

تغییرات غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در اندام‌های مختلف

گیاه ذرت طی مراحل مختلف رشد

فاطمه اسدی^۱ و زهرا خادمی

عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب: ffasadi@yahoo.com

عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب: zr_khademi@yahoo.com

دریافت: 1391/6/19 و پذیرش: 1392/4/17

چکیده

تعیین تغییرات غلظت عناصر غذایی در مراحل مختلف رشد گیاه، زمان صحیح و مدیریت بهینه مصرف کود را مشخص نموده و از آلوده شدن محیط زیست و منابع آبی جلوگیری می‌نماید. این آزمایش با هدف تعیین تغییرات غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم در اندام‌های مختلف گیاه ذرت (*Zea Mays L.*) و مدیریت بهینه مصرف کود طی مراحل مختلف رشد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در 3 تکرار در ایستگاه تحقیقات خاک و آب کرج به اجرا درآمد. کودهای فسفر و پتاسیم بر اساس آزمون خاک در هنگام کشت و نیتروژن در سه نوبت هنگام کشت و مراحل 4 برگی و 7 برگی مصرف گردید. نمونه‌برداری از اندام‌های مختلف گیاه (برگ، ساقه، گل، بلال و دانه) در مراحل مختلف رشد (3، 5، 7 و 10 برگی شدن، گل‌دهی، به کاکل رفتن و رسیدن) جهت تعیین درصد ماده خشک و میزان تجمع نیتروژن، فسفر و پتاسیم در هر یک از اندام‌ها و سپس در کل بوته انجام گردید. بررسی روند تجمع ماده خشک بیانگر افزایش معنی‌دار بیوماس کل گیاه طی مراحل رشد بود. نتایج نشان داد که بخش عمده جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در مراحل اولیه رشد صورت می‌گیرد. قسمت عمده نیتروژن هماهنگ با روند رشد از برگ به ساقه و سپس در بلال و دانه ذخیره شده است. در زمان رسیدن، میزان نیتروژن و فسفر برگ و ساقه به طور معنی‌داری کاهش یافته و عمده ذخیره این عناصر در دانه بوده است (به ترتیب 180 و 32 کیلوگرم در هکتار). برخلاف نیتروژن و فسفر، پتاسیم بیشتر در ساقه گیاه ذخیره شده است. بالاترین میزان جذب پتاسیم در مرحله به کاکل رفتن اتفاق افتاد. در این مرحله میزان پتاسیم کل گیاه 369 کیلوگرم در هکتار و میزان پتاسیم تجمع یافته در ساقه 255 کیلوگرم در هکتار بود.

واژه‌های کلیدی: اندام‌های هوایی، توزیع عناصر غذایی نیتروژن (N)، فسفر (P)، پتاسیم (K).

مقدمه

تولید محصول را شناسایی و معرفی نمود. هر چند همه گیاهان به تعدادی از عناصر غذایی مشابه نیاز دارند، اما مقدار، نسبت و زمان جذب این عناصر با توجه به نوع گیاه، رقم، اقلیم، خصوصیات خاک و نحوه مدیریت متفاوت می‌باشد. ترکیب مجموعه این عوامل احتیاجات غذایی گیاه، ظرفیت عناصر غذایی و در نهایت عملکرد محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. زمان بندی مصرف

بررسی الگوی رشد، تنها راه عملی شناخت تحولات طول مسیر رشد و نمو بوده و در واقع زبان گویای گیاه در انعکاس و بروز اثر هر گونه تنش محیطی است. روند رشد و نمو گیاه در مراحل مختلف و در شرایط متفاوت محیطی، می‌تواند بهترین معیار برای تعیین زمان کاشت و اجرای عملیات داشت و برداشت باشد تا بدینوسیله با صرفه‌ترین و اقتصادی‌ترین شیوه

^۱ نویسنده مسئول، آدرس: کرج، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، بخش تحقیقات شیمی، حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه،

متفاوت می‌باشد، لذا شناخت مراحل رشد در پیش‌بینی میزان جذب عناصر غذایی گیاه در هر مرحله به ویژه با توجه به تغییرات سالانه اقلیم بسیار حائز اهمیت می‌باشد. تغییرات اقلیمی سالانه یا منطقه‌ای، مقدار و طول زمان جذب عناصر غذایی گیاه را تغییر می‌دهند. در شرایط رطوبتی و دمایی مطلوب، به دلیل رشد سریعتر، نیاز گیاه به عناصر غذایی در اوایل فصل رشد بیشتر است.

توصیه‌های کودی برای یک محصول باید براساس اطلاع از نیاز گیاه و طبیعت مقدار ماده غذایی در مزرعه و امکان تغییر آن در طول زمان رشد گیاه انجام گیرد. مهمترین هدف یک برنامه کوددهی مؤثر این است که از دسترسی کافی نیتروژن، فسفر و سایر عناصر قابل جذب در مراحل مختلف رشد گیاه اطمینان حاصل شود، به طوری که هیچ محدودیتی در رشد گیاه و عملکرد آن توسط عناصر غذایی حاصل نگردد. فسفر و نیتروژن بلافاصله بعد از جوانه‌زدن باید در اختیار گیاه قرار گیرند تا گیاه بتواند رشد ساقه، برگ‌ها و اندام‌های هوایی را آغاز نماید. نیتروژن ناکافی در هفته‌های اول و دوم پس از کشت تا هفته ششم منجر به کاهش عملکرد پتانسیل گیاه خواهد شد (جونز، 1985؛ لچت و آلکیزی، 2005؛ گریم و همکاران، 2010). در دسترس بودن فسفر نیز در مراحل اولیه رشد گیاه ذرت به اندازه نیتروژن حیاتی است، زیرا حرکت فسفر به سمت ریشه‌های گیاه در دمای پایین خاک کاهش می‌یابد. بنابراین کمبود فسفر در اغلب موارد در مراحل اولیه فصل رشد گیاه مشاهده می‌شود. پتاسیم عمدتاً در مرحله رشد رویشی جذب می‌شود و اگر مقدار قابل دسترس آن مناسب باشد، به مقدار زیاد جذب می‌گردد (ایوانیلو و آلی، 1996؛ دوبرمن و والترز، 2003).

ران و همکاران (2005) در یک طرح مزرعه‌ای مراحل رشد، گسترش و تغییر پذیری فضایی در ذرت را طی چرخه رشد گیاه با استفاده از قرائت‌های یک سنسور نوری (Normalized Difference Vegetative Index, NDVI) مورد بررسی قرار دادند. گریم و همکاران (2007) طی 9 آزمایش در مناطق مختلف، مقدار مطلوب مصرف برگ پاشی فسفر را طی مراحل مختلف رشد ذرت تعیین نمودند. محلول‌پاشی فسفر می‌تواند کارایی مصرف فسفر را افزایش دهد. محلول‌پاشی در مراحل 4 و 8 برگی و گل دهی (V_4 ، V_8 و V_T) انجام شد. محلول-پاشی در مرحله گل دهی، غلظت فسفر و عملکرد دانه را در اکثر آزمایشات افزایش داد. نتایج این تحقیقات نشان داد که کاربرد برگی فسفر در مرحله V_8 و بعد از آن یک ابزار مدیریتی کارا در زراعت ذرت است. شناخت دقیق ویژگی‌های ذرت طی دوره‌های مختلف رشد از نقطه نظر

کودها به نحوی که عناصر غذایی در طول دوره حداکثر جذب توسط گیاه، در دسترس آن قرار گیرند. و به عبارتی تشخیص نیاز گیاه به مقادیر مختلف عناصر غذایی در مراحل مختلف رشد، نه تنها کارایی مصرف عناصر غذایی را افزایش می‌دهد، بلکه اثرات مخرب زیست محیطی کودها را نیز به حداقل می‌رساند.

تشخیص و تعیین مراحل مختلف رشد گیاهان ابزار بسیار با ارزش و سودمندی در امر تحقیق و آموزش است. مراحل رشد گیاه توسط وندریپ و ریوز (1972) برای سورگوم (*Sorghum bicolor*) و توسط هانوی (1963) برای ذرت (*Zea mays*)، فیکس (1941)، لارج (1954) و جنسن و لود (1971) برای غلات و توسط هان (1973) برای گندم تعریف شده است.

