دانشکده علوم کشاورزی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

ارزیابی صفات مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی بوته در ژنوتیپ‌های بومی و اصلاح شده برنج (*Oryza sativa L.*)

از:

مریم برومند سویری

استادان راهنما:

دکتر مسعود اصفهانی

دکتر محمدرضا علیزاده

بهمن ۱۳۹۲

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده علوم کشاورزی
گروه زراعت و اصلاح نباتات
(گرایش زراعت)

ارزیابی صفات مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی بوته در ژنوتیپ‌های بومی و اصلاح شده برنج (*Oryza sativa* L.)

از:
مریم برومند سویری

استادان راهنما:
دکتر مسعود اصفهانی
دکتر محمدرضا علیزاده

استاد مشاور:
دکتر علی اعلمی

بهمن ۱۳۹۲

تقدیم به:

پدر بزرگوار و مادر مهربانم

آنان که از خواسته‌هایشان گذشتند،

سختی‌ها را به جان خریدند

و خود را سپر بلای مشکلات و ناملایمات کردند

تا من به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده‌ام برسم.

به نام ایزد یکتا

پیش از همه و بیش از همه شکر و سپاس خدایی را که توفیق را رفیق راهم ساخت تا انجام این تحقیق را به پایان رسانم.

بر خود لازم می دانم از تمام عزیزانی که پیمودن این مسیر را برایم آسان تر کردند تشکر و قدردانی کنم.

از استاد بزرگوارم، جناب آقای دکتر مسعود اصفهانی که اشتیاق و دلسوزی های ایشان در امر آموزش انگیزه ادامه تحصیل را در من دو چندان نمود و در این مسیر با نهایت بردباری و مهربانی مرا از راهنمایی های ارزنده خویش بهره‌مند فرمودند بی نهایت سپاسگزارم.

از استاد راهنمای ارجمندم، جناب آقای دکتر محمدرضا علیزاده که هیچ کمکی را در اجرای این تحقیق از من دریغ نکردند و از راهنمایی ها و همراهی‌شان بهره بردم کمال سپاس را دارم.

از استاد مشاور گرامی، جناب آقای دکتر علی اعلمی که در طی اجرای این پایان‌نامه همواره با راهنمایی های بی دریغشان راهگشای این تحقیق بودند سپاسگزاری می کنم.

از سایر اساتید محترم گروه زراعت و اصلاح نباتات که در طی دوران تحصیلم از علم و راهنمایی هایشان بهره بردم، متواضعانه سپاسگزارم.

از اعضای محترم موسسه تحقیقات برنج کشور به‌ویژه کارکنان و کارشناسان بخش فنی مهندسی به پاس همکاری های ارزنده شان صمیمانه تشکر می کنم.

از تمامی دوستانم که همواره در کنارم بودند تشکر و قدردانی می کنم.

در پایان از پدر و مادر عزیزم نخستین آموزگاران زندگیم و دوستان همیشگی‌ام خواهران و برادرم، که در تمامی مراحل زندگی‌ام پشتیبان من بودند، بسیار سپاسگزارم.

مریم برومند سویری

فهرست مطالب

عنوان ..... صفحه
چکیده فارسی ..... ح
چکیده انگلیسی ..... خ
مقدمه ۱
فصل اول: کلیات و مرورمنابع ۳
۱-۱- برنج ۴
۱-۲- خصوصیات گیاهی ۴
۱-۲-۱- ریشه ۴
۱-۲-۲- ساقه ۵
۱-۲-۳- برگ ۵
۱-۲-۴- غلاف برگ ۶
۱-۲-۵- خوشه ۶
۱-۲-۶- پنجه ۷
۱-۳- خوابیدگی بوته در برنج ۷
۱-۴- خسارات و مشکلات ناشی از خوابیدگی بوته ۸
۱-۵- عوامل موثر در خوابیدگی بوته ۱۰
۱-۵-۱- عوامل محیطی ۱۰
۱-۵-۲- عوامل مدیریتی ۱۱
۱-۵-۳- عوامل گیاهی ۱۳
۱-۵-۳-۱- عوامل مورفولوژیک ۱۳
۱-۵-۳-۲- عوامل بیوشیمیایی ۱۵
۱-۶- ایجاد مقاومت به خوابیدگی ۱۶
فصل دوم: مواد و روش‌ها ۱۸
۲-۱- محل اجرای آزمایش ۱۹
۲-۲- اطلاعات هواشناسی ۲۰
۲-۳- مواد گیاهی و اجرای آزمایش ۲۲
۲-۳-۱- ژنوتیپ‌های برنج ۲۲
۲-۳-۲- نوع آزمایش ۲۳
۲-۳-۳- عملیات کاشت ۲۳

