اثر مقادیر مختلف آبیاری روی تراکم طول ریشه و عملکرد ذرت دانه‌ای در آبیاری قطره‌ای

نادر کوهی چله‌کران ، امین علیزاده[1]* و کامران داوری

دانشجوی دکتری مهندسی آبیاری و زهکشی دانشگاه فردوسی مشهد، پردیس بین الملل.
nakch71@yahoo.com
استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
alizadeh@gmail.com
دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد.
k.davary@gmail.com

چکیده

عملکرد گیاه تابعی از توزیع ریشه و فعالیت آن می‌باشد. در شرایط محدودیت آب، رشد کافی و کارآیی ریشه برای بهره وری محصول ضروری هستند. برای مطالعه رابطه بین پویایی رشد ریشه ذرت (رقم سینگل کراس 704) و میزان جذب آب قابل دسترس خاک، با استفاده از سامانه آبیاری قطره‌ای، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سه رژیم آبیاری: I_1= 100% ، I_2= 80% و I_3= 60% از نیاز واقعی گیاه بود که توسط فرمول پنمن – مونتیت با استفاده از داده‌های هواشناسی محاسبه گردید. نمونه برداری از ریشه‌ها از ابتدا تا اواخر فصل رشد در چهار مرحله یعنی 25 ، 55 ، 85 و 115 روز بعد از کاشت انجام گرفت. نمونه برداری‌ها از 5 عمق 10-0 ، 20-10 ، 30-20 ، 40 -30 و 50-40 انجام شد. نتایج این مطالعه نشان داد که تیمارهای آبیاری بر تراکم طولی ریشه در عمق‌های مختلف اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشته است. تقریبا 60 درصد تراکم طولی ریشه ذرت تا عمق 20 سانتیمتری بود. از طرفی لایه‌های سطحی ریشه تا این عمق خیلی سریع رطوبت خود را از دست داده و گیاه برای ادامه بقا نیاز به جذب آب از لایه‌های زیرین (پایین‌تر از 20 سانتی‌متر) دارد. این در حالی است که در تیمار کم آبیاری (60 درصد نیاز آبی) به علت کمبود آب و جذب آن در لایه‌های ابتدایی، تا لایه 40 سانتی‌متر وضعیت رشد ریشه کم بوده و در نتیجه میزان جذب آب نیز در لایه‌های پایین کم‌تر بوده است. افزایش مقدار آبیاری تاثیر مثبتی بر میزان عملکرد داشت به طوری که تیمار آبیاری 100 درصد نیاز آبی با 7769 کیلوگرم در هکتار بیشترین و تیمار 60 درصد نیاز آبی با 2482 کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد خشک دانه را داشت.

واژه‌های کلیدی: رژیم آبیاری، پنمن مانتیت، کم آبیاری.

---

[1] - آدرس نویسنده مسئول : مشهد، گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی فردوسی مشهد.

* - دریافت : آذر 93 و پذیرش : مرداد 94.

مقدمه

ریشه به‌عنوان یک اندام رویشی مهم، تأمین آب و مواد معدنی لازم برای رشد و نمو گیاه را برعهده دارد.ریشه‌ها قابل رؤیت نبوده و این امر سبب شده است تا با وجود نقش حیاتی ریشه در بسیاری از مواد به‌حساب نیایند (اریک و رابرت، 2007). آب برای رشد ریشه ضروری است، گواه این حقیقت آن است که ریشه‌ها در لایه‌های خشک رشد نمی‌کنند. یکی از مهم‌ترین چالش‌های گیاهان مواجه شدن با خشکسالی است که در چنین شرایطی نقش ریشه در دستیابی به آب و خاک و مواد مغذی کاملا ضروری است (بویر، 1998).

بطور کلی برای اندازه‌گیری ریشه در خاک روشهای مختلفی ارائه شده است که هیچکدام بطور صریح قابل توصیه نمی‌باشد. روش حفاری، برداشت ستونی، مته‌های نمونه گیری خاک، پروفیل خاک و روش استفاده از نمونه‌های دست نخورده از جمله این روشهاست (علیزاده، 1390). در اکثر روش‌هایی که برای برآورد طول ریشه وجود دارد، از روش قطع خطوط که اولین بار توسط نیومن (1966) ارائه شده و توسط تنانت (1975) اصلاح گردیده، استفاده شده است (ویلهلم و همکاران، 1983). ذرت گونه‌ای است که نسبت به خشکی حساس گزارش شده است. تحمل بهتر به خشکی به معنی کاهش کم‌تر در عملکرد گیاه در شرایط خشک، در مقایسه با گیاهی می‌باشد که خوب آبیاری شده است (گوتیرز، 1972). تحقیقات (راسل، 1997) نشان داد که تحت شرایط مزرعه‌ای، تغییر در مقدار آب خاک عمده ترین دلیل توزیع متفاوت ریشه‌ها است.

