوگیری از اثر آن بر پارامترهای مورد ارزیابی، وزن اولیه بذور مورد استفاده یکنواخت (۰/۰۴ ± ۰/۰۴۲۵ گرم) انتخاب شد. نتایج نشان داد که تغییرات وزن خشک بذر در شاهد و تیمارهای کاربرد

غوطه‌ور شدند. سپس بذور تیمار شده در انکوباتور و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت نگهداری و پس از ظهور ریشه‌چه و ساقه‌چه در گلدان‌های کوچکی که قبلاً آبیاری شده بودند و خاک آنها مرطوب بود نشا گردیدند. نمونه برداری‌ها از ۳ روز پس از خیساندن بذور آغاز و هر یک روز در میان با ۵ تکرار (۱۰ سری نمونه‌برداری و در هر نمونه برداری دو بوته) ادامه یافت. نمونه‌های برداشت شده به ریشه، اندام‌های هوایی و باقیمانده بذر تجزیه و پس از خشک نمودن در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، توزین گردید. لازم به ذکر است که در گیاهچه‌های گندم در مدت انجام آزمایش (در حدود یک ماه) پنجه‌ای مشاهده نشد.

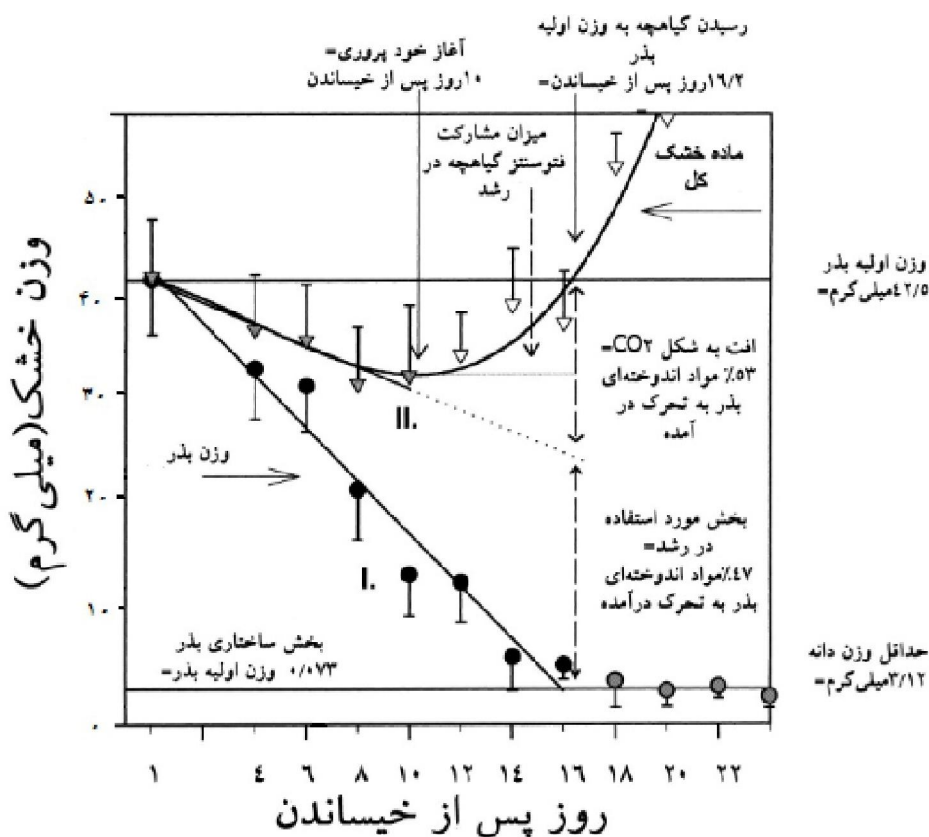
جهت محاسبه مراحل آغاز فتوسنتز، اتوتروفی کامل (شکل ۱) و کارایی مصرف ذخایر بذر از رگرسیون خطی استفاده شد (جدول ۱). آغاز فتوسنتز مصادف با شروع افزایش وزن خشک کل گیاهچه‌ها پس از حداکثر افت مرحله هتروتروفی بوده و اتوتروفی کامل برابر با زمانی بود که وزن خشک بذر ثابت ماند یعنی مواد ذخیره‌ای بذر به اتمام رسیده و یا اینکه وزن خشک کل گیاهچه با وزن اولیه بذر برابر گردید، در نظر گرفته شد (Asch et al., 1999). برای تعیین روند تغییرات وزن خشک بذر و اتمام ذخایر آن از رابطه زیر استفاده گردید:

$$\text{وزن نهایی بذر} \\ \text{وزن اولیه بذر} = 1 - \text{کاهش وزن خشک بذر} \\ (\Delta DW / \Delta DW)$$

در رابطه فوق DW بیانگر وزن خشک می‌باشد.