۲-۳-۴- عملیات داشت ۲۳
۲-۴- اندازه‌گیری و محاسبه صفات گیاهی مورد مطالعه ۲۴
۲-۴-۱- اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک ۲۴
۲-۴-۱-۱- ارتفاع بوته ۲۴
۲-۴-۱-۲- طول ساقه ۲۴
۲-۴-۱-۳- طول میانگره‌ها ۲۴
۲-۴-۱-۴- طول خوشه ۲۴
۲-۴-۱-۵- قطر و ضخامت میانگره‌ها ۲۴
۲-۴-۱-۶- وزن تر و وزن خشک اجزای گیاه ۲۵
۲-۴-۲- اندازه‌گیری و محاسبه صفات مرتبط با خوابیدگی بوته ۲۵
۲-۴-۲-۱- مقاومت به شکستگی میانگره‌ها ۲۵
۲-۴-۲-۲- گشتاور خمشی ۲۵
۲-۴-۲-۳- شاخص خوابیدگی ۲۶
۲-۴-۲-۴- سطح مقطع میانگره‌ها ۲۶
۲-۴-۲-۵- نسبت وزن به طول میانگره ۲۶
۲-۴-۲-۶- مقاومت فشاری ۲۶
۲-۴-۳- تعداد روز تا مراحل گلدهی و رسیدگی ۲۷
۲-۴-۳-۱- تعداد روز تا گلدهی ۲۷
۲-۴-۳-۲- تعداد روز تا رسیدگی کامل ۲۷
۲-۴-۴- عملکرد دانه ۲۷
۲-۴-۵- اجزای عملکرد دانه و سایر صفات ۲۷
۲-۴-۵-۱- تعداد پنجه در هر بوته ۲۷
۲-۴-۵-۲- درصد باروری پنجه‌ها در هر بوته ۲۷
۲-۴-۵-۳- وزن هزاردانه و تعداد دانه پر در هر خوشه ۲۸
۲-۴-۶- عملکرد زیستی ۲۸
۲-۴-۷- شاخص برداشت ۲۸
۲-۴-۸- راندمان تبدیل ۲۸
۲-۵- تجزیه و تحلیل داده‌ها ۲۹
فصل سوم: نتایج و بحث ۳۰
۳-۱- صفات مورفولوژیک و صفات مرتبط با خوابیدگی بوته ۳۱
۳-۱-۱- ارتفاع بوته، طول ساقه و طول میانگره‌ها ۳۱

۳-۱-۲- طول و وزن خوشه ۳۳
۳-۱-۳- قطر و ضخامت میانگره‌ها ۳۴
۳-۱-۴- سطح مقطع میانگره‌ها ۳۶
۳-۱-۵- نسبت وزن خشک و وزن تر به طول میانگره ۳۷
۳-۱-۶- مقاومت به شکستگی میانگره‌ها ۴۴
۳-۱-۷- گشتاور خمشی و شاخص خوابیدگی ۴۵
۳-۱-۸- مقاومت فشاری بوته ۴۷
۳-۲- تعداد روز تا مراحل گلدهی و رسیدگی ۵۱
۳-۲-۱- تعداد روز تا مرحله گلدهی ۵۱
۳-۲-۲- تعداد روز تا مرحله رسیدگی ۵۱
۳-۳- عملکرد و سایر صفات ۵۲
۳-۳-۱- عملکرد دانه ۵۲
۳-۳-۲- تعداد پنجه ۵۳
۳-۳-۳- درصد باروری پنجه‌ها ۵۳
۳-۳-۴- تعداد دانه پر در خوشه ۵۴
۳-۳-۵- تعداد (فراوانی) دانه پر در طول خوشه ۵۵
۳-۳-۶- شاخص برداشت خوشه ۵۵
۳-۳-۷- میزان باروری خوشه ۵۵
۳-۳-۸- وزن هزار دانه ۵۵
۳-۴- عملکرد زیستی ۵۶
۳-۵- شاخص برداشت ۵۷
۳-۶- خصوصیات تبدیل ۶۱
۳-۶-۱- راندمان تبدیل ۶۱
۳-۶-۲- میزان برنج سالم و برنج خرد ۶۲
۳-۷- نتیجه‌گیری نهایی ۶۳
۳-۸- پیشنهادها ۶۴
منابع ۶۵

فهرست شکل‌ها

شماره و عنوان شکل‌ها ..... صفحه

شکل ۲-۱- میانگین دمای کمینه و بیشینه ماهیانه در طول فصل رشد سال ۱۳۹۱ در منطقه رشت ۲۰

