اثر زمان کاربرد کود پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک بر برخی خصوصیات زراعی ذرت (هیبرید AS 71)

علی ظاهری[۱]، علیرضا ابدالی‌مشهدی[۲]، احمد کوچک‌زاده[۳]، امین لطفی‌جلال‌آبادی*[۴] و عبدالرضا سیاهپوش[۵]

۱) دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.
۲ و ۳) دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.
۴) استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.
۵) استادیار سابق گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

* نویسنده مسئول: **aminlotfi@asnrukh.ac.ir**

تاریخ دریافت:۱۴۰۱/۰۶/۰۲ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۱**

چکیده

به‌منظور بررسی اثر زمان کاربرد کود پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک بر برخی خصوصیات زراعی ذرت (هیبرید AS71)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در شهرستان گتوند انجام شد. فاکتور اول شامل زمان کاربردکود پلی‌فسفات کُندرها در چهار سطح (چهار برگی، هشت برگی، قبل از ظهور گل تاجی و هنگام شیری شدن دانه) و فاکتور دوم زمان کاربرد اسیدهیومیک در چهار سطح (چهار برگی، هشت برگی، قبل از ظهور گل تاجی و هنگام شیری شدن دانه) بود. نتایج آزمایش تفاوت معنی‌داری در اثر اصلی و متقابل فاکتورهای آزمایشی بر روی تمام خصوصیات مورد مطالعه نشان داد. بیش‌ترین میزان صفات در مرحله چهار و هشت برگی از کود پلی‌فسفات کُندرها + اسیدهومیک و کم‌ترین مقدار در اکثر صفات با استفاده از کود پلی‌فسفات کُندرها + اسیدهیومیک در مرحله شیری شدن دانه مشاهده شد. نتایج آزمایش نشان داد، استفاده هم‌زمان کود پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک، به‌ویژه در مراحل اولیه رشد به‌دلیل تأمین مناسب مواد غذایی در آغاز رشد گیاه می‌تواند منجر به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت شود.

کلمات کلیدی: ارتفاع گیاه، درصد پروتئین دانه و عملکرد و اجزای عملکرد دانه.

مقدمه

استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی به‌عنوان سریع‌ترین راه جبران کمبود مواد غذایی خاک و عدم استفاده از کودهای آلی در طی سالیان اخیر، عامل اصلی کاهش میزان ماده آلی زمین‌های کشاورزی بوده است (لطیفی و محمددوست، ۱۳۷۷). از سوی دیگر کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی باعث ایجاد آلودگی در محیط‌زیست از جمله تخریب فیزیکی خاک و عدم توازن عناصر غذایی خاک و نهایتاً صدمات اکولوژیک و افزایش هزینه‌های تولید شده است (Moradi *et al.*, 2011) یکی از راه‌کارهای رفع این مشکلات، امروزه مصرف انواع کودهای آلی در زمان مناسب با روش استفاده صحیح است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۹۲). اسیدهیومیک با ترکیبات آلی و مغذی حاصل از تجزیه میکروبی، بیولوژیک و شیمیایی هوموس یکی از بهترین کودهای بیولوژیک است (Khan *et al.*, 2013). اسیدهیومیک با وزن مولکولی ۳۰۰۰۰۰-۳۰۰۰۰ دالتون بخش عمده‌ای از مواد هیومیک طبیعی است که شامل بسیاری از گروه‌های شیمیایی کربوکسینیل، فنول، کربونیل، هیدروکسیل اتصال یافته با کربن‌های آلیفاتیک یا آروماتیک می‌باشد (Nardi *et al.*, 2002). عمدتاً تشکیل کمپلکس بین اسیدهیومیک و یون‌های معدنی باعث با افزایش جذب و فراهمی عناصر غذایی نظیر نیتروژن، پتاسیم، فسفر، کلسیم، منگنز، روی و آهن، افزایش جذب آب، افزایش محتوای کلروفیل و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی و در نتیجه باعث بهبود رشد و افزایش عملکرد گیاهان می‌شود (طباطبایی، ۱۳۹۳؛ دولت آبادی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Gayathri & Srinivasamurthy, 2016; Yuan *et al.*, 2017). نتایج بررسی دهقان‌زاده‌جزی و اداوی (۱۳۹۷) بر گیاه ذرت علوفه‌ای نشان داد که اسیدهیومیک به‌عنوان یک کود آلی در شرایط بدون تنش خشکی قابلیت افزایش وزن ساقه، برگ و بلال و رنگیزه‌های فتوسنتزی را داراست. عباسی و حمزه‌ئی (۱۳۹۶) نشان دادند که مصرف اسیدهیومیک، با افزایش وزن هزار دانه و افزایش تعداد دانه در سنبله، باعث افزایش عملکرد دانه گندم شد و کارآیی مصرف نیتروژن را نیز افزایش داد. آن‌ها همچنین بیان نمودند که می‌توان با مصرف اوره با پوشش گوگردی و کاربرد اسیدهیومیک، ضمن افزایش عملکرد نهایی محصول، هدرروی کودهای نیتروژنی را کاهش داد. در یک بررسی اثر اسیدهیومیک روی گیاه ذرت نشان داد که استفاده از اسیدهیومیک می‌تواند اثرات مثبتی را بر عملکرد دانه ذرت و برخی از صفات زراعی مرتبط با عملکرد دانه داشته باشد، که این کارکرد می‌تواند در نتیجه اثرات فیزیولوژیکی آن مانند گسترش بیش‌تر سطح برگ و دوام سطح برگ بالاتر و نتیجتاً افزایش طول بلال و تعداد دانه در ردیف باشد. به‌طورکلی کاربرد اسیدهیومیک می‌تواند سبب کاهش مصرف کودها شیمیایی و باعث کاهش آلودگی محیط‌زیست شود و همچنین به‌دلیل مصرف کم‌تر این نوع کودها هزینه کم‌تری را در پی خواهد داشت (قربانی و همکاران، ۱۳۸۹). مشایخی و همکاران (۱۳۹۸) طی بررسی خود اثر مثبت کاربرد اسیدهیومیک را بر عملکرد کمی و کیفی گیاه بابونه گزارش نمودند.

در دهه‌های اخیر کودهای فسفره با آزادسازی تدریجی یا کُندرها که به کودهای پوشش‌دار نیز معروف‌اند با این هدف تولید شده‌اند که به‌نحوی سرعت تثبیت کودهای فسفره را کنترل و کند نمایند. این نوع کودها از طریق ساخت ترکیبات شیمایی خاص با ویژگی حلالیت کم، پوشش دادن گرانول‌های کود و یا افزودن باکتری‌ها و مواد حل‌کننده فرم‌های غیرقابل جذب کود، ساخته می‌شوند که این پوشش می‌تواند موادی چون کود پلی‌فسفات کُندرها، اسیدهای آلی، اسیدهیومیک، زئولیت و گوگرد باشد (Bubba *et al.*, 2010). کودهای کندرها به‌دلایل مختلفی از قبیل افزایش کارایی و کاهش آب‌شویی عناصر غذایی، کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، کاهش هزینه‌های تولید در کشت گیاهان زراعی توصیه شده است (محمدی و همکاران، ۱۳۹۷). ضیائیان و کشاورز (۱۳۷۹) در بررسی خود بر گیاه سیب‌زمینی اظهار نمودند که کودهای کندرها نسبت به کودهای شیمیایی معمولی کاراتر عمل نموده و علی‌رغم این‌که این کودها تنها در یک مرحله مورد استفاده قرار می‌گیرند ولی مواد غذایی خود را به‌تدریج آزاد می‌کنند و اثر آن‌ها در خاک باقی می‌ماند، درنتیجه می‌توان بیان نمود که گیاه دیگر نیاز به کاربرد کود سرک در طول دوره رشد خود ندارد.