از لحظه کاشت بذر ذرت تا زمان برداشت، گیاه تحت تأثیر تغییرات مداوم بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی قرار می‌گیرد. تشخیص مراحل رشد و نمو ذرت، ابزار بسیار با ارزشی برای اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی صحیح در مراحل خاص رشد و در طول فصل رشد می‌باشد. شناخت و تشخیص مراحل مختلف رشد ذرت به تولید کننده این فرصت را می‌دهد که عملیات مزرعه را به طور مناسب تنظیم و مدیریت نماید. زمان مناسب مصرف کود، زمان مناسب آبیاری، کاشت، برداشت و مبارزه با آفات و امراض، به طور معنی‌داری می‌تواند عملکرد محصول را افزایش دهد و از خسارت زدن به گیاه اجتناب نماید (مک ویلیامز و همکاران، 1999؛ دوبرمن و والترز، 2003). در تغذیه گیاه، نه تنها باید عنصر به اندازه کافی در دسترس گیاه قرار گیرد، بلکه ایجاد تعادل در میان عناصر غذایی از اهمیتی زیاد برخوردار است (زهتابیان و همکاران، 1384؛ مجیدیان و همکاران، 1387). ذرت گیاهی است پرتوقع که با مصرف متعادل عناصر غذایی می‌توان عملکرد آن را افزایش داد (خدابنده، 1377). تغذیه بهینه گیاه، شرط اصلی بهبود کمی و کیفی محصول است. مصرف مطلوب نهاده‌ها مناسب با شرایط رشد گیاه، دستیابی به عملکرد زیاد ذرت را ممکن می‌سازد. به طور کلی، قسمت عمده تجمع عناصر غذایی در گیاه بین مراحل گل دهی تا رسیدن (دانه یا میوه) اتفاق می‌افتد. تقریباً 50 تا 90 درصد نیتروژن و فسفر گیاه در مرحله گل‌دهی از برگ‌ها و ساقه به سمت دانه حرکت می‌کنند (چاپین و واردلا، 1998). بنابراین اگر گیاه در مراحل اولیه رشد از نظر جذب عناصر غذایی دچار محدودیت شده باشد، به دلیل انتقال کم عناصر به دانه، عملکرد و کیفیت محصول هر دو تحت تأثیر قرار خواهد گرفت. از طرف دیگر، مقدار جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در هر یک از مراحل رشد

کوتاهتر بر روی تعداد کمتری از گیاهان می‌باشد که اندازه‌گیری در فواصل زمانی کوتاهتر که دفعات بیشتری از گیاهان نمونه برداری می‌شود، بدلیل استفاده بهتر از مواد و زمان بیشتر توصیه شده است (سرمد نیا و کوچکی، ۱۳۶۶؛ جودی و همکاران، ۱۳۸۹).

در ایران نیز، در زمینه الگوی جذب برخی گیاهان مانند گندم و برنج تحقیقاتی انجام شده است: در آزمایشات مزرعه‌ای انجام شده در استان خوزستان در رابطه با تعیین الگوی جذب مطابق با مراحل رشد گندم، مشخص گردید بالاترین میزان تجمع نیتروژن در برگ در مراحل ظهور سنبله و گرده‌افشانی اتفاق افتاده است. در مورد فسفر، جذب و تجمع آن در برگ، از مرحله شروع پنجه زدن تا مرحله غلاف بستن فوق العاده سریع است، اما از مرحله غلاف بستن تا مرحله گرده‌افشانی، جذب و تجمع فسفر ثابت بوده و در مراحل خمیری شدن و رسیدن دانه میزان آن به شدت کاهش می‌یابد. در مورد پتاسیم نیز، بالاترین سرعت جذب در برگ از مرحله پنجه زدن تا مرحله غلاف بستن اتفاق افتاده است. بالاترین میزان پتاسیم در ساقه و برگ اندوخته شده (۷۸/۵٪) و فقط ۲۱/۵ درصد در زمان رسیدن در سنبله ذخیره گردیده است (رادمهر و همکاران، ۱۳۷۵).

خادمی و همکاران (۱۳۸۵) تغییرات عناصر غذایی N، P، K و عناصر میکرو را در ۱۰ مرحله رشدی گیاه گندم در چند استان بررسی نمودند. نتایج نشان داد روند جذب نیتروژن در گیاه صعودی است. روند جذب فسفر در کل گیاه گندم به آرامی افزایشی است. بیشترین جذب فسفر موجود در گیاه در مرحله خمیری شدن اتفاق می‌افتد اما در مرحله رسیدن، جذب فسفر در کل گیاه کاهش می‌یابد. روند جذب پتاسیم نیز مانند نیتروژن در کل گیاه صعودی است که تا مرحله خمیری شدن دانه ادامه می‌یابد و به ماکزیمم مقدار خود می‌رسد، اما با آغاز مرحله رسیدن دانه دچار کاهش شدید می‌گردد. روند جذب عناصر کم مصرف (Fe، Mn، Zn، Cu) نیز در مجموع در کل گیاه صعودی است. نتایج تحقیقات دیگر انجام شده بر روی گندم نیز نشان داده است بخش عمده تجمع نیتروژن در دانه قبل از مرحله گل‌دهی اتفاق می‌افتد. بنابراین در مرحله بلوغ، گیاه حاوی بیش از ۸۰ درصد کل ظرفیت نیتروژن خود می‌باشد (آستین و همکاران، ۱۹۹۷؛ گریم، ۲۰۱۰).

مصرف کودهای شیمیایی کمتر از نیاز واقعی و نیز در مقادیر بالاتر از نیاز واقعی گیاه هر دو منجر به کاهش عملکرد، هدر روی سرمایه و آلوده نمودن محیط زیست می‌گردد. از این رو، دستیابی به اطلاعات علمی برای

آشنایی با تحولات رویشی و زایشی گیاه برای دستیابی به بهترین الگوی مدیریتی آن به منظور کوددهی صحیح، مقابله با تنش‌های گوناگون و تلاش در جهت کسب حداکثر عملکرد رویشی، زایشی و اجزای آن (پروتئین، نشاسته، چربی دانه)، ذخیره عناصر غذایی در اندام‌های مختلف و ... بسیار حائز اهمیت می‌باشد. طی مرحله جوانه‌زنی و دوره‌های اولیه رشد، سطوح دما و رطوبت خاک فاکتورهای محدود کننده محسوب می‌گردند. در دوره‌های بعدی رشد، تنش رطوبتی محصول، در افت عملکرد دانه تأثیر بسزا دارد. در مراحل گل‌دهی و شیرگی شدن، ذرت در برابر تنش‌ها بسیار حساس است. در این زمان، دمای بالای فصلی و رطوبت پائین خاک ممکن است عملکرد را تا ۵ درصد در روز کاهش دهد که این مقدار ممکن است تا ۱۰ درصد نیز افزایش یابد. بعد از گرده افشانی و طی مرحله پر شدن دانه‌ها، حساسیت ذرت در برابر تنش‌ها به مقدار زیادی، کاهش می‌یابد. در هفته‌های اول پر شدن دانه‌ها، تنش می‌تواند عملکرد را تا ۵ درصد روز کاهش دهد، اما ۶ هفته بعد از گرده افشانی، اثر تنش به سرعت کاهش می‌یابد (شاو و نیومن، ۱۹۹۱).

تاکنون اطلاعات چندانی در رابطه با مرحله اوج رشد گیاه هنگامیکه مقدار عناصر غذایی در حد بهینه باشد، موجود نبوده است. برخی محققان تحقیقاتی را به منظور درک مراحل رشد گیاه همزمان با اوج تجمع نیتروژن، بهترین زمان مصرف، چگونگی حرکت و انتقال نیتروژن در درون گیاه انجام داده‌اند (هانوی، ۱۹۶۲؛ آستین و همکاران، ۱۹۷۷؛ شاناهان و همکاران، ۲۰۰۴).

دوبرمن و والترز (۲۰۰۳) نیز طی مطالعات مزرعه‌ای، وزن خشک، عملکرد و اجزاء عملکرد و تجمع عناصر غذایی را در مراحل مختلف رشد ذرت به صورت کمی بیان نمودند. مقدار، روند تجمع و تعیین الگوی توزیع ماده خشک و عناصر N، P، K، S، Mg، Ca و ... در مراحل مختلف رشد ذرت در ارقامی که عملکرد بسیار بالا دارند، توسط کارلن و همکاران (۱۹۸۸) مطالعه شده است.

