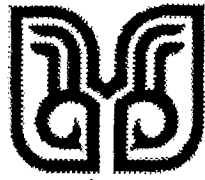


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

۱۴۷۱۹۲



دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده کشاورزی
بخش زراعت و اصلاح نباتات

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد زراعت

بررسی کارایی مصرف آب در نه رقم گندم با توجه به قطر آوند
چوبی مرکزی ریشه های جنینی، عملکرد و اجزای عملکرد تحت
تنش خشکی

استاد راهنما:

دکتر علی اکبر مقصودی مود

استاد مشاور:

دکتر حسین شاهسوند حسنی

۱۳۸۹/۳/۱۱

نگارش:

سکینه رستگاری

کتابخانه اطلاع رسانی
تاسیسات

تاسیسات ۱۳۸۷

۱۳۷۱۹۲



دانشگاه شهید باهنر کرمان

گروه مهندسی زراعت و اصلاح نباتات

دانشکده کشاورزی

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مربوطه شناخته نمی شود.

دانشجو: سکینه رستگاری

استاد راهنما: دکتر علی اکبر مقصودی مود

استاد مشاور: دکتر حسین شاهسوند

داور: دکتر حسن فرحبخش

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی یا نماینده دانشکده مربوطه: دکتر محمد حسن فولادی

دانشگاه
حق چاپ محفوظ و متعلق به است



تشکر و قدر دانی

اکنون که این پروژه به پایان رسیده بر خود لازم می دانم از تمام اساتید دانشکده کشاورزی که در تمام این مدت افتخار شاگردیشان را داشته ام تشکر و قدر دانی نمایم. به خصوص از استاد راهنمای بزرگوار ، فرزانه و بسیار خوبم آقای دکتر مقصودی مود که در تمام مراحل همراه ، پشتیبان و راهنمای من بوده اند صمیمانه تشکر و قدر دانی می نمایم و سلامتی و موفقیت روز افزون ایشان را از خداوند بزرگ خواهانم.

همچنین از آقای دکتر شاهسوند استاد مشاور محترم و استاد گرانقدر آقای دکتر فرحبخش نیز کمال تشکر و سپاس گذاری را دارم. و همچنین از کلیه اساتید محترم و دوستانی که مرا در پیمودن این راه همراهی نموده اند و در طول این دوره با من همکاری نموده اند نیز تشکر می نمایم .

تقدیم به او

که توان سخنم داد و یارای نوشتن

او که تمامی نعماتش را بدون منت و از سر رحمت خویش

بر ما عطا نمود که نه ما را یارای سپاس از اوست و نه او

محتاج ثنای ما.

لیک از شاخسار مهر او در دل خویش دامنی از گل

چیده ام و به پاس یاریش در لحظه لحظه این تلاش

آن را به مادر فداکار و همسر مهربانم و غنچه های زندگیم هدیه می کنم .

چکیده:

از آنجا که بخش وسیعی از مناطق زراعی ایران در منطقه خشک و نیمه خشک قرار گرفته است و کمبود آب عامل محدود کننده ریشه گیاهان زراعی محسوب می شود شناسایی ارقامی که بتوانند از آب در دسترسان به صورت کارآمد استفاده کنند ضروری میباشد. در این راستا دو آزمایش در گلخانه و یک آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان صورت گرفت. در آزمایش اول ۳۶ رقم گندم نان از لحاظ قطر آوند چوبی مرکزی ریشه های جنینی مورد بررسی قرار گرفتند که تفاوت معنی داری بین این صفت مشاهده شد نه رقم گندم برای آزمایش دوم انتخاب شدند در این آزمایش نه رقم گندم طرح بلوک کامل تصادفی در گلخانه از لحاظ صفات کارایی مصرف آب، آب مصرفی، ماده خشک تولیدی، درصد خاکستر گیاه، طول سلولهای محافظ روزه در دو سطح برگ میزان کلروفیل تفاوت معنی دار نشان دادند. این ارقام در آزمایش سوم در مزرعه در طرح کرت های خرد شده با سه تکرار و تحت دو تیمار تنش و شاهد برای عملکرد، مقدار سنبله در واحد سطح، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و محتوای نسبی آب برگ پرچم مورد مطالعه قرار گرفتند و نتایج نشان داد که در صفات مذکور تفاوت معنی دار داشتند. بطور کلی نتایج آزمایشات نشان داد که کمتر بودن قطر آوند چوبی مرکزی ریشه میتواند باعث استفاده کارآمدتر از آب و در نتیجه عملکرد بیشتر ارقام میشود زیرا ارقام امید و هامون که قطر آوند چوبی مرکزی کمتری در آزمایش اول داشتند در آزمایشات بعدی برتری خود را نسبت به سایر ارقام نشان دادند.