در نهایت می‌توان چنین بیان نمود که استفاده از اسیدهیومیک و کودهای کندرها علاوه‌بر افزایش در عملکرد ذرت، می‌تواند نقش به‌سزایی را در جهت نیل به اهداف کشاورزی پایدار ایفا کند؛ برهمین اساس این آزمایش با هدف بررسی اثر زمان کاربرد کود پلی‌فسفات کُندرها و ترکیبات هیومیکی بر برخی خصوصیات زراعی ذرت به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در شهرستان گتوند واقع در استان خوزستان با ارتفاع ۶۵ متر از سطح دریا اجرا شد. برخی از خصوصیات مهم فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش در جدول شماره ۱ ارائه شده است. فاکتور اول زمان کاربرد کود پلی‌فسفات کُندرها از منبع اسپیدر ۹۰ درصد ایکس‌گرین از شرکت بازرگانی سبز گل و ساخت اسپانیا در چهار سطح (چهار برگی، هشت برگی، قبل از ظهور گل تاجی و هنگام شیری شدن دانه) و فاکتور دوم زمان مصرف اسیدهیومیک از منبع هایپرهیوم ایکس‌گرین از شرکت بازرگانی سبز گل و ساخت آمریکا در چهار مرحله (چهار برگی، هشت برگی، قبل از ظهور گل تاجی و هنگام شیری شدن) بود. کودهای پلی‌فسفات کندرها و اسیدهیومیک به‌ترتیب در هر مرحله به میزان ۱۰ و ۱/۵ لیتر در هکتار (بر اساس توصیه درج شده بر روی بسته‌بندی کودها) مخلوط در آب آبیاری به زمین داده شدند.

خاک مزرعه ابتدا توسط گاوآهن برگردان‌دار، به عمق ۳۰ سانتی‌متر شخم زده شد و بعد از آن نسبت به توزیع یک سوم کود اروه به میزان ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم اقدام شد.

جدول ۱: نتایج تجزیه خاک محل اجرای آزمایش قبل از انجام آزمایش

عمق خاک (سانتی‌متر)	pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر سانتی‌متر)	نیتروژن کل خاک (درصد)	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل تبادل (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	مواد آلی (درصد)	بافت خاک
۰-۳۰	۷/۰۵	۳/۱۵	۰/۰۴۵	۶/۰۵	۲۰۸/۲	۰/۴۲۳	لوم
۳۰-۶۰	۷/۲۵	۳/۵۲	۰/۰۳۲	۵/۹۶	۲۱۰	۰/۳۱۱	لوم

باقی‌مانده کود اوره به میزان یک سوم (۱۳۰ کیلوگرم در هکتار) در شش برگی و یک سوم در ظهور گل تاجی انجام شد. سپس دو دیسک عمود برهم جهت خردکردن کلوخه‌ها زده شد. پس از انجام عملیات دیسک‌زنی، مزرعه دوبار به‌صورت مورب عمود برهم ماله‌زنی شد. در ادامه توسط فاروئر پشته‌هایی به عرض ۷۵ سانتی‌متر ایجاد گردید. پس از ایجاد خطوط کاشت، نهرهای آبیاری توسط نهرکن احداث شده و سپس بر اساس نقشه طرح، کرت‌های آزمایشی توسط مرز بند ایجاد گردید. هر واحد آزمایشی شامل شش خط کشت به‌طول چهار متر بود. فاصله بوته روی ردیف ۲۰-۱۷ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بذر مصرفی، ذرت هیبرید AS71 که رقمی نیمه‌دیرس، با وزن هزار دانه ۳۷۰ گرم و عملکرد دانه ۱۴-۱۶ تن در هکتار بود. عملیات کاشت در نیمه دوم مرداد با میزان تراکم هشت بوته در مترمربع انجام شد. آبیاری به‌صورت نشتی (جوی و پشته) انجام گرفت. در هر کرت خط کشت وسط جهت عملکردگیری و خط کشت سوم جهت نمونه‌گیری استفاده شد. جهت مبارزه با علف‌های‌هرز از مخلوط علف‌کش نیکوسولفورون + برمایسیدام آ به‌نسبت دو + یک لیتر در هکتار در مرحله چهاربرگی و دو مرحله وجین دستی در مراحل هشت و ۱۲ برگی استفاده شد. جهت مبارزه با آفت برگ‌خوار ذرت در مرحله چهار و شش برگی ذرت به‌ترتیب از حشره‌کش بیولوژیک بی تورین به‌میزان دو لیتر در هکتار و پنج قوطی زنبور هابروبراکون استفاده گردید. در مزرعه بیماری خاصی مشاهده نشد.

بعد از ظهور کامل گل تاجی و هم‌زمان با تشکیل کامل بلال (زمان توقف رشد طولی گیاه) ارتفاع پنج بوته در هر کرت به‌طور تصادفی از زمین (پایه گیاه) تا اولین شاخه فرعی گل تاجی (ارتفاع کل) اندازه‌گیری شد. قطر ساقه نیز از همان پنج بوته با کولیس مورد ارزیابی قرار گرفت. به‌منظور بررسی میزان و سهم انتقال مجدد و فتوسنتز جاری، در مرحله گرده افشانی و نیز هفت روز بعد از گرده افشانی (نقطه اوج)، از هر کرت، پس از حذف حواشی، پنج بوته از خطوط نمونه‌برداری برداشت و وزن خشک کل آن‌ها محاسبه گردید در پایان دوره رشد گیاه نیز عملکرد دانه و وزن خشک ساقه و برگ (با کسر عملکرد دانه از ماده خشک کل) محاسبه شد و با استفاده از رابطه‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ پارامترهای مورد نظر محاسبه گردید (ستوده و علوی فاضل، ۱۳۹۹).

رابطه ۱: ماده خشک اندام‌های رویشی در مرحله گردافشانی - ماده خشک اندام های رویشی در نقطه اوج خشک = میزان انتقال مجدد ماده خشک

رابطه ۲: ۱۰۰× (عملکرد دانه/ میزان انتقال مجدد) = سهم انتقال مجدد از دانه

رابطه ۳: میزان توزیع مجدد – عملکرد دانه = میزان ماده خشک حاصل از فتوسنتز جاری

رابطه ۴: سهم توزیع مجدد مواد ذخیره‌ای (درصد) - ۱۰۰ = سهم فتوسنتز جاری (درصد)

پس از رسیدن گیاه به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (در تاریخ ۹۶/۹/۱۰) و پیدا شدن لایه سیاه در محل اتصال دانه به چوب بلال، عملیات برداشت با در نظر گرفتن اثر حاشیه از یک مترمربع انجام شد. طول و قطر بلال، تعداد ردیف در هر بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه با استفاده از پنج بلال که به‌طور تصادفی جدا شده بودند، محاسبه گردید. در زمان برداشت، میزان رطوبت دانه‌های هر کرت تعیین و وزن دانه ها بر اساس رطوبت ۱۴ درصد و بر حسب تن در هکتار محاسبه گردید. پس از آسیاب نمودن نمونه‌های خشک شده، مقدار نیتروژن دانه توسط دستگاه کجلدال (Bremner & Breitenbeck, 1983) تعیین شد. میزان پروتئین اندام‌های مختلف از حاصل‌ضرب نیتروژن کجلدال در ۶/۲۵ به‌دست آمد (Cox & Cherney. 2001). آنالیز واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (9.2) و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال خطای پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

قطر و ارتفاع ساقه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات تیمارهای پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک و نیز اثر متقابل پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک بر قطر و ارتفاع ساقه در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که بیش‌ترین قطر ساقه در ترکیب تیماری کاربرد پلی‌فسفات کُندرها در مرحله چهار برگی × کاربرد اسیدهیومیک در مرحله چهار برگی و هشت برگی و کم‌ترین قطر ساقه در کاربرد پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک در مرحله شیری شدن بلال به‌دست آمد که حدود ۳۹ درصد اختلاف داشتند (جدول ۳). همچنین نتایج نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع ساقه نیز در ترکیب تیماری کاربرد پلی‌فسفات کُندرها در مرحله چهار برگی × کاربرد اسیدهیومیک در مرحله چهار برگی و کم‌ترین ارتفاع ساقه در کاربرد پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک در مرحله شیری شدن بلال به‌دست آمد که حدود ۳۲ درصد اختلاف را نشان دادند (جدول ۳).