شکل ۲-۲- میانگین بارندگی ماهیانه در طول فصل رشد سال ۱۳۹۱ در منطقه رشت ۲۰

شکل ۲-۳- میانگین رطوبت نسبی ماهیانه در طول فصل رشد سال ۱۳۹۱ در منطقه رشت ۲۱

شکل ۲-۴- میانگین ساعات آفتابی ماهیانه در طول فصل رشد سال ۱۳۹۱ در منطقه رشت ۲۱

شکل ۲-۵- نیروسنج دیجیتال برای اندازه‌گیری مقاومت به شکستگی میانگره‌ها ۲۹

شکل ۲-۶- نیروسنج دیجیتال برای اندازه‌گیری مقاومت فشاری بوته ۲۹

فهرست جدول‌ها

شماره و عنوان جدول ..... صفحه

جدول ۲-۱- ویژگی خاک مزرعه آزمایشی قبل از نشاکاری..... ۱۹
جدول ۲-۲- خصوصیات زراعی ژنوتیپ‌های برنج موردآزمایش (موسسه تحقیقات برنج کشور)..... ۲۲
جدول ۳-۱- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک اندازه گیری شده در ارقام بومی و اصلاح شده برنج ۳۹
جدول ۳-۲- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی بوته در ارقام بومی و اصلاح شده برنج ۴۰
جدول ۳-۳- تجزیه واریانس صفات مرتبط با خوابیدگی بوته در ارقام بومی و اصلاح شده برنج ۴۲
جدول ۳-۴- مقایسه میانگین صفات مرتبط با خوابیدگی بوته در ارقام بومی و اصلاح شده برنج..... ۴۳
جدول ۳-۵- ضرایب همبستگی بین صفات مورفولوژیک و صفات مرتبط با خوابیدگی بوته در ارقام بومی و اصلاح شده برنج ۴۹
جدول ۳-۶- تجزیه واریانس صفات گیاهی ارقام بومی و اصلاح شده برنج ۵۱
جدول ۳-۷- مقایسه میانگین صفات گیاهی ارقام بومی و اصلاح شده برنج ۵۲
جدول ۳-۸- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد ارقام بومی و اصلاح شده برنج..... ۵۸
جدول ۳-۹- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد ارقام بومی و اصلاح شده برنج ۵۹
جدول۳-۱۰- ضرایب همبستگی عملکرد دانه و اجزای عملکرد در ارقام بومی و اصلاح شده برنج ۶۰
جدول ۳-۱۱- تجزیه واریانس خصوصیات تبدیل ارقام بومی و اصلاح شده برنج..... ۶۱
جدول ۳-۱۲- مقایسه میانگین خصوصیات تبدیل ارقام بومی و اصلاح شده برنج ۶۲

چکیده

ارزیابی صفات مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی بوته در ژنوتیپ‌های بومی و اصلاح‌شده برنج (*Oryza sativa* L.)

مریم برومند سویری

به‌منظور ارزیابی صفات مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی بوته در ارقام بومی و اصلاح شده برنج، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۱ در موسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) به اجرا گذاشته شد. ژنوتیپ‌های برنج مورد آزمایش شامل سه رقم بومی (هاشمی، سنگ‌جو و علی‌کاظمی)، شش رقم اصلاح شده (کادوس، خزر، گوهر، سپیدرود، دیلم و درفک) و سه لاین امید بخش (۸۳۱، ۸۴۱ و ۴۱۶) بودند. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس، بین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی از لحاظ صفات ارزیابی شده تفاوت معنی‌داری وجود داشت. نتایج نشان دادند که ارقام اصلاح شده به‌ویژه سه رقم خزر، کادوس و گوهر نسبت به ارقام بومی ضخامت، سطح مقطع میانگره سوم و چهارم و نسبت وزن به طول میانگره سوم و چهارم بیش‌تری داشتند. با توجه به همبستگی این صفات به‌ویژه همبستگی ضخامت با مقاومت به شکستگی در میانگره سوم ($r=۰/۸۱۸^{**}$)، مقاومت به شکستگی در میانگره چهارم ($r=۰/۷۶۶^{**}$) و مقاومت فشاری بوته ($r=۰/۸۵۶^{**}$) و ($r=۰/۸۷۱^{**}$)، نسبت وزن تر به طول میانگره با مقاومت به شکستگی در میانگره سوم ($r=۰/۸۴۵^{**}$)، نسبت وزن تر به طول میانگره با مقاومت به شکستگی در میانگره چهارم ($r=۰/۸۰۹^{**}$) و مقاومت فشاری بوته ($r=۰/۷۷۲^{**}$) و ($r=۰/۷۵۴^{**}$)، به‌نظر می‌رسد که بیش‌تر بودن این صفات در ارقام اصلاح شده نسبت به ارقام بومی، در افزایش مقاومت به شکستگی و مقاومت فشاری در نتیجه افزایش مقاومت بوته به خوابیدگی در مزرعه نقش داشته باشند. در بین ارقام مورد مطالعه به‌ترتیب رقم خزر، کادوس و گوهر با دارا بودن بیش‌ترین مقدار ضخامت میانگره سوم و چهارم، قطر متوسط میانگره سوم و چهارم، سطح مقطع میانگره سوم و چهارم و نسبت وزن تر به طول میانگره سوم و چهارم و به دنبال آن با داشتن بیش‌ترین مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم مقاوم‌ترین ژنوتیپ‌ها و سه رقم بومی به ترتیب سنگ‌جو، علی‌کاظمی و هاشمی با داشتن کم‌ترین مقدار ضخامت، قطر متوسط، سطح مقطع و نسبت وزن تر به طول میانگره سوم و چهارم و کم‌ترین مقاومت به شکستگی، حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها و ارقام اصلاح شده سپیدرود، درفک و دیلم و سه لاین ۸۳۱، ۸۴۱ و ۴۱۶ ژنوتیپ‌هایی نیمه حساس در بین ارقام برنج مورد مقایسه، ارزیابی شدند.