(لابوسکی و همکاران، 1998) بیان کردند که وقتی توزیع ریشه توسط عوامل دیگر محدود نشود، مقدار رطوبت خاک عمق ریشه دوانی را کنترل می‌کند. به عقیده این محققان مقدار کافی رطوبت در ناحیه ریشه، عامل مهمی برای استفاده کارآمد از عناصر غذایی موجود به شمار می‌آید. (ضیائیان و ملکوتی،1380) بیان کردند که زمان، روش و مقدار آب آبیاری روی چگونگی توزیع ریشه مؤثر است. (هرناندز و همکاران، 1990) دو روش آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی را بر روی توزیع ریشه گیاه ذرت مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش‌های آن‌ها نشان داد که وزن خشک ریشه گیاه ذرت تا عمق 70 سانتی‌متری خاک، در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به طور معنی‌داری بیشتر از روش قطره‌ای سطحی بود. بیشترین تجمع ریشه در روش‌های قطره‌ای زیرسطحی و قطره‌ای سطحی به ترتیب در اعماق 10- 0 و 30- 20 سانتی‌متری خاک تمرکز داشتند.

(اسفندیاری و همکاران، 1391) دو سیستم آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی را روی مرفولوژی ریشه ذرت مورد بررسی قرار دادند. نتایج بررسی آن‌ها حکایت از این مطلب دارد که در عمق 20-0 سانتی‌متری در روش آبیاری قطره‌ای سطحی، حدود 54 درصد وزن ریشه و در روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی حدود 38 درصد وزن ریشه تجمع داشتند در حالی که در عمق پایین‌تر (40-20 سانتی‌متری) در روش‌های آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی به ترتیب 33 و 45 درصد وزن ریشه‌ها مشاهده شدند. به طور متوسط در روش‌های قطره‌ای سطحی و قطره‌ای زیرسطحی به ترتیب 87 و 83 درصد از کل وزن ریشه‌ها تا عمق 40 سانتی‌متری خاک تجمع کرده بودند. (نابر و همکاران، 1999) گزارش کردند که توزیع ریشه با افزایش آب آبیاری افزایش یافته و بیش از 80 درصد ریشه‌ها در عمق 60 سانتی‌متری خاک تجمع می‌کنند.

(بینگورو و هانگوین، 2000) بیان کردند که تنش خشکی میرایی ریشه را در لایه های20- 0 ، 40- 20 و 60 - 40 سانتی‌متری خاک افزایش می‌دهد. در آزمایشی که توسط (لابوسکی و همکاران ، 1998) انجام شد، توسعه ریشه در مرحله کاکل دهی در ذرت در یک دوره سه ساله بررسی شد. نتایج نشان داد که به طور متوسط 94 درصد کل طول ریشه در عمقی کم‌تر از 60 سانتی‌متر و 85 درصد درعمقی کم‌تر از 30 سانتی‌متر

وجود داشت. یعنی با افزایش عمق، ریشه دوانی کاهش پیدا کرد. مطالعات (الیس و بارنز، 1980) نشان می‌دهد که در شرایط خاک مرطوب، رشد طولی ریشه کندتر و در شرایط خشک، وزن ریشه کاهش می‌یابد. آبیاری با فراوانی زیاد مانند آبیاری قطره‌ای که محیط را اشباع نگه می‌دارد، عامل محدود شدن رشد ریشه به عمق‌های مختلف خاک می‌باشد. رقم‌های مختلف ذرت دارای فنولوژی‌های مختلف رشد ریشه و عملکرد در شرایط مختلف رطوبتی می‌باشد که کمتر مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین هدف، مطالعه رابطه بین پویایی رشد ریشه و آب قابل دسترس خاک در تنش‌های آبی با استفاده از روش آبیاری قطره‌ای برای ذرت رقم سینگل کراس 704 تعیین شد که به طور وسیعی در کشور کشت می‌گردد.

روش انجام تحقیق

محل اجرا و زمان اجرای طرح

این پژوهش در ایستگاه شهید زنده روح جوپار از ایستگاههای مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان با مختصات جغرافیائی ´55 , °25 تا °30 عرض شمالی و ´26 و°53 تا ´25 و° 59 طول شرقی و ارتفاع 1400 متردر دو سال زراعی 1392-1391 اجرا شد.

خصوصیات خاک و آب محل اجرای طرح

قبل از انجام تحقیق نمونه‌برداری از خاک منطقه مورد نظر در اعماق 30- 0، 60- 30 و 90-60 سانتی‌متری در نقاط مختلف توسط مته نمونه‌برداری به صورت دستی انجام گرفت و در آزمایشگاه بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی استان کرمان مورد آزمون قرار گرفت. براساس نتایج منطقه آزمایش دارای بافت خاک نسبتاً یکنواخت سیلتی کلی لوم بود جدول (1). میزان عناصر مهم شیمیایی موجود در خاک مزرعه مورد مطالعه در جدول (2) ارائه شده است آب آبیاری از چاه تامین شد که نتایج آزمون کیفی آن در جدول (3) آمده است.

مشخصات آماری طرح

این آزمایش بر روی ذرت رقم سینگل کراس 704 در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. این هیبرید دو منظوره از گروه دیر رس با قدرت سازگاری بسیار خوب است و در سطح وسیعی از شرایط آب و هوایی کشت می‌گردد. فاکتورهای آزمایش شامل سه رژیم آبیاری: I_1=100، I_2=80 و I_3=60 درصد از نیاز آبی گیاه بود که توسط فرمول پنمن – مونتیت محاسبه گردید. در هر بلوک آزمایشی تعداد سه کرت و در هر کرت چهار خط ذرت به طول شش متر و با فاصله 75 سانتی‌متر بین ردیف‌ها کاشته شد. فاصله بوته‌ها بر روی پشته 17 سانتی‌متر و بنابراین تراکم کشت برابر با 78000 بوته در هکتار بود. به منظور کاهش اثرات تکرارها بر روی یکدیگر فاصله دو متر بین آن‌ها در نظر گرفته شد.