برای شناخت رویدادهای طول مسیر رشد و نمو، از تجمع مواد فتوسنتزی استفاده می‌شود. تجمع ماده خشک مهمترین شاخص رشد است، به ویژه که بیشترین اهمیت اقتصادی را دارد (کراز آگودو و همکاران، ۲۰۰۰؛ پلات و همکاران، ۲۰۰۴؛ زو و همکاران، ۲۰۰۹). رایج-ترین راه دستیابی به تجزیه و تحلیل رشد، اندازه‌گیری تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ بر روی تعداد نسبتاً زیادی از گیاهان در فواصل زمانی نسبتاً طولانی و یا اندازه‌گیری وزن خشک و سطح برگ در فواصل زمانی

وجود نداشت. در رابطه با عنصر آهن نیز، علیرغم پایین بودن آن در خاک، به دلیل عدم مشاهده علائم بالینی کمبود در گیاه طی مراحل مختلف رشد، محلولپاشی انجام نگرفت. در 7 مرحله از رشد گیاه ذرت شامل مراحل 3، 5، 7، 10 برگی، گل دهی¹، کاکل رفتن² و رسیدن³ (V3، V5، V7، V10، V11، R1 و R6) نمونه‌هایی از قسمت‌های مختلف هوایی گیاه جمع‌آوری گردید. در هر مرحله از رشد، 2 بوته به صورت تصادفی انتخاب و کف برشده و جهت اندازه‌گیری میزان جذب عناصر N، P، K و تعیین درصد ماده خشک در هر یک از اندام‌های برگ، ساقه، بلال و دانه به آزمایشگاه ارسال شد. در مراحل اولیه رشد (3 و 5 برگی) نمونه‌برداری تنها از برگ گیاه ذرت صورت گرفت و پس از مرحله 7 برگه شدن و افزایش رشد گیاه، نمونه‌ها به برگ و ساقه مجزا و پس از به گل رفتن و تشکیل بلال نمونه‌ها به قسمت‌های مختلف برگ، ساقه، گل و بلال تفکیک گردید. در پایان دوره رشد، برداشت از هر کرت با حذف 1 متر از بالا و پایین خط کشت و یک خط از طرفین انجام و میزان عملکرد کل و عملکرد دانه (بر حسب تن در هکتار) تعیین گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

نتایج به دست آمده توسط نرم افزارهای SPSS و MSTATC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. ترسیم نمودارها نیز توسط نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

نتایج تجزیه آزمایشگاهی خصوصیات شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول 1 نشان داده شده است. از نظر فیزیکی بافت خاک، لومی رسی شناخته شده است.

مراحل رشد

مراحل رشد در این تحقیق به وسیله تغییرات مرفولوژیکی که به راحتی قابل تشخیص باشند، انتخاب شده‌اند. تغییرات آب و هوایی مانند تغییرات درجه حرارت هر چند بر ایجاد مراحل رشد تأثیر نخواهد گذاشت، اما بر زمان و تاریخ وقوع هر مرحله و طول زمان هر مرحله تأثیرگذار می‌باشد.

مدیریت صحیح مصرف کودهای شیمیایی، تعیین الگوی جذب و تجمع عناصر غذایی در بخش‌های مختلف گیاه را ضروری نموده است.

در این میان چون منطقه کرج یکی از قطب‌های تولید ذرت کشور محسوب می‌گردد، تعیین الگوی جذب آن در مراحل مختلف رشد در این آزمایش مورد توجه قرار گرفته است. تعیین روند تجمع ماده خشک و جذب عناصر غذایی ذرت در هر منطقه در بلند مدت ما را در تعیین میزان و زمان مصرف کود و یا کود سرک، تاریخ کاشت مطلوب، زمان مناسب آبیاری و بالاخره زمان شروع و خاتمه مبارزه با علف‌های هرز کمک می‌نماید.

آشنایی با جذب و توزیع ماده خشک گیاه و عناصر N، P و K در قسمت‌های مختلف گیاه ذرت می‌تواند در مدیریت‌های زراعی مورد استفاده محققین و متخصصین، تولید کنندگان، مروجین و زارعین قرار گیرد. هدف از این بررسی این بود که مقادیر تجمع ماده خشک و عناصر غذایی را در قسمت‌های هوایی گیاه ذرت تعیین نمود تا بتوان با توجه به میزان جذب عناصر در مراحل مختلف رشد، به مدیریت صحیح‌تر مصرف کودهای شیمیایی کمک نموده تا ضمن افزایش عملکرد، از آلودگی محیط نیز جلوگیری به عمل آورد.

مواد و روش‌ها

به منظور انجام این مطالعه، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در 3 تکرار بر روی گیاه ذرت (*Zea Mays L.*) در شرایط مزرعه ایستگاه تحقیقات خاک و آب کرج به اجرا درآمد.

رقم مورد استفاده سینگل کراس 704، با تراکم 75000 بوته در هکتار، فاصله هر دو بوته 18 سانتیمتر، فاصله خطوط کشت 75 سانتیمتر بود و کشت به صورت جوی و پشته انجام گردید. قبل از اجرای آزمایش از قطعه مورد نظر نمونه‌برداری مرکب خاک انجام و بافت، عناصر پر مصرف، عناصر کم مصرف، pH، درصد کربن آلی و هدایت الکتریکی عصاره خاک اشباع (EC) اندازه‌گیری گردید. تیمارهای کودی به صورت نواری در دو طرف پشته‌ها به فاصله 6 و 7 سانتیمتر زیر و کنار بذر جایگزین گردیدند. فسفر و پتاسیم بر اساس آزمون خاک (به ترتیب 180 و 160 کیلوگرم در هکتار از منابع سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم برای دستیابی به عملکرد 10 تن در هکتار) استفاده شد. نیتروژن نیز از منبع کود اوره (400 کیلوگرم در هکتار) در سه نوبت هنگام کشت، مرحله 4 برگی (V4) و 7 برگی (V7) مصرف گردید. در مورد عناصر کم مصرف مس، روی و منگنز براساس نتایج تجزیه خاک نیاز به مصرف کود

¹ Tasseling

² Silking

³ Maturity

توزیع ماده خشک و عناصر غذایی در گیاه ماده خشک¹

تجمع ماده خشک اندام‌های هوایی در شکل 1- الف نشان داده شده است. کل مقدار ماده خشک گیاه در مرحله رسیدن فیزیولوژی 27/43 تن در هکتار بود که مقدار 12/87 تن در هکتار آن مربوط به ماده خشک دانه بود، لذا نسبت عملکرد دانه به عملکرد کل اندام هوایی برابر 0/47 بود (به استثناء بیوماس ریشه). برگها 11 درصد بیوماس هوایی را در مرحله رسیدن فیزیولوژی به خود اختصاص دادند که معادل 2/94 تن در هکتار بود. وزن خشک ساقه و گل، 34 درصد و معادل 9/2 تن در هکتار بود. بخش‌های بدون دانه بلال و دمگل‌ها در این مرحله تقریباً 8/9 درصد (معادل 2/43 تن در هکتار) از وزن خشک هوایی را شامل شدند. تفاوت میزان ماده خشک اندام‌های مختلف گیاه در مرحله رسیدن در سطح 5 درصد معنی‌دار بود (جدول 2). الگوی تجمع ماده خشک، مشابه مطالعات قبلی انجام شده در این زمینه (هانوی، 1962a؛ کارلن و همکاران، 1988؛ دوپرن و والترز، 2003؛ اورمن و سکولتز، 2011) بود و با آنها مطابقت داشت و هیچ دوره‌ای از تنش‌های آشکار وارد شده به گیاه را نشان نداد.

بررسی روند تجمع ماده خشک (منحنی رشد گیاه) بیانگر افزایش معنی‌دار بیوماس کل گیاه طی مراحل رشد می‌باشد (شکل 2). البته روند این افزایش در بخش‌های مختلف گیاه یکسان نیست. با افزایش سن گیاه، ماده خشک برگ و ساقه افزایش می‌یابد. بالاترین میزان تجمع ماده خشک برگ مربوط به مرحله 10 برگی است (4/1 تن در هکتار) که تفاوت آن با ماده خشک برگ در سایر مراحل رشد گیاه (به استثنای مراحل گل‌دهی و به کاکل رفتن) در سطح 5 درصد معنی‌دار است. پس از مرحله 10 برگی، به مرور با ورود گیاه به مرحله رشد زایشی و انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های رویشی به زایشی، برگ‌ها به ویژه برگ‌های پایینی شروع به زرد و خشک شدن نموده و ماده خشک گیاه در قسمت برگ کاهش می‌یابد (شکل 1-الف). روند تجمع ماده خشک نشان می‌دهد دو صعود² مشخص در افزایش ماده خشک گیاه یکی در طول دوره رشد رویشی (بین مراحل 5 برگی تا 7 برگی تجمع ماده خشک حدود 4/3 تن در هکتار افزایش می‌یابد) و یکی هنگام پر شدن دانه‌ها (حدود 12 تن در هکتار افزایش در تجمع ماده خشک بین مراحل به کاکل رفتن و رسیدن فیزیولوژی) اتفاق می‌افتد. صعود اول مربوط به زمانی است که پتانسیل تعداد تخمکها پایه گذاری می‌شود و صعود دوم هنگامی

اتفاق می‌افتد که عملکرد نهایی تعیین می‌گردد (شکل 2). اورمن و سکولتز (2011) در مطالعه خود بر روی تقویم زمانی ذرت به این نتیجه رسیدند که تجمع عناصر غذایی در تعادل واقعی با تجمع بیوماس است.

