

تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر رشد و توسعه ریشه ذرت

سید خلاق میرنیا، سید علی محمد مدرس ثانوی، طاهر پیری^۱

چکیده:

رشد و توسعه ریشه برای جذب نیتروژن و دیگر عناصر غذایی مؤثر است. خطر آلودگی منابع آب زیرزمینی و افزایش روز افزون آلودگی آب‌های شرب، انجام تحقیقات برای یافتن واریته‌هایی از گیاهان مانند ذرت را که بتوانند با توسعه ریشه خود از خروج نیتروژن از منطقه ریشه جلوگیری کنند، ضروری کرده است. این آزمایش در سال ۱۳۷۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس با چهار تکرار به اجراء در آمد. طرح آزمایش اسپلیت پلات در قالب بلوکهای کامل تصادفی بود که در آن سه مرحله برداشت گیاه (شامل: مرحله ۸-۹ برگی، مرحله تولید ابریشم، و مرحله تولید لایه سیاه در دانه) بعنوان کرت اصلی و کرت فرعی کود شش سطح اوره در (۰، ۴۶، ۹۲، ۱۳۸، ۱۸۴ و ۲۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) در نظر گرفته شد. برای عملکرد دانه از طرح بلوکهای کامل تصادفی استفاده گردید. وزن تر و خشک ریشه و ساقه، طول ریشه، نسبت ماده خشک ریشه به ساقه و تراکم ریشه در واحد حجم خاک در سه مرحله رشد تعیین شد. میزان عملکرد دانه در مرحله ایجاد لایه سیاه در دانه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که سطوح مختلف کود نیتروژن و مراحل برداشت گیاه و اثرات متقابل آنها بر روی کلیه صفات اندازه‌گیری شده در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد. از سه مرحله برداشت گیاه و شش تیمار کودی، بترتیب تیمارهای مرحله تولید ابریشم و کاربرد ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین وزن تر و خشک ریشه را داشت. میانگین طول و تراکم ریشه در مرحله تولید ابریشم نسبت به مراحل دیگر بیشتر بود. صفات اخیر بعد از کشت به سرعت افزایش یافت ولی در مرحله تولید لایه سیاه کم شد. با افزایش مصرف کود نیتروژن، طول و تراکم ریشه زیاد شد ولی این افزایش خطی نبود. وزن تر ساقه در مرحله تولید لایه سیاه از دو مرحله دیگر بیشتر بود، در صورتیکه وزن خشک ساقه و نسبت وزن خشک ریشه به ساقه در مرحله تولید ابریشم بیشترین مقادیر را دارا بودند. تیمار ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن بیشترین وزن تر و خشک ساقه را تولید نمود و افزایش یا کاهش کاربرد نیتروژن از مقدار مذکور سبب کاهش در وزن ساقه گردید. بنابراین دادن

^۱ - به ترتیب استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، فوق لیسانس خاکشناسی از دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

کودهای نیتروژنه به ذرت باعث عمیق شدن و گسترش ریشه شده و سبب فراوان تر شدن ریشه‌ها در ابتدای فصل می‌گردند. اگر کود نیتروژنه به مقدار بهینه بکار رود رشد ریشه تحریک خواهد شد و هر چه از مقدار بهینه زیادتر باشد رشد ریشه کاهش می‌یابد.

واژه های کلیدی: ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴، تراکم و وزن ریشه، وزن ساقه

مقدمه

برای یافتن ژنوتیپ‌هایی از ذرت که دارای راندمان مصرف و جذب بالای نیتروژن باشند صورت گرفته است. براساس تعریف مول^۴ و همکارانش (۱۹۸۲) راندمان مصرف نیتروژن در ذرت، میزان تولید دانه ذرت به ازاء مقدار نیتروژن مصرفی می‌باشد که بنا بر عقیده جکسون^۵ و همکاران (۱۹۸۶) خود آن به توسعه سیستم ریشه‌ای مفید در گیاه وابسته است.

اندرسون^۶ (۱۹۸۷) دریافت که مصرف کود نیتروژنه باعث کاهش وزن و شعاع ریشه در واحد طول ریشه و افزایش طول کل ریشه شد. در شرایطی که بخش هوایی گیاه ذرت به دلیل کمبود آب و نیتروژن با محدودیت رشد مواجه گردید، ریشه به رشد خود ادامه داد. رشد سریع در ریشه گیاه ذرت تا ۸ هفته پس از کشت، ادامه دارد و بخش اعظم سیستم ریشه‌ای گیاه مستقیماً در داخل ردیف کشت و در زیر بوته گیاه قرار دارد (سیستم افشان). در این مطالعه، خصوصیات

مقدار آب و مواد غذایی مورد نیاز گیاه از روی حجم خاکی که با ریشه‌ها در تماس است تعیین می‌گردد (عوض کوچکی و محمد بنایان، ۱۳۷۳). رشد ریشه، بعنوان عضو اصلی و حامی گیاه، تحت تأثیر عوامل مختلف واقع می‌شود. بر این اساس شناخت عوامل مؤثر بر چگونگی رشد ریشه گیاه، بسیار با اهمیت می‌باشد.

ذرت دارای سیستم ریشه‌ای افشان، گسترده و با رشد سریع است. عوامل مختلفی مانند ژنوتیپ، رطوبت، دما، مواد سمی، عوامل بیولوژیک و حاصلخیزی خاک تأثیرات گوناگونی بر رشد و نمو ریشه ذرت دارند.

افزایش روز افزون آلودگی آبهای زیرزمینی به نیتروژن در جهان باعث شده تا مدیریت کودی در سطح مزارع جهت نظارت و پیشگیری از آلودگی‌های منقطه‌ای^۲ (بدون توجه به منبع و نوع آلودگی) مورد توجه خاص قرار بگیرد. بنابر نظر استینوردن^۳ (۱۹۸۹) تحقیقات زیادی

^۴Moll

^۵Jackson

^۶Anderson

^۲Non point source pollution

^۳Steenvoorden

(/۱۸/۵) و برگهای (۲۷/۵) آنها بیش از گیاهانی بود که توسط کود نیترا⁻ NO₃ تغذیه شدند. پنجه‌زنی نیز در گیاهانی که با کود آمونیومی تغذیه شدند افزایش نشان داد. آنجیونی^{۱۲} و همکاران (۱۹۸۸) دریافتند که تأثیر کود آمونیومی (NH₄⁺) بر توزیع ریشه ذرت شبیه تأثیر فسفر می‌باشد. میزلیش^{۱۳} و همکاران (۱۹۸۰) نتیجه گرفتند که با افزایش مصرف کود نیتروژنه وزن ساقه و ریشه گیاه ذرت افزایش می‌یابد، اما در مجموع میزان افزایش وزن ساقه بیش از ریشه است. در این تحقیق تأثیر کود نیتروژنه بر رشد ریشه ذرت مورد بررسی قرار می‌گیرد.

روش کار

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس در بهار سال ۱۳۷۷ انجام گرفت خصوصیات خاک مرزعه در جدول (۱) نشان داده شده است.