کلید واژه‌ها: برنج، شاخص خوابیدگی، گشتاور خمشی، مقاومت به شکستگی.

Abstract

Evaluation of morphological characteristics related to lodging in native and improved rice (*Oryza sativa* L.) genotyps

Maryam Broomand Sivieri

In order to evaluate the morphological characteristics and lodging related traits in native and improved rice genotypes, a field experiment was laid out in randomized complete block design with three replications in 2012 at Rice Research Institute of Iran (Rasht). Rice genotypes including three native rice cultivars (Hashemi, Sangjo and Alikazemi) and six improved (Kadus, Gohar, Khazar, Sepidrood, Deylam and Dorfak) and three promising lines (831, 841 and 416). Based on the results of analysis of variance, there were significant differences between cultivars in all the studied traits. Results showed that thickness, and cross- section area of the third and fourth internodes in improved rice cultivars were more than native cultivars. In regard to the correlation between thickness of third and fourth internodes and breaking resistance of third and fourth internodes ($r= 0.818^{**}$ and $r= 0.766^{**}$, respectively) and pushing resistance ($r= 0.856^{**}$ and $r= 0.871^{**}$), ratio of fresh weight of third and fourth internodes to internode length whit breaking resistance ($r= 0.845^{**}$ and $r= 0.809^{**}$, respectively) and pushing resistance ($r= 0.772^{**}$ and $r= 0.754^{**}$), it seem's to be more likely that the higher rates of these traits may enhance lodging resistance in improved cultivars. Among the studied cultivars Khazar, Kadus and Gohar having higher thickness of third and fourth internodes, diameter of third and fourth internodes, cross- section area of the third and fourth internodes and ratio of fresh weight of third and fourth internodes to internode length and more breaking resistance of third and fourth internodes (14.43 and 20.87 N), were the most resistant and three native rice cultivars (Sangjo, Alikazemi and Hashemi, respectively) with minimum thickness, diameter, cross- section area, ratio of fresh weight of third and fourth internodes to internode length and breaking resistance was the most susceptible genotypes to lodging and improved rice cultivars Sepidrood, Deylam and Dorfak and 831, 841 and 416 lines the semi susceptible genotypes were compared among rice cultivars were evaluated.

Key words: Bending moment, Breaking resistance, Lodging index, Rice.

مقدمه

برنج، بعد از گندم مهم‌ترین محصول زراعی و غذای بیش از نیمی از مردم جهان است. سطح جهانی زیر کشت برنج در سال ۲۰۱۱ از سوی فائو ۱۶۴,۱۲۴,۹۷۷ هکتار و سهم ایران ۵۸۰,۱۵۲ هکتار برآورد شده است. سالیانه ۳۵ تا ۷۰ درصد از کالری مورد نیاز سه میلیارد نفر از جمعیت دنیا از طریق برنج تامین می‌شود. گزارش شده است که برای تامین نیاز غذایی جمعیت جهانی تا سال ۲۰۲۵ نیاز به افزایش ۶۰ درصد در تولید برنج می‌باشد [Yang and Zhang., 2010] و برآورد فائو نشان داد که در سال ۲۰۰۳ افزایش کل مصرف برنج از ۳۹۵/۴ میلیون تن در سال ۲۰۰۳ به ۵۳۳ میلیون تن در سال ۲۰۳۰ خواهد رسید [Bin Abdullah et al., 2004].

یکی از مشکلات عمده در زراعت برنج، خوابیدگی بوته (ورس) می‌باشد که بسته به زمان وقوع می‌تواند تا ۵۰ درصد کاهش عملکرد محصول را به دنبال داشته باشد [Hitaka and Kobayashi, 1992]. کاهش کمیت و کیفیت محصول و هم‌چنین ایجاد مشکلات در هنگام برداشت و افزایش هزینه تولید از خساراتی است که این عارضه در محصول برنج ایجاد می‌کند. عوامل ایجاد کننده خوابیدگی بوته به سه دسته عوامل گیاهی، عوامل محیطی و عوامل مدیریتی تقسیم می‌شوند. سه نوع خوابیدگی بوته در برنج قابل مشاهده است؛ خمیدگی ساقه، شکستگی ساقه و خوابیدگی از ناحیه ریشه. خمیدگی ساقه، نوع اصلی خوابیدگی در برنج غرقابی بوده که علت اصلی آن شرایط نامساعد آب و هوایی مانند وزیدن باد و بارندگی‌های سنگین و افزایش طول میانگره و وزن خوشه در اواخر دوره رشد گیاه می‌باشد. تنوع ژنتیکی زیادی در صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی در ژنوتیپ‌های برنج وجود دارد. انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم به خوابیدگی برای کشت می‌تواند به عنوان راهکاری برای کاهش خسارت ناشی از خوابیدگی در نظر گرفته شود. اجرای این راهکار مستلزم شناسایی صفات موثر در مقاومت به خوابیدگی و به دنبال آن انتخاب ارقام مناسب می‌باشد.