اسید فولیک در طول دوره جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها، مشابه بوده است (شکل ۲).  
 روند تغییرات وزن خشک کل گیاهچه‌ها (بذر + اندام‌های هوایی و تحتانی) در طول دوره جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها نیز برای شاهد و تیمارهای کاربرد اسید فولیک مشابه بود (شکل ۳). بطوریکه در شاهد و کاربرد ویتامین یاد شده به ترتیب به ۱۰/۴۶ و ۸/۵۳-۷/۹۳٪ وزن اولیه بذر کاهش یافت. این شاخص در شاهد و تیمارهای کاربرد اسید فولیک تا

۸/۲۷ و ۱۰/۴۶ (میانگین تمامی تیمارهای اسید فولیک مورد استفاده) روز پس از خیساندن ثابت ماند (مرحله رشد هتروتروفی گیاهچه‌ها)، سپس با یک الگوی نمایی، مرحله رشد اتوتروفی آغاز گردید. میزان وزن خشک از دست رفته در طول مرحله هتروتروفی، برای شاهد و تیمارهای کاربرد اسید فولیک به ترتیب در ۱۷/۶۱ و ۱۴/۲۹ (میانگین تمامی تیمارهای اسید فولیک بجز ۴۰۰ میکرومولار) روز پس از خیساندن جبران و به وزن اولیه خود رسید (شکل ۳).



شکل ۱: روند تغییرات وزن خشک بذر، کل گیاهچه، مراحل مختلف رشدی گیاهچه و بخش‌های تشکیل دهنده آن (Asch et al., 1999)

روند تغییرات وزن خشک کل گیاهچه‌ها (بدون باقیمانده بذر)، ریشه‌چه و اندام‌های هوایی نیز نشان داد که با گذشت زمان میزان این پارامترها با یک رابطه خطی افزایش یافت و الگوی تغییرات برای شاهد و

تیمارهای اسید فولیک مشابه بود. با این تفاوت که کاربرد اسید فولیک سرعت تجمع وزن خشک شاخص‌های یاد شده را افزایش داد (شکل ۳).

می دهد. این در حالی است که برای رشد و تشکیل بافت های ساختاری گیاهچه سایر بیومولکول ها نظیر لیپیدها و پروتئین ها نیز نیاز می باشد. لذا بایستی بیومولکول های یاد شده از کربوهیدرات ها تامین گردند که در این فرآیند تبدیل و تولید بیومولکول های یاد شده، همواره بخشی از اندوخته بذر به شکل دی اکسید کربن از دسترس گیاه خارج می گردد (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۸۸). همچنین طی اجرای فرآیندهای حیاتی سلول همواره متابولیت های سمی مانند پراکسید هیدروژن و ۴-hydroxynonenal بوجود می آید که سبب ایجاد اختلالات متابولسمی و بروز صدمات جدی به ساختار سلول می شود (Esfandiari et al., 2011). به همین دلیل بخشی از اندوخته بذر برای جلوگیری از اختلالات متابولسمی و نیز ترمیم نقاط آسیب دیده سلول صرف می گردد. لذا کاهش وزن خشک اولیه گیاهچه ها یا انجام تنفس نگهداری در مرحله جوانه زنی و رشد و نمو گیاهچه ها اجتناب ناپذیر می باشد (Amthor, 2000). بعلاوه هرچه میزان انرژی و اندوخته بذر کمتری در این مرحله هدر رود، کاهش وزن خشک اولیه گیاهچه ها کمتر بوده و اندوخته بذر بیشتری صرف رشد گیاهچه ها گشته و گیاهچه های حاصل از قدرت قوی تری برخوردار خواهند بود (اسفندیاری و همکاران، ۱۳۸۸). به همین جهت شناخت عمیق از مسیرهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیک دخیل در امر جوانه زنی و رشد گیاهچه می تواند میزان هدر رفت اندوخته بذر را در این مرحله به حداقل برساند. شایان ذکر است که کاهش وزن خشک گیاهچه ها در طول دوره هتروتروفی توسط لوپز و همکاران (۱۹۹۶)، آسچ و همکاران (۱۹۹۹) و اسفندیاری و همکاران (۱۳۸۸) نیز گزارش شده است. در این پژوهش کاربرد اسید فولیک میزان افت وزن