با توجه به نتایج به‌دست آمده با تأخیر در کاربرد پلی‌فسفات کندرها و اسیدهیومیک، قطر و ارتفاع ساقه کاهش چشم‌گیری پیدا نمود. چنین به‌نظر می‌رسد که با توجه به افزایش ارتفاع و قطر ساقه در ابتدای دوره رشد و توقف رشد آن بعد گل‌دهی این نتیجه دور از ذهن نیست؛ از سوی دیگر فراهم بودن پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک در مراحل اولیه رشد (مرحله چهار برگی) این فرصت را به گیاه می‌دهد تا گیاه از منابع غذایی و شرایط مناسب ایجاد شده در مدت طولانی‌تری نسبت به

سایر تیمارها (مرحله هشت برگی) بهره برده و امکان رشد طولی و افزایش ارتفاع بوته بیش‌تر فراهم شود.کاربرد کودهای کُندرها با افزایش میزان قابلیت اثر عناصر مورد استفاده (اکبری و همکاران، ۱۴۰۰)، رشد گیاه را تحت اثر قرار داده و باعث افزایش شاخص سطح برگ، کلروفیل و فتوسنتز در گیاه شده و در نهایت موجب افزایش رشد رویشی، قطر و ارتفاع ساقه در گیاه می‌شود (Ali *et al.*, 2014). همچنین اسیدهیومیک با افزایش جذب عناصر غذایی پُرمصرف و کم‌مصرف در گیاهان سبب افزایش رشد، قطر و ارتفاع ساقه می‌شود که نتایج این آزمایش با نتایج به‌دست آمده توسط سریر و دورانی (2006) بر گیاه ذرت مطابقت داشت.

جدول ۲: تجزیه واریانس اثر مرحله کاربرد پلی‌فسفات کُندرها و اسید هیومیک بر برخی صفات مورفولوژیک ذرت

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		قطر ساقه	ارتفاع ساقه	قطر بلال	طول بلال
تکرار	۲	۰/۰۰۶ **	۱۳/۳۰ *	۰/۰۷ *	۰/۱۲ **
فسفات کُند رها	۳	۲/۲۰ **	۱۲۹۴/۵۸ **	۳/۴۶ **	۱۵/۳۵ **
اسید هیومیک	۳	۱/۱۳ **	۱۵۴۹/۲۶ **	۵/۳۹ **	۲۹/۸۰ **
اسید هیومیک× فسفات کُند رها	۹	۰/۵۸ **	۴۹۷/۴۹ **	۴/۸۰ **	۸/۵۰ **
خطا	۳۰	۰/۰۹	۴۷/۳۰	۰/۰۸	۰/۱۸
ضریب تغییرات (درصد)	-	۴/۵۸	۱۲/۸۴	۵/۰۳	۱۰/۱۴

** و * به‌ترتیب نشان دهنده‌ی معنی داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد می‌باشد.

جدول۳: مقایسه میانگین برخی صفات مورفولوژیک ذرت تحت اثر مرحله کاربرد پلی‌فسفات کُندرها و اسید هیومیک

تیمارها		قطر ساقه (سانتی‌متر)	ارتفاع ساقه (سانتی‌متر)	قطر بلال (سانتی‌متر)	طول بلال (سانتی‌متر)
مرحله کاربرد فسفات کُند رها	مرحله کاربرد اسید هیومیک				
چهار برگی	چهار برگی	۲/۸۸a	۲۱۲/۲۲a	۴/۳۳a	۲۳/۱۰a
	هشت برگی	۲/۸۶a	۱۹۷/۶۴b	۴/۳۳a	۲۲/۴۸b
	قبل از ظهور گل تاجی	۲/۰۶cd	۱۵۶/۳۹e	۴/۳۲a	۱۶/۳۰g
	شیری شدن دانه	۲/۰۸cd	۱۴۴/۲۶g	۴/۳۱a	۱۷/۸۶ e
هشت برگی	چهار برگی	۲/۲۴bc	۱۶۵/۲۸d	۴/۳۲a	۲۲/۷۱b
	هشت برگی	۲/۳۵b	۱۷۷/۰۹c	۴/۳۳a	۲۲/۴۳b
	قبل از ظهور گل تاجی	۲/۱۴cd	۱۵۷/۷۲e	۴/۰۸d	۱۸/۱۵d
	شیری شدن دانه	۲/۱۱cd	۱۵۶/۴۸e	۴/۳۰ab	۱۸/۵۱cd
قبل از ظهور گل تاجی	چهار برگی	۲/۰۳d	۱۵۶/۹۰e	۴/۳۰ ab	۱۸/۴۳cd
	هشت برگی	۲/۰۵d	۱۵۶/۷۰e	۴/۳۰ ab	۱۸/۲۸cd
	قبل از ظهور گل تاجی	۲/۰۷cd	۱۵۶/۲۸e	۴/۲۲cd	۱۸/۷۳c
	شیری شدن دانه	۲/۰۳d	۱۵۵/۹۷e	۴/۲۴c	۱۸/۱۸d
شیری شدن دانه	چهار برگی	۲/۰۹cd	۱۵۷/۲۷e	۴/۳۱a	۱۸/۶۵cd
	هشت برگی	۲/۰۱d	۱۵۶/۸۰e	۴/۲۹b	۱۸/۱۵d
	قبل از ظهور گل تاجی	۲/۰۹cd	۱۵۰/۱۵f	۴/۳۱a	۱۷/۹۴e
	شیری شدن دانه	۱/۷۵e	۱۴۱/۲۲ gh	۳/۸۵e	۱۷/۹۵e

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج درصد (آزمون دانکن).

قطر و طول بلال

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات تیمارهای پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک و نیز اثر متقابل پلی‌فسفات کُندرها و

اسیدهیومیک بر قطر و طول بلال در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که کاربرد پلی فسفات کندرها یا اسیدهیومیک در مراحل ابتدای رشد گیاه می‌تواند بالاترین قطر بلال را تولید نماید ولی کاربرد دیرهنگام این مواد حتی به‌طور توامان باعث ایجاد نازک‌ترین بلال‌ها خواهد شد (جدول ۳). شاید دلیل این که با تاخیر در کاربرد مواد تغذیه‌ای کم‌ترین قطر بلال به‌دست آمد، آن باشد که فراهمی ترکیباتی مانند پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک در این مراحل نمی‌تواند اثر بخشی چندانی بر رشد گیاه داشته باشد خلاصه آن که این ترکیبات برای این‌که اثر خود را بر رشد نمایان سازند نیاز به زمان دارند و عرضه اسیدهیومیک و پلی‌فسفات کندرها به گیاه در مراحل آخر رشد و نمو اثر به‌سزایی بر رشد گیاه ندارد (بازیار، ۱۳۸۵).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که بیش‌ترین طول بلال در ترکیب تیماری کاربرد پلی‌فسفات کُندرها در چهار برگی × کاربرد اسیدهیومیک در چهار برگی حاصل شد و با تأخیر در کاربرد پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک طول بلال‌ها کاهش یافت (جدول ۳). احتمالا فراهمی پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک در مراحل اولیه رشد (چهار برگی) باعث می‌شود که این مواد فرصت بیش‌تری برای اثرگذاری مفید بر روند رشد و نمو گیاه داشته و شرایط لازم برای رشد و نمو در مراحل بعدی را بهتر فراهم می‌سازد. بنا به‌نظر مقصودی و همکاران (۱۳۹۳) افزایش طول بلال تحت اثر فراهمی مواد غذایی در زمان تشکیل دانه‌ها است و کاربرد مواد غذایی کنداثر باعث افزایش فراهمی این عناصر در دوره تشکیل دانه می‌شود. نکته قابل توجه در نتایج این آزمایش این است که جهت افزایش طول بلال کاربرد زودهنگام و هم‌زمان دو عامل آزمایش لازم است درحالی‌که در صفت قطر بلال با کاربرد یکی از دو ماده مورد بررسی در ابتدای رشد گیاه حداکثر قطر حاصل گردید. محمدی و همکاران (۱۳۹۷) بیان نمودند که استفاده از کودهایی با آزادسازی تدریجی، جذب کاتیون‌ها توسط گیاه را تسهیل کرده و باعث بهبود کارایی استفاده از این منابع در خاک می‌شود؛ همچنین اسیدهیومیک با اثر بر واکنش‌های بیوشیمیایی دیواره سلولی، غشای سلول و حتی سیتوپلاسم باعث افزایش جذب عناصر غذایی پُرمصرف و کم‌مصرف در گیاهان شده و زمینه را برای افزایش رشد و عملکرد گیاه فراهم می‌سازد.

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه از جمله مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده عملکرد است. داشتن دانه‌های قوی و کامل می‌تواند تضمین‌کننده عملکرد دانه مناسب باشد. تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمارهای پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک و اثر متقابل پلی‌فسفات کُندرها × اسیدهیومیک بر وزن هزار دانه در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین برای اثر متقابل نشان داد که در بین سطوح تیمارها بیش‌ترین وزن هزار دانه از ترکیبات تیماری چهار برگی پلی‌فسفات کُندرها با چهار یا هشت برگی اسیدهیومیک و کم‌ترین وزن هزار دانه در کاربرد هر دو ماده در مرحله شیری شدن بلال

به‌دست آمد و طبق نتایج به‌دست آمده تیمار کاربرد اسیدهیومیک و پلی‌فسفات کندرها در مرحله چهار برگی نسبت به مرحله شیری شدن بلال، حدوداً ۱۹ درصد وزن هزار دانه را افزایش داد (جدول ۵).