در بهار سال ۱۳۷۷ پس از تسطیح زمین زراعی، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در سطح کرت‌های آزمایشی پخش گردید. آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب بلوکهای کامل تصادفی با چهار تکرار بوده که عامل اصلی مرحله برداشت گیاه و عامل

مورفولوژیکی ریشه ذرت تحت تأثیر کود نیتروژنه (اوره)، شخم و زمان مصرف کود قرار گرفته است. دیورکس^۷ و همکاران (۱۹۹۴) که بر روی تأثیر کود نیتروژنه بر رشد و نمو ذرت تحقیق نمودند نتیجه گرفتند که در زمان برداشت، وزن کل ریشه با افزایش مصرف کود نیتروژنه کاهش یافت. طول ریشه ذرت در قسمتی از خاک که کود نیتروژنه اضافه شده بود، افزایش یافت بدون آنکه طول کل ریشه تحت تأثیر مصرف کود قرار گرفته باشد (تراکم ریشه‌ها در منطقه مصرف کود افزایش می‌یابد). گراناتو^۸ و رپر^۹ در آبکشتی^۹ چنین واکنشی را در گیاه ذرت دیده و در^{۱۰} و همکاران نیز شبیه آنرا در گیاه جو مشاهده نمودند. آندرسون و همکاران نیز دریافتند که افزایش کود نیتروژنه باعث رشد ریشه در بخش سطحی خاک می‌گردد، تیکر^{۱۱} و همکاران (۱۹۹۲) که رشد ریشه را تحت تأثیر کودهای مختلف نیتروژنه مطالعه می‌کردند دریافتند که اگر به ذرت کود آمونیومی (NH₄⁺) داده شود ضخامت ریشه‌های اولیه آن ۵۴٪ بیش از زمانی است که گیاه با کود نیترا⁻ NO₃ تغذیه شود. ماده خشک ذرت‌های تغذیه شده با کود آمونیومی دو تا سه برابر ذرت‌های تغذیه شده با کود نیترا⁻ بود و غلظت نیتروژن در ساقه‌ها

^۷Duriex

^۸Granato and Raper

^۹Hydroponic

^{۱۰}Drew

^{۱۱}Teyker

^{۱۲}Anghinoni

فرعی مقادیر متفاوت کود نیتروژنه بود. برای عملکرد که تنها در موقع برداشت دانه اندازه‌گیری گردید طرح بصورت بلوکهای کامل تصادفی همراه با چهار تکرار در نظر گرفته شد.

تیمار کاربرد مقادیر متفاوت کود اوره دارای شش سطح شامل مصرف ۰، ۴۶، ۹۲، ۱۳۸، ۱۸۴، و ۲۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود. نصف کود نیتروژنه خالص مورد نیاز با توجه به تیمارهای مختلف هنگام کاشت بصورت ردیفی در کنار ردیفهای بذر به

زمین داده شد. $\frac{1}{4}$ دیگر کود نیتروژنه بر اساس تیمارهای

مختلف در وجین اول (مرحله ۷-۶ برگی) و $\frac{1}{4}$ بقیه ۲۰

روز قبل از گلدهی به صورت کود سرک به

گیاه داده شد. کشت گیاه بصورت ردیفی و فاصله بین ردیف‌ها، بوته‌ها و عمق کاشت به ترتیب ۷۵، ۲۵ و ۵ سانتی‌متر بود. کرت‌ها ۴×۵ متر و هر کرت شامل ۵ ردیف گیاه بودند، بطوریکه تراکم ۶۰۰۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد.

بذر ضد عفونی شده سینگل کراس ۷۰۴ مورد استفاده قرار گرفت. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کشت و بصورت نشتی با احداث جویچه‌های آبیاری انجام شد. آبیاری‌های بعدی بر اساس عرف محل هر هفت روز

یکبار (بدلیل بافت سبک خاک) صورت گرفت. فواصل آبیاری‌های بعدی در مراحل بعد از گلدهی به ۱۰ روز یکبار افزایش یافت. به منظور یکسان نمودن آبیاری برای کرتها، زمان آبیاری تمام کرت‌ها با کرومومتر محاسبه گردید. عملیات تنک کردن بترتیب در دو مرحله، ۲۰ و ۲۷ روز پس از کشت انجام شد. جهت حذف علف‌های هرز یکمرتبه عملیات وجین با دست انجام گرفت.

از خاک هر کرت سه بار نمونه برداری شد: مرحله اول در ۸-۹ برگی (۴۸ روز پس از کشت)، مرحله دوم در موقع تولید ابریشم^{۱۴} (۷۶ روز بعد از کشت) و آخرین نمونه برداری در مرحله تولید لایه سیاه^{۱۵} بر روی دانه انجام گرفت.

نمونه برداری از ریشه با استفاده از لوله‌ای به قطر ۲۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر انجام شد. ابتدا بخش هوایی گیاه از طوقه قطع گردید. بعد لوله نمونه‌برداری را روی طوقه قرار داده و با ضربه، لوله تا عمق ۳۰ سانتی‌متری داخل خاک فرو برده شد. بدین ترتیب ریشه گیاه با خاک مربوطه به بیرون انتقال داده و داخل سطل بزرگی قرار داده شد. سپس نمونه‌ها روی الک ۲ میلی‌متری گذاشته و اقدام به شستشوی ریشه گردید.

^{۱۴}Silking

^{۱۵}Black layer

^{۱۳}Maizlish

ریشه‌های زنده و فعال که زرد رنگ بودند از ریشه‌های مرده و غیر فعال قهوه‌ای رنگ جدا شده

جدول ۱- خصوصیات خاک مرزعه تحقیقاتی

عمق cm ⁻	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	pH	EC (ds/m)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	CaCO ₃ (%)	نیترژن کل (%)	سنگریزه (%)
۰-۳۰	۵۴/۹	۱۹/۹	۲۵/۲	۷/۵	۱/۰۳	۵	۲۲	۰	۰/۰۴۷	۵۳
۳۰-۶۰	۷۸/۴	۸/۶	۱۳	۷/۵	۲/۵	۴	۱۵	۲/۵	۰/۰۳۲	۶۰
۶۰-۹۰	۸۲/۴	۶/۶	۱۱	۷/۴	۰/۸۵	۳/۵	۱۲	۳/۳	۰/۰۲۲	۷۵
۹۰-۱۲۰	۶۴/۴	۲۴/۶	۱۱	۷/۴	۱/۸	۲/۷	۶	۵/۵	۰/۰۲۵	۷۲

پس از شستشو، آنها را در کیسه نایلونی قرار داده و برای تعیین وزن مرطوب و اندازه‌گیریهای بعدی به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

اندازه‌گیری طول ریشه با استفاده از دستگاه اندازه‌گیر ریشه^{۱۶} انجام گرفت. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از برنامه آماری SAS انجام شد.

نتایج

آنالیز واریانس داده‌ها و میانگین‌های اثرات اصلی در جدول ۲ آمده و میانگین‌های اثرات متقابل با نمودار نشان داده شده‌اند. همانطوریکه مشاهده می‌شود در تیمارهای مراحل برداشت گیاه، کلیه صفات اندازه‌گیری شده در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده است. کود نیتروژنه و اثر متقابل کود و مراحل برداشت گیاه نیز بر روی تمامی صفات اثرات معنی‌داری در سطح ۱٪ داشت. همچنین کود

نیتروژنه و اثر متقابل مراحل برداشت گیاه و کود نیتروژنه بترتیب بر روی عملکرد دانه و نسبت ماده خشک ریشه به ساقه تأثیر معنی‌داری در سطح ۱٪ داشته است (جدول ۲).

