

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده کشاورزی

رساله دکتری مهندسی زراعت

تأثیر هیدروپرایمینگ بر بهبود ویژگی‌های رشد و عملکرد چند رقم کینوا (*Chenopodium*

quinoa Willd) در شرایط تنش خشکی

نگارنده: فتح‌اله نادعلی

استاد راهنما: دکتر حمید رضا اصغری

اساتید مشاور

دکتر حمید عباس‌دخت

دکتر وجیهه درستکار

دکتر محمود باقری

بهمن ماه ۱۳۹۹

تقدیم به

مقدس ترین واژه دلت نامه دلم، مادر مهربانم که زندگیم را دیون مهر و عطوفت آن می دانم.

پدر مهربانی مشفق، برادر و حامی در تمام طول زندگیم چه زمانی که با آنها بودم و چه حال که در کنار آنها هستم.

برادر شهیدم محمد حسن نادر علی که جان خود را فدای دین و انقلاب کرد، که امروز مادر آرایش زندگی کنیم، به امید اینکه پیرو

ادامه دهنده راه آنها باشیم.

همسر صبورم که نشانه لطف الهی در زندگی من، به آن که عشق و آرایش و تکیه گاه امن و آسایش و برترین آموزگار خوش

بینی و امید من در دوران تحصیل بود و در این مدت مشقت های فراوانی را متحمل شد.

فرزند انم، پسر عزیزم که چشم و امید من است و دختر مهربانم که رحمت الهی است.

شکر و قدردانی

سپاس و ستایش مرخصی راجل و جلالت که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تلبان است و انوار حکمت او در دل شب تار، در افشان. سپاس بی کران پروردگار یکبار که هستی مان بخشید و به طریق علم و دانش را، نمونه‌ان شده به‌نشینی رحروان علم دانش متفکران نمود و خوشه چینی از علم و معرفت را روزیان ساخت.

از پدر، مادر، همسر و فرزندانم که همواره مرا یاری کرده اند صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایم.

از استاد راهنمای گرامی جناب آقای دکتر اصغری که این فرصت را در اختیارم قرار داده و از پیچ‌و‌مخربخ نمودند بسیار سپاسگزارم.

از جناب آقای دکتر عباس دخت سرکار خانم و حبه دستکار و آقای دکتر محمود باقری که زحمت مشاوره را بر عهده داشتند کمال قدردانی به عمل می‌آید.

از آقای دکتر عامریان ریاست محترم اسبق دانشکده، آقای دکتر درخشان ریاست محترم دانشکده، آقای دکتر کاریان ریاست محترم گروه زراعت و اساتید محترم دانشکده آقایان دکتر غلامی، دکتر قلی‌پور، دکتر برادران، دکتر قربانی، دکتر بدایعی، دکتر دلفندی، سرکار خانم دکتر قیسی حق و آقای مهندس رحیمی که در طول دوره تحصیل کسب فیض نمودم و همچنین از راهنمایی‌ها و کمک‌های آنها استفاده نمودم کمال شکر و قدردانی به عمل می‌آید.

همچنین از سرکار خانم دکتر سلیمه ابراهیمی و آقای دکتر احسان ساگری که زحمت زیادی را متقبل شدند سپاس و قدردانی به عمل می‌آید. از آقایان مهندس ساگری، مهندس مطهری‌نژاد، مهندس کلی و خانم مهندس آموزگار مسئولین آزمایشگاه‌های دانشکده کمال شکر را دارم. از کلیه پرسنل محترم اداری و آموزشی دانشکده آقایان مهندس بیاری، مهندس عرب‌اسدی، مهندس بطامی و سایر پرسنل کمال شکر را دارم. از پرسنل محترم تحصیلات تکمیلی دانشکده آقای مهندس آقا حسینی و دانشگاه سرکار خانم مهندس بابا محمدی، آقایان مهندس حسین پور و مهندس لطفی کمال شکر به عمل می‌آید.