نتایج نشان داد که کاربرد اسید فولیک سبب جلو افتادن زمان آغاز اتوتروفی در گیاهچه ها گندم در مقایسه با شاهد می گردد. بطوریکه این مرحله در گیاهچه های شاهد و مقادیر مختلف اسید فولیک به ترتیب ۱۰/۴۶ و ۷/۹۳-۸/۵۲ روز پس از خیساندن به طول انجامید (جدول ۱). بعلاوه کاربرد اسید فولیک زمان رسیدن به مرحله اتوتروفی کامل را در مقایسه با شاهد بطور معنی داری کاهش داد. بطوریکه طول این مرحله در گیاهچه های شاهد و مقادیر متفاوت اسید فولیک به ترتیب ۱۷/۶۱ و ۱۷/۲۴-۱۳/۵۷ روز پس از خیساندن بود (جدول ۱). بعلاوه کاربرد اسید فولیک سبب گردید تا وزن خشک ریشه چه و اندام های هوایی گیاهچه با سرعت بیشتری افزایش یابد (شکل ۴).

نتایج بدست آمده حاکی از آن است که کاربرد اسید فولیک در مقادیر متفاوت (به استثنای ۴۰۰ میکرومولار) توانست میزان تنفس رشد و تنفس نگهداری را در مقایسه با شاهد به ترتیب افزایش و کاهش دهد. دامنه تغییرات تنفس رشد و تنفس نگهداری برای تیمارهای مختلف به ترتیب ۶۳/۲۶-۱۲/۱۲ و ۳۶/۷۳-۸۷/۸۷٪ بود (جدول ۱).

کارایی تبدیل نیز، بعنوان دیگر شاخص مورد ارزیابی، تنها با تیمارهای ۱۲/۵، ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومولار اسید فولیک در مقایسه با شاهد افزایش معنی داری یافت (جدول ۱).

نتایج حاصل حاکی از کاهش میزان وزن خشک گیاهچه ها (بذر+ اندام های فوقانی و تحتانی) در مرحله رشد هتروتروفی گیاهچه ها بود که دلیل آن مصرف ذخایر بذر برای انجام فعالیت های حیاتی سلول و تضمین تداوم آنها و همچنین تبدیل ذخایر بذر به بیومولکول های مورد نیاز رشد گیاهچه ها است. زیرا بخش اصلی اندوخته بذر گندم را کربوهیدرات تشکیل

در این پژوهش نیز نتایج حاصل نشان می‌دهد که کاربرد اسید فولیک بویژه در مقادیر ۱۲/۵، ۱۰۰ و ۲۰۰ میکرومولار توانسته است کارایی تبدیل را افزایش و به افزایش قدرت اولیه کمک نماید (جدول ۱). همچنین وزن خشک ریشه چه و اندام‌های هوایی بیشتر در اثر تیمار با اسید فولیک و سرعت افزایش وزن آنها بیانگر تاثیر مثبت این ویتامین بر ویگور اولیه گیاهچه‌ها می‌باشد (شکل ۴). قدرت اولیه یعنی توانایی بالاتر گیاهچه‌های حاصل در رقابت با علف‌های هرز، توسعه و تشکیل سریع کانوپی که بالا بودن آن نتایج ذیل را در پی دارد:

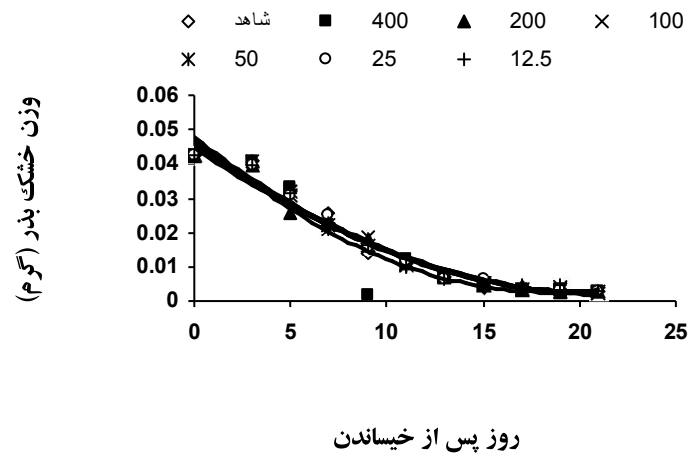
۱) کاهش مصرف علف‌کش‌ها که کاهش بروز مقاومت آنها به علف‌کش‌ها خواهد شد (Lopez et al., 1996).