بررسی تغییرات مقدار ماده خشک تولیدی اندام‌های مختلف ذرت در مراحل مختلف رشد و مقایسه آن با روند تغییرات جذب عناصر غذایی نشان می‌دهد که هماهنگی بسیار زیادی بین روند تولید ماده خشک و منحنی‌های جذب عناصر غذایی در طی مراحل رشد رویشی (مرحله 3 برگی تا مرحله 10 برگی) وجود دارد. در طی مراحل رشد زایشی، منحنی جذب عناصر غذایی در برگ و ساقه به خصوص از مرحله گل‌دهی به بعد با روند تولید ماده خشک در این اندام‌ها مطابقت نمی‌نماید و این به دلیل نیاز بیشتر فرایند تولید دانه به عناصر نیتروژن و فسفر می‌باشد و لذا عدم تأمین به موقع این عناصر می‌تواند اثرات منفی زیادی در عملکرد دانه ذرت داشته باشد. کاهش ماده خشک برگ و ساقه که با افزایش آن در دانه همراه است، بیانگر این است که مواد از برگ و ساقه به دانه منتقل می‌شوند. در زمان پر شدن دانه‌ها، چون تنش خشکی و یا هر تنش دیگر از طریق تقلیل فتوسنتز باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود، بنابراین نیاز مقصد برای پر شدن دانه از طریق انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده تأمین می‌گردد. دیویدسن و چوالیر (1992) بیان داشتند که درگندم سهم کربوهیدرات ساقه در وزن نهایی دانه از 10-12 درصد در شرایط عادی به بیش از 40 درصد در شرایط تنش خشکی یا گرما افزایش پیدا می‌کند.

نیتروژن (N)

بررسی روند تغییرات جذب نیتروژن در برگ ذرت نشان می‌دهد میزان جذب نیتروژن از مرحله 3 برگی تا 10 برگی روند افزایشی و سپس روند کاهشی داشته است، به طوریکه میزان جذب نیتروژن برگ از 120/73 کیلوگرم در هکتار در مرحله 10 برگی به 102/57 کیلوگرم در هکتار در مرحله به کاکل رفتن و در نهایت با یک روند نزولی شدید به 33/7 کیلوگرم در هکتار در مرحله رسیدن رسیده است. از نظر آماری، میزان این کاهش در سطح 5 درصد معنی‌دار بود (شکل 1-ب).

در مورد ساقه نیز، شاهد روند افزایش متعادلی در جذب نیتروژن از مرحله 5 برگی تا به کاکل رفتن هستیم و سپس مانند برگ، میزان جذب نیتروژن در مرحله رسیدن به شدت کاهش یافته است (53/16 کیلوگرم در هکتار). بیشترین جذب نیتروژن ساقه در مرحله به کاکل رفتن معادل 93/55 کیلوگرم در هکتار بوده است که از نظر آماری،

1. Dry matter

2. Peak

صعود طی مراحل رشد رویشی (بین 5 برگی تا 10 برگی) و یک هدر رفت آشکار طی مراحل رشد زایشی در اجزاء اندام‌های هوایی گیاه نشان می‌دهد و روند تجمع آن در کل گیاه افزایشی است. لازم به ذکر است بیش از 55 درصد تجمع نیتروژن گیاه تا مرحله 10 برگی اتفاق می‌افتد و پس از مرحله گل دهی روند تجمع کند می‌شود (شکل 3). لچت و آلکیزی (2005) گزارش نمودند بیش از نیمی از تجمع کل نیتروژن گیاه ذرت تا مرحله گل‌دهی و به ویژه بعد از مرحله 12 برگی اتفاق می‌افتد. مطالعه دیگری که در دانشگاه اوکلاهما انجام شده این نتایج را تأیید می‌نماید، براساس این گزارش بیش از 50 درصد کل نیتروژن گیاه تا مرحله 10 برگی اندوخته می‌شود. ما و همکاران (1999) نیز گزارش نموده اند تا مرحله 6 برگی (V6) تنها 20 درصد از کل نیتروژن گیاه اندوخته می‌شود، سپس تجمع آن تا 2 هفته بعد از مرحله به کاکل رفتن افزایش قابل ملاحظه‌ای یافته و به 50-60 درصد کل نیتروژن گیاه می‌رسد و پس از آن، روند تجمع نیتروژن آهسته شده و سرانجام متوقف می‌گردد. نتایج آزمایش گریما و همکاران (2010) نیز نشان داد به طور متوسط بیش از 45 درصد تجمع نیتروژن گیاه ذرت تا مرحله 8 برگی (V8) انجام می‌شود. در مطالعه‌ای که در ایالت مانتیوبا کانادا انجام شد، حداکثر میزان جذب نیتروژن در گیاه ذرت بین مراحل 8 برگی تا آغاز گلدهی و مجدداً از مرحله به کاکل رفتن تا سفت شدن دانه¹ اتفاق افتاد. تا مرحله 10 برگی، کل نیتروژن برگ و 40 درصد نیتروژن گیاه جذب شده بود. میزان تجمع نیتروژن گیاه در مرحله رسیدن فیزیولوژی کامل گردید و به حداکثر میزان خود رسید. در این مرحله، 73 درصد کل نیتروژن گیاه در دانه اندوخته شده بود که بیش از نیمی از آن از طریق برگ‌ها و ساقه تأمین شده بود. بنابراین عدم وجود نیتروژن کافی در مراحل اولیه رشد، عملکرد دانه را به شدت تحت تأثیر قرار خواهد داد (هیرد، 2004). در آزمایش ما نیز تا مرحله 10 برگی، کل نیتروژن برگ و 55/5 درصد نیتروژن گیاه جذب شد. همچنین در مرحله رسیدن، 73 درصد کل نیتروژن گیاه در بخش بلال و دانه اندوخته شده بود.

براساس مطالعات شاناهان و همکاران (2004) بر روی ذرت، یک افزایش ثابت در میزان ماده خشک و نیتروژن بین مراحل 4 برگی (V4) و 8 برگی (V8) رشد گیاه مشاهده شد. سپس بین مراحل 8 برگی و تشکیل دانه (دانه ها آبکی و سفیدند² R2) افزایش سریعی اتفاق افتاد، چنانچه

تفاوت آن با سایر مراحل (به استثنای مرحله گل دهی) در سطح 5 درصد معنی‌دار بود (شکل 1-ب).

بعد از مرحله 10 برگی، شاهد نزول روند جذب نیتروژن در برگ و همزمان با آن شاهد افزایش جذب نیتروژن در بخش گل و دانه هستیم. نکته بارز در منحنی جذب نیتروژن این است که طی مراحل زایشی گیاه، مقدار نیتروژن در اندام‌های رویشی به تدریج کاهش می‌یابد. این مطلب نشان می‌دهد که با آغاز مرحله گلدهی، گیاه روند رشد رویشی خود را محدود و نیتروژن جذب شده را به مصرف تشکیل اندام‌های زایشی می‌رساند. از مرحله به کاکل رفتن تا رسیدن، شاهد سیر نزولی و سقوط میزان جذب نیتروژن در برگ، ساقه و گل و همزمان با آن، شاهد جهش چشمگیر جذب نیتروژن در دانه می‌باشیم، به طوریکه میزان نیتروژن دانه در مرحله رسیدن معادل 180 کیلوگرم در هکتار می‌باشد که از نظر آماری، تفاوت آن با میزان جذب نیتروژن سایر اندام‌ها در مرحله رسیدن در سطح 5 درصد معنی‌دار بود (جدول 2). میزان کاهش جذب نیتروژن در برگ از دو اندام دیگر مشهودتر است. همزمانی افزایش جذب نیتروژن در دانه و کاهش آن در برگ و ساقه مؤید این مطلب است که جهت تأمین نیاز نیتروژنه اندام‌های زایشی، نیتروژن موجود در برگ به دانه انتقال می‌یابد و این مطلب علاوه بر نقصان شدید نیتروژن جذب شده در برگ موجب تغییر رنگ برگ‌ها در اندام-های پائینی گیاه (برگ‌های پیرتر) می‌گردد. هانوی (1962b) اظهار داشت نیاز نیتروژنه گیاه در مرحله پرشدن دانه‌ها به قدری زیاد است که گیاه برای تأمین آن، ناچار است، نیتروژن را از بخش‌های دیگر به دانه انتقال دهد. ثابت شده است که با افزایش درجه حرارت تقاضای دانه برای پروتئین بیش از کربوهیدرات می‌گردد که با جذب مجدد و سریع نیتروژن برگ‌ها جبران می‌شود، در نتیجه پیری برگ‌ها تسریع می‌گردد. افزایش سریع نیتروژن دانه که با کاهش آن در برگ و ساقه همراه است، دلالت بر انتقال مجدد دارد.