به‌نظر می‌رسد که ذرت در دو ماه اول رشد، بیش‌ترین نیاز را به مواد غذایی دارد (Cardwell, 1982) و کاربرد اسیدهیومیک و پلی‌فسفات کندرها در مراحل ابتدایی رشد می‌تواند با بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه، بافت‌های فتوسنتزی را حفظ نماید و در نتیجه وزن هزار دانه را افزایش دهد. بازیار و همکاران (۱۳۸۵). طی بررسی خود بر روی گیاه ذرت گزارش نمودند که کاربرد عناصر غذایی خصوصا کود نیتروژن در مراحل ابتدای رشد گیاه باعث افزایش ظرفیت تولیدی گیاه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه می‌شود. از سوی دیگر عوامل زیستی درون خاک مانند انواع باکتری‌های آزادزی، انواع قارچها ، جلبک‌ها و نیز جانورانی مانند کرم‌های خاکی و حشرات می‌توانند بر میزان کارایی کودها تأثیر بگذارند و در این میان مرحله و زمان کاربرد و نیز میزان فراهمی کودها می‌تواند نقش اساسی داشته باشد زیرا که فرآیندهای زیستی فرآیندهایی زمان‌بر هستند بنابراین کاربرد زودتر کودها بویژه در کودهای کندرها این فرصت را به عوامل زیستی درون خاک می‌دهد تا با در داشتن زمان و فرصت مناسب و کافی بتوانند با اثر هم‌افزایی با کودها، فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را به صورت موازی و همراه با مراحل رشد و نمو گیاه زراعی افزایش دهند (اکبری و همکاران، ۱۴۰۰)،. تغذیه مناسب گیاه در مراحل مقدماتی و میانه رشد و نمو ، زمینه ساز ایجاد بالاتر رفتن سطح و عرضه مواد فتوسنتزی و همچنین ذخیره بیشتر مواد برای انتقال مجدد در مرحله پر شدن دانه است. در چنین شرایطی، در مراحل آخر رشد و نمو، محدودیت مبداء برای تأمین نیازهای مقصد (دانه) برطرف شده و امکان افزایش وزن هزار دانه فراهم می‌گردد.

جدول ۴: تجزیه واریانس اثر مرحله کاربرد پلی‌فسفات کُندرها و اسید هیومیک بر برخی صفات عملکردی ذرت

		میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن هزار دانه	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف در بلال	تعداد بلال در بوته	عملکرد دانه	پروتئین دانه
تکرار	۲	۰/۲۶ ns	۰/۱۶ *	۰/۰۰۷ *	۰/۰۰۳ ns	۴۶۵۱۱/۹ **	۰/۰۴۷ **
فسفات کُند رها	۳	۳۱۹/۱۳ **	۳۷/۹۳ **	۰/۲۷۴ **	۰/۴۵۷ **	۱۴۱۴۵۲۹۵/۲ **	۴/۲۲۰ **
اسید هیومیک	۳	۴۲۶/۶۱ **	۴۹/۱۷ **	۰/۲۸۷ **	۰/۱۷۸ **	۳۳۳۷۴۵۵۵/۹ **	۸/۷۰۰ **
اسید هیومیک× فسفات کُند رها	۹	۸۳/۴۳ **	۴/۹۷ **	۰/۰۲۶ *	۰/۰۵۲ **	۵۲۶۹۲۹۶۱/۱ **	۰/۵۹۰ **
خطا	۳۰	۰/۸۴	۰/۲۳	۰/۰۰۹	۰/۰۰۷	۴۷۶۵۳/۰	۰/۰۸۷
ضریب تغییرات٪	-	۶/۷	۶/۵۳	۱۱/۸۴	۴/۰۷	۷/۹۷	۹/۱۰

**، * و ns به‌ترتیب نشان دهنده‌ی معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد، پنج درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

جدول۵: مقایسه میانگین برخی صفات عملکردی ذرت تحت اثر مرحله کاربرد پلی‌فسفات کُندرها و اسید هیومیک

تیمارها		وزن هزار دانه (گرم)	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف در بلال	تعداد بلال در بوته	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	پروتئین دانه (درصد)
مرحله کاربرد فسفات کُند رها	مرحله کاربرد اسید هیومیک						
چهار برگی	چهار برگی	۳۷۸/۴۲ab	۳۷/۲۸b	۱۴/۶۰a	۱/۶۷a	۱۱۵۰۵/۹۰b	۸/۷۲ab
	هشت برگی	۳۸۱/۱۶a	۳۸/۶۲a	۱۴/۴۶a	۱/۵۶b	۱۲۳۳۹/۵۰a	۸/۹۱a
	قبل از ظهور گل تاجی	۳۴۱/۳۹ef	۳۴/۴۱d	۱۴/۲۰b	۱/۵۱b	۶۶۸۱/۷۰ h	۷/۲۰de
	شیری شدن دانه	۳۳۶/۶۰g	۳۱/۴۹g	۱۴/۱۹b	۱/۵۰b	۶۶۴۲/۶۰h	۷/۱۵ de
هشت برگی	چهار برگی	۳۶۶/۷۴c	۳۴/۶۰d	۱۴/۵۰a	۱/۵۰b	۱۰۱۱۱/۲۰d	۸/۶۹ab
	هشت برگی	۳۷۵/۳۰b	۳۶/۴۰c	۱۴/۲۱b	۱/۵۵b	۱۰۹۳۳/۷۴c	۸/۴۳b
	قبل از ظهور گل تاجی	۳۴۱/۶۰e	۳۳/۴۸ef	۱۴/۲۰b	۱/۱۰c	۸۴۳۷/۷۰f	۷/۲۹d
	شیری شدن دانه	۳۴۱/۲۰e	۳۳/۲۸f	۱۴/۱۹b	۱/۱۱c	۶۵۴۲/۵۰h	۶/۹۵e
قبل از ظهور گل تاجی	چهار برگی	۳۴۸/۸۸d	۳۳/۶۱e	۱۴/۱۹b	۱/۱۱c	۹۱۵۸/۳۸e	۸/۶۸ab
	هشت برگی	۳۳۹/۳۸fg	۳۳/۵۰e	۱۴/۱۹b	۱/۱۱c	۷۱۴۰/۵۰g	۸/۴۱bc
	قبل از ظهور گل تاجی	۳۳۸/۸۸f	۳۳/۴۸ef	۱۴/۲۰b	۱/۱۱c	۶۷۹۴/۹۰h	۶/۷۳f
	شیری شدن دانه	۳۳۷/۲۸fg	۳۱/۴۹g	۱۴/۰۱bc	۱/۱۱c	۶۴۷۰/۳۰hi	۷/۰۱de
شیری شدن دانه	چهار برگی	۳۴۴/۶۶de	۳۳/۷۰e	۱۴/۱۹b	۱/۵۰b	۹۱۹۷/۳۸e	۸/۳۹c
	هشت برگی	۳۴۱/۱۴e	۳۳/۶۶e	۱۴/۱۹b	۱/۱۳c	۶۵۹۲/۹۰h	۷/۰۸de
	قبل از ظهور گل تاجی	۳۲۶/۵۰h	۳۱/۴۹g	۱۴/۰۹bc	۱/۱۱c	۶۵۱۳/۴۰h	۶/۱۶ g
	شیری شدن دانه	۳۰۵/۳۰i	۳۱/۴۹g	۱۳/۹۳c	۱/۰۸c	۶۴۱۷/۵۰hi	۵/۹۸gh

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج درصد (آزمون دانکن).