با توجه به اهمیت زیاد خوابیدگی بوته در تولید محصول برنج و با توجه به اینکه برای ژنوتیپ‌های مورد استفاده در این آزمایش تاکنون گزارشی منتشر نشده است، این پژوهش جهت شناسایی صفات مورفولوژیک موثر و مرتبط با مقاومت به خوابیدگی بوته برنج، مقایسه ژنوتیپ‌های بومی و اصلاح شده و انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم به خوابیدگی بوته انجام گردید.

فصل اول

کلیات و مرور منابع

۱-۱- برنج

برنج از گیاهان مهم تیره غلات و دارای جنس و گونه‌های زیادی است که مهم‌ترین جنس آن اوریزا و گونه زراعتی آن ساتیوا است. از بین بیش از ۲۰ گونه موجود برنج تنها دو گونه *sativa* و *glaberrima* در سطح تجاری کشت می‌شوند که تمام ارقام برنجی که در قاره آسیا، آمریکا و اروپا کشت می‌شوند، متعلق به گونه اول است و گونه دیگر تنها در بخش‌هایی از آفریقا به صورت محدود کشت می‌شود. مبدا اولیه برنج از قاره آسیا و از کشور هندوستان بوده است [امام، ۱۳۸۶].

۱-۲- خصوصیات گیاهی

۱-۲-۱- ریشه

گیاه برنج شامل سه نوع ریشه می‌باشد، ریشه بذری که آغازه‌های آن در جنین تشکیل شده و در زمان جوانه‌زنی، این ریشه‌ها از داخل غلاف ریشه‌چه خارج می‌شوند. برنج فقط یک ریشه بذری دارد که وظیفه آن جذب مواد غذایی در مراحل اولیه جوانه‌زنی بذر است ولی این وظیفه را معمولا تا مرحله هفت برگی و حتی بعد از نمو ریشه‌های تاجی یا نابجا نیز حفظ می‌کند. بنابراین در مدتی که گیاهچه‌ها در خزانه رشد می‌کنند، کارکرد ریشه‌های بذری حفظ می‌شود. نوع دیگر ریشه گیاه برنج ریشه‌های مزوکوتیلی می‌باشد که معمولا از مزوکوتیل برنج رشد نمی‌کنند، ولی در صورت کشت مستقیم و عمیق بذر در شالیزارهای زهکشی شده، یا تیمار بذر با مواد شیمیایی، تعداد زیادی ریشه مزوکوتیلی در این ناحیه ظاهر می‌شود. ریشه‌های مزوکوتیلی معمولا باریک بوده و به ندرت منشعب می‌شوند. این ریشه‌ها زمین‌گرا هستند و از آنجایی که تعداد آنها نامحدود است، نوعی ریشه نابجا محسوب می‌شوند. ریشه‌های تاجی یا نابجا سومین نوع ریشه در گیاه برنج می‌باشد که از محل گره‌های بالاتر از گره ساقه‌چه، به‌ترتیب از گره‌های پایین به سمت بالا، تشکیل می‌شوند. از آنجایی که بیش‌تر این ریشه‌ها تقریبا به‌طور همزمان از اطراف هر گره ظاهر می‌شوند، شبیه تاج بوده و از این رو ریشه‌های تاجی نامیده می‌شوند. این ریشه‌ها از نوار ریشه‌ای واقع در بالا و پایین هر گره رشد می‌کنند. تعداد و قدرت رویش ریشه‌های تاجی ظاهر شده از گره‌های فوقانی در مقایسه با ریشه‌های تاجی گره‌های تحتانی، بیش‌تر بوده و دوره رشد طولانی‌تری داشته و ضخیم‌تر هستند. از این ریشه‌ها، ریشه‌های جانبی نمو می‌یابند که ریشه‌های فرعی اولیه نامیده می‌شوند. از ریشه‌های فرعی اولیه نیز ریشه‌های فرعی ثانویه نمو می‌یابند [اصفهانی و همکاران، ۱۳۸۸].