کل نیتروژن جذب شده گیاه ذرت در مرحله رسیدن تقریباً برابر 342 کیلوگرم در هکتار بود (شکل 3) که به تفکیک اندام‌های اندازه‌گیری شده به ترتیب 33 (برگ)، 53 (ساقه)، 7 (گل) و 248 (دانه و بلال) کیلوگرم در هکتار بود (شکل 1-ب و جدول 2). با توجه به میزان کل جذب نیتروژن در مراحل مختلف رشد ذرت مشاهده می‌گردد مقدار جذب در طی مراحل رشد سیر صعودی داشته و بالاترین مقدار آن 342 کیلوگرم در هکتار مربوط به مرحله رسیدن می‌باشد که تفاوت معنی‌داری با سایر مراحل در سطح 5 درصد دارد (شکل 3). روند تجمع نیتروژن دو

¹ Dent

² Blister

در این فاصله نیاز بالای ذرت به نیتروژن قابل پیش-بینی می‌باشد. از مرحله آبکی شدن تا خمیری شدن¹ (R4) یک افزایش دیگر مشاهده می‌شود و پس از آن دیگر هیچ افزایشی در ماده خشک و نیتروژن اندازه‌گیری نگردید. این محققان، فاصله زمانی بین مراحل 8 برگی تا آبکی شدن دانه را به عنوان بهترین زمان مصرف سرک نیتروژن توصیه نمودند.

همانطور که ذکر شد بخش عمده نیاز نیتروژن گیاه پس از ماه اول رشد تا مرحله به کاکل رفتن می‌باشد. لذا مصرف جانبی کود نیتروژن در زمان بالاترین نیاز گیاه، ضروری می‌باشد. همچنین در زمان رشد سریع گیاه، به دلیل افزایش جذب آب و افزایش تعرق گیاه، هدر رفت نیتروژن از طریق آبخویی نیز کاهش می‌یابد. سینز روزاس و همکاران (2004) اظهار داشتند در ذرت، مصرف نیتروژن در مرحله 6 برگی نسبت به مصرف آن در هنگام کاشت، منجر به احیا بیشتر نیتروژن می‌گردد. آنها اشاره نمودند مصرف اولیه نیتروژن هنگام کاشت گیاه ذرت به همراه مصرف جانبی آن (تقسیم) در طی مراحل گل دهی تا کاکل رفتن برای اطمینان از عدم محدودیت عملکرد ضروری می‌باشد. والش (2006) مصرف نیتروژن را یکبار پیش از کاشت ذرت و یکبار به صورت مصرف جانبی² در میانه فصل رشد قبل از مرحله 10 برگی توصیه می‌نماید که با نتایج آزمایش ما مطابقت دارد.

فرانسیس و همکاران (1993) نشان دادند پس از مرحله گل دهی در گندم و به کاکل رفتن در ذرت بافتهای هر دو گیاه، نیتروژن را به صورت NH_3 طی فرایند پر شدن دانه‌ها از دست می‌دهند. محققان دیگر نیز از دست دادن نهایی نیتروژن را در ذرت بین مراحل به کاکل رفتن تا رسیدن تأیید نموده‌اند. نتایج تحقیقات انجام شده در دنیا نشان می‌دهد با توجه به تجمع بخش عمده نیتروژن کل گیاه از اوایل تا اواسط مرحله رشد، عملکرد پتانسیل گیاه (ذرت یا گندم) در میانه فصل رشد قابل پیش‌بینی می‌باشد (لچت و آلکیزی، 2005؛ فریمن و همکاران، 2007).

فسفر (P)

روند جذب فسفر در برگ از مرحله 3 برگی تا 10 برگی افزایش یافته و سپس تا مرحله به کاکل رفتن دارای نزول تدریجی است و پس از آن تا مرحله رسیدن جذب فسفر برگ به طور چشمگیر کاهش می‌یابد. در صورتیکه جذب فسفر در ساقه تا مرحله گل دهی افزایش و پس از آن کاهش نشان می‌-

دهد. بالاترین مقادیر جذب فسفر در برگ و ساقه 12/3 و 11 کیلوگرم در هکتار به ترتیب مربوط به مراحل 10 برگی و گل دهی است که از نظر آماری، تفاوت جذب فسفر در برگ معنی‌دار (در سطح 5 درصد) ولی در ساقه معنی‌دار نبود (شکل 1-ج).

از مرحله گل دهی به بعد همراه با افزایش جذب فسفر در بخش‌های گل و سپس بلال و دانه، شاهد کاهش جذب فسفر در ساقه و برگ می‌باشیم، این روند تا مرحله رسیدن کامل دانه ادامه دارد. زمان پر شدن دانه‌ها، مقدار قابل توجهی فسفر از بخش‌های رویشی به دانه گیاه منتقل می‌گردد. از بررسی تغییرات جذب فسفر در بخش‌های مختلف گیاه معلوم می‌گردد که تأمین فسفر مورد نیاز بلال و دانه هم توسط برگ و هم ساقه انجام می‌گیرد (شکل 1-ح و جدول 2). برای مثال، بین مراحل گلدهی و رسیدن فیزیولوژی، میزان فسفر در برگ‌های گیاه 63/5 درصد، در ساقه 45 درصد و در بخش گل 76/5 درصد کاهش می‌یابد، در حالیکه میزان فسفر در بخش بلال و دانه تا 67/5 درصد افزایش می‌یابد. به طوریکه در مرحله رسیدن، تفاوت میزان جذب فسفر دانه (31/7 کیلوگرم در هکتار) با سایر اندام‌ها در سطح 5 درصد معنی‌دار بود (جدول 2). در مرحله رسیدن فیزیولوژی، کل فسفر تجمع یافته در گیاه ذرت تقریباً برابر 42/5 کیلوگرم در هکتار بود (شکل 3) که مقدار آن در هر یک از اندام‌های گیاه شامل برگ، ساقه، گل، بلال و دانه به ترتیب برابر 3/6، 6، 1/2 و 31/7 کیلوگرم در هکتار بود (جدول 2).

این الگو، مشابه الگوی تجمع فسفر در مطالعات انجام شده دنیا (هانوی، 1962b؛ کارلن و همکاران، 1988؛ دوبرمن و والترز، 2003؛ اورمن و سکولتز، 2011) می‌باشد. صعود روند تجمع فسفر در اواخر مرحله رشد رویشی گیاه است و بعد از مرحله گرده افشانی در سراسر طول مدت پر شدن دانه‌ها به طور خطی افزایش می‌یابد. روند تجمع فسفر نیز مانند نیتروژن در کل گیاه افزایشی است. مقدار جذب در طی مراحل رشد سیر صعودی داشته و بالاترین مقدار آن (42/5 کیلوگرم در هکتار) مربوط به مرحله رسیدن می‌باشد که تفاوت معنی‌داری با سایر مراحل در سطح 5 درصد دارد (شکل 3).

کارلن و همکاران (1988) در مطالعه خود نشان دادند روند تجمع فسفر در بخش بلال و دمگل در فاصله مراحل کاکل رفتن تا رسیدن تقریباً به صورت خطی از 0/25 تا 1 کیلوگرم در هکتار در روز افزایش می‌یابد. روند منفی تجمع فسفر در برگ‌ها و ساقه پس از مرحله گل دهی نشان دهنده انتقال فسفر از بخش‌های رویشی گیاه به اندام‌های زایشی در مرحله توسعه دانه‌ها است.

1- Dough

2- Side Dress

پتاسیم (K)

در خصوص پتاسیم، روند تغییرات جذب در برگ نشان می‌دهد جذب پتاسیم نیز مانند فسفر و نیتروژن در مراحل رشد رویشی گیاه افزایش داشته و پس از مرحله 10 برگی تا انتهای مراحل رشد (رسیدن فیزیولوژی) دارای نزول تدریجی است. برخلاف روند جذب فسفر و نیتروژن در برگ، در مورد پتاسیم، کاهش چشمگیر میزان جذب پس از مرحله به کاکل رفتن تا رسیدن دیده نمی‌شود. بالاترین مقدار جذب پتاسیم در برگ در مرحله 10 برگی برابر 100 کیلوگرم در هکتار بود که از نظر آماری، تفاوت آن با سایر مراحل به جز مراحل 7 برگی و گل دهی در سطح 5 درصد معنی‌دار بود (شکل 1-د). جذب پتاسیم در ساقه تا مرحله به کاکل رفتن همچنان افزایشی است، اما پس از آن تا مرحله رسیدن با یک افت شدید معنی‌دار 50 درصدی از 255 به 128 کیلوگرم در هکتار کاهش می‌یابد (شکل 1-د).

هنگام افزایش روند جذب در بلال، شاهد نزول جذب پتاسیم در برگ می‌باشیم، در صورتیکه در ساقه مقدار جذب پتاسیم تا مرحله به کاکل رفتن همچنان افزایشی است و می‌توان چنین نتیجه گرفت که عمده پتاسیم جذب شده در بلال و دانه از طریق انتقال از برگ-ها تأمین شده است. می‌توان گفت که پتاسیم جذب شده در برگ علاوه بر تأمین پتاسیم بلال و دانه قابلیت تأمین پتاسیم لازم برای ساقه را نیز دارد.