تعداد دانه در ردیف

بررسی جدول ۴ تجزیه واریانس نشان داد که اثر کلیه عوامل آزمایشی بر این صفت معنی‌دار گردید. بیش‌ترین تعداد دانه در ردیف در ترکیب تیماری کاربرد پلی‌فسفات کُندرها در مرحله چهار برگی × کاربرد اسیدهیومیک در مرحله هشت برگی (۳۸/۶۲ دانه) و کم‌ترین تعداد دانه در ردیف در ترکیب تیماری کاربرد پلی‌فسفات کُندرها در مرحله شیری شدن بلال × کاربرد اسیدهیومیک در مرحله شیری شدن بلال به‌دست آمد که این تیمار با کلیه تیمارهایی که در آن‌ها کاربرد اسیدهیومیک در مرحله شیری شدن بلال انجام گرفت اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵). این نتایج بیانگر اثر قوی‌تر اسیدهیومیک نسبت به پلی‌فسفات کندرها است که با تأخیر در کاربرد آن به‌شدت میزان تعداد دانه کاهش می‌یابد. چنین به‌نظر می‌رسد که وجود یک همبستگی مثبت قوی و معنی‌دار بین طول و تعداد ردیف در بلال (مسجی‌باهوش و همکاران، ۱۳۸۹) باعث شده که کاربرد این دو کود در ابتدای مراحل رشد گیاه از طریق افزایش طول بلال باعث افزایش تعداد دانه در ردیف بلال گردد (جدول ۳). یکی از مشکلات زراعت ذرت تابستانه در خوزستان بالا بودن دمای هوا در مرحله گرده افشانی و پر شدن دانه است که می‌تواند باعث کاهش تعداد دانه در ردیف به‌ویژه در بخش نوک بلال شود. فراهمی عناصر غذایی به‌ویژه عناصری که باعث کاهش تنش‌های محیطی می‌شوند می‌تواند در افزایش تعداد دانه در ردیف موثر باشند.

Buba و همکاران (2010)، نیز در تحقیقی اثرات پنج میزان کود فسفره کُندرها (۱۰۰، ۱۴۰، ۱۸۰، ۲۶۰،۲۰۰ کیلوگرم فسفر خالص) را بر عملکرد دانه و اجزای آن در ذرت هیبرید Sc۷۰۴ بررسی کردند و در این آزمایش مشخص گردید افزایش میزان فسفر، افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه، تعداد دانه در ردیف بلال و عملکرد دانه را به دنبال دارد که با نتایج این آزمایش همخوانی داشت. نتایج قربانی و همکاران (۱۳۸۹) و ابراهیمی و همکاران، (۱۴۰۱) نشان داد که کاربرد به‌موقع اسیدهیومیک بر تعداد دانه در ردیف و طول بلال ذرت اثر معنی‌داری داشت.

تعداد ردیف در بلال

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تیمارهای پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک در سطح یک درصد و اثر متقابل پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک بر تعداد ردیف دانه در بلال در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی‌دار بود (جدول۴). نتایج نشان داد که با کاربرد هم‌زمان پلی‌فسفات کُندرها در مرحله چهار برگی و اسیدهیومیک در مرحله چهار برگی یا هشت برگی، می‌توان بالاترین تعداد ردیف در بلال را به‌دست آورد اما با تأخیر در کاربرد پلی‌فسفات تنها با کاربرد اسیدهیومیک در مرحله چهاربرگی می‌توان میزان حداکثر تعداد ردیف را به‌دست آورد. کم‌ترین تعداد ردیف در بلال در ترکیب تیماری کاربرد پلی‌فسفات کُندرها در مرحله شیری شدن بلال × کاربرد اسیدهیومیک در مرحله شیری شدن بلال به‌دست آمد (جدول ۵). امینی و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی اثر ترکیب کودهای کُندرها و اسیدهیومیک با اوره بر برخی صفات زراعی ذرت گزارش کرد که کاربرد هم‌زمان ترکیب کودهای کُندرها و اسیدهیومیک با اوره بر تعداد دانه و ردیف در بلال اثر مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد داشت. آینه بند (۱۳۹۳) گزارش کرد که با کاربرد هم‌زمان کودهای پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک به‌خصوص در اوایل رشد به‌دلیل فراهمی مناسب عناصر، راندمان تولید افزایش می‌یابد.

تعداد بلال در بوته

تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمارهای پلی‌فسفات کُندرها، اسیدهیومیک و اثر متقابل پلی‌فسفات کُندرها و اسید هیومیک بر تعداد بلال در بوته در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بودند (جدول۴). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که بیش‌ترین تعداد بلال در بوته در ترکیب تیماری کاربرد پلی‌فسفات کُندرها در مرحله چهار برگی × کاربرد اسیدهیومیک در مرحله چهار برگی و کم‌ترین تعداد ردیف در بلال در ترکیب تیماری کاربرد پلی‌فسفات کُندرها در مرحله شیری شدن بلال × کاربرد اسیدهیومیک در مرحله شیری شدن بلال به‌دست آمد؛ همچنین مشخص شد که تعداد بلال مانند تعداد ردیف در بلال حساسیت بالایی به مرحله کاربرد پلی‌فسفات کندرها دارد و با تأخیر در کاربرد آن میزان تعداد بلال به‌شدت کاهش می‌یابد (جدول ۵). افزایش فسفر به خاک خصوصا در مراحل ابتدای رشد گیاه ذرت نه تنها نیاز گیاه به این عنصر را مرتفع می‌سازد بلکه با افزایش جذب عناصری مانند روی، پتاسیم و منیزیم باعث افزایش مواد فتوسنتزی اختصاص یافته به بخش

زایشی گیاه می‌گردد و در نتیجه افزایش تعداد بلال و عملکرد دانه را ایجاد می‌نماید (Zeidan, 2007).

عملکرد دانه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تیمارهای پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک و اثر متقابل پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول۴). بیش‌ترین عملکرد دانه در ترکیب تیماری کاربرد پلی‌فسفات کُندرها در مرحله چهار برگی × کاربرد اسیدهیومیک در مرحله هشت برگی و کم‌ترین عملکرد دانه در ترکیب تیماری کاربرد پلی‌فسفات کُندرها در مرحله شیری شدن بلال × کاربرد اسیدهیومیک در مرحله شیری شدن بلال به‌دست آمد که این تیمار نسبت به کاربرد پلی‌فسفات کندرها در مرحله چهار برگی و کاربرد اسیدهیومیک در مرحله هشت برگی افت ۴۷ درصدی عملکرد دانه را نشان داد (جدول۵). کاربرد هم‌زمان اسیدهیومیک و پلی‌فسفات کندرها در مراحل ابتدایی رشد ابتدا وزن هزار دانه، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف در بلال و تعداد بلال در بوته را افزایش و در نهایت موجب شد عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یابد (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد که استفاده از کودهایی با آزادسازی تدریجی، انتقال کاتیونی، به‌ویژه کاتیون‌های فسفر، سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در خاک و جذب آن‌ها توسط گیاه را تسهیل کرده و باعث بهبود کارایی استفاده از این منابع در خاک می‌شود (Gabbris & Nokovic, 1992). اسیدهیومیک نیز بر واکنش‌های بیوشیمیایی دیواره سلولی، غشای سلول و حتی سیتوپلاسم اثر می‌گذارد؛ این ترکیب، با افزایش جذب عناصر غذایی پُرمصرف و کم‌مصرف در گیاهان سبب افزایش رشد و عملکرد آن‌ها می‌شود (ابراهیمی و همکاران، ۱۴۰۱ ; Chen & Aviad, 1990). در نتیجه کاربرد هم‌زمان این کودها در مراحل ابتدایی رشد نسبت به کاربرد جداگانه آن‌ها، علاوه‌بر وجود فرصت کافی برای اثرگذاری این کودها بر رشد گیاه، نقاط ضعف موجود در هر یک از دو نوع کود اعم از کمبود مواد آلی، وجود محرک‌های مختلف رشد یا تفاوت در محتوی عناصر غذایی را جبران می‌نماید و با تأمین بهتر عناصر غذایی همراه با بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک، شرایط را برای افزایش جذب عناصرغذایی، بهبود تولید و افزایش عرضه مواد پرورده به بلال و در نهایت افزایش میزان عملکرد دانه در واحد سطح فراهم می‌آورد. جهان و همکاران (۱۳۹۵) طی بررسی خود بر ذرت دانه‌ای نتایج مشابهی را به‌دست آوردند. کاربرد کودهای کندرها مانند پلی‌فسفات کندرها می‌تواند پتانسیل اسمزی نامطلوبی را در خاک برای ریشه گیاه ایجاد نماید زیرا کاربرد به یکباره و با دوز بالای کودهای شیمیایی می‌تواند پتانسیل اسمزی نامناسبی را در خاک برای ریشه گیاه ایجاد نماید و به مانند نمک‌ها باعث القاء تنش شوری در گیاه، هرچند در کوتاه مدت شود و در نهایت از عملکرد گیاه بکاهد. کاربرد هم‌زمان اسیدهیومیک و پلی‌فسفات کندرها می‌تواند در کاهش اثرات تنش‌های محیطی مانند شوری آب و خاک و نیز دمای بالا در خوزستان بر اجزای عملکرد دانه ذرت تأثیر گذاشته و منجر به افزایش عملکرد شود (امیری و همکاران، ۱۴۰۱).