از ریاست محترم مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاخه‌ود) جناب آقای دکتر دینان، معاونین محترم آقایان دکتر اخانی و مهندس فائزیا، دکتر عبدینی رئیس محترم ایستگاه تحقیقات بطام، دکتر محمدی رئیس محترم ایستگاه تحقیقات پسته دامغان، دکتر علیرضا محمدی رئیس محترم بخش تحقیقات زراعی و باغی، دکتر علیرضا برجه‌رئیس محترم بخش تحقیقات گیاه پزشکی و کلیه بکاران محترم، از جمله آقای مهندس عوض آبادی و خانم مهندس عرب‌یار محمدی که در اجرای رساله از پیچ‌و‌مخربخ نمودند کمال شکر و قدردانی به عمل می‌آید.

تهیه نامه

اینجانب **فتح اله نادعلی** دانشجوی دوره دکتری رشته زراعت-اکولوژی گیاهان زراعی. دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه تأثیر هیدروپرایمینگ بر بهبود ویژگی های رشد و عملکرد چند رقم کینوا (*Chenopodium quinoa willd*) در شرایط تنش خشکی تحت راهنمایی دکتر حمید رضا اصغری متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است

- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود. استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd) گیاهی یکساله با ارزش غذایی و اقتصادی بالا است که کشت و کار آن در جهان در حال توسعه می باشد. بدلیل اهمیت این گیاه در مناطق خشک، در این تحقیق تاثیر پرایمینگ بذر بر عملکرد و برخی صفات مرفولوژیک و فیزیولوژیک آن تحت شرایط تنش خشکی بررسی شد. این پژوهش در سال ۱۳۹۸ در قالب آزمایش اسپلیت پلات فاکتوریل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی در چهار تکرار در دو منطقه (بسطام و دامغان) با اقلیم متفاوت اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل میزان آبیاری به عنوان فاکتور اصلی در ۳ سطح ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی (WR) و فاکتورهای فرعی شامل رقم در ۳ سطح (Q26، Titicaca و Q29) و پرایمینگ در ۲ سطح (عدم پرایمینگ و هیدروپرایمینگ) بودند که بصورت فاکتوریل در سطوح فرعی اجرا شد. تیمار هیدرو پرایمینگ بر روی بذور انجام و پس از خشک شدن کامل در مزرعه کشت شد. تیمارهای نیاز آبی گیاه با استفاده از برنامه CROPWAT محاسبه و از مرحله ۶ برگی گیاه اعمال شد. برای اندازه گیری صفات بیوشیمیایی نمونه برداری از برگ های کاملاً توسعه یافته فوقانی در زمان گلدهی کامل از هر کرت صورت گرفت. همچنین به منظور تعیین عملکرد دانه و اجزاء عملکرد، بعد از رسیدگی دانه و خشک شدن نسبی، برداشت از دو ردیف وسط به طول ۴ متر (۴ متر مربع) از هر کرت انجام شد. نتایج جدول تجزیه واریانس بر اغلب صفات معنی دار بود. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری در رقم نشان داد که بیشترین غلظت Chlb، Chla و کارتنوئید در هر سه رقم در WR 100 % بدست آمد. پرایمینگ بذر توانست غلظت Chla و Chlb را در رقم های Titicaca و Q26 افزایش دهد. بیشترین فعالیت آنزیم SOD در رقم Titicaca و WR 75 % مشاهده شد همچنین بیشترین میزان فعالیت آنزیم های APX و CAT در هر سه رقم در WR 50 % مشاهده شد. نتایج مقایسه میانگین نشان می دهد پرایمینگ در هر سه رقم بر میزان عملکرد دانه اثر داشته، که بیشترین میزان عملکرد دانه در رقم Q29 با پرایمینگ در منطقه بسطام با عملکرد ۱۶۰۳/۵ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. بیشترین عملکرد دانه در 100 WR % و رقم Q26 (با بیشترین شاخص سطح برگ) در منطقه بسطام با میانگین ۱۴۷۵ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. بالاترین میزان عملکرد بیولوژیک در منطقه بسطام در رقم Q26 با WR 100 % و با میانگین ۱۲۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. در هر سه رقم با افزایش سطح تنش آبی، درصد پروتئین دانه افزایش یافت بطوری که بیشترین درصد پروتئین دانه در هر دو منطقه بسطام و دامغان در رقم Titicaca در شرایط WR 50 % با میانگین ۱۹/۶۶٪ بدست آمد. در یک جمع بندی کلی نتایج نشان داد که پرایمینگ بذر اثرات معنی داری در افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص سطح برگ و افزایش سطح کلروفیل در ارقام و مناطق در شرایط تنش خشکی داشته است. این نتایج بیانگر نقش پرایمینگ بذر در افزایش مقاومت به خشکی گیاه کینوا در شرایط کم آبیاری است.