وزن مرطوب و خشک ریشه

از سه مرحله برداشت گیاه، مرحله تولید ابریشم بیشترین وزن مرطوب و خشک ریشه را داشته است و مراحل قبل و بعد از آن یعنی مرحله ۸-۹ برگگی و تولید لایه سیاه وزن ریشه کمتری را نشان می‌دهند (جدول ۲). مقایسه میانگین کل وزن مرطوب و خشک ریشه در هر مرحله نشان می‌دهد که مرحله تولید ابریشم بترتیب با میانگین‌های ۱۱۵/۳۳ و ۹/۵۵ گرم بیشترین و مرحله ۸-۹ برگگی بترتیب با میانگین‌های ۲۴/۶۷ و ۳/۳۹ گرم از کمترین مقدار وزن ریشه برخوردار بوده‌اند (جدول ۲). دیورکس^{۱۷} و همکاران (۱۹۹۴) نیز در تحقیقات خود

^{۱۷}Duriex

^{۱۶}Root Length Measurement System

حداکثر وزن خشک ریشه را در زمان تولید ابریشم اعلام کردند که بیشترین آن با مصرف ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد، در عین حال در زمان برداشت گیاه در مرحله تشکیل لایه سیاه با افزایش کود نیتروژنه کاهش وزن خشک ریشه را گزارش کردند که احتمال می‌رود این کاهش در اثر نیاز زیاد خوشه به کربن و در نتیجه انتقال نیتروژن و کربن از ریشه به خوشه باشد.

کود نیتروژنه نیز بر وزن مرطوب و خشک ریشه مؤثر بوده و بیشترین تأثیر در تیمار ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شده است (جدول ۲). کاهش و یا افزایش کاربرد کود نیتروژنه از ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار باعث کاهش وزن مرطوب و خشک ریشه شده و نتایج مذکور با تحقیقات سایر محققین مطابقت دارد. بطور مثال کارو و مارانویل^{۱۸} در سال ۱۹۹۴ که پاسخ واریته‌های گندم به نیتروژن و رژیم‌های رطوبتی مختلف خاک را تحقیق کردند به این نتیجه رسیدند که اثر نیتروژن بر رشد ریشه ممکن است مثبت یا منفی باشد که این بستگی به غلظت آن در سطح ریشه دارد که آیا کافی است یا زیاد؟ اگر مقدار کافی بکار رود رشد ریشه تحریک خواهد شد و هر چه سطح نیتروژن زیادتر از اپتیمم باشد رشد ریشه کاهش می‌یابد. آنها همچنین دریافتند که کمبود نیتروژن موجب کاهش قسمت هوایی نیز می‌گردد.

هر چند در هر مرحله با افزایش مصرف کود نیتروژنه وزن مرطوب ریشه افزایش می‌یابد اما این افزایش خطی نیست (نمودار ۱). تیمارهای کودی ۱۳۸ و ۱۸۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بترتیب در مراحل برداشت، تولید لایه سیاه و ابریشم دارای بیشترین وزن مرطوب ریشه بوده و تیمار کودی ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین وزن خشک ریشه را در مرحله تولید ابریشم بخود اختصاص داده است. بنابراین نتیجه گرفته می‌شود که با افزایش کاربرد کود نیتروژنه از ۱۳۸ به ۱۸۴ کیلوگرم تنها مقدار رطوبت ریشه افزایش یافته ولی ماده خشک آن کاهش می‌یابد (نمودار ۲). بنجامین^{۱۹} و همکاران در سال ۱۹۹۶ اعلام کردند که کاربرد زیاد کود نیتروژنه باعث افزایش جذب آب بیشتر در ریشه ذرت می‌گردد.

طول و تراکم ریشه

میانگین طول و تراکم ریشه در مرحله تولید ابریشم نسبت به مراحل دیگر بیشتر بود (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها در سه مرحله برداشت گیاه نشان می‌دهد که طول و تراکم ریشه بعد از کشت به سرعت افزایش یافته ولی در مرحله تولید لایه سیاه کاهش می‌یابد (جدول ۲) بدین ترتیب که مرحله تولید ابریشم و ۸-۹ برگی بترتیب با میانگین ۱/۷۲ و ۰/۴۲ سانتی متر بر سانتی

^{۱۸}Karrou and Maranville

^{۱۹}Benjamin

مترمکعب بیشترین و کمترین تراکم را دارا بودند. منگل و باربر^{۲۰} در سال ۱۹۷۴ در تحقیقی پیرامون سیستم ریشه ذرت به این نتیجه رسیدند که طول و تراکم ریشه به سرعت در ۸۰ روز بعد از کشت افزایش یافته و بعد از آن برای ۱۴ روز ثابت باقی می ماند و سپس وقتی گیاه در مرحله تولید مثل است سریعاً کاهش می یابد. ویسلر و هورست^{۲۱} (۱۹۹۳) معتقدند که کاهش طول ریشه پس از تولید ابریشم احتمالاً^{۲۲} می تواند به دلیل نیاز خوشه به کربن باشد که موجب انتقال نیتروژن و کربن از ریشه ها به خوشه ها می گردد. آنها در تحقیقی بر روی وارپته های ذرت تحت شرایط مزرعه رابطه مثبتی بین تراکم و طول ریشه با میزان استفاده از نیترات مشاهده نمودند.

با افزایش مصرف کود نیتروژنه، طول و تراکم ریشه در گیاه ذرت افزایش می یابد، اما این افزایش خطی نیست. هر چند میانگین طول و تراکم ریشه بترتیب در تیمارهای کودی ۱۳۸ و ۹۲، ۴۶ و ۱۸۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با یکدیگر دارای اختلاف معنی دار نیستند اما بقیه میانگین تیمارها اختلاف معنی داری را نشان می دهند. تیمارهای کودی ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین طول ریشه ۸۴/۱۳ متر و تیمار کودی ۲۳۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۶۲/۱۲ متر به ترتیب

بیشترین و کمترین طول ریشه را دارا هستند. همچنین تیمار کودی ۹۲ و ۲۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بترتیب با ۱/۳۴ و ۰/۹۹ سانتی متر بر سانتی متر مکعب خاک بیشترین و کمترین تراکم ریشه را دارا می باشند. گردیدنباخ و هورست^{۲۲} در سال ۱۹۹۷ گزارش کردند که دادن کودهای نیتروژنه باعث افزایش طول ریشه و تراکم آن شده و همچنین ریشه های فراوانتری در اوایل فصل رشد تشکیل می شود. این افزایش طول و تعداد ریشه شاید از طریق افزایش شاخص سطح برگ و انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر برای رشد ریشه ها در اوایل فصل رشد گیاه باشد. آندرسون^{۲۳} (۱۹۸۷) با اعمال دو تیمار صفر و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در ذرت نشان داد که با افزایش مصرف کود طول ریشه ها نیز افزایش می یابد. نوزده هفته پس از کاشت در تیمار کودی ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ۱۸۴/۴۵ متر ریشه در هر گیاه گزارش گردید. دیورکس^{۲۴} و همکاران (۱۹۹۴) نیز در مرحله تولید ابریشم بیشترین طول ریشه را با ۲۲۳/۸ متر در یک خاک شنی لومی ریز تا عمق ۶۰ سانتی متری خاک با ۱۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار گزارش نمودند. در تحقیقات آنها بیشترین طول ریشه در لایه سطحی خاک تجمع یافته

^{۲۲}Gerreidenbach

^{۲۳}Anderson

^{۲۴}Duriex

^{۲۰}Mengel and Barber

^{۲۱}Wiesler

بودند که در مرحله ظهور لایه سیاه (زمان برداشت) افزایش نیتروژن موجب کاهش طول ریشه در سطح خاک گردید. آنجیونی^{۲۵} و همکاران (۱۹۸۸) در مطالعات خود که بر روی تأثیر منابع نیتروژنی بر رشد و نمو ریشه ذرت داشتند ملاحظه کردند که تراکم ریشه‌ها با مصرف کود آمونیومی بیشتر شده ولی میانگین شعاع آنها کاهش می‌یابد.