درصد پروتئین دانه

اثر کلیه عوامل مورد بررسی و اثر متقابل آن‌ها بر درصد پروتئین دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول۴). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نشان داد که کاربرد زودهنگام کودها به‌دلیل تأمین به‌موقع عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و جلوگیری از هدرروی آن‌ها به‌دلیل آزادسازی تدریجی، بیش‌ترین درصد پروتئین دانه را ایجاد کرد به‌طوری‌که تیمارهای کاربرد اسیدهیومیک و پلی‌فسفات کندرها در مرحله چهار و هشت برگی توانستند بالاترین میزان پروتئین دانه را ایجاد نمایند و با تأخیر در کاربرد این کودها میزان درصد پروتئین دانه کاهش نشان داد (جدول ۵). فراهم بودن پلی‌فسفات کُندرها و اسیدهیومیک در مراحل اولیه رشد (مرحله چهار برگی) این فرصت را به گیاه می‌دهد تا گیاه از منابع غذایی و شرایط مناسب ایجاد شده در مدت طولانی‌تری بهره برده و امکان افزایش درصد پروتئین دانه بیش‌تر فراهم شود. مجدم و همکاران (۱۳۹۵) با مطالعه اثر کاربرد اسیدهیومیک بر عملکرد گندم گزارش نمودند که محلول‌پاشی با ترکیبات اسیدهیومیک محتوی پروتئین دانه را تا (۱۲ درصد) افزایش داد. آن‌ها بیان کردند که افزایش دسترسی به عناصر معدنی خصوصاً عناصری مانند نیتروژن و روی تحت اثر کاربرد کود آلی هیومیک، منجر به افزایش نسبت پروتئین به کربوهیدرات دانه شده است. در تحقیقی اثر مصرف کود کندرها را بر عملکرد دانه، اجزای آن و همچنین درصد پروتئین دانه ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ بررسی شد (باقری و همکاران، ۱۳۹۱) و مشخص گردید کاربرد کود کندرها باعث افزایش معنی‌دار درصد پروتئین دانه می‌گردد. نکته قابل ذکر در نتایج درصد پروتئین دانه این موضوع است که در این آزمایش برخلاف نتیجه اکثر بررسی‌های پیشین مبنی بر کاهش درصد پروتئین با افزایش میزان عملکرد دانه، میزان درصد پروتئین نه تنها کاهش نیافت بلکه روندی افزایشی را نیز نشان داد. می‌توان دلیل این امر را شیوه اثر کودهای مورد کاربرد در این آزمایش نسبت به کودهای شیمیایی دانست که با آزادسازی تدریجی و به‌موقع عناصر غذایی در سرتاسر فصل رشد زمینه را برای افزایش هم‌زمان عملکرد دانه و درصد پروتئین دانه فراهم می‌نمایند. ممکن است افزایش درصد پروتئین دانه ذرت تحت تأثیر کودهای مورد استفاده در آزمایش، مربوط به بالا رفتن درصد پروتئین آندوسپرم یا جنین دانه و یا هر دو باشد. در دانه ذرت، آندوسپرم حدود هشت درصد و جنین حدود ۱۸ درصد پروتئین دارند.

میزان و سهم انتقال مجدد و فتوسنتز جاری

در این تحقیق، اثر زمان کاربرد پلی‌فسفات کندرها، اسیدهیومیک و برهم‌کنش آن‌ها بر میزان و سهم فتوسنتز جاری و انتقال مجدد معنی‌دار شد (جدول ۶). بررسی نتایج مقایسه میانگین تیمارها مشخص نمود که کاربرد پلی‌فسفات کندرها در مرحله چهار برگی و اسیدهیومیک در مرحله‌ی هشت برگی با متوسط ۹۰۴/۰۸ گرم در مترمربع بالاترین میزان فتوسنتز جاری را داشت. از نظر سهم فتوسنتز جاری نیز کاربرد پلی‌فسفات کندرها در چهار و هشت برگی و کاربرد اسیدهیومیک نیز

در همین مراحل توانست بالاترین سهم فتوسنتز جاری را ایجاد نماید. احتمالا کاربرد این کودها در مراحل ابتدایی رشد، موجب استقرار بهتر گیاه و فراهم شدن مواد غذایی در دسترس گیاه از لحاظ فیزیکی و شیمیایی شده، دوام و میزان سطح برگ را افزایش داده، در نتیجه باعث افزایش میزان و سهم فتوسنتز جاری در تولید دانه می‌شوند (رهی و همکاران، ۱۳۹۱) (جدول ۷). هم‌چنین اسیدهیومیک با تشکیل کمپلکس با یون‌های مغذی خاک، اثر بر تنفس و فتوسنتز و متابولیسم اسیدهای نوکلئیک از طریق فعالیت‌های شبه هورمونی سهم و میزان فتوسنتز جاری را افزایش داد (khan *et al*., 2013 ; قاسمی و همکاران، ۱۳۹۱).

بررسی نتایج میزان انتقال مجدد نشان داد که در تیمارهای کاربرد کودهای پلی‌فسفات کندرها و اسید هیومیک در چهار و هشت برگی بالاترین میزان انتقال مجدد مشاهده شد همین‌طور نتایج نشان داد که در تیمارهای کاربرد فسفات کندرها در قبل از ظهور گل تاجی × اسیدهیومیک در هشت برگی و تیمار کاربرد فسفات کندرها در شیری شدن دانه × اسیدهیومیک در چهار برگی میزان انتقال مجدد در حداکثر خود بود (جدول ۷). چنین به‌نظر می‌رسد که دلیل افزایش میزان انتقال مجدد در هنگام کاربرد پلی‌فسفات کندرها در هشت و چهار برگی × اسید هیومیک در هشت و چهار برگی به‌دلیل افزایش مواد فتوسنتزی و ذخیره‌ی مواد در ساقه و برگ باشد که نتایج جدول ۳ که میزان قطر و طول ساقه را نشان می‌دهد موید همین موضوع است که در این تیمارها به نسبت دیگر تیمارها ساقه‌های قطورتر و بلندتری وجود داشت. اما در تیمارهای کاربرد پلی‌فسفات کندرها در ظهور گل تاجی × اسیدهیومیک در هشت برگی و تیمار کاربرد پلی‌فسفات کندرها در شیری شدن دانه × اسیدهیومیک در چهار برگی، افزایش میزان انتقال مجدد به‌دلیل کاهش میزان فتوسنتز و جبران این کاهش از مواد ذخیره‌ای ساقه و برگ توسط گیاه برای پر کردن دانه است. چنانچه مشاهده می‌شود در تایید این ادعا می‌توان بیان نمود که در دو تیمار آخر سهم انتقال مجدد براساس نتایج جدول مقایسه میانگین‌ها از پرشدن دانه افزایش نشان داد. اما این افزایش در انتقال مجدد دانه نتوانست میزان افت فتوسنتز جاری را جبران نماید در نتیجه میزان عملکرد کاهش یافت (جدول ۵). در تیمارهایی که در آن‌ها کودهای پلی‌فسفات کندرها و اسیدهیومیک در ابتدای دوره‌ی رشد (چهار و هشت برگی) به‌کار برده شده بودند به‌دلیل استقرار مناسب گیاه و افزایش توان جذب، افزایش سطح برگ و دوام سطح برگ میزان فتوسنتز جاری و مواد ذخیره‌ای در ساقه و برگ به‌طور هم‌زمان افزایش یافت و این دو عامل افزایش میزان انتقال مجدد و عملکرد دانه را به‌طور هم‌زمان در پی داشت؛ در این تیمارها سهم انتقال مجدد دانه از پرشدن دانه در حداقل میزان خود بود. در این رابطه برنجانی و همکاران (۱۴۰۰) نشان دادند که تغذیه مناسب از طریق بهبود شرایط فتوسنتزی گیاه و میزان مواد ذخیره‌ای در گیاه زمینه را برای افزایش رشد رویشی، افزایش انتقال مجدد و عملکرد دانه به‌صورت هم‌زمان فراهم می‌سازد.