کلمات کلیدی: آوند چوبی - ریشه های جنینی - کارایی مصرف آب - ارقام گندم نان

فهرست مطالب

کلیات

۱ مقدمه

۲ گندم (مبدا و تاریخچه)

گیاه شناسی گندم

۳ ریشه

۴ ساقه

۵ برگ

۶ دانه

مراحل نمو گندم

۹ مرحله جوانه زنی و سبز شدن

۹ توسعه برگها و پنجه زنی و رشد ساقه

۱۱ نمو زایشی

۱۲ گرده افشانی ، لقاح و رشد دانه

۱۳ مراحل نمو گندم بر اساس روش فیکس

۱۴ تنش

۱۵ انواع مقاومت به خشکی

۱۶ فرار از خشکی

۱۷ اجتناب از خشکی

۲۱ به تعویق انداختن تنش

۲۲ تحمل نسبت به آب کشیدگی

۲۴ خصوصیات مطلوب بوته گیاهی برای تحمل به خشکی

بررسی منابع

۲۶ اثر تنش خشکی بر روی رشد و نمو گیاه

۲۷ اثر تنش خشکی بر کارایی مصرف آب

۳۱ اثر تنش خشکی بر ریشه

۳۵ اثر تنش خشکی بر فتوسنتز

۳۶ اثر تنش خشکی بر شاخص سطح برگ

۳۹ اثر تنش خشکی بر محتوای نسبی آب برگ

۴۰ اثر تنش خشکی بر تبادل گازی روزنه ها

۴۳ اثر تنش خشکی بر عملکرد گیاه

مواد و روشها

۴۸ مواد و روشها

بحث و نتیجه گیری

آزمایش اول گلخانه

۵۷ قطر آوند چوبی مرکزی ریشه

آزمایش دوم گلخانه

۵۹ آب مصرفی

۵۹ محتوای نسبی آب برگ

۶۰ تعداد روزنه

۶۰ اندازه سلولهای محافظ روزنه در سطح زیرین برگ

۶۱	اندازه سلولهای محافظ روزنه در سطح زیرین برگ
۶۱	شاخص سطح برگ
۶۱	کلروفیل
۶۲	ماده خشک
۶۲	کارایی مصرف آب
۶۳	خاکستر گیاه
	آزمایش سوم مزرعه
۶۴	محتوای نسبی آب برگ
۶۵	تعداد دانه در سنبله
۶۵	وزن هزار دانه
۶۶	طول سنبله
۶۷	شاخص سطح برگ
۶۸	ماده خشک
۶۹	تعداد سنبله در واحد سطح
۶۹	شاخص بر داشت
۷۰	عملکرد
۷۷	مقایسه ارقام مورد مطالعه
۷۸	فهرست منابع