مقایسه میانگین اثرات متقابل مراحل برداشت گیاه و کود نیتروژنه بر روی طول ریشه نشان می‌دهد که تفاوتی بین طول ریشه در دو مرحله برداشت گیاه (تولید ابریشم و لایه سیاه) حتی با کاربرد نیتروژن تا میزان ۹۲ کیلوگرم در هکتار مشاهده نمی‌شود و این تفاوت زمانی ظاهر می‌گردد که ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و یا بیشتر استفاده شده باشد (نمودار ۳). روند اخیر در مقایسه میانگین اثرات متقابل مراحل برداشت گیاه و کود نیتروژنه برای تراکم ریشه در همه تیمارهای کودی بکار رفته بجز برای ۴۶ کیلوگرم در هکتار نیز مشاهده می‌گردد (نمودار ۴).

نتایج نشان داد که با مصرف زیادتر از حد کود نیتروژنه از تعداد و تحرک ریشه‌ها برای دست یابی به مواد غذایی بیشتر کاسته می‌گردد. این موضوع به جهت

دستیابی گیاه به سایر عناصر غذایی ضروری در بقیه حجم خاک یک پدیده مناسب تلقی نمی‌شود.

وزن مرطوب و خشک ساقه و نسبت وزن خشک ریشه به ساقه

وزن مرطوب ساقه در مرحله تولید لایه سیاه از دو مرحله دیگر بیشتر بود (جدول ۲). بطوریکه وزن مرطوب ساقه از مرحله ۸-۹ برگی تا تولید لایه سیاه در بذر ذرت بترتیب از ۱۵۹/۵۴ و ۵۹۳/۵ تا ۶۰۰/۱۷ گرم تغییر وزن پیدا نمود. وزن خشک ساقه در مرحله تولید ابریشم با میزان ۴۹/۶۲ گرم بیش از سایر مراحل حتی مرحله تولید لایه سیاه بود. دلیل این امر بخاطر ذخیره شدن مواد آسمیلات در ساقه در مرحله رشد رویشی و انتقال آن به دانه‌ها بعد از گرده‌افشانی در مرحله رشد زایشی می‌باشد. مقایسه میانگین تیمارهای نیتروژن بر روی وزن مرطوب و خشک ساقه نشان داد که تیمار ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن بیشترین وزن ساقه را تولید نموده و افزایش یا کاهش کاربرد نیتروژن از مقدار مذکور سبب کاهش در وزن ساقه گردید. همچنین با افزایش کود نیتروژنه ابتدا نسبت وزن خشک ریشه به ساقه تا محدوده‌ای کاهش یافته و سپس افزایش می‌یابد. دلیل این کاهش را می‌توان بخاطر تأثیر نیتروژن بر افزایش رشد بخش هوایی گیاه ذرت نسبت به ریشه ذکر کرد. کارو و

مارانویل^{۲۶} در سال ۱۹۹۴ گزارش دادند که پاسخ ماده خشک ریشه و قسمت هوایی به سطوح مختلف نیتروژن مثبت است. ماده خشک قسمت هوایی با کمبود نیتروژن کاهش می‌یابد که نتیجه آن در نسبت ریشه به قسمت هوایی نمودار می‌گردد. افزایش ماده خشک قسمت هوایی ناشی از اثر مثبت نیتروژن در تولید ماده خشک برگ و سطح برگ است. آنها بیان می‌دارند که افزایش نیتروژن، برای ساقه مطلوب‌تر از ریشه است. این امر سبب کاهش نسبت ریشه به ساقه خواهد شد. بنابراین بالا بودن میزان نیتروژن ممکن است به رشد قسمت‌های بالای گیاه این اجازه را بدهد که کربوهیدرات‌های ساخته شده را غضب کنند. کاربرد زیاد کود نیتروژنه سبب افزایش رشد هوایی و در نتیجه باعث سایه‌اندازی روی برگ‌های پایین‌تر شده و سبب بدتر شدن شرایط خواهد شد، بعلاوه مقدار زیاد نیتروژن موجود اجازه می‌دهد که مقدار اکسین افزایش یابد که این مسئله بنوبه خود ممکن است رشد ریشه را متوقف کند. در این تحقیق بیشترین نسبت وزن خشک ریشه به ساقه در تیمار کودی ۱۸۴ کیلوگرم در هکتار بدست آمده است که مؤید همین مطلب می‌باشد (جدول ۲). بین میانگین‌های تیمار کودی شاهد (بدون کود دادن) و تیمار ۱۸۴ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه از نظر آماری در سطح ۵٪ تفاوتی معنی‌دار وجود نداشت. در تیمار

شاهد بعلت اینکه کود نیتروژنه به گیاه داده نشده است ریشه جهت پیدا نمودن مواد غذایی از جمله نیتروژن در خاک گسترش می‌یابد در حالیکه قسمت هوایی بدلیل کمبود نیتروژن توسعه لازم پیدا نمی‌کند، و در نتیجه نسبت ماده خشک ریشه به ساقه در این تیمار زیاد می‌گردد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌های تیمار مراحل مختلف برداشت گیاه نشان داد که مرحله تولید ابریشم حداکثر نسبت وزن خشک ریشه به ساقه را دارا بود و مراحل تولید لایه سیاه و ۸-۹ برگی بترتیب در مقام دوم و سوم قرار گرفتند (جدول ۲). برداشت در مرحله تولید ابریشم با میانگین ۰/۲۰ دارای بیشترین و در مرحله ۸-۹ برگی با میانگین ۰/۱۵ دارای کمترین مقدار نسبت وزن خشک ریشه به ساقه بود (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل مراحل برداشت گیاه و کود نیتروژن بر روی وزن مرطوب ساقه نشان داد که تنها تیمار کودی ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در هر سه مرحله از برداشت بیشترین وزن مرطوب ساقه را داشته و تیمارهای کودی کمتر یا بیشتر از آن در مراحل مختلف برداشت وزن مرطوب کمتری داشته‌اند (نمودار ۵).

مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل مراحل برداشت گیاه و کود نیتروژنه بر روی وزن خشک ساقه نشان داد که بیشترین تغییرات در تمام تیمارهای کودی مربوط به

^{۲۶}Karrou and Maranville

هکتار) نتیجه عکس داده و باعث کاهش صفات اندازه‌گیری در این آزمایش می‌گردد. پس باید باندازه نیاز گیاه کود نیتروژنه مصرف شود و بطورکلی می‌توان گفت کاربرد صحیح کود نیتروژنه می‌تواند در توسعه ریشه و در نهایت افزایش عملکرد مؤثر واقع گردد.

مرحله ۸-۹ برگی بوده و تیمارهای کودی دیگر در مراحل تولید ابریشم و لایه سیاه تغییرات کمتری را از خود نشان دادند (نمودار ۶).

از مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل دو تیمار بر روی نسبت وزن خشک ریشه به ساقه مشخص شد که تیمارهای کودی از شاهد تا ۹۲ کیلوگرم در هکتار بیشترین نسبت در مرحله تولید ابریشم را دارا بوده و تیمارهای بالاتر کود نیتروژنه در مراحل تولید ابریشم و لایه سیاه بر روی نسبت وزن خشک ریشه به ساقه تأثیری نداشته و یا این نسبت در مرحله تولید لایه سیاه غالب بوده است (نمودار ۷).

عملکرد ذرت

نتایج نشان می‌دهد که افزایش مصرف نیتروژن تا حد مناسب موجب افزایش عملکرد و کاربرد بیش از حد اپتیمم آن باعث کاهش عملکرد می‌گردد (جدول ۲). تیمار کودی ۱۳۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن با میانگین ۶/۵۲ تن در هکتار بیشترین عملکرد و تیمار شاهد یا ۴/۶۸ تن در هکتار کمترین عملکرد را دارا بوده است.