جدول ۶: تجزیه واریانس اثر پلی‌فسفات کُندرها و اسید هیومیک بر میزان و سهم انتقال مجدد و فتوسنتز جاری

منابع تغییرات		میانگین مربعات			
		میزان فتوسنتز جاری	سهم فتوسنتز جاری از دانه	میزان انتقال مجدد	سهم انتقال مجدد از دانه
تکرار	۲	۱۱۷۴/۳۲ns	۸/۳۵ns	۴۳/۰۷ns	۰/۱۲۲ns
پلی‌فسفات کُندرها	۳	۱۲۱۰۳۸/۶۳**	۱۳۲/۴۷**	۱۷۵/۷۸*	۳۲/۲۵**
کلات اسید هیومیک	۳	۲۷۴۲۶۵/۱۰**	۳۶۲/۲۷**	۷۲۲/۸۷**	۷۹/۵۷**
اسید هیومیک× فسفات کُندرها	۹	۴۷۶۸۴/۷۰**	۶۱/۰۱**	۷۹/۳۵*	۱۶/۴۲**
خطا	۳۰	۲۰۹۹/۱۸	۱۴/۷۴	۶/۷۸	۱/۲۶
ضریب تغییرات (درصد)	-	۸/۸۵	۶/۲۵	۵/۸۵	۶/۲۷

**، * و ns به‌ترتیب نشان دهنده‌ی معنی داری در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم معنی‌داری می‌باشد.

جدول ۷: مقایسه میانگین میزان و سهم انتقال مجدد و فتوسنتز جاری تحت تاثیر مرحله کاربرد پلی‌فسفات کُند رها و اسید هیومیک

تیمارها		میزان فتوسنتز جاری (گرم در متر مربع)	سهم فتوسنتز جاری از دانه (درصد)	میزان انتقال مجدد (گرم در مترمربع)	سهم انتقال مجدد از دانه (درصد)
مرحله کاربرد فسفات کُند رها	مرحله کاربرد اسید هیومیک				
چهار برگی	چهار برگی	۸۱۷/۲۰b	۷۱/۰۹ab	۱۵۴/۰۳a	۱۳/۳۹cd
	هشت برگی	۹۰۴/۰۸a	۷۳/۳۷a	۱۵۴/۰۶a	۱۲/۴۷d
	قبل از ظهور گل تاجی	۳۷۶/۰۹e	۵۵/۹۶c	۱۳۵/۱۶cd	۲۰/۲۹a
	شیری شدن دانه	۳۷۳/۰۵e	۵۵/۹۵c	۱۳۴/۲۶d	۲۰/۳۲a
هشت برگی	چهار برگی	۶۸۱/۱۷c	۶۷/۳۲ab	۱۵۳/۳۰ab	۱۵/۱۶bc
	هشت برگی	۷۷۰/۵۹b	۷۰/۴۸ab	۱۵۰/۱۰abc	۱۳/۶۹cd
	قبل از ظهور گل تاجی	۵۴۵/۲۶d	۶۴/۵۹b	۱۳۴/۱۶d	۱۵/۹۲b
	شیری شدن دانه	۳۶۲/۱۲e	۵۵/۴۲c	۱۳۵/۰۶cd	۲۰/۶۵a
قبل از ظهور گل تاجی	چهار برگی	۶۰۲/۰۵cd	۶۵/۷۶b	۱۳۸/۱۳bcd	۱۵/۰۸bc
	هشت برگی	۴۰۴/۲۲e	۵۶/۵۴c	۱۵۳/۱۳ab	۲۱/۴۴a
	قبل از ظهور گل تاجی	۳۸۹/۱۰e	۵۷/۵۸c	۱۳۳/۰۶d	۱۹/۷۶a
	شیری شدن دانه	۳۵۵/۱۴e	۵۴/۷۱c	۱۳۵/۳۰cd	۲۰/۹۳a
شیری شدن دانه	چهار برگی	۶۰۸/۲۵cd	۶۶/۱۰b	۱۴۱/۰۳a-d	۱۵/۳۲bc
	هشت برگی	۳۶۹/۶۰e	۵۶/۰۸c	۱۳۶/۲۶cd	۲۰/۷۲a
	قبل از ظهور گل تاجی	۳۶۶/۳۵e	۵۶/۳۹c	۱۳۳/۰۱d	۲۰/۴۸a
	شیری شدن دانه	۳۵۴/۱۵e	۵۵/۰۴c	۱۳۳/۰۰d	۲۰/۸۴a

حروف مشابه در هر ستون نشانگر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج درصد (آزمون دانکن)

نتیجه‌گیری کلی

کاربرد کودهای پلی فسفات کندرها و اسیدهیویمک در چهار و هشت برگی گیاه توانست میزان عملکرد دانه، اجزای عملکرد، میزان فتوسنتزی جاری و میزن انتقال مجدد مواد فتوسنتزی را افزایش دهد. نتایج این بررسی نشان داد که با تاخیر

در کاربرد کودهای پلی‌فسفات کندرها و اسیدهیومیک کم‌ترین مقادیر اکثر صفات به‌دست آمد و اثر کاربرد اسیدهیومیک و پلی‌فسفات کُندرها در مراحل آخر رشد مشابه اثر آن‌ها در مراحل اولیه رشد نبود؛ زیرا ایفای نقش و کارکرد مثبت این مواد جهت رشد و نمو گیاه فرآیندی زمان‌بر است. با کاربرد هم‌زمان کودهای پلی‌فسفات کود کُندرها و اسیدهیومیک به‌خصوص در اوایل رشد به‌دلیل فراهمی مناسب عناصر، مصرف مقدار نهاده کاهش و راندمان افزایش می‌یابد. بنابراین مدیریت مناسب کود به‌ویژه مصرف کودهای پلی‌فسفات کود کُندرها و ترکیبات اسیدهیومیک به‌عنوان راهبردی مناسب جهت حرکت به‌سمت کشاورزی پایدار، افزایش عملکرد و اجزای عملکرد در آینده کشاورزی ضروری خواهد بود.

سپاسگزاری

از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به جهت مساعدت در اجرای این پژوهش تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع

ابراهیمی، ه.، ایلکایی، م.ن.، طهرانی، م.م.، پاک نژاد، ف. و بصیرت, م. ۱۴۰۱. تأثیر برخی محرک‌های رشدی و سطوح مختلف کود شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. علوم گیاهان زراعی ایران.۵۳ (۱): ۲۰۰-۱۸۹.

اکبری، ش.، اله دادی، ا.، قربانی جاوید، م.، کبیری، ک. و سلطانی، ا. ۱۴۰۰. اثر سامانه کودی هیدروژل – اوره کندرها بر مؤلفه‌های فلئورسانس کلروفیل و مورفولوژیکی جو تحت تنش خشکی. علوم گیاهان زراعی ایران. ۵۲ (۴): ۱۷۷-۱۶۵.

امیری, م.ب.، اسماعیلیان، ی. و آلبوغبیش،م. ۱۴۰۱. اثر محلول‌پاشی اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر برخی صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم (Sorghumbi col or L.) در سطوح مختلف آبیاری. علوم گیاهان زراعی ایران. ۵۳ (۱): ۶۷-۵۵.

امینی،ب.، فرحبخش، م. و کیانی راد، م. ۱۳۹۶. بررسی تاثیر کودهای اسید هیومیک با اوره بر برخی صفات زراعی ذرت(*Zea mays* L) . تحقیقات کاربردی خاک. ۵ (۲): ۴۰-۳۱.

آینه بند، ا. ۱۳۹۳. اکولوژی بوم نظام های کشاورزی تألیف (ویرایش دوم). انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.۶۲۱ ص.

بازیار، م. ر. ۱۳۸۵. تعیین بهترین زمان و روش مصرف کود ازت روی گیاه ذرت در منطقه فسا. پژوهش در علوم کشاورزی. ۲(۱):۷۲-۵۷.

باقری، ر.، اکبری، غ.ع.، کیانمهر، م.ح. و طهماسبی سروستانی، ز. ۱۳۹۱. اثر مصرف کود پلیت شده نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن در ذرت دانه ای سینگل کراس (۷۰۴). دانش زراعت. ۴(۸): ۳۸-۲۷

برنجانی، ش.، مجدم، م.، لک، ش.، پاینده، خ. و شکوه فر، ع.ر. ۱۴۰۰. اثر سوپرجاذب و سویه‌های مایکوریزا بر عملکرد کمی و میزان انتقال مجدد ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط تنش کمبود آب. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۳ (۵۰) : ۸۳-۶۷.