فهرست جداول و نمودارها

- جدول ۳-۱- مشخصات خاک مورد استفاده در گلدانها..... ۵۳
- نمودار ۴-۱- مقایسه میانگین قطر آوند چوبی مرکزی ریشه ۵۸
- جدول ۴-۱- تجزیه واریانس اندازه قطر آوند چوبی مرکزی ریشه در ارقام مختلف ۷۲
- جدول ۴-۲- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده در ارقام مختلف در آزمایش گلخانه..... ۷۲
- جدول ۴-۳- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده در ارقام مختلف در آزمایش مزرعه..... ۷۳
- جدول ۴-۴- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده در تیمارهای شاهد و خشکی در آزمایش مزرعه..... ۷۴
- جدول ۴-۵- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در ارقام مختلف در آزمایش گلخانه..... ۷۴
- جدول ۴-۶- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در ارقام مختلف در آزمایش مزرعه..... ۷۵
- جدول ۴-۷- درصد تغییر صفات در شرایط تنش..... ۷۶

فصل اول

کلیات

مقدمه

امروزه نیاز به افزایش تولید برای رفع نیاز غذایی بشر امری ضروری و غیرقابل انکار است. بخش عمده‌ای از غذای دنیا توسط گیاهانی تأمین می‌شود که در مناطق مورد کشت آنها بارندگی محدودی در فصل رویش وجود داشته و یا اینکه محصولات کشت شده از رطوبت ذخیره در خاک استفاده می‌کنند. بنابراین یکی از مهمترین و عمده‌ترین عوامل محدود کننده تولید و رشد گیاهان زراعی شاید خشکی و کمبود آب است. از ویژگیهای مناطق خشک و نیمه خشک این است که میزان بارندگی کم و توزیع آن از سالی به سال دیگر متغیر است.

گندم یکی از مهمترین منابع تأمین کننده کالری و پروتئین برای انسان است و در شرایط متنوع از نظر درجه حرارت و رطوبت کشت می‌شود و از نظر سطح زیر کشت و تولید سالانه نسبت به سایر غلات در درجه اول اهمیت می‌باشد.

به دلیل اهمیت این گیاه استراتژیک و شرایط خشک کشورمان ایران گزینش ارقامی که بتواند در مواجهه با کمبود آب عملکرد مطلوبی داشته باشند هدفی بسیار مهم می‌باشد. (امام ۱۳۸۳، ایران نژاد و

شهبازیان ۱۳۸۳)

گندم^۱

مبدا و تاریخچه

گندم مهمترین گیاه زراعی روی زمین است. معروف است که هر روز در نقطه ای از کره زمین کاشت و در همان روز در نقطه ای دیگر برداشت می شود. این امر حاکی از توانایی سازش بسیار زیاد این گیاه با اقلیم های گوناگون است. به گونه ای که گندم را از فنلاند در نیمکره ی شمالی تا آرژانتین در نیمکره جنوبی کشت می کنند (امام ۱۳۸۳). در سطح جهانی نزدیک به ۵۲ درصد زمین های قابل کشت دنیا (یعنی معادل ۷۰۷ میلیون هکتار) به کشت غلات اختصاص دارد که ۱/۲ این مقدار (نزدیک به ۲۳۲ میلیون هکتار) زیر کشت گندم است. تولید جهانی غلات دانه ای در سالهای نخستین هزاره ی سوم میلادی در حدود ۲۰۰۰ میلیون تن بوده، که حدود ۶۰۰ میلیون تن آن گندم بوده است (امام ۱۳۸۳). سابقه ی کشت گندم به ۱۰ تا ۱۵ هزار سال پیش از میلاد می رسد (امام ۱۳۸۳ و خدابنده. اجداد وحشی گندم در منطقه خاور میانه، غرب ایران، شرق ترکیه و شمال عراق پیدا شده، و هم اکنون در این مناطق وجود دارند. بسیاری از پژوهشگران منشاء گندم را منطقه ی هلال حاصلخیز دانسته اند گندم های کنونی از گندم وحشی تک بذری (منوکوکوم) منشا گرفته اند. برای تبدیل گندم از حالت وحشی به صورت کنونی راه تکامل طولانی پیموده شده و تلاقی های زیادی صورت گرفته است (امام ۱۳۸۳ و خدابنده ۱۳۸۴).

گرچه گندم دارای گونه های متعددی است ولی بیشترین سطح زیر کشت (۹۰ درصد) و بیشترین میزان تولید (۹۴ درصد تولید جهانی) مربوط به گندم نان می باشد.