۲) کاهش تبخیر از سطح خاک و افزایش کارایی تعرق و کارایی مصرف آب (Rebetzke et al., 2004).

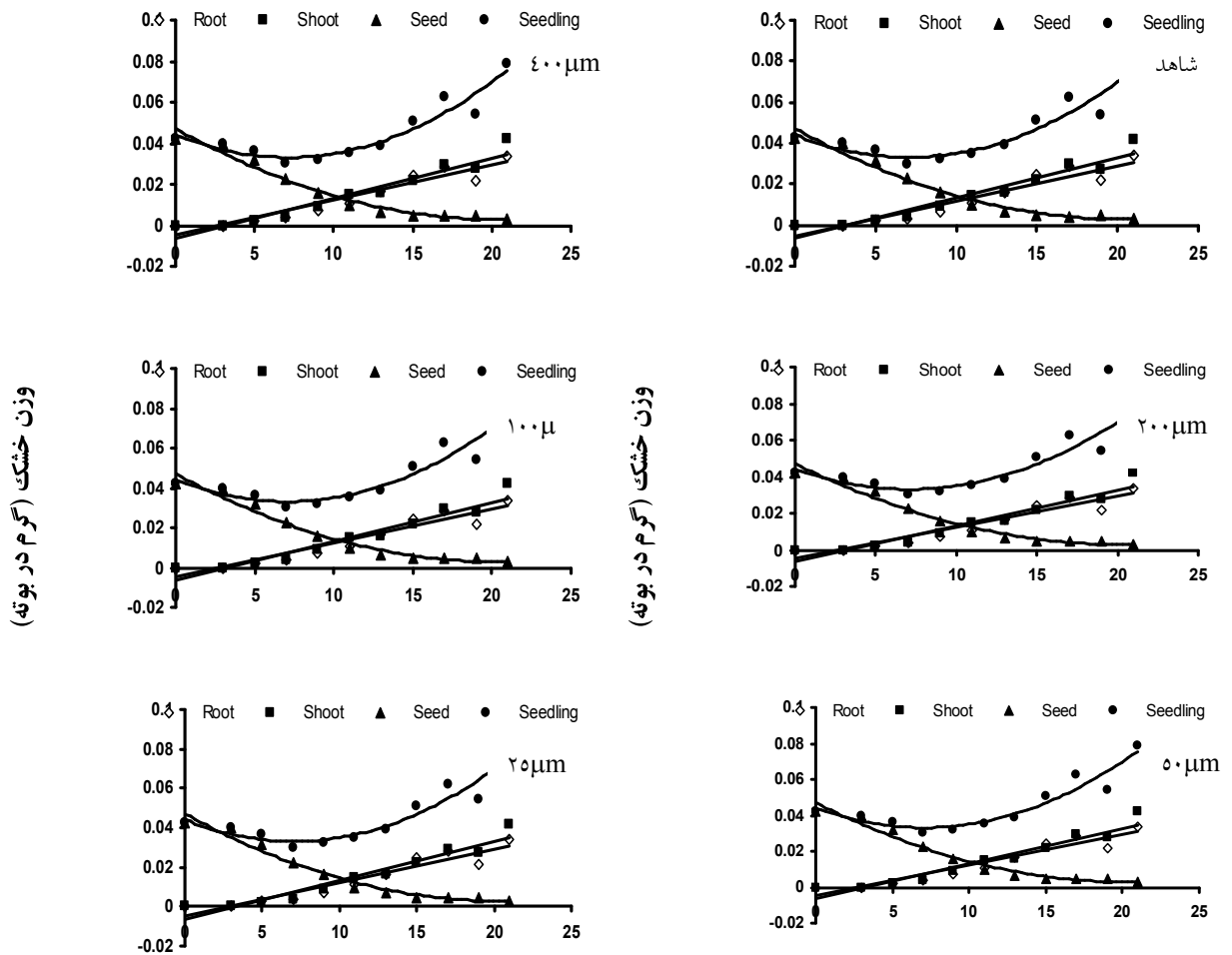
بطور کلی نتایج حاصل نشان داد که اسید فولیک در فرآیند جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه‌ها نقش ویژه‌ای ایفا نموده و از طریق کاهش میزان افت وزن خشک اولیه گیاهچه‌ها، کمک به آغاز زودتر مراحل اتوتروفی و رسیدن به اتوتروفی کامل، کاهش میزان تنفس نگهداری و افزایش میزان تنفس رشد به همراه بالا بردن کارایی تبدیل، بهبود استقرار گیاهچه‌ها و افزایش قدرت اولیه آن را سبب شده است. در بین مقادیر اسید فولیک نیز مقدار ۱۲/۵ میکرومولار مناسب‌تر می‌باشد. زیرا در روش‌های به‌زراعی هزینه کمی داشته و در روش‌های به‌نژادی نیز امکان تولید رقمی (یا ارقامی) با توان تولید مقدار اسید فولیک یاد شده بیشتر می‌باشد.