تعداد کل کرتهای آزمایشی با احتساب تکرارها برابر با نه عدد بود. مزرعه آزمایشی‌در اوایل پاییز شخم عمیق زده شد و در اواسط بهار اقدام به شخم سبک، کودپاشی، دیسک و ماله برای تسطیح گردید. در هفته اول خرداد ماه کشت با دست انجام شد. در هر چاله سه بذر ریخته و پس از رسیدن به مرحله 4-3 برگی (استقرار مناسب بوته) تنک‌کاری انجام شده و یک بوته باقی ماند.آبیاری کلیه کرت‌ها به صورت قطره‌ای با استفاده از نوارهای قطره‌ای تیپ (Tape) با فاصله نازل‌های 20 سانتی متر و تحمل فشار شش اتمسفر با دبی خروجی دو لیتر در ساعت، انجام شد. برای هر ردیف کشت یک خط نوار آبیاری قرار گرفت. نیاز آبی گیاه با استفاده از فرمول پنمن- مونتیت اصلاح شده توسط فائو و اعمال ضریب گیاهی (Kc) (نیاز آبی خالص) و از رابطه زیر تعیین گردید.

$$ET_c = K_c \times ET_o \qquad (1)$$

که در آن:

Kc ضریب گیاه و ETo تبخیر و تعرق پتانسیل می‌باشد.داده‌های آب و هوایی مورد نیاز برای محاسبه

تبخیر و تعرق پتانسیل که شامل داده‌های روزانه مربوط به دمای حداقل و حداکثر، مقدار بارندگی و ساعات آفتابی می‌باشد از ایستگاه هواشناسی کرمان واقع در 15 کیلومتری محل آزمایش، اخذ شد. ضریب گیاهی (Kc) با توجه به منحنی تغییرات ضریب گیاهی ذرت در طول فصل رشد برای دوره‌های آبیاری، با استفاده از دستورالعمل نشریه شماره 56 فائو تعیین گردید. دور آبیاری سه روز در هفته و در روزهای شنبه، دوشنبه و چهارشنبه تعیین شد. از اطلاعات هواشناسی روزهای قبل جهت محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل استفاده شده و با ضرب نمودن مقدار Kc در تبخیر و تعرق پتانسیل نیاز خالص آبی گیاه محاسبه می‌گردید. حجم آب ورودی به کرت‌ها با استفاده از کنتور حجمی کالیبره شده با دقت 0/0001 مترمکعب تنظیم شد.

اندازه‌گیری چگالی طولی ریشه

در این آزمایش برای اندازه‌گیری چگالی طولی ریشه[1] از روش نیومن (علیزاده، 1390) استفاده شد. بر اساس پیشنهاد نیومن (Newman) مجموع طول ریشه‌ها در هر گرم خاک با استفاده از رابطه زیرمحاسبه شد:

$$R=\frac{\pi NA}{2Hg} \qquad (2)$$

که در آن:

N : مجموع محل تلاقی ریشه ها با اضلاع مربع‌های انتخاب شده، A : سطحی که ریشه‌ها در آن پراکنده شده‌اند بر حسب سانتی‌متر مربع، H : مجموع طول‌های اضلاع مربع‌هایی که شمارش شده‌اند (چنانچه 20 مربع انتخاب شده باشند مقدار H برابر 80 سانتی متر است)، g : وزن خاکی که مورد استفاده قرار گرفته است (مثلا 50 گرم)،نمونه برداری از ریشه‌ها از ابتدا تا اواخر فصل رشد در چهار مرحله انجام گرفت. اولین مرحله نمونه‌برداری از ریشه در زمان 7- 6 برگی (25 روز بعد از کاشت)، مرحله دوم 12-11 برگی (55 روز بعد از کاشت) سپس در مرحله اول خمیری شدن (85 روز بعد از کاشت) و در نهایت نیز در مرحله آخر خمیری شدن (115 روز بعد از کاشت) انجام گرفت. نمونه‌برداری‌ها از 5 عمق 10-0 ، 20-10 ، 30-20 ، 40 -30 و 50-40 انجام شد. شش مرحله نمونه‌گیری از رطوبت خاک در دو هفته قبل از قطع آبیاری، در اواخر فصل رشد که ریشه‌ها به حداکثر رشد خود رسیده بودند، از اعماق مختلف انجام شد تا رابطه بین عمق ریشه و میزان جذب رطوبت مورد بررسی قرار گیرد.

نتایج

رابطه عملکرد دانه و توسعه رشد ریشه

جدول (4) نتایج تجزیه واریانس تغییرات عملکرد دانه، و تراکم ریشه را در اعماق مورد مطالعه نشان می‌دهد. همچنین در جدول (5) مقادیر آبیاری در تیمارهای مختلف نشان داده شده است. همان طور که از نتایج جدول (4) مشاهده می‌گردد، تیمارهای مختلف آبیاری بر عملکرد دانه و تراکم ریشه در اعماق مختلف اثر معنی‌داری در سطح یک درصد داشته‌اند.