در جریان اهلی شدن گندم مساحت برگها افزایش یافته اندازه ی دانه ها درشت تر و شمار دانه در سنبله زیادتر شده است. گرچه پیشینه ی سرعت فتوسنتز در برگ ها کاهش یافته، این موضوع در ارتباط با

^۱-Wheat (*Triticum aestivum*)

افزایش سطح برگ می باشد. شاخص برداشت (درصد ماده خشک تولیدی اختصاص یافته به دانه) در گندم های اهلی (نزدیک ۵۰ درصد) در مقایسه با اجداد وحشی آنها (نزدیک ۳۰ درصد) بسیار زیادتر است ، شاخص برداشت گندم های کنونی ممکن است تا بیش از ۶۵ درصد افزایش یابد (امام، ۱۳۸۳).

گیاهشناسی گندم

ریشه

ریشه در گندم از نوع افشان است. ریشه چون اولین قسمتی است که در جریان جوانه زنی از بذر بیرون آمده در خاک گسترش می یابد. به دنبال آن و از ناحیه محور زیر لپه تعدادی (که تا هشت عددی می رسد) جوانه ریشه شروع به رشد می کند و در خاک نفوذ می نمایند به ریشه چه و ریشه های حاصل از ناحیه محور زیر لپه ریشه های بذری^۱ گویند.

از گره های زیر خاک ، ساقه اصلی و پنجه ها نیز ریشه هایی بوجود می آیند ، که ریشه های طوقه ای گفته می شوند (خواجه پور، ۱۳۸۷ ، امام، ۱۳۷۳ و خدابنده ، ۱۳۸۴). وضعیت رشد و توسعه ریشه ها بستگی زیادی به شرایط خاک از لحاظ رطوبت ، نفوذ پذیری ، پتانسیل رقم و طول فصل رشد موثر دارد (خواجه پور، ۱۳۸۷).

بعضی از ریشه ها بطور سطحی و به اطراف تا فاصله ۳۰ الی ۳۵ سانتیمتری از محل کاشت رشد می کنند . توسعه ریشه ها ، از نظر تعداد و انشعابات تا عمق ۳۰ سانتیمتری بسیار زیاد است . میزان انشعابات ، از عمق ۶۰ سانتیمتری به بعد به میزان زیادی نقصان می یابد . تعداد کمی از انشعابات ریشه نیز در خاکهای

۱- seminal roots

نفوذ پذیر ، مرطوب و بطور کلی در شرایط مناسب تا عمق ۱/۵ متری یا بیشتر نفوذ می کند
(خواجه پور، ۱۳۷۸)

ساقه

هر ساقه یا پنجه معمولاً دارای ۵ تا ۱۰ و حداکثر ۱۵ گره می باشد. گره های زیر خاک و نزدیک سطح خاک بهم نزدیک بوده و دارای میانگره های کوتاهی می باشند. با افزایش فاصله از سطح زمین به طول میانگره ها اضافه می شود. بالاترین میانگره در حد فاصل بالاتر برگ تا زیر سنبله واقع است. ساقه در ناحیه میانگره شامل ۷ تا ۱۰ لایه سلول فیبری اسکلرانشیمی است که در زیر اپیدرم واقعند.

در سمت داخلی بافت اسکلرنشیم حلقه ای از بافت مزوفیل قرار دارد ، که در داخل آن دستجات آوندی بزرگتری (نسبت به دستجات آوندی محیطی) واقعند. تراکم دستجات آوندی با نزدیک شدن به ناحیه محیطی ساقه افزایش می یابد. در هر دسته آوندی ، آوند چوبی به سمت داخل و آوند آبکش به سمت خارج واقع می باشد. میانگره توپر نیست بلکه دارای یک تونل داخلی می باشد.