خشک اولیه گیاهچه‌ها را در مرحله اتوتروفی کاهش داد (شکل ۲). بطوریکه میزان افت وزن خشک اولیه گیاهچه‌ها برای شاهد در حدود ۳۴٪ و تیمارهای اسید فولیک بین ۲۹/۸۸-۲۵/۴۱٪ بود. کاهش زمان آغاز مراحل اتوتروفی و اتوتروفی کامل و کاهش تنفس نگهداری به همراه افزایش میزان تنفس رشد با بکارگیری اسید فولیک در مقایسه با شاهد گویای این امر می‌باشد (جدول ۱).

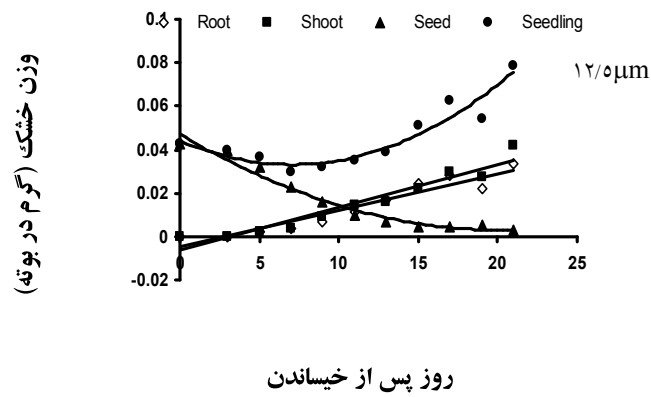
کارایی تبدیل عبارت از نسبت وزن خشک گیاهچه رشد یافته (میلی گرم) به میزان مصرف ذخایر بذر (میلی گرم) است (Soltani et al., 2002). در این بررسی وزن اولیه بذور (جدول ۱) و میزان مصرف اندوخته بذر (شکل ۲) برای تمامی تیمارهای اسید فولیک و شاهد یکسان بود و اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند. درحالی‌که از نظر میزان وزن خشک گیاهچه کل (بدون در نظر گرفتن باقیمانده بذر) کاربرد اسید فولیک توانست میزان این شاخص را نسبت به شاهد افزایش دهد (شکل ۲). بطوریکه میزان تنفس رشد نیز در اثر کاربرد اسید فولیک افزایش داشت (جدول ۱). در واقع تنفس رشد بالاتر و یا تنفس نگهداری پائین‌تر، در کاربرد اسید فولیک تمامی تفاوت‌های موجود با شاهد را توجیه می‌کند. چرا که تنفس نگهداری میزان ماده فتوسنتزی است که صرف حفظ فعالیت‌ها و ساختارهای حیاتی سلول می‌گردد. در حالی‌که تنفس رشد بیانگر میزان ماده فتوسنتزی است که در فرآیندهای رشد و نمو گیاه مصرف می‌گردد. لایوسچ و همکاران (۱۹۸۹) میزان کارایی تبدیل مواد ذخیره‌ای بذر را به بافت ساختاری در ارقام پائیزه گندم با استفاده از کربن ۱۴ در حدود ۶۵٪ گزارش کرده‌اند.