کلمات کلیدی: پروتئین دانه، پرایمینگ، رقم، نیاز آبی، عملکرد و کینوا.

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- نادعلی، ف.، اصغری، ح.، ر.، عباس دخت، ح.، درستکار، و.، باقری، م. ۱۳۹۸. برهمکنش هیدروپرایمینگ و تنش

آبی بر برخی از شاخص‌های بیوشیمیایی ارقام کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd). شانزدهمین کنگره

ملی زراعت و اصلاح نباتات ایران، اهواز.

۲- نادعلی، ف.، اصغری، ح.، ر.، عباس دخت، ح.، درستکار، و.، باقری، م. ۱۳۹۸. واکنش عملکرد دانه ارقام کینوا

(*Chenopodium quinoa* Willd) به هیدروپرایمینگ بذر در شرایط تنش آبی. شانزدهمین کنگره ملی

زراعت و اصلاح نباتات ایران، اهواز.

- 3- Nadali, F., Asghari, H, A., Abbasdokht, H., Dorostkar, V., Bagheri, M. 2021. Improved quinoa growth, physiological response, and yield by hydropriming under drought stress conditions. **Gesunde Pflanzen.**

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه	۲
۲-۱ مبدأ، خاستگاه و گیاهشناسی کینوا	۲
۳-۱ ترکیبات دانه کینوا	۳
۴-۱ نیازهای اکولوژیکی کینوا	۴
۵-۱ کشورهای تولیدکننده ی کینوا	۵
۶-۱ بذر کینوا و جوانه زنی	۵
۷-۱ هیدروپرایمینگ، جوانه زنی و رشد گیاه	۵
۸-۱ خشکی و اهمیت آن	۶
۹-۱ اثرات تنش خشکی بر رشد، پراکسیداسیون لیپیدها، آنزیم های آنتی اکسیدانی و پرولین در گیاه	۷
۱۰-۱ اهداف تحقیق	۸

فصل دوم: بررسی منابع

۱-۲ بذر، جوانه زنی، خشکی و پرایمینگ	۱۲
۲-۲ هیدروپرایمینگ و عملکرد بیولوژیک	۱۲
۳-۲ هیدروپرایمینگ و شاخص برداشت	۱۳
۴-۲ هیدروپرایمینگ بذر و عملکرد دانه	۱۳
۵-۲ اثر تنش خشکی بر رشد گیاه	۱۴
۶-۲ اثر تنش خشکی بر میزان پرولین	۱۴
۷-۲ اثر تنش خشکی بر پایداری غشاء سلولی	۱۵
۸-۲ اثر تنش خشکی بر پراکسیداسیون لیپیدها	۱۵
۹-۲ اثر تنش خشکی بر محتوای نسبی آب برگ	۱۶
۱۰-۲ اثر تنش خشکی بر میزان کلروفیل	۱۷

۱۱-۲	اثر تنش خشکی بر میزان کاروتنوئیدها.....	۱۸
۱۲-۲	اثر تنش خشکی بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی.....	۱۸
۱۳-۲	اثر تنش خشکی بر پروتئین دانه	۱۹
۱۴-۲	اثر تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیک	۲۰
۱۵-۲	اثر تنش خشکی بر شاخص برداشت.....	۲۰
۱۶-۲	اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه.....	۲۱
۱۷-۲	اثر تنش خشکی بر تعداد و وزن دانه	۲۳