بالاترین میزان عملکرد دانه (7/77 تن در هکتار) در آبیاری مطلوب (I_1=%100) با حجم آب مصرفی 9150 مترمکعب در هکتار به دست آمد و کمترین مقدار آن (2/482 تن در هکتار) مربوط به تیمار تنش شدید آبی(I_3=%60) با حجم آب مصرفی 5490 مترمکعب در هکتار بود. این در حالی است که تیمار آبیاری تنش ملایم (I_2=%80) با عملکرد دانه حدود هفت تن در هکتار و آب مصرفی 7320 متر مکعب در هکتار عملکردی نزدیک به تیمار آبیاری مطلوب داشت.

نتایج تحقیقات نشان داد که رابطه مستقیمی بین کاهش محصول و کاهش آب مورد نیاز گیاه در کلیه مراحل رشد محصول وجود دارد. با توجه به میزان رشد تراکم طولی ریشه در تیمارهای مختلف می‌توان یک رابطه مستقیم نیز بین عملکرد و تراکم طولی ریشه فرض نمود.کاهش مقدار توسعه ریشه‌ها در اثر تنش آبی و در نهایت کاهش عملکرد محصول توسط (ولف و همکاران،

[1]- Root Length Density

1983) و (ویلیام، 1998) گزارش شده است. چگونگی تغییرات تراکم طولی ریشه در برابر عمق در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری در نمودار (1) برای تیمارهای مختلف نشان داده شده است. با توجه به نتایج این نمودار، روند رشد تراکم طولی ریشه در همه تیمارها و در اعماق مختلف صعودی می‌باشد. این روند در دو تیمار 100 و 80 درصد نیاز آبی نسبت به تیمار 60 درصد نیاز آبی بیشتر می‌باشد.

عمق‌های 10-0 و 20-10 سانتی‌متری در بین سایر عمق‌های اندازه‌گیری شده بیشترین تراکم طولی ریشه را در بین تیمارها داشتند به طوری که در مرحله آخر (115 روز بعد از کاشت) بیشترین تراکم طولی ریشه با 7/23 سانتی‌متر بر گرم در عمق 20-10 سانتی‌متری و در تیمار 100 درصد نیاز آبی به دست آمد. در تیمار 80 درصد نیاز آبی بیشترین تراکم طولی ریشه در عمق 20-10 سانتی‌متری برابر با هفت سانتی‌متر بر گرم و در تیمار 60 درصد نیاز آبی و در همین عمق برابر با 4/9 سانتی‌متر بر گرم بود.

کاملاً مشهود است که با کاهش زیاد مقدار آب آبیاری از تراکم طولی ریشه کاسته شده است این موضوع در تمام مراحل و عمق‌های اندازه‌گیری مشاهده گردید. در تیمار 80 درصد نیاز آبی علی‌الرغم کاهش مقدار آب تغییرات عمده‌ای در مقدار تراکم طولی ریشه نسبت به تیمار 100 درصد نیاز آبی مشاهده نشد که می‌تواند توجیهی باشد برای تفاوت اندک عملکرد در این دو تیمار.

نتایج نمودار (1) نشان داد که با افزایش عمق از مقدار تراکم طولی ریشه کاسته شده است به طوری که کمترین مقادیر تراکم طولی ریشه در عمق 50 سانتی‌متری و در مرحله آخر نمونه‌گیری مشاهده گردید علی‌الرغم این که در این مرحله گیاه تقریباً به حداکثر رشد خود رسیده است امّا تراکم طولی ریشه در این عمق بسیار اندک بود.در تیمار 100 درصد نیاز آبی مقدار تراکم طولی ریشه فقط 0/67 سانتی‌متر بر گرم بود این در حالی است که این مقدار در تیمار 60 درصد نیاز آبی به 0/3 سانتی‌متر بر گرم رسید.

(اسنگ و همکاران، 1998) کاهش رشد ریشه‌ها و محدود شدن آنها به لایه‌های بالایی خاک در اثر کمبود آب را در تحقیقات خود گزارش کردند. همچنین مطالعات (الیس و بارنز، 1980) نشان می‌دهد که آبیاری با فراوانی زیاد مانند آبیاری قطره‌ای که محیط را اشباع نگه می‌دارد، عامل محدود شدن رشد ریشه در عمق‌های مختلف خاک می‌باشد. محاسبه سهم درصد از تراکم طولی ریشه هر لایه برای تاریخ نمونه‌گیری در تاریخ 16 شهریور در جدول (6) آمده است.

به طور متوسط حدود 30 درصد از تمام ریشه‌ها در عمق 10- 0 سانتی‌متر مشاهده شدند. اگر 20 سانتی‌متر اول را در نظر بگیریم، در تمام تیمارها، حدود 60 تا 66 درصد از کل ریشه‌ها در این عمق قرار گرفتند. اسفندیاری و همکاران (1391) نیز گزارش کرده‌اند که در روش آبیاری قطره‌ای سطحی در عمق 20-0 سانتی‌متری حدود 54 درصد وزن ریشه تجمع یافته است.