تونل داخلی ۷۰ تا ۸۰ درصد از حجم ساقه را در ناحیه وسطی میانگره تشکیل می دهد. استحکام ساقه عمدتاً به دلیل بافت اسکلرنشیم محیطی و نیز وجود گره ها می باشد. به علاوه هر چقدر میانگره ها کوتاهتر باشند ، استحکام ساقه بیشتر است. هر برگ از ناحیه بالایی گره ای که به آن تعلق دارد منشاء می گیرد. هر یک شامل یک غلاف در بر گیرنده ساقه است که مشابه دمبرگ می باشد. ناحیه پائینی غلاف برگ واقع در همان محلی که ساقه نازک شده است ، ضخیم شده و پولوینوس^۱ گفته می شود این ناحیه دارای مریستم میان بافتی بوده و مسئول رشد طولانی غلاف برگ می باشد (خواجه پور، ۱۳۷۸) این ناحیه به دلیل خاصیت زمین گریزی که دارد به تغییر جهت رشد ساقه در صورت وقوع خوابیدگی کمک می کند. (امام، ۱۳۸۳ و خواجه پور، ۱۳۷۸).

۱-pulvnius

غلاف به پهنک شمشیرمانندی وصل می شود که به سمت بیرون گسترش می یابد. طول پهنک ۲۰-۱۵ سانتیمتر و عرض آن ۵/۰ تا ۲ سانتیمتر می باشد. در محل اتصال غلاف با پهنک بافت ظریف یقه مانند کوتاهی وجود دارد که زبانک^۱ گفته می شود. در قاعده و طرفین پهنک دو زائده انگشت مانند کرک دار و کوتاه بنام گوشواره^۲ مشاهده می شوند. اپیدرم برگ دارای سلولهای کوتاه حاوی سیلیس می باشد که به برگ حالت نسبتاً خشبی می دهد. در اپیدرم، سلولهای حبابی بیشتر خواهد بود. گره تو پر می باشد، زیرا در این ناحیه دستجات آوندی ساقه و برگ در هم در می آمیزند، بعلاوه در قسمت مرکزی مقداری مغز مشاهده می شود. کمی بالاتر از گره، ساقه کمترین قطر خود را دارد. در این ناحیه بافت اسکراشیمی بوجود نمی آید ولیگنینی شدن بافتها در حداقل است. سلولهای دارای قدرت رشد واقع در این ناحیه، بنام مرسیتم میان بافتی شناخته شده و مسئول طویل شدن ساقه می باشند این ناحیه قدرت رشد خود را برای مدت زیادی حفظ می کند. زمین گرایی منفی این ناحیه موجب تغییر رشد ساقه در صورت وقوع خوابیدگی ساقه می گردد (خواجه پور، ۱۳۸۷ و امام، ۱۳۸۳).

برگ

تعداد برگ تولیدی روی هر ساقه مرتبط با تعداد گره ی تشکیل شده است، اما چون ۲-۳ گره در زیر خاک قرار دارند که برگهای متصل به آنها بر اثر پنجه زنی از بین می روند و به تدریج برگهای مرتبط با گره های پایینی ساقه نیز با رشد طولانی ساقه و سایه اندازی سایرین و افزایش عمر دچار مرگ می شوند بنابراین غالباً در هر لحظه ۳ تا ۵ برگ روی ساقه مشاهده می شود. بالاترین برگ که در زیر گل آذین یا سنبله قرار دارد، برگ پرچم نامیده می شود. در برگ سلولهایی وجود دارد که حاوی آب بوده، و مسئول لوله ای شدن پهنک برگ در شرایط وقوع تنش رطوبتی می باشند. سطح برگ را

۱- Ligule

۲- auricle

مقدمه

امروزه نیاز به افزایش تولید برای رفع نیاز غذایی بشر امری ضروری و غیرقابل انکار است. بخش عمده‌ای از غذای دنیا توسط گیاهانی تأمین می‌شود که در مناطق مورد کشت آنها بارندگی محدودی در فصل رویش وجود داشته و یا اینکه محصولات کشت شده از رطوبت ذخیره در خاک استفاده می‌کنند. بنابراین یکی از مهمترین و عمده‌ترین عوامل محدود کننده تولید و رشد گیاهان زراعی شاید خشکی و کمبود آب است. از ویژگیهای مناطق خشک و نیمه خشک این است که میزان بارندگی کم و توزیع آن از سالی به سال دیگر متغیر است.