روند تجمع پتاسیم گیاه ذرت یک صعود مشخص در طی مرحله رویشی داشت، به طوریکه میزان جذب پتاسیم بین مراحل 5 و 7 برگی از 47 به 226 کیلوگرم در هکتار افزایش یافت (79 درصد افزایش). همانطور که شکل 3 نشان می‌دهد پس از مرحله 7 برگی نیز روند افزایشی تجمع پتاسیم تا مرحله به کاکل رفتن ادامه داشته، اما شیب خط کاهش یافته است. بعد از مرحله به کاکل رفتن پتاسیم کل گیاه کاهش یافته و در مرحله رسیدن به 254 کیلوگرم در هکتار رسید که حاکی از اتلاف آن از طریق برگ و ریشه می‌باشد. حداکثر جذب پتاسیم مربوط به مرحله به کاکل رفتن (369 کیلوگرم در هکتار) و بالاترین مقدار جذب و تجمع پتاسیم در ساقه گیاه اتفاق افتاد (255 کیلوگرم در هکتار). ملکوتی و نفیسی (1373) بیان داشتند که در مراحل آخر رشد ممکن است مقداری پتاسیم از گیاه خارج شود. برای مثال در مرحله رسیدن مقدار پتاسیم موجود در گیاه گندم فقط 60% میزان آن در اواسط رشد است. مارالینو و اولتمانس (2011) اظهار داشتند مقدار و سهم ازدست دادن فسفر و پتاسیم بافتهای گیاه ذرت در مراحل رسیدن گیاه با افزایش

بارش افزایش می‌یابد، اما این مسئله در مورد پتاسیم بیشتر از فسفر صدق می‌نماید. علاوه بر این، افزایش بارشها از مرحله تشکیل لایه سیاه¹ در وسط بلالها تا اواخر پاییز، از دست دادن پتاسیم گیاه را به طور چشمگیری افزایش می‌دهد. به طور کل، در اواخر رشد، به دلیل پایان مراحل رشد رویشی گیاه، کاهش ماده خشک اندامهای رویشی و خشک شدن و ریزش برگ‌ها در اثر باد و باران و ...، میزان پتاسیم گیاه کاهش می‌یابد.

در مرحله رسیدن برخلاف نیتروژن و فسفر، تنها 22/5 درصد از پتاسیم گیاه در بخش بلال و دانه تجمع یافته است. بنابراین دانه ذرت در مرحله برداشت، حتی در عملکردهای بالا نیز پتاسیم کمی را از خاک خارج می‌نماید. منحنی تجمع پتاسیم نیز با مطالعات قبلی انجام شده (هانوی، 1962b؛ کارلن و همکاران، 1988؛ دویرمن و والترز، 2003؛ اورمن و سکولتز، 2011) مطابقت داشت.

در مرحله رسیدن، مقدار تجمع پتاسیم در هر یک از اندامهای گیاه شامل برگ، ساقه، گل، بلال و دانه به ترتیب، 59، 128/2، 9/9 و 57/3 کیلوگرم در هکتار بود. تفاوت جذب ساقه با سایر بخشها در سطح 5 درصد معنی‌دار بود (جدول 2).

مطالعه کارلن و همکاران (1988) نشان داد طی مراحل اولیه رشد گیاه (مرحله چهار برگی)، روند تجمع پتاسیم در برگهای پایینی گیاه، روزانه بین 3-4 کیلوگرم در هکتار و در مرحله رشد سریع، روزانه 7 کیلوگرم در هکتار بود، در حالیکه طی زمان پر شدن دانه ها روند تجمع پتاسیم به کمتر از 2 کیلوگرم در هکتار در روز کاهش یافت.

نتیجه‌گیری نهایی و پیشنهادات

به طور کلی میزان ماده خشک اندامهای هوایی گیاه و غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در مراحل مختلف رشد ذرت متفاوت بود که می‌تواند به دلیل تفاوت در نیاز گیاه به این عناصر و یا تفاوت در تأثیر سایر عوامل بر جذب این عناصر از خاک در مراحل مختلف رشد گیاه باشد. همچنین غلظت این عناصر در اندامهای مختلف گیاه نیز متفاوت بود که این مسئله نیز می‌تواند ناشی از تفاوت در نیاز اندام های مختلف گیاه (رویشی و زایشی) به این عناصر و یا تفاوت در میزان تحرک این عناصر بین اندامهای مختلف در گیاه باشد. بررسی روند تجمع ماده خشک بیانگر افزایش معنی-دار بیوماس کل گیاه طی مراحل رشد می‌باشد. کل مقدار ماده خشک گیاه در مرحله رسیدن فیزیولوژی 27/43 تن در هکتار بود که مقدار 12/87 تن در هکتار آن مربوط به ماده

¹ -Blach layer

به طور کل می‌توان اظهار داشت تشخیص مراحل مختلف رشد گیاه و تعیین الگوی جذب آن مطابق با مراحل رشد، یکی از بهترین راه‌های مدیریت صحیح مصرف نهاده‌ها است که در دستیابی به یک مدیریت صحیح بسیار حایز اهمیت می‌باشد و به تعیین مقدار و زمان مصرف آن برای جلوگیری از بروز اثر کمبود کمک می‌نماید. حداکثر مقدار جذب در گیاه قبل از مرحله تجمع حداکثر عناصر غذایی که خود مقدمه تولید حداکثر بیوماس گیاه است، اتفاق می‌افتد. بنابراین مصرف کود قبل از وقوع مرحله حداکثر نیاز گیاه، بسیار مهم و حیاتی می‌باشد که منجر به کاهش خطر کمبود عناصر غذایی و جلوگیری از کاهش عملکرد محصول می‌گردد. این نوع مدیریت همچنین هدر رفت کود را کاهش داده، موجب افزایش کارایی عناصر غذایی می‌گردد و یک راهبرد زیست محیطی حساس می‌باشد. استفاده از آزمون خاک به همراه منحنی‌های جذب عناصر غذایی گیاه، بهره‌برداران را در دستیابی به حد مطلوب میزان و زمان مصرف نهاده‌ها یاری خواهد نمود. لازم به ذکر است توصیه دقیق تر نهاده‌ها براساس نیاز گیاه در مراحل مختلف رشد نیازمند انجام تحقیقات مدت دار در هر منطقه می‌باشد.

خشک دانه (عملکرد دانه) بود. جذب عناصر نیتروژن و فسفر نیز تابع روند کلی رشد است. بخش عمده جذب نیتروژن گیاه بین ماه اول رشد تا مرحله گل دهی و به کاکل رفتن اتفاق می‌افتد. مقدار قابل توجهی از نیتروژن طی مرحله پر شدن دانه‌ها از بافت برگ گیاه به دانه انتقال می‌یابد. جذب فسفر طی فصل رشد بسیار ثابت است و معمولاً به موازات افزایش وزن ماده خشک گیاه، افزایش می‌یابد. در زمان رسیدن میزان نیتروژن و فسفر برگ و ساقه به طور معنی‌داری کاهش یافته و عمده ذخیره این عناصر در دانه بوده است (به ترتیب 180 و 32 کیلوگرم در هکتار). کل نیتروژن و فسفر تجمع یافته در گیاه نیز در مرحله رسیدن به ترتیب برابر 342 و 42/5 کیلوگرم در هکتار بود. بر اساس کاهش تدریجی غلظت نیتروژن و فسفر در اندام‌های رویشی می‌توان نتیجه گرفت که جذب نیتروژن و فسفر در مراحل اولیه رشد (رشد رویشی گیاه) بیشتر از سایر مراحل است. در حالیکه روند جذب پتاسیم گیاه در اواخر مراحل رشد کاهش یافته است. پتاسیم برخلاف نیتروژن و فسفر بیشتر در ساقه گیاه ذخیره شده است. بالاترین میزان جذب پتاسیم در مرحله به کاکل رفتن اتفاق افتاده است. در این مرحله میزان پتاسیم کل گیاه 369 کیلوگرم در هکتار و میزان پتاسیم تجمع یافته در ساقه 255 کیلوگرم در هکتار بوده است.