تراکم طول ریشه وتخلیه رطوبت

نمودار (2) تراکم طول ریشه در برابر عمق و نمودار (3) شش مرحله نمونه‌گیری از رطوبت باقی مانده در خاک در دو هفته قبل از قطع آبیاری (تقریباً در اواسط مرحله خمیری شدن) را نشان می‌دهند. رطوبت باقی‌مانده در خاک تا عمق 50 سانتی‌متر اندازه‌گیری شده است.همان‌طور که در نمودار (2) مشاهده می‌گردد، تراکم طول ریشه در مراحل انتهایی رشد، از عمق 40 تا 50 سانتی‌متری کمتر از 0/5 گرم بر سانتی‌متر و بالای عمق 40 سانتی‌متر بیشتر از 2/5 گرم بر سانتی‌متر در هر سه تیمار بود. بیشترین تراکم طولی ریشه در هر سه تیمار در دو عمق 10-0 و 20-10 سانتی‌متری است.

جدول 1- نتایج آزمایش بافت خاک

عمق خاک (سانتی متر)	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	بافت خاک	ظرفیت مزرعه FC%	نقطه پژمردگی PWP%
0-30	82	12	6	سیلتی کلی لوم	16/3	5/84
30-60	80	11	9	سیلتی کلی لوم	16/5	6/6
60-90	78	12	10	سیلتی کلی لوم	17/2	7/3

جدول 2- نتایج تجزیه شیمیایی خاک منطقه

عمق خاک	آنیون‌ها و کاتیون‌های محلول (میلی اکیوالان در لیتر)						SAR	pH	EC (ds/m)
Cm	SO4	HCO3	Cl	Na	Mg	Ca			
0-30	8/63	2/8	8	5/21	10	10	1/65	8/00	0/85
30-60	7/9	4	4	4/78	4	6	2/13	7/59	0/8
60-90	5/52	4	2	4/93	10	4	1/78	7/53	0/78

جدول3- ویژگیهای شیمیایی آب مورد استفاده در طرح

pH	EC (dS/m)	آنیون‌ها (meq/lit)				کاتیون‌ها (meq/lit)					
		CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+	Na^+	Fe^{++}	Mn^{++}
7/9	0/63	-	3/2	2	1/6	2/4	1/4	-	3/2	0/078	0/014

جدول 4 - خلاصه تجزیه واریانس طرح

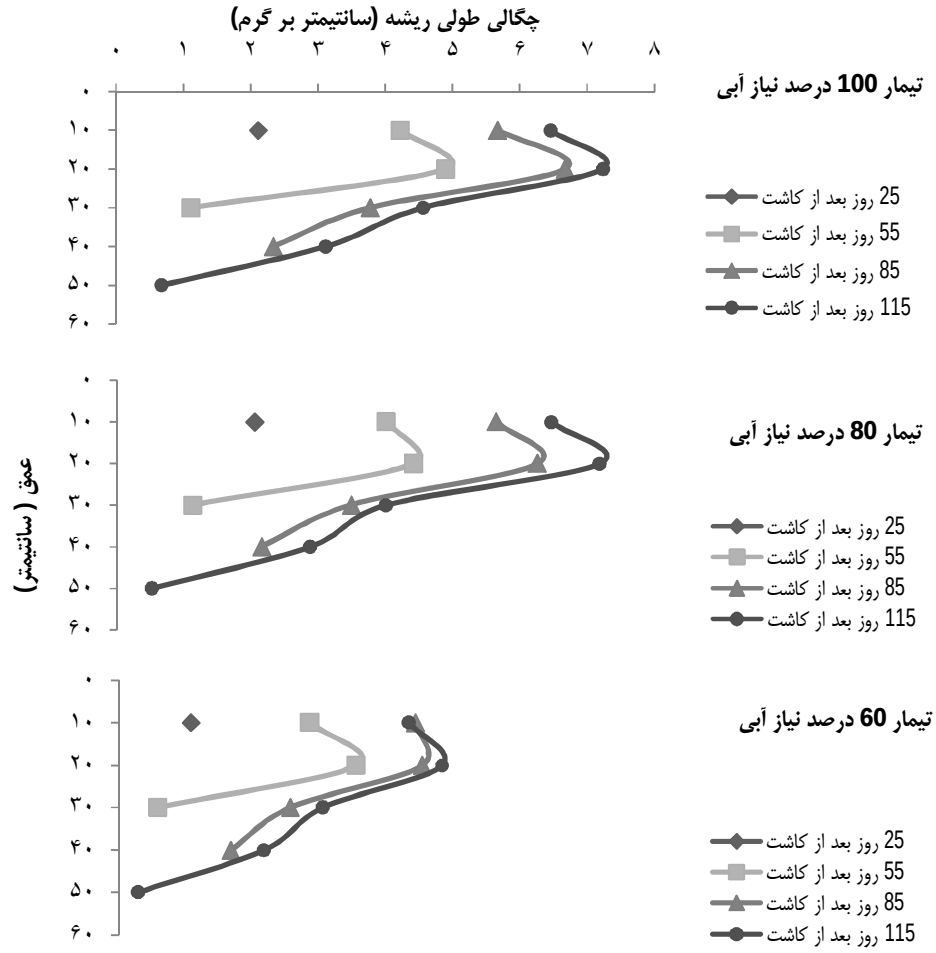
منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	تراکم ریشه (عمق 10-0)	تراکم ریشه (عمق 20-10)	تراکم ریشه (عمق 30-20)	تراکم ریشه (عمق 40-30)	تراکم ریشه (عمق 50-40)
سال (Y)	1	163954/524	0/012	0/072	0/006	0/211	0/002
تکراردر سال (Y) R	4	193345/665	0/032	0/077	0/012	0/019	0/002
مقدارآب‌مصرفی(A)	2	97017241/713**	7/934 **	9/152 **	2/452 **	0/558 **	0/111 **
سال در مقدار آب مصرفی (YA)	2	28543/269	0/002	0/005	0/046	0/012	0/000
خطا	8	21431/268	0/009	0/003	0/005	0/022	0/001
%CV		2/87	1/64	0/88	1/87	5/45	11/22