جهان، م.، امیری، م.ب. و نوربخش، ف. ۱۳۹۵. بررسی اثر مقادیر مختلف سوپرجاذب رطوبت و اسیدهیومیک در شرایط کم آبیاری بر برخی ویژگی‌های اگرواکولوژیکی ذرت به روش سطح پاسخ (*Zea mays* L.) نشریه پژوهشهای زراعی ایران. ۱۴(۴): ۷۶۴-۷۴۶.

دولت آبادی، ا.، سینکی، ج.م.، عباس پور، ح. و عبادی ع. ۱۳۹۳. تأثیر کود دامی و محلول پاشی اسید هیومیک بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گندم. اکوفیزیولوژی گیاهی. ۱۷(۶): ۳۸-۲۸.

دهقان زاده جزی، ح.، و اداوی، ظ. ۱۳۹۷. اثر اسید سالیسیلیک و اسید هیومیک بر برخی ویژگی های فیزیولوژیک و عملکرد ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.) در شرایط تنش خشکی. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۰ (۴۰) :۵۴-۳۵.

رهی، ع.ر.، داوودی فرد، م.، عزیزی، ف. و حبیبی، د. ۱۳۹۱. بررسی تاثیرات مقادیر مختلف هیومیک اسید و مطالعه روند منحنی های پاسخ در گونه*Dactylis glomerata* . زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۸ (۳): ۲۸-۱۵.

ستوده, ، م. و علوی فاضل، م.۱۳۹۹. اثرات تراکم بوته و مقادیر متفاوت نیتروژن بر تغییرات انتقال مجدد در عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.)هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ .دو فصلنامه ی علوم به زراعی گیاهی.۱۰(۱): ۱۳۰-۱۱۷.

صفات فیزیولوژیک گندم رقم پیشتاز . مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۹ (۳۵): ۸۸-۷۳.

ضیائیان، ا. و کشاورز، پ. ۱۳۷۹. افزایش کارایی نیتروژن در سیب زمینی با استفاده از کودهای نیتروژن کندرها. تحقیقات آب و خاک ایران. ۲۴ (۲): ۱۱۵-۱۰۷.

طباطبایی، ج. ۱۳۹۳ . اصول تغذیه معدنی گیاهان. چاپ اول، انتشارات دانشگاه تبریز. ۵۶۲.

عباسی،ه. و حمزه ئی، ج. ۱۳۹۶. اثر منابع مختلف کودهای محتوی نیتروژن پایه و اسید هیومیک بر عملکرد و برخی

قاسمی، ا.، توکلو، م.ر. و ذبیحی، ح.ر. ۱۳۹۱. تاثیر نیتروژن، پتاسیم و اسید هیومیک بر رشد رویشی، جذب عناصر نیتروژن و پتاسیم درمینی تیوبر سیب زمینی تحت شرایط گلخانه ای. مجله زارعت و اصلاح نباتات. ۸ (۱): ۵۶-۳۹.

قربانی، ص.، خزاعی، ح.ر.، کافی، م. و بنایان اول، م. ۱۳۸۹. اثر کاربرد اسید هیومیک در آب آبیاری بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت (*Zea mays* L.). بوم شناسی کشاورزی.۲ (۱): ۱۸-۱۱.

لطیفی، ن. و محمد دوست، ح. ۱۳۷۷. بررسی اثر زمان و مقدار مصرف کود نیتروژن بر روی عملکرد دانه سه رقم گندم در شرایط دیم. فصلنامه کشاورزی و منابع طبیعی. (۱و۲): ۸۸-۸۲.

مجدم، م.، ساکی‌نژاد، ط.، شکوه‌فر، ع.ر.، اسماعیلی‌پور، ن. ۱۳۹۵. اثر تراکم بوته و سایکوسل بر ویژگی‌های کمی و پروتئین جو رقم جنوب. مجله علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۸ (۲۹): ۱۳۵-۱۲۱

محمدی، ل.، ریزی، س.، محمدخانی، ع.ا. و برزگر، ر. ۱۳۹۷. تأثیر کاربرد کودهای کُندرها و اسید هیومیک بر کیفیت تولید نشای توپی گل حنای گینه نو . روابط خاک و گیاه. ۹ (۱): ۲۳-۱۳.

مسجی باهوش، م.، ربیعی، ب.، عباس دخت، ح.، کافی قاسمی، ع. و جهاندیده، ح. ۱۳۸۹. تجزیه و تحلیل ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه و اجزای آن در هیبریدهای ذرت. علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۱ (۲): ۲۲۳-۲۱۵.

مشایخی، ش.، مشهدی ابدالی، ع.ر.، بخشنده، ع.ا.، لطفی جمال آبادی، ا. و سیدنژاد، س.م. ۱۳۹۸. ارتباط محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک، اسید هیومیک و دفعات برداشت با عملکرد و کیفیت بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.)' , دانش کشاورزی وتولید پایدار . ۲۹ (۱): ۲۲۲-۲۰۹.

مقصودی، ع.، قلاوند، ا. و آقاعلیخانی، م. ۱۳۹۳. تأثیر راهبردهای مدیریتی نیتروژن و کود زیستی بر صفات مورفولوژیک، عملکرد دانه و صفات کیفی ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴. پژوهشهای زراعی ایران. ۱۲ (۲): ۲۸۲-۲۷۳.

ملکوتی، م.ج.، کشاورز، پ. و کریمیان، ن. ۱۳۹۲. روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس .تهران. ص ۲۵-۱۵.

Ali A., Rehman S.U., Raza S., and Allah S.U. 2014. Combined effect of humic acid and NPK on growth and flowerdevelopment of Tulipa gesneriana in Faisalabad, Pakistan. Journal of Ornamental Plants, 4 (4): 227-236.

Bremner J.M., and Breitenbeck G.A. 1983. A simple method for determination of ammonium in semimicro-Kjeldahl analysis of soils and plant materials using a block digester. Commun. Soil Sci. Plant Anal., 14: 905-913.

Bubba M., Arias C.A., and Porix H. 2010. Phosphorus adsorption maximum of sands for use as media in subsurface flow cultivated reed beds as measured by the Langmuir adsorption isotherms. Water Research, 37: 3390-3400.

Cardwell, V.B. 1982. Fifty years of Minnesota corn production: Sources of yield increase. Agronomy journal, 74: 984-990

Chen Y., and Aviad T. 1990. Effects of humic substances on plant growth. PP. 161-186. In: MacCarthy, P., C.E. Clapp, R.L. Malcolm and P.R. Bloom (Eds.), Humic Substances in Soil and Crop Science: Selected Readings, SSSA and ASA, Madison, WI, USA.

Cox W.J., and Cherney D.J.R. 2001. Row spacing, plant density, and nitrogen effects on corn silage. Agronomy journal, 93: 597-602.

Gabbris L. and Nokovic J. 1992. Migration of basic cautions in soil profile by effect of fertilization with industrial fertilizer. C. Sci., (1-2-3): 145-153.

Gayathri B., and Srinivasamurthy C.A. 2016. Effect of different levels and sources of humic acid extracted from organic wastes on soil properties, growth, yield and nutrient uptake by maize. Mysore Journal of Agricultural Sciences, 50 (2): 463-468.

Khan A., Gurmani A., Zameer Khan M., Hussain M., Ehsan F., Akhtar M., and Khan S. 2013. Effect of humic acid on the growth, yield, nutrient composition, photosynthetic pigment and total sugar contents of peas (*Pisum sativum* L.). Journal of the Chemical Society of Pakistan, 35(1): 206-211.

Moradi R., Nasiri Mahallati M., Rezvani Moghaddam P., Lakzian A., and Nejad Ali A. 2011. The effect of biological and organic fertilizers on quality and quantity of essential oil of fennel (*Foeniculum vulga*re). Journal of Horticultural Science, 25 (1): 25-33.

Nardi S., Pizzeghello D., Muscolo A., and Vianello A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry, 34 (11): 1527-1536.

Sarir M.S., and Durrani M.I. 2006. Utilization of natural resources for increase crop production. Journal of Agricultural and Biological Science, 1 (2): 162-180.

Yuan T., Wang J., Sun X., Yan J., Wang Z., and Niu J. 2017. Effect of combined application of humic acid and nitrogen fertilizer on nitrogen uptake, utilization and yield of winter wheat. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 3: 74-82.

Zeidan M.S. 2007. Effect of organic manure and phosphorus fertilizers on growth, yield and quality of lentil plants in sandy soil. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 3 (6): 748-752.