گندم یکی از مهمترین منابع تأمین کننده کالری و پروتئین برای انسان است و در شرایط متنوع از نظر درجه حرارت و رطوبت کشت می‌شود و از نظر سطح زیر کشت و تولید سالانه نسبت به سایر غلات در درجه اول اهمیت می‌باشد.

به دلیل اهمیت این گیاه استراتژیک و شرایط خشک کشورمان ایران گزینش ارقامی که بتواند در مواجهه با کمبود آب عملکرد مطلوبی داشته باشند هدفی بسیار مهم می‌باشد. (امام ۱۳۸۳، ایران نژاد و

شهبازیان ۱۳۸۳)

گندم^۱

مبدا و تاریخچه

گندم مهمترین گیاه زراعی روی زمین است. معروف است که هر روز در نقطه ای از کره زمین کاشت و در همان روز در نقطه ای دیگر برداشت می شود. این امر حاکی از توانایی سازش بسیار زیاد این گیاه با اقلیم های گوناگون است. به گونه ای که گندم را از فنلاند در نیمکره ی شمالی تا آرژانتین در نیمکره جنوبی کشت می کنند (امام ۱۳۸۳). در سطح جهانی نزدیک به ۵۲ درصد زمین های قابل کشت دنیا (یعنی معادل ۷۰۷ میلیون هکتار) به کشت غلات اختصاص دارد که ۱/۲ این مقدار (نزدیک به ۲۳۲ میلیون هکتار) زیر کشت گندم است. تولید جهانی غلات دانه ای در سالهای نخستین هزاره ی سوم میلادی در حدود ۲۰۰۰ میلیون تن بوده، که حدود ۶۰۰ میلیون تن آن گندم بوده است (امام ۱۳۸۳). سابقه ی کشت گندم به ۱۰ تا ۱۵ هزار سال پیش از میلاد می رسد (امام ۱۳۸۳ و خدابنده. اجداد وحشی گندم در منطقه خاور میانه، غرب ایران، شرق ترکیه و شمال عراق پیدا شده، و هم اکنون در این مناطق وجود دارند. بسیاری از پژوهشگران منشاء گندم را منطقه ی هلال حاصلخیز دانسته اند گندم های کنونی از گندم وحشی تک بذری (منوکوکوم) منشا گرفته اند. برای تبدیل گندم از حالت وحشی به صورت کنونی راه تکامل طولانی پیموده شده و تلاقی های زیادی صورت گرفته است (امام ۱۳۸۳ و خدابنده ۱۳۸۴).

گرچه گندم دارای گونه های متعددی است ولی بیشترین سطح زیر کشت (۹۰ درصد) و بیشترین میزان تولید (۹۴ درصد تولید جهانی) مربوط به گندم نان می باشد.

در جریان اهلی شدن گندم مساحت برگها افزایش یافته اندازه ی دانه ها درشت تر و شمار دانه در سنبله زیادتر شده است. گرچه پیشینه ی سرعت فتوسنتز در برگ ها کاهش یافته، این موضوع در ارتباط با

^۱-Wheat (*Triticum aestivum*)

افزایش سطح برگ می باشد. شاخص برداشت (درصد ماده خشک تولیدی اختصاص یافته به دانه) در گندم های اهلی (نزدیک ۵۰ درصد) در مقایسه با اجداد وحشی آنها (نزدیک ۳۰ درصد) بسیار زیادتر است ، شاخص برداشت گندم های کنونی ممکن است تا بیش از ۶۵ درصد افزایش یابد (امام، ۱۳۸۳).