۱-۲-۲- ساقه

ساقه برنج بند بند و تو خالی بوده که شامل گره‌ها و میانگره‌های متوالی است. در هر گره از ساقه برنج، یک برگ و یک جوانه پنجه و ریشه‌های نابجا به‌طور پی در پی تولید می‌شوند که با یک میانگره در بین هر جفت از گره‌ها، متناوبا به سمت بالا تکرار می‌شوند. بعد از ظهور خوشه فقط قسمتی از ساقه ماشوره‌ای برنج که دقیقا زیر خوشه است، آشکار می‌شود و سایر قسمت‌های ساقه با غلاف برگ‌های متوالی پوشیده شده است. ساقه به دو قسمت تقسیم می‌شود: بخش طویل شده ساقه شامل میانگره‌های نوک ساقه تا پنجمین میانگره و بخش طویل نشده ساقه که شامل میانگره‌های پایین‌تر از میانگره ششم است. عموما صرف نظر از طول ساقه، بخش طویل شده ساقه در ساقه اصلی و پنجه‌ها حدودا شامل سه تا پنج میانگره است. بنابراین طول ساقه به‌وسیله طول میانگره‌های بالایی، به‌خصوص بالاترین میانگره تعیین می‌شود. ساقه اصلی برنج معمولا دارای ۱۴ تا ۱۷ میانگره است. در پنجه‌هایی که از گره‌های بالاتر شاخساره خارج می‌شوند، تعداد میانگره‌ها کم‌تر است. بر همین اساس، در ساقه‌هایی که تعداد میانگره‌های کم‌تری دارند، تعداد میانگره‌های بخش طویل نشده ساقه نیز کم‌تر است. در این بخش از ساقه در حدود ۱۰ گره وجود دارد. در این ناحیه ریشه‌ها، پنجه‌ها و برگ‌ها به‌صورت یک ساختار واحد در هر گره ظاهر می‌شوند. در بخش طویل شده ساقه، در بالای گره، محلی که پنجه رشد می‌کند، ساقه باریک و نرم است، ولی در قسمت بالاتر به دلیل وجود سیلیس بیش‌تر، ساقه ضخیم و سخت می‌شود. برگ دقیقا از زیر گره ظاهر می‌شود و به دلیل ضخامت قاعده برگی که گره را می‌پوشاند، این قسمت از گره ضخیم و به شکل بشکه است. روی سطح ساقه برنج، شیارهای بسیار ظریف عمودی و موازی وجود دارند. اپیدرم سلول‌های طویل، به‌صورت دسته‌های موازی آرایش یافته‌اند. در هر دسته از این سلول‌های طویل، گاهی جفت سلول‌های سیلیسی/چوب پنبه‌ای وجود دارند. سلول‌های اپیدرمی در بخش گره کم‌ترین طول را دارند. سلول‌های اپیدرمی در این محل کاملا طویل شده‌اند ولی جفت سلول‌های سیلیسی و چوب پنبه‌ای طویل نشده‌اند. با توجه به وجود کلروپلاست در سلول‌های زیر اپیدرم، ساقه به رنگ سبز کمرنگ است [اصفهانی و همکاران، ۱۳۸۸].

۱-۲-۳- برگ

برگ شامل غلاف و پهنک است که در محل اتصال آنها یک زبانک و یک جفت گوشوارک وجود دارند. از لحاظ ظاهری، قاعده متورم شده غلاف برگ به یک گره متصل است. غلاف‌ها لوله شده و لبه‌های آن روی هم قرار می‌گیرند و میانگره‌های بالای گره مذکور، برگ‌های جوان‌تر و خوشه‌های جوان را در بر می‌گیرد. قبل از رشد طولی میانگره‌ها، غلاف‌های برگ لایه لایه به‌صورت ساقه دروغین روی یکدیگر قرار داشته و یکی پس از دیگری از نوک شاخساره ظاهر می‌شوند. بعد از طویل شدن

میانگره‌ها، غلاف‌ها حمایت از ساقه و حفاظت از خوشه جوان را به عهده دارند. پهنک برگ ساختمان نیزه‌ای داشته و داری یک رگبرگ میانی با رگبرگ‌های جانبی کوچک و بزرگ موازی در طرفین است. پهنک برگ با توسعه و نمو، اندام اصلی برای فتوسنتز و تعرق گیاه محسوب می‌شود. در ساقه اصلی معمولا ۱۴ تا ۱۷ برگ تولید می‌شود. تعداد برگ‌ها روی ساقه اصلی بستگی به ساختار ژنتیکی و نوع رقم برنج دارد. تعداد برگ‌ها در ارقام زودرس معمولا ۱۴ تا ۱۵، میان رس ۱۵ تا ۱۶ و دیررس ۱۶ تا ۱۷ عدد می‌باشد. در عین حال، تعداد برگ‌ها در شرایط مختلف کشت نیز متفاوت است. تعداد برگ‌های پنجه‌ها نسبت به ساقه اصلی کم‌تر است و بستگی به موقعیت پنجه‌ها دارد. در پنجه‌ها، اولین برگ، برگ نیمرخ (پروفیل) نامیده شده و برگ‌های بعدی به‌ترتیب نمو به عنوان اولین برگ پنجه، دومین و الی آخر، شناخته می‌شوند. بالاترین برگ پنجه نیز برگ پرچم نامیده می‌شود. طول برگ (برگ + غلاف) به‌ترتیب به طرف برگ‌های بالاتر ساقه، بیش‌تر می‌شود. ولی سومین یا چهارمین برگ از سمت بالا یا از سمت برگ پرچم، بیش‌ترین طول را دارند [اصفهانی و همکاران، ۱۳۸۸].