جدول5- مقادیر آب آبیاری در تیمارهای مختلف

تیمارهای آبیاری	هفته های آبیاری															جمع کل
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
	مقادیر آب آبیاری بر حسب میلی‌متر															
%100	14/7	21/1	28/6	36/3	37/5	40/8	53/1	71/1	80/3	96/1	94/2	92/3	91/3	81/9	75/6	915
%80	11/8	16/9	22/8	29/1	30	32/5	42/4	56/9	64/2	76/8	75/4	73/8	73	65/5	60/5	732
%60	8/8	12/6	17/1	21/8	22/5	24/5	31/8	42/6	48/2	57/6	56/5	55/4	54/8	49/1	45/4	549

جدول 6- درصد تراکم طولی ریشه در هر لایه

عمق	تیمار 100% نیاز آبی		تیمار 80% نیاز آبی		تیمار 60% نیاز آبی	
	تراکم طولی ریشه (سانتی‌متر بر گرم)	درصد کل تراکم طولی ریشه	تراکم طولی ریشه (سانتی‌متر بر گرم)	درصد کل تراکم طولی ریشه	تراکم طولی ریشه (سانتی‌متر بر گرم)	درصد کل تراکم طولی ریشه
10-0	4/45	28/98	4/23	30/09	3/90	32/66
20-10	4/89	31/87	4/65	33/07	4/11	34/42
30-20	3/23	21/01	2/89	20/55	2/23	18/68
40-30	2/34	15/21	1/92	13/66	1/58	13/23
50-40	0/45	2/93	0/37	2/63	0/12	1/01