بنابراین همانطوریکه نتایج نشان دادند هر چند مصرف کود نیتروژنه موجب افزایش وزن مرطوب و خشک ریشه، طول ریشه، وزن مرطوب ساقه، عملکرد و تراکم ریشه می‌شود اما این رابطه هرگز خطی نبوده و کاربرد کود نیتروژنه بیش از حد اپتیمم (۱۳۸ کیلوگرم در

جدول ۲- تجزیه واریانس وزن مرطوب و خشک ریشه، طول و تراکم ریشه، وزن مرطوب و خشک ساقه، نسبت ماده خشک ریشه به ساقه و عملکرد دانه.

درجه آزادی	میانگین مربعات								درجه آزادی	منابع تغییرات
	عملکرد دانه	عملکرد دانه (t/ha)	نسبت ماده خشک ریشه به ساقه	وزن خشک ساقه (g)	وزن مرطوب ساقه (g)	تراکم ریشه (cm/cm ³)	طول ریشه (cm)	وزن خشک ریشه (g)		
-	-	۰/۰۱۶۵**	۴۸۳۱/۸۳**	۱۵۳۰۰۵۸/۶۸**	۱۱/۴۳۸**	۴۵۱۸۲/۸۹**	۲۸۴/۸۵۲۸**	۶۴۲۰/۷۹**	۲	مراحل برداشت گیاه (S)
۳	۰/۰۰۱۶	۰/۰۰۰۰۰۲۱۶	۰/۶۳	۶۶/۸۳	۰/۰۰۰۷	۳/۴۴	۰/۰۰۶۶	۲/۲۳	۳	تکرار
-	-	۰/۰۰۰۰۱۲۵۸	۱/۱۳	۳۸/۶۱	۰/۰۰۰۵	۱/۷۷	۰/۰۰۱۷	۰/۹۲	۶	خطای اول
۵	۱/۷۱**	۰/۰۰۰۶۱۵**	۷۸۰/۶۴**	۱۰۳۸۴۷/۴۵**	۰/۲۳۹۸**	۹۵۱/۷۹**	۱۶/۴۳۸۱**	۱۸۲۸/۷۲**	۵	کود نیتروژن (N)
-	-	۰/۰۰۳۳۴**	۶۹/۶۵**	۷۲۸۲/۳۳**	۰/۰۸۲۹**	۳۲۵/۳۵**	۰/۴۶۱۸**	۲۴۶/۰۹**	۱۰	S * N
۱۵	۰/۰۰۰۸۹	۰/۰۰۰۰۱۹۷	۰/۸۰	۵۹/۷	۰/۰۰۱۸	۷/۱۶	۰/۰۰۶۵	۳/۲۱	۴۵	خطای آزمایشی
مقایسه میانگینهای مراحل مختلف نمونه برداری										
-	-	۰/۱۵ C	۲۲/۴۲ C	۱۵۹/۵۴ c	۰/۴۲ c	۲۶/۱۷ c	۳/۳۹ c	۲۴/۶۷ c		مرحله ۸-۹ برگی
-	-	۰/۲۰ A	۴۹/۶۲ a	۵۹۳/۵۰ b	۱/۷۲ a	۱۰۷/۷۹ a	۹/۵۵ a	۱۱۵/۳۳ a		مرحله تولید ابریشم
-	-	۰/۱۹ B	۴۳/۰۴ b	۶۰۰/۱۷ a	۱/۴۷ b	۹۲/۵۰ b	۸/۱۰ b	۱۱۳/۱۳ b		مرحله تولید لایه سیاه
مقایسه میانگینهای مقادیر متفاوت کود نیتروژن										
۴/۶۸ f	۰/۱۸۵ Ab	۲۴/۴۸ e	۲۸۱/۴۲ e	۱/۰۸ c	۶۷/۶۷ c	۴/۸۹ f	۶۰/۹۲ f			شاهد (بدون کود نیتروژن)
۴/۸۷ e	۰/۱۷۸ c	۳۷/۲۸ d	۴۲۸/۰۰ d	۱/۲۳ b	۷۷/۴۶ b	۶/۹۸ d	۸۲/۷۵ e			۴۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار
۵/۵۶ b	۰/۱۷۴ d	۴۲/۷۸ b	۴۸۶/۸۲ b	۱/۳۴ a	۸۴/۱۲ a	۷/۶۹ b	۸۸/۷۹ c			۹۲ کیلوگرم نیتروژن در هکتار
۶/۵۲ a	۰/۱۶۸ e	۴۸/۶۸ a	۵۵۷/۱۷ a	۱/۳۴ a	۸۴/۱۳ a	۸/۲۲ a	۹۵/۱۹ a			۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار
۵/۳۰ c	۰/۱۸۷ a	۴۰/۱۹ c	۴۸۶/۴۲ b	۱/۲۳ b	۷۷/۴۴ b	۷/۵۹ c	۹۲/۷۷ b			۱۸۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار
۵/۱۹ d	۰/۱۸۲ bc	۳۶/۸۵ d	۴۸۶/۵۰ c	۰/۹۹ d	۶۲/۱۲ d	۶/۷۱ e	۸۵/۸۳ d			۲۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار

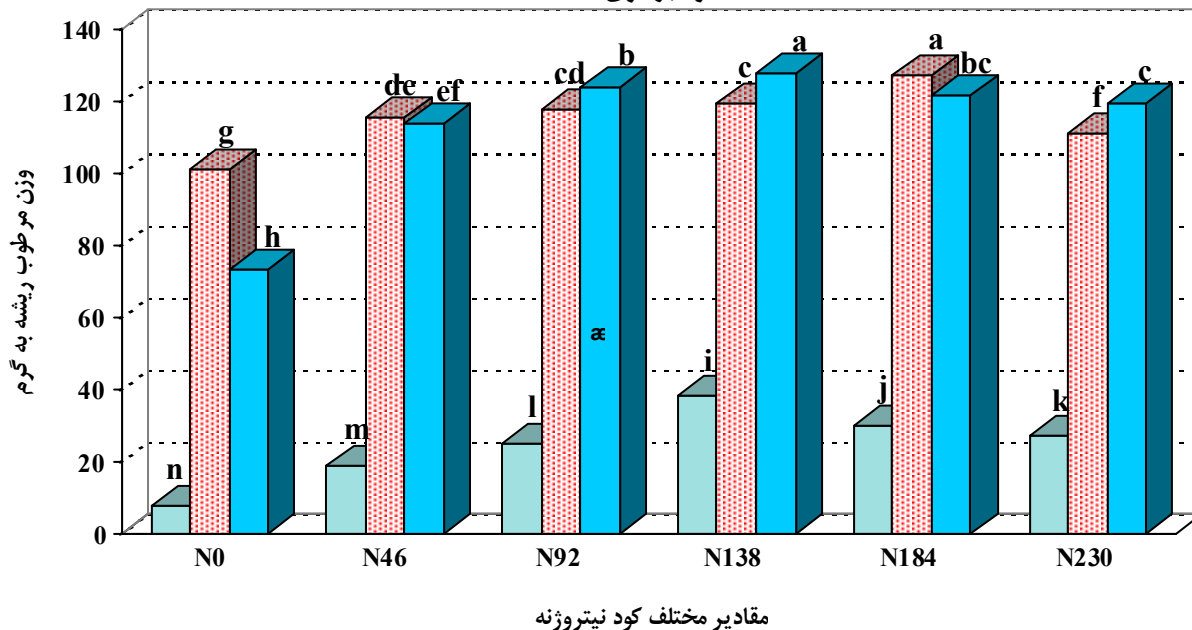
** و * به ترتیب معنی دار در سطح ۱ و ۵ درصد.

بدون ستاره غیر معنی دار.