۱-۲-۴- غلاف برگ

غلاف‌های برگ به‌صورت ورقه‌هایی دیده می‌شوند که لبه‌های آن به‌طور متناوب روی هم قرار گرفته‌اند. قبل از طویل شدن میانگره‌ها، فضای داخل استوانه به‌وجود آمده از ورقه‌های غلاف برگ، توسط پهنک برگ‌های جوان در حال رشد که یکدیگر را در بر گرفته‌اند، پر می‌شود که این مرحله، ساقه دروغین نامیده می‌شود. بعد از طویل شدن میانگره‌ها، دو تا سه غلاف برگ، ساقه را در بر می‌گیرند. بخش رگبرگ میانی در مرکز غلاف برگ ضخیم شده و داخل این ناحیه ضخیم شده، حفره‌های هوا وجود دارند که یک ساختار فیزیکی قوی را ایجاد می‌کنند. از این رو نحوه عملکرد غلاف برگ گیاه برنج بیش‌تر شبیه ساقه است [اصفهانی و همکاران، ۱۳۸۸].

۱-۲-۵- خوشه

خوشه بالای انتهایی‌ترین میانگره ساقه (دم گل آذین یا دمگل خوشه) برنج قرار دارد. خوشه یک محور مرکزی دارد. محور خوشه شش تا ۱۵ (معمولا هشت تا ۱۰) گره دارد و از هر گره آن یک انشعاب رشد می‌کندکه به آنها انشعابات اولیه محور خوشه گفته می‌شود. طول محور خوشه در ارقام معمولی برنج ژاپنی، ۱۲ تا ۱۵ سانتی‌متر و فاصله بین دو گره دو تا چهار سانتی‌متر است. البته فواصل بین گره‌های محور خوشه بسیار متغیر بوده و احتمال رشد دو تا سه انشعاب اولیه محور خوشه، تقریبا در مجاورت یکدیگر، غیرممکن نیست. انشعابات اولیه محور خوشه نیز دارای گره‌های زیادی هستند و از گره‌های واقع در قاعده آنها، انشعابات ثانویه رشد می‌کنند. از هر گره انشعابات ثانویه محور خوشه و هر گره در انتهای انشعابات اولیه محور

خوشه، یک دمگل ظاهر می‌شود و در انتهای آن یک خوشه‌چه وجود دارد. تعداد خوشه‌چه‌ها در نوک انشعابات اولیه محور خوشه پنج تا شش و در نوک انشعابات ثانویه محور خوشه، معمولا دو تا چهار عدد است. در قاعده هر خوشه‌چه یک جفت پوشه ابتدایی وجود دارد و روی محور خوشه‌چه کوتاه دو پوشه و یک گلچه که توسط پوشینه بیرونی و درونی محصور شده است، قرار دارد. در قاعده بالاترین انشعاب محور خوشه، یک گره کوچک غده‌ای شکل وجود دارد. از اولین گره واقع در قاعده محور خوشه نیز یک شاخه مشعب می‌شود. ساختمان خوشه اساسا مشابه ساقه است، به‌طوری که از هر گره یک برگ و یک پنجه ظاهر می‌شود. اما در خوشه فقط اثر برگ باقی‌مانده است که به آن براکته گفته می‌شود و با چشم غیر قابل مسلح قابل تشخیص نیست [اصفهانی و همکاران، ۱۳۸۸].

۱-۲-۶- پنجه

از لحاظ گیاه‌شناسی، انشعاباتی توسعه یافته از جوانه‌های جانبی ساقه رشد می‌کنند که پنجه نامیده می‌شوند. پنجه‌زنی از لحاظ فنی در گیاه برنج از اهمیت زیادی برخوردار است. هر پنجه از محور برگ واقع روی هر یک از گره‌های ساقه رشد می‌کند. در مرحله رشد رویشی، پنجه‌ها عمدتا از گره‌های بخش طویل نشده ساقه به‌وجود می‌آیند و معمولا در بخش طویل شده ساقه تشکیل نمی‌شوند. از این رو گاهی اوقات به بخش طویل نشده ساقه، بخش گره‌های پنجه‌ده گفته می‌شود. حداکثر ۱۰ پنجه ردیف اول از ساقه اصلی به‌وجود آمده و علاوه بر آن، پنجه‌های ردیف دوم نیز از بخش طویل نشده پنجه‌های ردیف اول تشکیل می‌شوند. پنجه‌های واقع روی پنجه‌های ردیف دوم، پنجه‌های ردیف سوم نامیده می‌شوند. معمولا پنجه‌های ردیف سوم آخرین پنجه‌هایی هستند که روی ساقه به‌وجود می‌آیند و پنجه‌های ردیف چهارم به‌ندرت رشد می‌کنند. در زراعت برنج، زمان ظهور پنجه‌ها پس از ریشه‌زایی گیاهچه‌های نشا شده "مرحله آغاز پنجه‌زنی" و هنگامی که بیش‌ترین پنجه‌ها تولید می‌شوند، "مرحله حداکثر پنجه‌زنی" نامیده می‌شود. بعد از این مرحله پنجه‌های ضعیف بدون تولید خوشه از بین می‌روند و از این رو تعداد پنجه‌ها کاهش یافته و در مرحله طویل شدن میانگره، تعداد پنجه‌ها ثابت می‌شوند. اغلب پنجه‌های باقی‌مانده به خوشه رفته و پنجه بارور نامیده می‌شوند [اصفهانی و همکاران، ۱۳۸۸].