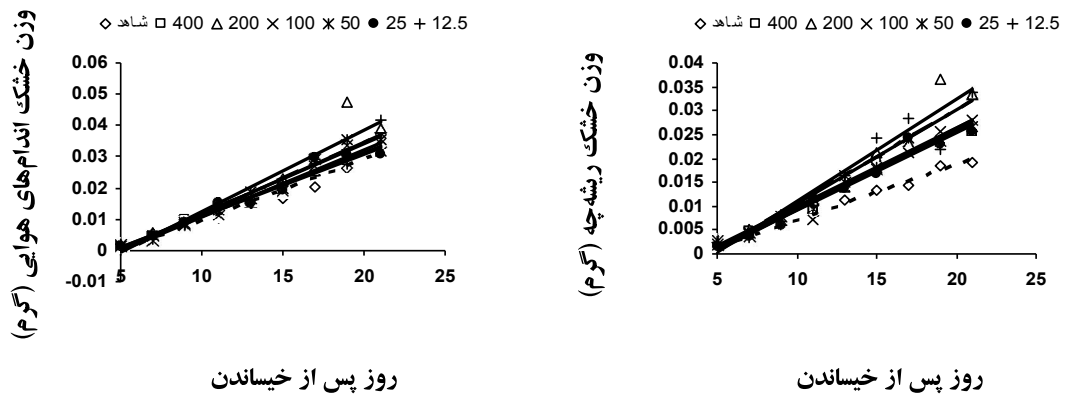
شکل ۲: تغییرات وزن خشک بذر در تیمارهای مختلف اسید فولیک



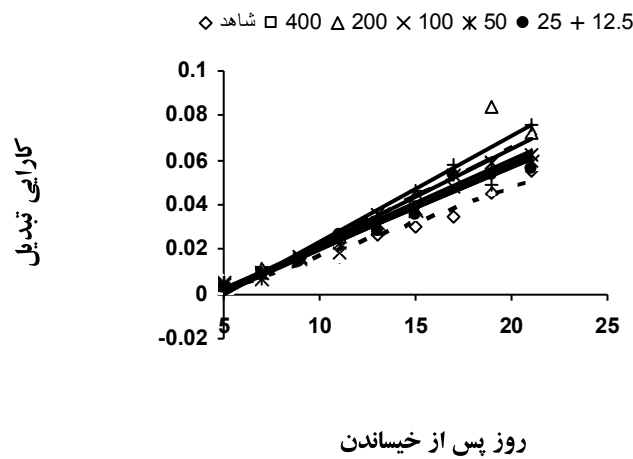




شکل ۳: تغییرات وزن خشک اندام‌های مختلف گیاهچه‌های گندم در مقادیر مختلف اسید فولیک



شکل ۴: اثر اسید فولیک بر وزن خشک ریشه‌چه و اندام‌های هوایی در گیاهچه‌های گندم



شکل ۵: اثر اسید فولیک بر کارایی تبدیل مواد ذخیره‌ای به ساختار گیاهچه

جدول ۱: متغیرهای مرتبط با توانایی رشد و قدرت اولیه گیاهچه‌های گندم

کارایی تبدیل (%)	تنفس نگهداری (%)	تنفس رشد (%)	وزن ساختاری بذر (% وزن اولیه بذر)	زمان رسیدن به اتوتروفی کامل (روز پس از خیساندن)	آغاز فتوسنتز (روز پس از خیساندن)	کاهش وزن بذر (%)	وزن اولیه بذر (میلی گرم)	میزان اسید فولیک مورد استفاده (میکرومولار)
۵۰/۳۳b	۶۱/۰۶b	۳۸/۹۳c	۰/۰۷۷ab	۱۷/۶۱a	۱۰/۴۶a	۹۲/۶۴a*	۰/۰۴۲۵	شاهد (۰)
۲۰c	۸۷/۸۷a	۱۲/۱۲d	۰/۰۸۲a	۱۷/۲۴a	۸/۳۷b	۹۲/۶۵a	۰/۰۴۲۵	۱۲/۵
۶۲/۹۶a	۳۶/۷۳d	۶۳/۲۶a	۰/۰۵۹d	۱۳/۵۷b	۸/۳۷b	۹۳/۲۳a	۰/۰۴۲۵	۲۵
۵۹/۲۵a	۴۶/۷۲c	۵۴/۰۹b	۰/۰۷۱bc	۱۵/۳۲b	۸/۵۲b	۹۴/۱۲a	۰/۰۴۲۵	۵۰
۵۰b	۵۰/۴c	۴۹/۵۹b	۰/۰۶۸c	۱۴/۲۲b	۸/۴۴b	۹۲/۶۵a	۰/۰۴۲۵	۱۰۰
۵۱/۸۵b	۴۹/۶۵c	۵۰/۳۴b	۰/۰۶۴cd	۱۴/۶۷b	۸/۰۴b	۹۲/۹۴a	۰/۰۴۲۵	۲۰۰
۵۹/۳۳a	۴۷/۶۱c	۵۲/۳۸b	۰/۰۶۴cd	۱۳/۶۹b	۷/۹۳b	۹۲/۹۴a	۰/۰۴۲۵	۴۰۰