میانگینها با آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شده‌اند و در هر ستون تفاوت بین هر دو میانگین که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آماری معنی دار نیست.

نمودار ۱- مقایسه میانگینهای اثر مقادیر مختلف کود نیتروژنه بر وزن مرطوب ریشه در مراحل مختلف

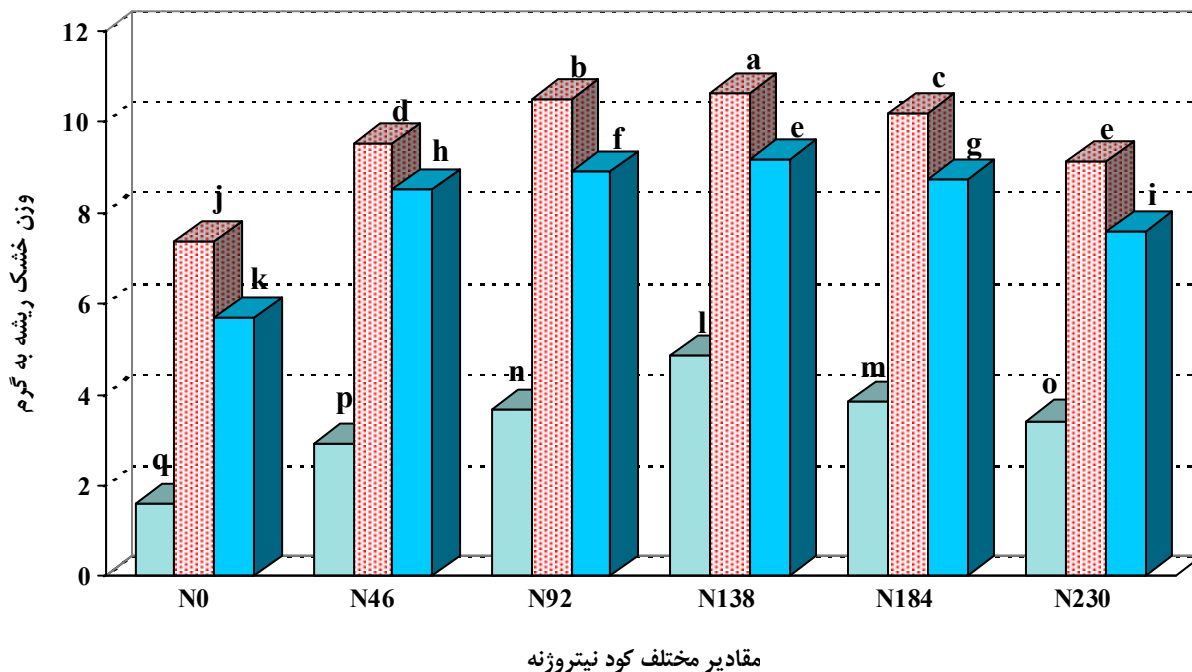
نمونه برداری



مرحله تولید لایه سیاه مرحله تولید ابریشم مرحله ۸-۹ برگگی

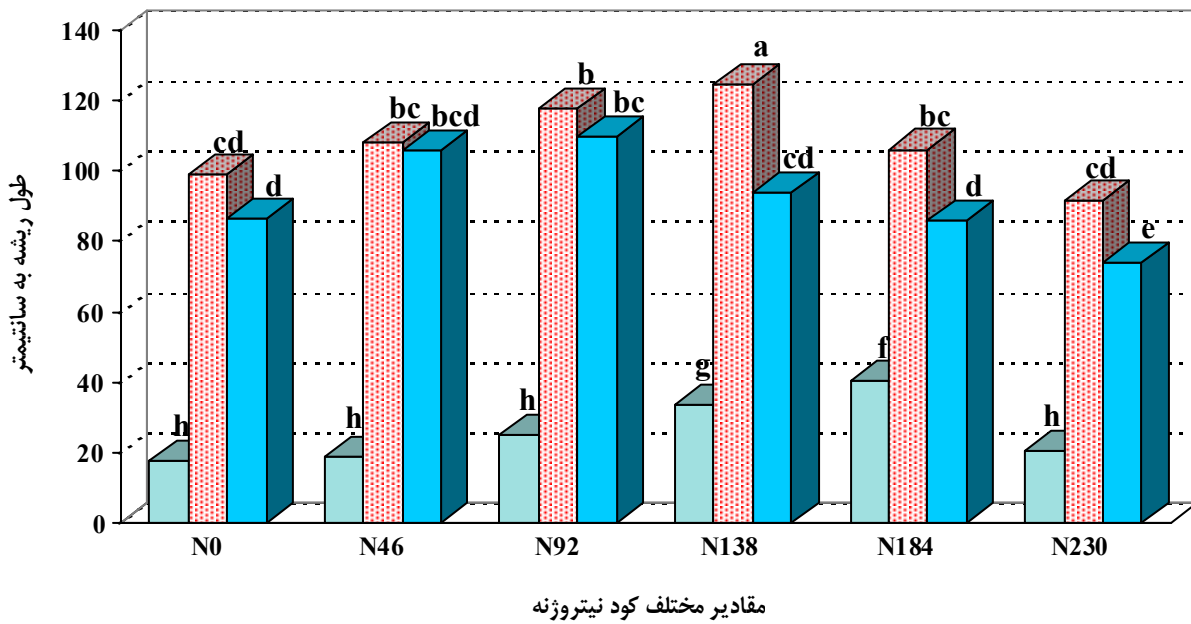
نمودار ۲- مقایسه میانگینهای اثر مقادیر مختلف کود نیتروژنه بر وزن خشک ریشه در مراحل

نمونه برداری



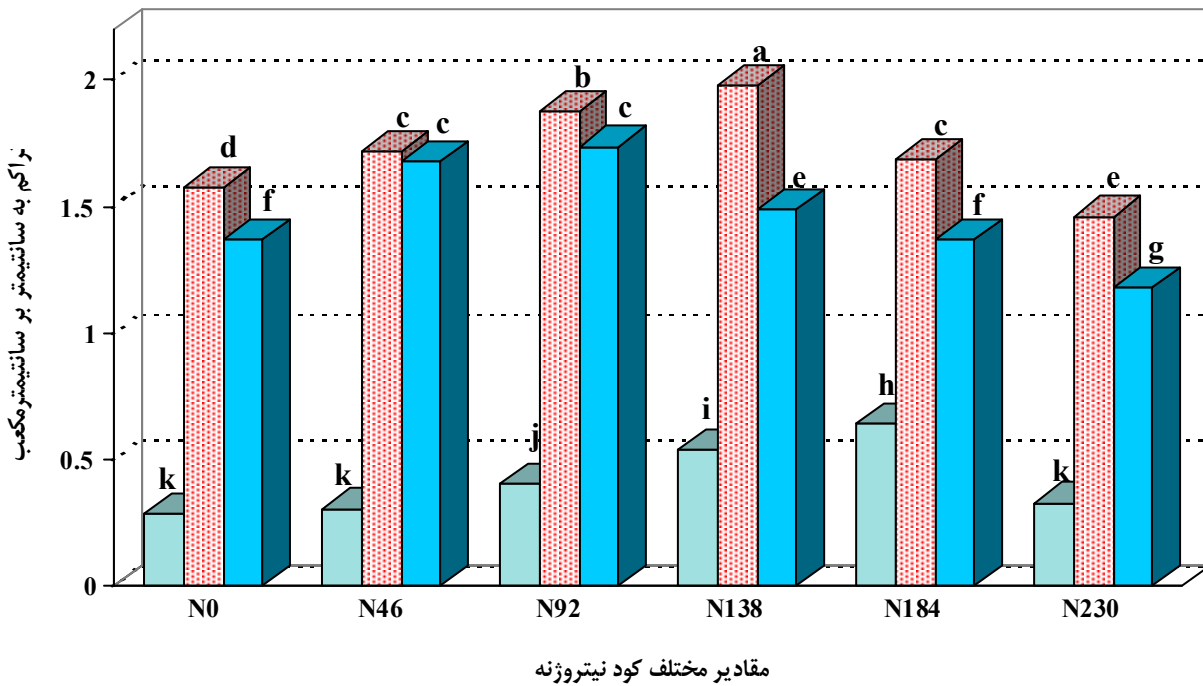
مرحله تولید لایه سیاه مرحله تولید ابریشم مرحله ۸-۹ برگگی