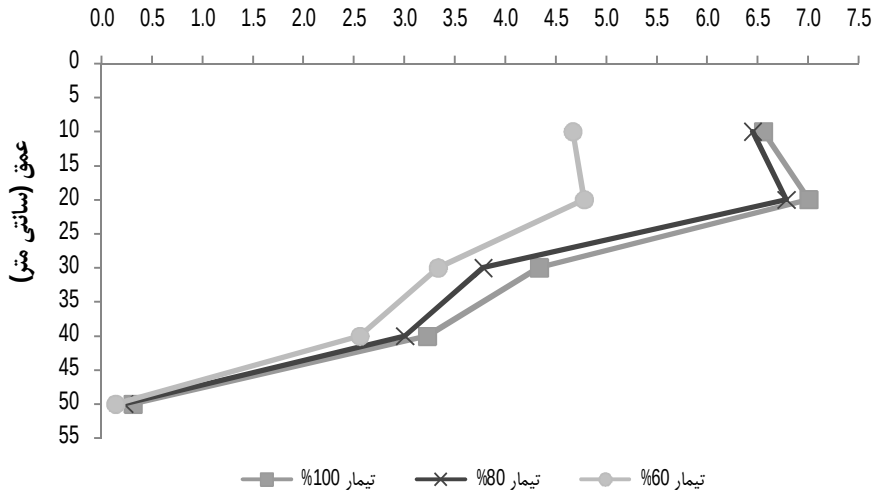


نمودار 1- تراکم طولی ریشه در مقابل زمان در تیمار های مختلف نیاز آبی

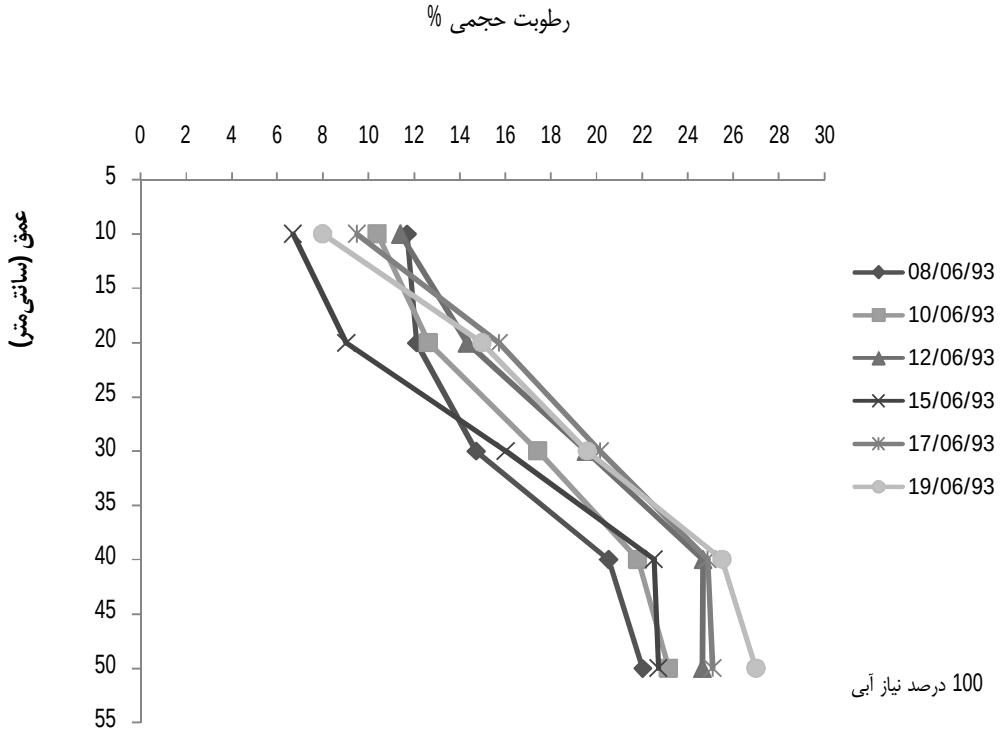
از طرفی همان طور که در نمودار (3) مشخص است، به دلیل نیاز بالای آبی گیاه برای سفت کردن دانه‌ها و رسیدن ریشه‌ها به حداکثر تراکم، در تیمار 100 درصد نیاز آبی در لایه‌های سطحی 10- 0 و 20- 10 سانتی‌متر، در یک دوره نسبتا کوتاه از زمان بعد از آبیاری رطوبت خاک تا نزدیکی درصد پژمردگی دائم کاهش یافت. در تیمار 80 درصد نیاز آبی، این کاهش تا لایه 30- 20 سانتی‌متری بود و در تیمار 60 درصد نیاز آبی، وضع بحرانی‌تر شده و تا عمق 40 سانتی‌متری وضعیت فوق اتفاق افتاد. بنابراین محصول به جذب رطوبت توسط

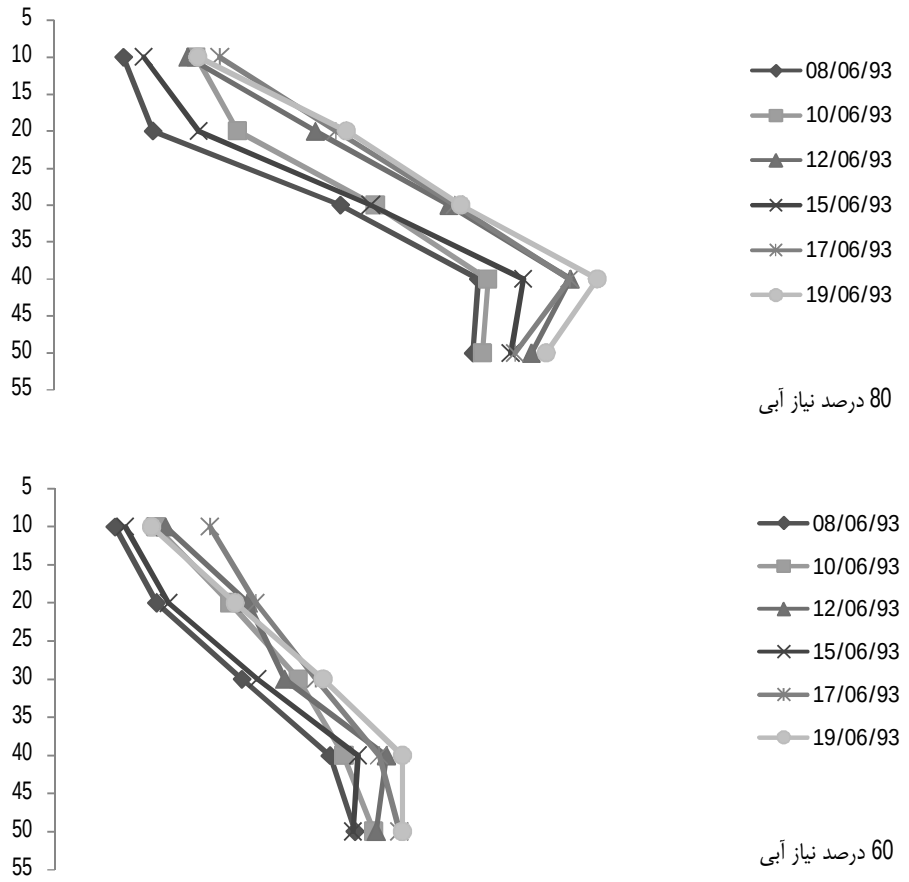
ریشه در اعماق پایین‌تر وابسته شده تا آب از دست رفته توسط محصول در اثر تعرق را جایگزین نماید.