گیاهشناسی گندم

ریشه

ریشه در گندم از نوع افشان است. ریشه چون اولین قسمتی است که در جریان جوانه زنی از بذر بیرون آمده در خاک گسترش می یابد. به دنبال آن و از ناحیه محور زیر لپه تعدادی (که تا هشت عددی می رسد) جوانه ریشه شروع به رشد می کند و در خاک نفوذ می نمایند به ریشه چه و ریشه های حاصل از ناحیه محور زیر لپه ریشه های بذری^۱ گویند.

از گره های زیر خاک ، ساقه اصلی و پنجه ها نیز ریشه هایی بوجود می آیند ، که ریشه های طوقه ای گفته می شوند (خواجه پور، ۱۳۸۷ ، امام، ۱۳۷۳ و خداپنده ، ۱۳۸۴). وضعیت رشد و توسعه ریشه ها بستگی زیادی به شرایط خاک از لحاظ رطوبت ، نفوذ پذیری ، پتانسیل رقم و طول فصل رشد موثر دارد (خواجه پور، ۱۳۸۷).

بعضی از ریشه ها بطور سطحی و به اطراف تا فاصله ۳۰ الی ۳۵ سانتیمتری از محل کاشت رشد می کنند . توسعه ریشه ها ، از نظر تعداد و انشعابات تا عمق ۳۰ سانتیمتری بسیار زیاد است . میزان انشعابات ، از عمق ۶۰ سانتیمتری به بعد به میزان زیادی نقصان می یابد . تعداد کمی از انشعابات ریشه نیز در خاکهای

۱- seminal roots

نفوذ پذیر ، مرطوب و بطور کلی در شرایط مناسب تا عمق ۱/۵ متری یا بیشتر نفوذ می کند
(خواجه پور، ۱۳۷۸)

ساقه

هر ساقه یا پنجه معمولاً دارای ۵ تا ۱۰ و حداکثر ۱۵ گره می باشد . گره های زیر خاک و نزدیک سطح خاک بهم نزدیک بوده و دارای میانگره های کوتاهی می باشند . با افزایش فاصله از سطح زمین به طول میانگره ها اضافه می شود . بالاترین میانگره در حد فاصل بالاتر برگ تا زیر سنبله واقع است . ساقه در ناحیه میانگره شامل ۷ تا ۱۰ لایه سلول فیبری اسکلرنشیمی است که در زیر اپیدرم واقعند . در سمت داخلی بافت اسکلرنشیم حلقه ای از بافت مزوفیل قرار دارد ، که در داخل آن دستجات آوندی بزرگتری (نسبت به دستجات آوندی محیطی) واقعند . تراکم دستجات آوندی با نزدیک شدن به ناحیه محیطی ساقه افزایش می یابد . در هر دسته آوندی ، آوند چوبی به سمت داخل و آوند آبکش به سمت خارج واقع می باشد . میانگره توپر نیست بلکه دارای یک تونل داخلی می باشد . تونل داخلی ۷۰ تا ۸۰ درصد از حجم ساقه را در ناحیه وسطی میانگره تشکیل می دهد . استحکام ساقه عمدتاً به دلیل بافت اسکلرنشیم محیطی و نیز وجود گره ها می باشد . به علاوه هر چقدر میانگره ها کوتاهتر باشند ، استحکام ساقه بیشتر است . هر برگ از ناحیه بالایی گره ای که به آن تعلق دارد منشاء می گیرد . هر یک شامل یک غلاف در بر گیرنده ساقه است که مشابه دمبرگ می باشد . ناحیه پائینی غلاف برگ واقع در همان محلی که ساقه نازک شده است ، ضخیم شده و پولونوس^۱ گفته می شود این ناحیه دارای مریستم میان بافتی بوده و مسئول رشد طولانی غلاف برگ می باشد (خواجه پور ، ۱۳۷۸) این ناحیه به دلیل خاصیت زمین گریزی که دارد به تغییر جهت رشد ساقه در صورت وقوع خوابیدگی کمک می کند . (امام ، ۱۳۸۳ و خواجه پور ، ۱۳۷۸) .

۱-pulvnius