نمودار ۳- مقایسه میانگینهای اثر مقادیر مختلف کود نیتروژنه بر طول ریشه در مراحل مختلف نمونه برداری



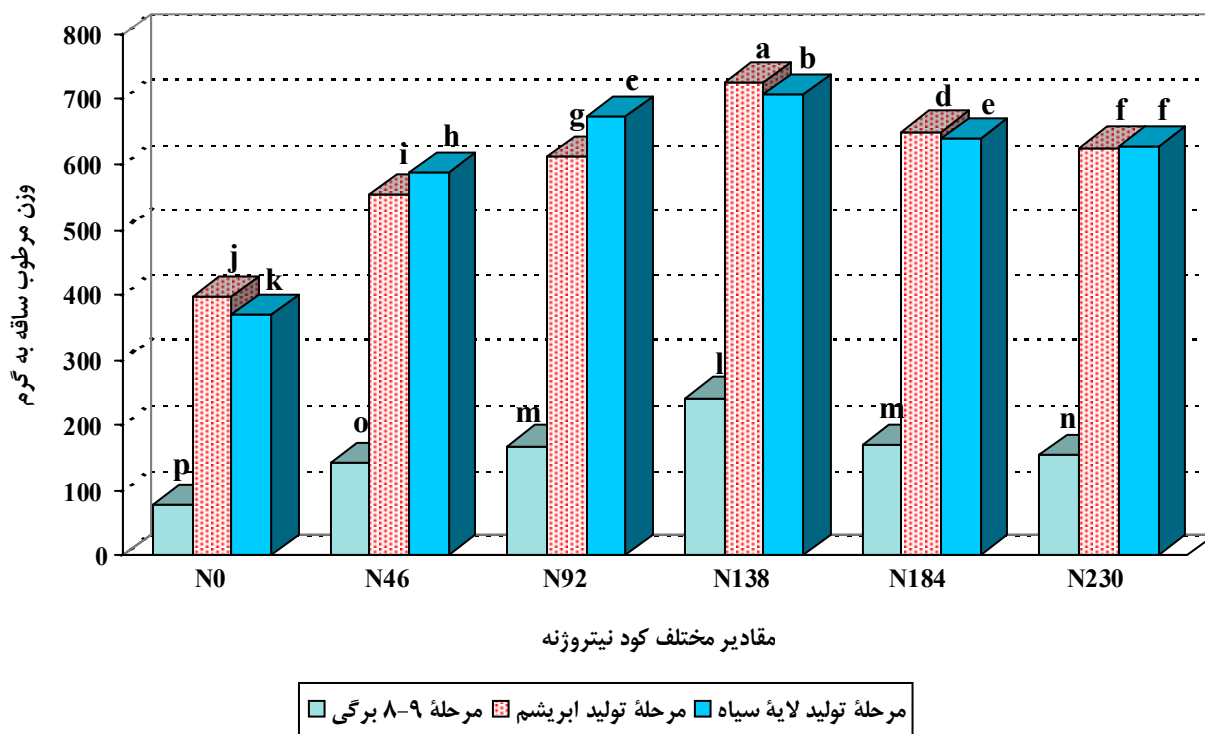
مرحله تولید لایه سیاه مرحله تولید ابریشم مرحله ۸-۹ برگی

نمودار ۴- مقایسه میانگینهای اثر مقادیر مختلف کود نیتروژنه بر تراکم ریشه در مراحل مختلف نمونه برداری