چگالی طولی ریشه (گرم بر سانتی متر)



نمودار 2- تراکم طول ریشه در عمق‌های مختلف و در تیمارهای مختلف آبیاری





نمودار 3- درصد رطوبت حجمی باقی‌مانده در عمق‌های مختلف و به ترتیب برای تیمارهای 100، 80 و 60 درصد نیاز آبی

لای و همکاران (2000) بیان کردند در حالت وقوع تنش آبی در لایه‌های سطحی، ریشه‌های موجود در اعماق پروفیل، بصورت موثرتر و کاراتر آب را جذب می‌نمایند. نکته دیگری که در نمودار (3) مشاهده می‌گردد الگوی تقریباً مشابه برای دو تیمار 100 و 80 درصد نیاز آبی در مقابل تیمار 60 درصد نیاز آبی است. همان طور که مشخص است در دو تیمار نیاز آبی 100 و 80 درصد و در دو لایه‌های آخری (40-30 و 50-40 سانتی‌متری) رطوبت باقی‌مانده در خاک به 25 درصد رسید امّا این مقدار در تیمار 60 درصد نیاز آبی به 16 درصد رسیده است. ظاهراً اندک بودن تراکم ریشه در لایه‌های پایینی و جذب کمتر آب در این لایه‌ها باعث گردیده رطوبت باقی مانده در این لایه‌ها برای تیمارهای 100 و 80 درصد نیاز آبی بیشتر باشد امّا در تیمار 60 درصد نیاز آبی به علّت کاهش آب داده شده و جذب این مقادیر آب در لایه‌های بالایی باعث گردیده علی‌الرغم اندک بودن تراکم ریشه در این لایه های پایینی، مقدار رطوبت باقی‌مانده هم بسیار کم باشد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج این مطالعه نشان داد که تقریبا 60 درصد رشد ریشه ذرت تا عمق 20 سانتی‌متری است که بیشترین مقادیر جذب آب نیز از همین لایه‌ها صورت می‌گیرد. لایه‌های سطحی ریشه در عمق 20 سانتی‌متری خیلی سریع رطوبت خود را از دست داده و گیاه برای ادامه بقا نیاز به جذب آب از لایه‌های زیرین (پایین‌تر از 20 سانتی‌متر) دارد. یکی از علل کاهش عملکرد در تیمارهایی که با کمبود آب مواجه هستند می‌تواند کمتر

بودن تراکم طولی ریشه در لایه‌های سطحی باشد و همان طور که نتایج نشان داد در تیمار کم آبیاری (60 درصد نیاز آبی) به علت کمتر بودن رشد ریشه تا لایه 40 سانتی‌متری، میزان جذب آب و برآوردن نیاز آبی گیاه با مشکل مواجه شده و عملکرد به شدت افت نموده است.

در بحث اندازه‌گیری تراکم طولی ریشه به روش نیومن، شاید مهم‌ترین عامل خطا در ارتباط با روش نمونه‌گیری باشد. نمونه‌های برداشتی به صورت عمودی و از نزدیکترین فاصله گیاه انجام می‌شد که فقط ریشه‌هایی که به طور افقی و افشان هستند قابل نمونه‌گیری بودند.

فهرست منابع

1. اسفندیاری، ص.، دهقانی‌سانیج، ح.، علیزاده، ا. و داوری، ک. 1391. ارزیابی مرفولوژی ریشه ذرت تحت کود آبیاری با روش‌های قطره‌ای سطحی و زیرسطحی. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد شش شماره 5، ص 1064- 1071.
2. ضیائیان، ع. و ملکوتی، م. 1380. ضرورت اعمال بهینه کود در راستای افزایش عملکرد و بهبود کیفیت ذرت . نشریه فنی شماره 202 ایران،موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران. 21 ص.
3. علیزاده، ا. 1390. رابطه آب و خاک و گیاه. چاپ دوازدهم. دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد. صفحات 382-383 .
4. Asseng, S., Ritchie J. T., Smucker A. J. M., and Robertson M. J. 1998. Root growth and water uptake during water deficit and recovering in wheat. Plant and Soil, 201: 265–273.
5. Bingru, H., and Hongwen, G 2000. Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivars. Crop Science 40: 196-203.
6. Boyer, J. S. 1982. Plant productivity and environment. *Science 218: 443–8*.
7. Eric, O., and Robert, E. S. 2007. REGULATION OF ROOT GROWTH RESPONSES TO WATER DEFICIT. In: Jenks M.A, P.M. Hasegawa, S.M. Jain (Eds.), Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerant Crops, springer, 33–53.
8. Gutierrez, J. D. 1972. Comparative dynamics of root growth and subsoil water availability in unirrigated corn and sorghum. University of California, Davis.134 p
9. Lebowski, C. A. M., Dowdy, R. H., Allmars, R. R., and Lamb, J. A. 1998. Soil strength and water content influences on corn root distribution in a sandy soil. Plant and Soil 203: 239-247.
10. Lai, C. T., and Katual, G. 2000. The dynamic role of root-water uptake in coupling potential to actual Transpiration Adv. Water Resource, 23: 427-439.
11. Russell, R. S. 1977. Plant root systems (the function and interaction with the soil), McGraw-Hill, New York, London, 298 p.
12. Wilhelm, W.; Norman, J. M.; and Newell, R. L. 1983. SEMIAUTOMATED X-Y-PLOTTER-BASED METHOD FOR MEASURING ROOTS LENGTHS. Publications from USDA-ARS / UNL Faculty. Paper 135.
13. William, D. 1998. Role of water stress in yield variability. Integrated Crop Management. Iowa State University.
14. Wolf, D. W., Fereres, E., and Ronald, E. V. 1983. Growth and yield response of two potato cultivars to various levels of applied water. Irrig, Sci. 3: 211-222.