• حروف متفاوت نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین ارقام مورد مطالعه است.

جدول ۲: رگرسیون خطی مورد استفاده در تعیین مرحله رشد اتوتروفی و کارایی تبدیل در گیاهچه‌های گندم

سطح احتمال	ضریب تبیین	رگرسیون II	سطح احتمال	ضریب تبیین	رگرسیون I*	میزان اسید فولیک مورد استفاده (میکرومولار)
۰/۰۱	۰/۹۳	۰/۰۲۵۷-۰/۰۰۶۳X	۰/۰۱	۰/۹۶	۰/۰۳۳۳-۰/۰۰۳X	شاهد (۰)
۰/۰۱	۰/۹۱	۰/۰۲۹۶-۰/۰۰۵۹X	۰/۰۱	۰/۹۶	۰/۰۵۴-۰/۰۰۴۵X	۱۲/۵
۰/۰۱	۰/۹۶	۰/۰۳۳۳-۰/۰۰۰۶X	۰/۰۱	۰/۹۳	۰/۰۴۸۵-۰/۰۰۳X	۲۵
۰/۰۱	۰/۹	۰/۰۵۰۴-۰/۰۰۶۹X	۰/۰۱	۰/۸۹	۰/۰۲۸۵-۰/۰۰۴۴X	۵۰
۰/۰۱	۰/۹۱	۰/۰۵۱۸-۰/۰۰۵۸X	۰/۰۱	۰/۹۱	۰/۰۵۱۲-۰/۰۰۲X	۱۰۰
۰/۰۱	۰/۹۳	۰/۰۵۲۹-۰/۰۰۶۲X	۰/۰۱	۰/۹۴	۰/۰۴۹۹-۰/۰۰۲۳X	۲۰۰
۰/۰۱	۰/۹۴	۰/۰۴۵۹-۰/۰۰۶۴X	۰/۰۱	۰/۰۹۲	۰/۰۳۵۶-۰/۰۰۳۸X	۴۰۰

\* از رگرسیون خطی I و II به ترتیب برای تعیین شیب وزن خشک کل گیاهچه و شیب وزن خشک بذر در تعیین میزان کارایی تبدیل استفاده شده است.

### فهرست منابع:

اسفندیاری ع، شکبیا م ر، محبوب س، آلیاری ه. ۱۳۸۸. تسهیم ذخایر بذر و نقش آن در بنیه گیاهچه‌های گندم. دانش کشاورزی ۱۹: ۶۳-۷۵.

اسفندیاری ع، محبوب س، شکاری ف. ۱۳۸۸. اصول فیزیولوژی گیاهی (جلد اول). انتشارات عمیدی. تبریز.