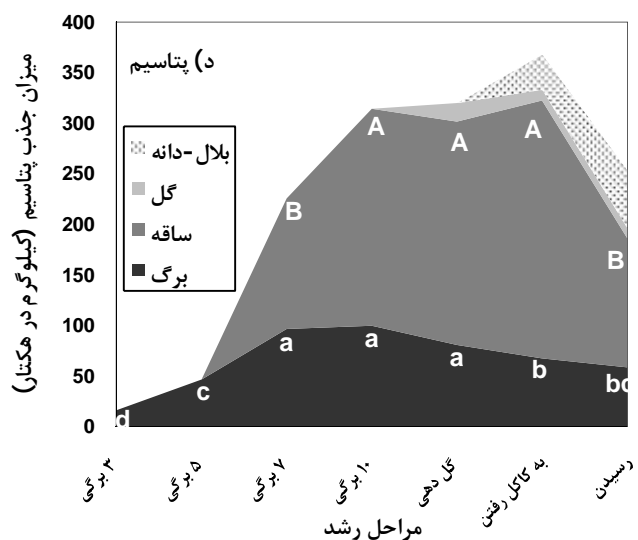
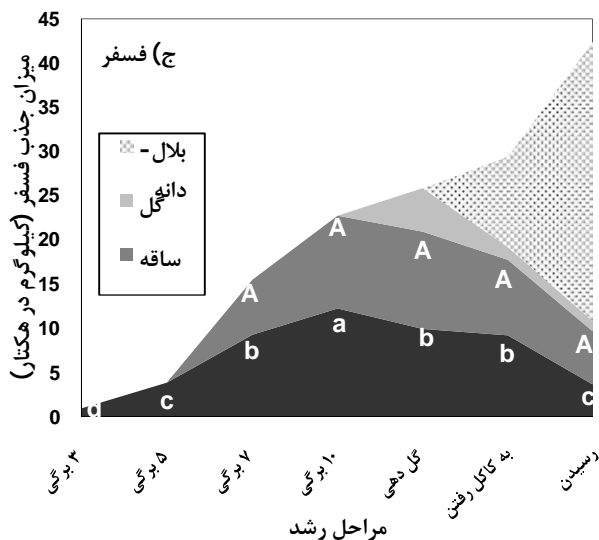
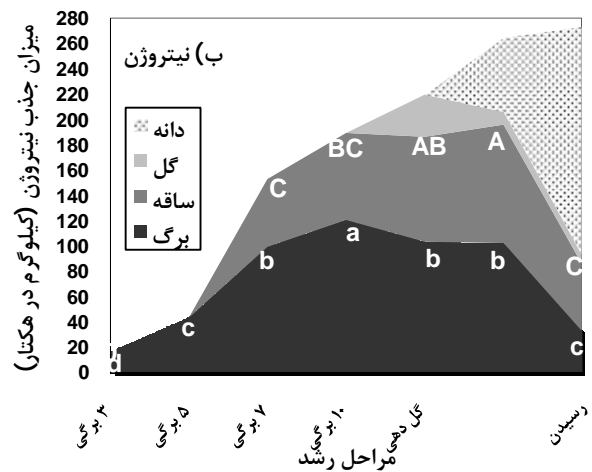
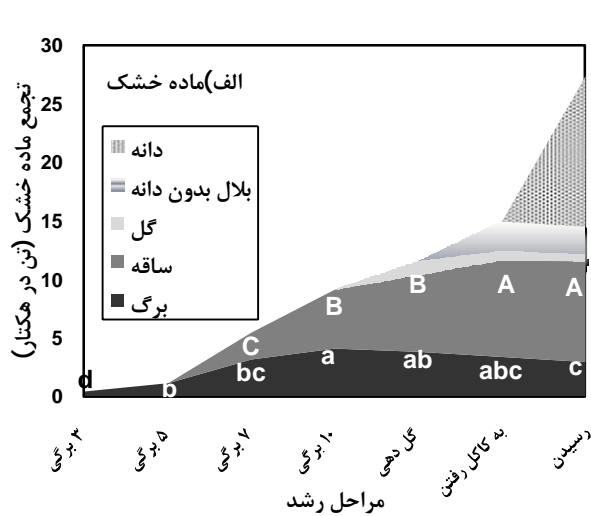
جدول 1- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

عمق نمونه برداری (سانتیمتر)		واحد	پارامترهای اندازه‌گیری شده
0-30	30-60		
مقدار			
22/4	20/4		رس
28	30	درصد	سیلت
49/6	49/6		شن
1/06	0/054	(دسی زیمنس بر متر)	قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک
8/22	8/07		pH
0/38	0/51	درصد	کربن آلی
0/04	0/05		نیتروژن کل
6/2	7/2	میلی گرم بر کیلوگرم	فسفر قابل استفاده
188	220		پتاسیم قابل استفاده
2/04	3/12		مس قابل استفاده
1/78	2/1		آهن قابل استفاده
3/74	6/18		منگنز قابل استفاده
0/76	6/34		روی قابل استفاده

جدول 2- مقایسه وزن خشک و تغییرات جذب عناصر غذایی بین اندام‌های مختلف گیاه ذرت در مرحله رسیدن

پتاسیم	فسفر (کیلوگرم در هکتار)	نیتروژن	ماده خشک (تن در هکتار)	اندام‌های مختلف گیاه
57/28 B	31/71 A	248/05 A	15/3 A 12/87 A) (2/43 C	دانه-بلال: دانه بلال)
9/92 C	1/16 B	7/02 C	0/57 D	گل
128/17 A	6/03 B	53/16 B	8/62 B	ساقه
58/59 B	3/63 B	33/37 B	2/94 C	برگ

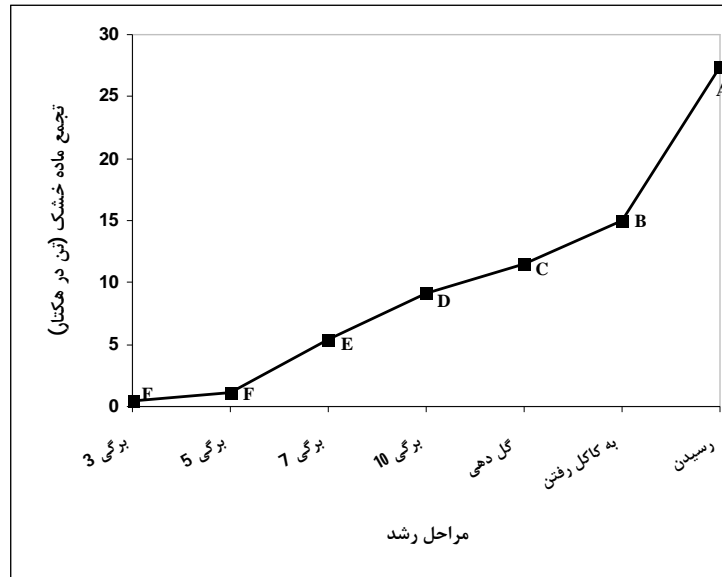
* حروف مشابه در هر ستون، بیانگر عدم تفاوت معنی دار (در سطح 5 درصد) می‌باشد.



شکل 1- تجمع ماده خشک و جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم در اندام‌های مختلف گیاه ذرت در مراحل مختلف رشد

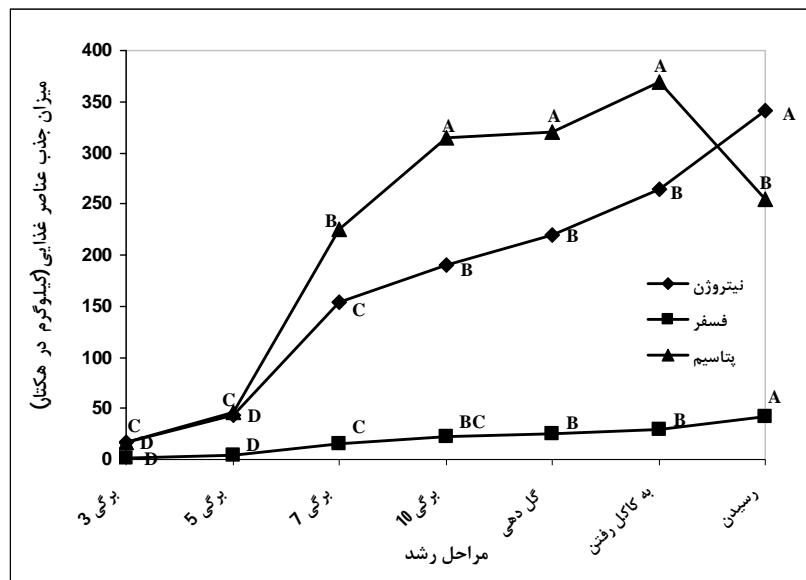
حروف کوچک مشابه، بیانگر عدم تفاوت معنی دار (در سطح 5 درصد) ماده خشک برگ (شکل الف) یا جذب عناصر در برگ (شکل‌های ب، ج و د) می‌باشد.

حروف بزرگ مشابه، بیانگر عدم تفاوت معنی دار (در سطح 5 درصد) ماده خشک ساقه (شکل الف) یا جذب عناصر در ساقه (شکل‌های ب، ج و د) می‌باشد.



شکل 2- منحنی رشد گیاه ذرت طی مراحل مختلف

حروف مشابه، بیانگر عدم تفاوت معنی دار (در سطح 5 درصد) وزن خشک کل گیاه ذرت در مراحل مختلف رشد می‌باشد.



شکل 3- روند کل جذب عناصر غذایی توسط گیاه ذرت در مراحل مختلف رشد

حروف مشابه، بیانگر عدم تفاوت معنی دار (در سطح 5 درصد) جذب عناصر غذایی گیاه ذرت در مراحل مختلف رشد می‌باشد.