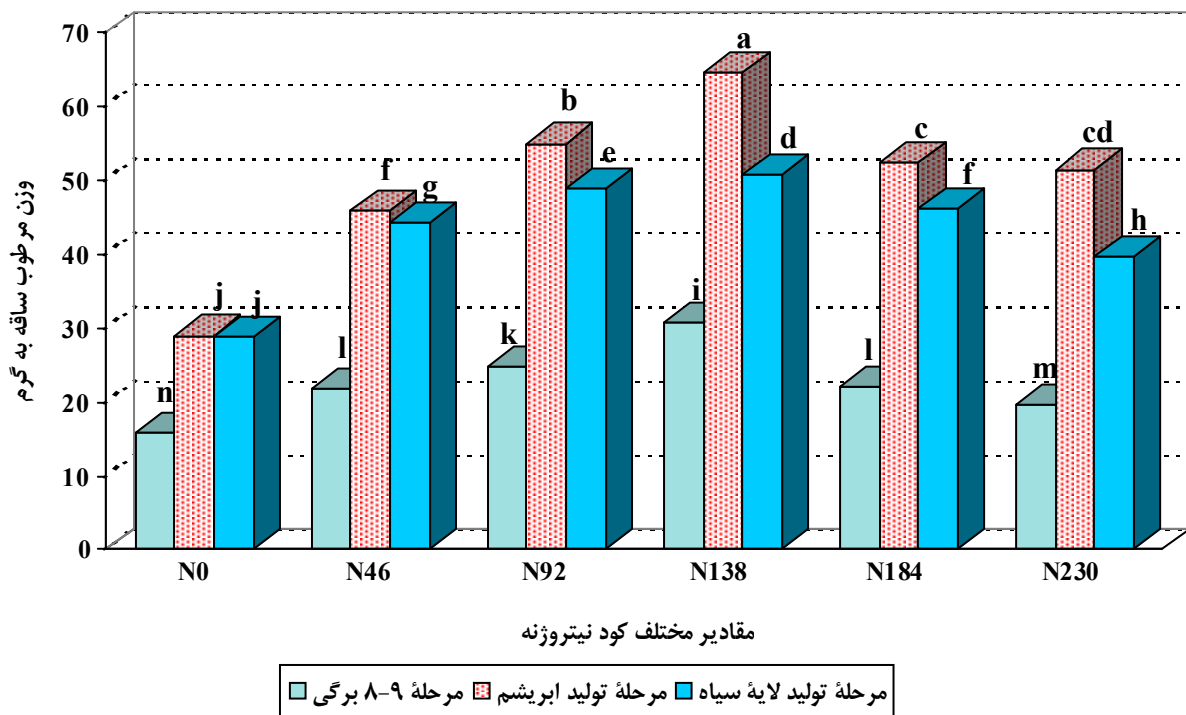


مرحله تولید لایه سیاه مرحله تولید ابریشم مرحله ۸-۹ برگی

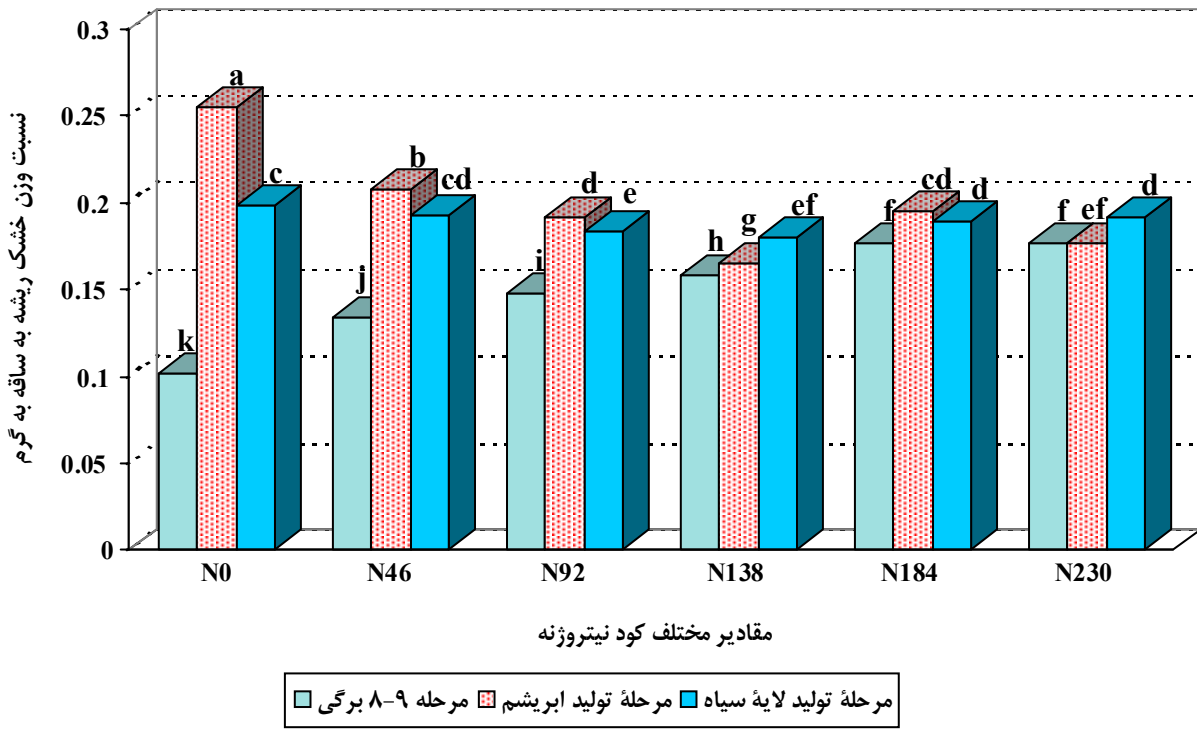
نمودار ۵- مقایسه میانگینهای اثر مقادیر مختلف کود نیتروژنه بر وزن مرطوب ساقه در مراحل مختلف نمونه برداری



نمودار ۶- مقایسه میانگینهای اثر مقادیر مختلف کود نیتروژنه بر وزن خشک ساقه در مراحل مختلف نمونه برداری



نمودار ۷- مقایسه میانگینهای اثر مقادیر مختلف کود نیتروژنه بر نسبت ماده خشک ریشه به ساقه در مراحل مختلف نمونه برداری



- 1- Anderson, E.L. 1987. Corn root growth and distribution as influenced by tillage fertilization. *Agronomy Journal* 79: 544-549.
- 2- Anghinoni, I., and S.A. Barber. 1988. Corn growth and nitrogen uptake as affected by ammonium placement. *Agronomy Journal* 80: 799-802.
- 3- Benjamin, J.G., L.R. Ahuja and R.R. Allmaras. 1996. Modeling corn rooting patterns and their effects on water uptake and nitrate leaching. *Plant and Soil* 179:223-232.
- 4- Drew, M.C., L. R. Saker, and T.W. Ashley. 1973. Nutrient supply and the growth of the seminal root system in barley. I: The effect of nitrate concentration on the growth of axes and laterals. *Journal of Experimental Botany* 24: 1189-1202.
- 5- Duriex, R.P., E.J. Kamprath., W.A. Jackson., and R.H. Moll. 1994. Root distribution of corn: The effect of nitrogen fertilization. *Agronomy Journal* 86: 958-962.
- 6- Gerreidenbach W.A. and W.J. Horst. 1997. Nitrate-uptake capacity of different root zone of *Zea mays* (L.) in vitro and situ. *Plant and Soil* 196:295-300.
- 7- Granato, T.C., and C.D. Raper. 1989. Proliferation of Maize roots in response to localized supply of nitrate. *Journal of Experimental Botany* 40: 263-275.
- 8- Jackson, W.A., W.L. Pan R.H. Mon and E.J. Kamprath. 1986. Uptake, translocation, and reduction of nitrate. *Agronomy Journal* 72: 95- 98.
- 9- Karrou M. and J.W. Maranville. 1994. Response of wheat cultivar to different soil nitrogen and moisture regimes: I. Dry matter partitioning and root growth. *Journal of Plant Nutrition* 17(5):729-744.
- 10- Maizlish, N.A., D.D. Fritton., and W.A. Kendall. 1980 Root morphology and early development of maize at varying levels of nitrogen. *Agronomy Journal* 72:25-31.
- 11- Mengel, D.B. and S.A. Barber. 1974. Development and distribution of root corn system under field condition. *Agronomy Journal* 66:341-345.
- 12- Moll, R.H., E.j. Kamprath, and W.A. Jackson. 1982. The potential for genetic improvement in nitrogen use efficiency in Maize. *Proceedings of Annual Corn and Sorghum Industries Reserve Conference*. 37: 163- 175.

13- Steenvoorden, J.H. 1989. Agricultural practices to reduce nitrogen losses via leaching and surface runoff. P. 72- 84. In. J.C. Germon. Management system to reduce impact of nitrate. Elsevier, Application of Science. London and New York.

14- Teyker, R.H., and D.C. Hobbs. 1992. Growth and root morphology of corn as influenced by nitrogen form. *Agronomy Journal* 84: 694- 700.

15- Wiesler, F., and W.J. Horst. 1993. Differences among maize cultivars in the utilization of soil nitrate and related losses of nitrate through leaching. *Plant and Soil*. 151: 193-203.

Effect of Different Levels of Nitrogen on Growth and Development of Corn Root.

S.G. Mirnia, S.M.A. Modarres Sanavi, T. Piri

Abstract:

The growth and development of roots play an important role in uptake of nitrogen and other nutrients. Concern about nitrogen pollution of groundwater has stimulated interest in minimizing fertilizer N application and has encouraged research in corn genotypes with high N use efficiency and uptake. This experiment was conducted in 1998 at Tarbiat Moddarres University's farm with corn variety 704. The experimental design was a split plot with randomized complete block design in which 3 plant growth stages (8-9 leaves, silking, and black layer formation) were randomized to the main plots and six levels of nitrogen (0, 46, 92, 138, 184 and 230 Kg/ha) were in sub plots. The experiment was conducted in 4 replicates. The experimental design for analyzing grain yield data was complete block design. Grain yield was Measured after black layer was formed in grain. Wet and dry weight of root and stem, root length, ratio of root dry matter to stem and root density measured at three plant growth stages. The results showed that different levels of nitrogen fertilizer, plant growth stages and their interactions in all measured traits were significant at 1% level. From three plant growth stages and nitrogen treatments, silking time and N₁₃₈ had the maximum wet and dry root weight respectively. Mean Root length and density at silking stage were more than other stages. The mentioned traits increased rapidly after planting, but decreased at black layer formation stage. With increasing fertilizer application, root length and density increased, but not linearly. Stem fresh weight was more at black layer formation stage than other stages, whereas dry stem weight and ratio of dry root to stem were the highest at silking. The N₁₃₈ treatment produced the highest wet and dry stem weight. Higher or lower applications decreased stem weight. Therefore, nitrogen fertilizer can help corn develop deep roots and increase root density at the beginning of the growing season. If nitrogen fertilizer is used in optimum level, the growth of root will be stimulated. Otherwise, root growth will be limited.