- Amthor JS.** 2000. The McCree-de Wit- Penning de Vries- Thorenley respiration paradigms: 30 years later. *Annals of Botany* 86: 1-20.
- Asch F, Sow A, Dingkuhn M.** 1999. Reserve mobilization, dry matter partitioning and specific leaf area in seedling of African rice cultivars differing in early vigor. *Field Crops Research* 62: 191-202.
- Burguieres E, McCue P, Kwon YI, Shetty K.** 2007. Effect of vitamin C and folic acid on seed vigour response and phenolic-linked antioxidant activity. *Bioresour Technology* 98: 1393-404.
- Esfandiari E, Javadi A, Shokrpour M, Shekari F.** 2011. The effect of salt stress on the antioxidant defense mechanisms on wheat seedling. *Fresenius Environmental Bulletin*. 20: 2021-2036.
- Heldt HW.** 2005. *Plant Biochemistry*. Elsevier Academic Press Publication. 620 pp
- Iannelli MA, Pietrini F, Fiore L, Petrilli L, Massacci A.** 2002. Antioxidant response to cadmium in *Phragmites australis* plants. *Plant physiology and Biochemistry* 40: 977-982.
- Labusch U, Schnyder H, Kuhbauch W.** 1989. Use and partitioning of grain reserves and products of current photosynthesis during the transition from heterotrophic to autotrophic assimilate supply in wheat seedlings. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* 2: 77-80.
- Liu HS, Li FM, Xu H.** 2004. Deficiency of water can enhance root respiration rate of drought-sensitive but not drought-tolerant spring wheat. *Agricultural Water Management* 64: 41-48.
- Lopez C, Richards RA, Farquhar GD, Williamson RE.** 1996. Seed and seedling characteristics contributing to variation in early vigor among temperate cereals. *Crop Science* 36: 1257-1266.
- Lopez C, Richards RA, Farquhar GD.** 1995. Variation in early vigor between barley and wheat. *Crop Science* 35: 472-479.
- Rebetzke GJ, Botwright TL, Moore CS, Richards RA, Condon AG.** 2004. Genotypic variation in specific leaf area for genetic improvement of early vigor in wheat. *Field Crops Research* 88: 179-189.
- Sahnoune M, Adde A, Soualem S, Harch MK, Merah O.** 2004. Early water-deficit effects on seminal roots morphology in barley. *Compets Rendas Biologies* 327: 389-398.
- Shao H, Suo LZ, An SM.** 2006. Osmotic regulation of 10 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes at soil water deficits. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 47: 132-139.
- Soltani A, Galeshi S, Zeinali E, Latifi N.** 2002. Germination, seed reserve utilization and seedling growth of chickpea as affected by salinity and seed size. *Seed Science Technology* 30: 51-60.
- Soltani A, Gholipour M, Zeinali E.** 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. *Environment and Experimental Botany* 55:195-200.
- Stimola A.** 2011. *Cell Biology*. The Rosen Publishing Group. 571pp

## The effect of folic acid on seed reserve partitioning and early vigor of wheat seedlings

Sh. Sadegi Razligi<sup>1</sup>, I. Allahdadi<sup>1</sup> and E. Esfandyari<sup>2</sup>

1- Abureyhan Pardis of Tehran university

2- Maragheh university

### Abstract

In order to study the effect of folic acid on seed reserves partitioning and early vigor of seedlings of Kavir wheat cultivar, an experiment was conducted in a completely randomized design with 0, 12.5, 25, 50, 100 and 200  $\mu\text{M}$  of folic acid. Results of this study indicated that dry weight of seeds decreased in a same pattern in all treatments and about 6-8% of total seed was structural section. Variation in the seedling dry weight in control and folic acid treatments was similar but decreasing of seedling dry weight in control and folic acid treatments continued 10.46 and 7.93-8.53 days after soaking, respectively. Then, dry weight of seedlings were increased because of reaching to autotrophic stage. It is worth mentioning that acid folic could shorten the time required to reach the onset of autotrophic stage (beginning of seedling dry weight increase) and the complete autotrophic stage (time of seedling dry weight to reach the initial weight of seed). Seedling, shoot and root dry weight changing trends were similar in all treatments. However, folic acid application increased the rate of dry weight accumulation in each of the aforementioned plant parts. Also, decrease of seed dry weight was similar between control and folic acid treatments, but folic acid application increased the rate of seed reserves consumption in comparison with control. Results showed that seed reserves conversion efficiency to seedling structure in studied treatments were variable in the range of 20-62.96%. The minimum and maximum conversion efficiency belongs to 400 and 25  $\mu\text{M}$  folic acid treatments. The differences between treatments could be due to partitioning manner of seed reserves to growth and/or maintenance respiration. Growth and maintenance respiration of the studied treatments were variable in the ranges of 12.12-63.26% and 36.7-87.9%. It can be concluded that folic acid application increases seedling vigor by increasing conversion efficiency and growth respiration of wheat seedling.

**Key words:** Seedling early vigor, autotrophic growth, heterotrophic growth, conversion efficiency, wheat