فصل ۳: مواد و روش‌ها

۱-۳	مشخصات بذر کینوا	۲۶
۲-۳	اجرای طرح آزمایشی	۲۶
۳-۳	مشخصات جغرافیایی شهر بسطام.....	۲۸
۴-۳	مشخصات خاک مزرعه آزمایشی در بسطام	۲۸
۵-۳	مشخصات آب و هوایی شهر بسطام	۲۹
۶-۳	مشخصات جغرافیایی شهر دامغان	۲۹
۷-۳	مشخصات خاک مزرعه آزمایشی در دامغان	۲۹
۸-۳	مشخصات آب و هوایی شهر دامغان	۳۰
۹-۳	اعمال تیمار هیدروپرایمینگ	۳۱
۱۰-۳	مراقبت زراعی	۳۱
۱۱-۳	اعمال تیمار و نمونه‌برداری	۳۲
۱۲-۳	اندازه‌گیری کلروفیل	۳۳
۱۳-۳	اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ.....	۳۴
۱۴-۳	استخراج و اندازه‌گیری پرولین	۳۴
۱۵-۳	استخراج عصاره آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز	۳۵
۱۶-۳	اندازه‌گیری فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز	۳۵
۱۷-۳	استخراج عصاره آنزیم کاتالاز	۳۶
۱۸-۳	اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز	۳۶
۱۹-۳	اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز	۳۷
۲۰-۳	استخراج و اندازه‌گیری پراکسیداسیون لیپیدها	۳۷

۳۸.....	۲۱-۳ تعیین شاخص پایداری غشاء سلولی
۳۹.....	۲۲-۳ اندازه گیری پروتئین دانه

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴۲.....	۱-۴ کلروفیل a
۴۸.....	۲-۴ کلروفیل b
۵۱.....	۳-۴ کارتنوئید
۵۶.....	۴-۴ محتوای نسبی آب برگ
۵۹.....	۵-۴ پرولین
۶۳.....	۶-۴ آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز
۶۷.....	۷-۴ آنزیم کاتالاز
۷۳.....	۸-۴ آنزیم آسکوربات پراکسیداز
۷۶.....	۹-۴ غلظت مالون دی آلدئید
۸۰.....	۱۰-۴ پایداری غشای برگ
۸۵.....	۱۱-۴ ارتفاع ساقه
۹۲.....	۱۲-۴ قطر ساقه
۹۷.....	۱۳-۴ شاخص سطح برگ
۱۰۱.....	۱۴-۴ شاخه فرعی
۱۰۴.....	۱۵-۴ عملکرد بیولوژیک
۱۱۱.....	۱۶-۴ عملکرد دانه
۱۱۴.....	۱۷-۴ شاخص برداشت
۱۱۸.....	۱۸-۴ وزن هزار دانه
۱۲۱.....	۱۹-۴ پروتئین دانه
۱۲۵.....	۲۰-۴ نتیجه گیری کلی و پیشنهادات
۱۲۷.....	فهرست منابع