۱-۳- خوابیدگی بوته در برنج

خوابیدگی به معنی خم شدن ساقه به سمت زمین و افتادن آن است. در واکنش گیاه به خوابیدگی، ممکن است قسمت‌های بالایی ساقه به سمت بالا متمایل شوند که البته این وضعیت نسبتا نادر است. این خم شدن و انحنای ساقه (درصورت

خوابیدگی) اغلب در قاعده غلاف برگ مربوط به میانگره‌های پنجم یا چهارم صورت گرفته و در ناحیه گره‌ای رخ نمی‌دهد [اصفهانی و همکاران، ۱۳۸۸].

کونو [Kono, 1995] اظهار کرد که سه نوع خوابیدگی بوته در برنج غرقابی (Lowland) قابل مشاهده است که شامل خمیدگی ساقه، شکستگی ساقه و خوابیدگی از ناحیه ریشه می‌باشد. وی هم‌چنین اظهار داشت که خمیدگی ساقه، نوع اصلی خوابیدگی در برنج‌های غرقابی می‌باشد. شکستگی ساقه معمولا در میانگره‌های پایینی (زیر میانگره سوم) به علت خمیدگی‌های میانگره‌های بالایی اتفاق می‌افتد [Islam et al., 2007]. خوابیدگی از ناحیه ریشه، اغلب در ارقام برنج آپلند و یا در روش کشت مستقیم برنج مشاهده می‌شود و فراوانی آن در ارقام برنج غرقابی بسیار پایین است [Watanabe, 1997].

۱-۴- خسارات و مشکلات ناشی از خوابیدگی بوته

خوابیدگی یا ورس از مهم‌ترین عوامل محیطی محدود کننده برای دست‌یابی به حداکثر عملکرد دانه در غلات از جمله برنج می‌باشد. در تراکم‌های بالای گیاهی خوابیدگی با از بین بردن ساختمان طبیعی تاج پوشش گیاهی، میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک را کاهش می‌دهد [Hitaka, 1969].

تلفات عملکرد دانه در بوته‌های خوابیده بسته به زمان وقوع و درجه خمیدگی متفاوت است. در بررسی ویرسما و همکاران [Wiersma et al., 1986] مشاهده شد که شدت میزان خسارت خوابیدگی بوته به زمان وقوع آن بستگی دارد. وقتی که خوابیدگی بوته در مرحله سرکشیدن (ظهور خوشه) و یا در مراحل رشدی بلافاصله بعد از خوشه‌دهی (گلدهی) اتفاق افتد، بیش‌ترین اثرات زیان‌آور آن مشاهده می‌شود. در طی این دوره زمانی، خوابیدگی هم در تعداد دانه در خوشه و هم وزن دانه در خوشه تأثیر منفی می‌گذارد، حال آنکه وقوع خوابیدگی بوته بعد از آن (یعنی مرحله خمیری تا رسیدگی) عمدتاً روی وزن دانه اثر می‌گذارد. تلفات خوابیدگی بوته در مرحله شیری شدن تا ۵۰ درصد نیز می‌رسد. علت چنین تلفاتی را ارتباط مستقیم با ممانعت از انتقال آب و عناصر غذایی در اثر خوابیدگی و مشکلات در جذب دی‌اکسیدکربن در نتیجه سایه اندازی عنوان کرده‌اند [Hitaka and Kobayashi, 1992].

در تحقیقی میزان ممانعت از انتقال آب و مواد غذایی با استفاده از فسفر نشاندار در سه گروه بوته‌های خوابیده، بوته‌های سالم و بوته‌هایی که بعد از خوابیدگی به‌طور مصنوعی برافراشته شده بودند، مورد مقایسه قرارگرفت. نتایج نشان داد که میزان فعالیت فسفر نشاندار که به بخش بالایی گیاه منتقل شده بود در کرت شاهد (بدون خوابیدگی) بیش‌ترین و در کرت خوابیده کم‌ترین بود. گیاهانی که به‌طور مصنوعی برافراشته شده بودند از این نظر بین دو گروه فوق قرار داشتند. در نتیجه به‌نظر می‌رسد که ممانعت از انتقال مجدد عناصر غذایی و آب در ساقه در نوع شکستگی بیش‌تر از نوع خمیدگی آن باشد. به‌نظر