فهرست منابع:

۱. جودی، م.، ع. احمدی، و.ا. محمدی، ع. عباسی، ح. محمدی، م. اسماعیل پور، ز. بیات، ب. ترکاشوند. 1389. بررسی تجمع و آزادسازی مواد فتوسنتزی ساقه در ارقام زراعی گندم‌های ایران تحت شرایط فاریاب و تنش خشکی طی فاز رشد زایشی، مجله علوم گیاهان زراعی ایران. دوره 41 شماره 2 صفحات 315-328.
۲. خادمی، ز.، ج. میرزاوند، ف. دهقانی، ح. خوشگفتارمنش، غ. ع. کیخا. 1385. تغییرات زمانی غلظت عناصر غذایی در قسمتهای مختلف گیاه گندم (الگوی جذب)، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره 1294، تهران. ایران.
۳. خدابنده، ن. 1377. غلات. چاپ پنجم با تجدید نظر. مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. تهران، ایران، 537 صفحه.
۴. رادمهر، م.، غ. ع. لطفعلی آینه، ع. ر. کجباف. 1375. تهیه و بررسی منحنی رشد گندم رقم فلات در جنوب خوزستان. گزارش نهایی، مرکز تحقیقات کشاورزی خوزستان. اهواز. ایران.
۵. زهتابیان، غ.، ر. ب. امیری، م. سوری. 1384. بررسی و مقایسه وضعیت عناصر غذایی خاک با تاکید بر N, P, K در اراضی کشاورزی و مرتعی (مطالعه موردی خدابنده زنجان). مجله پژوهش و سازندگی. جلد 18 شماره 3 صفحات 19-9.
۶. سرمندیا، غ.، ح. ع. کوچکی. 1366. فیزیولوژی گیاهان زراعی انتشارات، جهاد دانشگاهی دانشگاه مشهد، 467 صفحه.
۷. مجیدیان، م.، ا. قلاوند، ع. ا. کامکار حقیقی، ن. کریمیان. 1387. تأثیر تنش خشکی، کود نیتروژن و کود آلی بر قرائت کلروفیل، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس 704. مجله علوم زراعی ایران. جلد 10 شماره 3 صفحات 303-330.
۸. ملکوتی، م.، ج. م. نفیسی. 1373. مصرف کود در اراضی زراعی، «فاریاب و دیم» (ترجمه). چاپ دوم. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، 242 صفحه، تهران، ایران.
9. Austin, R. B., M. A. Ford, J. A. Edrich, and R. D. Blackwell. 1977. The nitrogen economy of wheat. *Journal of Agricultural Science* 88:159–167.
10. Chapin, F. S. and I. F. Ward low. 1988. Effects of phosphorus deficiency on source-sink interactions between the flag leaf and developing grain in barley. *Journal of Experimental Botany*. 39: 165-177.
11. Cruz-Aguado, J. A., R. Rodes, I. P. Peresand M. Dorado. 2000. Morphological characteristic and yield components associated with accumulation and loss of dry mass in the internodes of wheat. *Field Crops Research* 66: 129–139.
12. Davidson, D. J., and P. M. Chevalier. 1992. Storage and remobilization of spring wheat. *Crop science*, 32: 186-190.
13. Dobermann, A. and D. T. Walters. 2003. Procedures for measuring dry matter, nutrient uptake, yield and components of yield in maize. Department of Agronomy and Horticulture university of Nebraska- Licoln 402: 472-1051.
14. Evanylo, G. K. and M. M. Alley. 1996. Nitrogen soil testing for corn in Virginia. Virginia Cooperative Extension Publication 418-016. <http://pubs.ext.vt.edu/418-016/Virginia Tech, Blacksburg, VA>.
15. Feeks, W. 1941. Defarwe en haar millieu. P. 560-561. In Vers. XVII tech. Farwe Comm., Groningen.
16. Francis, D. D., J. S. Schepers, and M. F. Vigil. 1993. Post-anthesis loss from corn. *Agronomy Journal* 85: 659–663.
17. Freeman, K. W., K. Girma, D. B. Arnall, R. W. Mullen, K. L. Martin, R. K. Teal, and W. R. Raun. 2007. By-plant prediction of corn forage biomass and nitrogen accumulation at various growth stages using remote sensing and plant height measures. *Agronomy Journal* 99: 530–536.

18. Girma, K., K. L., K. W. Martin, K. W. Freeman, J. Mosali, R. K. Tel, W. R. Raun, S. M. Moges and D. B. Arnall. 2007. Determination of optimum rate and growth stage for foliar applied phosphorus in corn. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38 (9 & 10): 1137 - 1154.
19. Girma, K., S. Holtz, B. Tubana, J. Solie, and W. Raun. 2010. Nitrogen accumulation in shoots as a function of growth stage of corn and winter wheat. *Journal of Plant Nutrition* 33:165-182.
20. Hanway, J. J. 1962 a. Corn growth and composition in relation to soil fertility: I. Growth of different plant parts and relation between leaf weight and grain yeild. *Agronomy Journal* 54: 145-148.
21. Hanway, J. J. 1962 b. Crop growth and composition in relation to soil fertility: II. Uptake of N, P, and K and their distribution in different plant parts during the growing season. *Agronomy Journal* 54: 217-222.
22. Hanway, J. J. 1963. Growth stages of corn (*Zea mays* L). *Agronomy Journal* 55: 487-491.
23. Haun, J. R. 1973. Visual quantification of wheat development. *Agronomy Journal* 65: 116-119.
24. Heard, J. 2004. Nutrient accumulation and portioning by grain corn in Manitoba. <http://www.gov.mb.ca/agriculture/msss/2004/mss601-pdf>.
25. Jensen, L. A., H. R. Loud. 1971. How cereal crops grow. North Dakota. Ext. Bull. No. 3.
26. Jones, C. A. 1985. C4 grasses and cereals: growth, development, and stress response. John Wiley & Sons, Inc., New York.
27. Karlen, D.L., R. L. Flannery, and E. J. Sadler. 1988. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. *Agronomy Journal* 80:232-242.
28. Large, E.C., 1954. Growth stages in cereals. Illustrations of the Feeks scale. *Plant Pathology: Journal* 3: 128-129.
29. Licht, M. A., and M. Al-Kaisi. 2005. Corn response, nitrogen uptake, and water use in strip-tillage compared with no-tillage chisel plow. *Agronomy Journal* 97: 705-710.
30. Ma, B. L., L. M. Dwyer, and E. G. Gregorich. 1999. Soil nitrogen amendment effects on nitrogen uptake and grain yield of maize. *Agronomy Journal* 91: 650-656.
31. Mallarino, A and R. Oltmans. 2011. Change in phosphorus and potassium contents of cornstalks over time. *Integrated Crop Management News*. Iowa State University Extension.
32. McWilliams, D. A., D. R. Berglund, G. J. Endres. 1999. Corn growth and management quick guide. North Dakota State Unversity and University of Minnesota. NDSU. www.ag.ndsu.edu.
33. Overman, A.R. and R. V. Scholtz. 2011. Accumulation of biomass and mineral elements with calendar time by corn: application of the expanded growth model. *PLoS One* 6(12): e28515.doi:10.1371/journal.pone.0028515.
34. Plaut, Z., B. J. Butow, C. S. Blumenthal and C. V. Wrigkey. 2004. Transport of dry mater into developing wheat kernels and its contribution to grain yield under post-anthesis water deficit and elevated temperature. *Field Crop Research* 86:185-198.
35. Raun, W. R., J. B. Solie, K. L. Martin, K. W. Freeman, M. L. Ston, G. V. Jahnsen and R. W. Mullen. 2005. Growth stage, development and spatial variability in corn evaluted using optical sensor readings. *Journal of plant Nutrition* 28: 173-182.
36. Sainz Rozas, H. R., H. E. Echeverria, and P. A. Barbieri. 2004. Nitrogen balance as affected by application time and nitrogen fertilizer rate in irrigated no-tillage maize. *Agronomy Journal* 96: 1622-1631.

37. Shanahan, J. F., J. S. Schepers, D. D. Francis, and R. Caldwell. 2004. Use of crop canopy reflectance sensor for in-season N management of corn. *Proceedings of Great Plains Soil Fertility Conference* 10: 69–74.
38. Shaw, R. H. and J. E. Newman. 1991. Weather stress in the corn crop. *National corn handbook*, Report No. NCH-18: Climate and weather. Purdue University, West Lafayette, IN.
39. Vanderlip, R. L., H. E. Reeves. 1972. Growth stages of sorghum. *Agronomy Journal* 64: 13- 16.
40. Walsh, O. S. 2006. Effect of delayed nitrogen fertilization on corn grain yields. M.S. Thesis, Oklahoma State University, Stillwater, OK.
41. Xue, G. P., C. L. McIntyre, A. R. Rattey, A. F. Van Herwaarden and R. Shorter. 2009. Use of dry matter content as a rapid and low-cost estimate for ranking genotypic differences in water-soluble carbohydrate concentrations in the stem and leaf sheath of *Triticum aestivum* L. *Crop and Pasture Science* 60: 51–59.