فهرست اشکال

۳-۱	نقشه کاشت آزمایش در دو مکان	۲۷
۴-۱	مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر غلظت Chla	۴۴
۴-۲	مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر غلظت Chla	۴۴
۴-۳	مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رژیم آبیاری بر غلظت Chla	۴۵
۴-۴	مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر غلظت Chlb	۴۹
۴-۵	مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر غلظت Chlb	۴۹
۴-۶	مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر غلظت کارتنوید	۵۲
۴-۷	مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر غلظت کارتنوید	۵۲
۴-۸	مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و پرایمینگ بر غلظت کارتنوید	۵۳
۴-۹	مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر محتوای نسبی آب	۵۷
۴-۱۰	مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر غلظت پرولین	۶۰
۴-۱۱	مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر غلظت پرولین	۶۰
۴-۱۲	مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر غلظت پرولین	۶۱
۴-۱۳	مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر فعالیت SOD	۶۴
۴-۱۴	مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر فعالیت SOD	۶۶
۴-۱۵	مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر فعالیت CAT	۶۸
۴-۱۶	مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر فعالیت CAT	۶۹
۴-۱۷	مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر فعالیت CAT	۶۹
۴-۱۸	مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر فعالیت APX	۷۴
۴-۱۹	مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر فعالیت APX	۷۴
۴-۲۰	مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر فعالیت APX	۷۵
۴-۲۱	مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر غلظت MDA	۷۷
۴-۲۲	مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر غلظت MDA	۷۸
۴-۲۳	مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر MSI	۸۱
۴-۲۴	مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر MSI	۸۲
۴-۲۵	مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر MSI	۸۳
۴-۲۶	مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر ارتفاع ساقه	۸۷
۴-۲۷	مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر ارتفاع ساقه	۸۷
۴-۲۸	مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر ارتفاع ساقه	۸۸
۴-۲۹	مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر قطر ساقه	۹۳
۴-۳۰	مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر قطر ساقه	۹۳
۴-۳۱	مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر قطر ساقه	۹۴
۴-۳۲	مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر LAI	۹۸
۴-۳۳	مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر LAI	۹۹
۴-۳۴	مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر LAI	۱۰۰
۴-۳۵	مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر تعداد شاخه فرعی	۱۰۲

- ۳۶-۴. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر تعداد شاخه فرعی..... ۱۰۳
- ۳۷-۴. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر عملکرد بیولوژیک..... ۱۰۶
- ۳۸-۴. مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر عملکرد بیولوژیک..... ۱۰۷
- ۳۹-۴. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر عملکرد بیولوژیک..... ۱۰۸
- ۴۰-۴. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر عملکرد دانه..... ۱۱۲
- ۴۱-۴. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر شاخص برداشت..... ۱۱۵
- ۴۲-۴. مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر شاخص برداشت..... ۱۱۶
- ۴۳-۴. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر شاخص برداشت..... ۱۱۷
- ۴۴-۴. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر وزن هزاردانه..... ۱۱۹
- ۴۵-۴. مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر وزن هزار دانه..... ۱۲۰
- ۴۶-۴. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر درصد پروتئین..... ۱۲۲
- ۴۷-۴. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر درصد پروتئین..... ۱۲۳

فهرست جداول

۱-۳	ارقام استفاده شده در این آزمایش و برخی از ویژگی‌های مهم آن‌ها.....	۲۶
۲-۳	خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در بسطام	۲۸
۳-۳	برخی از پارامترهای هواشناسی شهر بسطام	۲۹
۴-۳	خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در دامغان	۳۰
۵-۳	برخی از پارامترهای هواشناسی شهر دامغان	۳۰
۱-۴	تجزیه واریانس اثر آبیاری، رقم، پرایمینگ و مکان بر برخی صفات فیزیولوژیک در کینوا.....	۴۳
۲-۴	مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان، رقم، پرایمینگ بر Chla، کارتنوئید RWC و پرولین.....	۴۶
۳-۴	مقایسه میانگین اثرات متقابل رژیم آبیاری، رقم و پرایمینگ بر Chl a، Chl b، کارتنوئید و پرولین	۴۷
۴-۴	مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان، رژیم آبیاری، رقم بر Chl b، کارتنوئید و پرولین	۵۴
۵-۴	مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان، رژیم آبیاری، پرایمینگ بر محتوای نسبی آب و پرولین	۵۸
۶-۴	تجزیه واریانس اثر آبیاری، رقم، پرایمینگ و مکان بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیک در کینوا.....	۶۵
۷-۴	مقایسه میانگین اثرات متقابل رژیم آبیاری، رقم و پرایمینگ بر SOD، CAT، APX، MD و MSI.....	۶۷
۸-۴	مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان، رژیم آبیاری و رقم بر CAT، MDA و MSI	۷۰
۹-۴	مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان، رقم و پرایمینگ بر CAT و MSI	۷۱
۱۰-۴	مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان، رژیم آبیاری و پرایمینگ بر CAT، MDA و MSI	۷۲
۱۱-۴	تجزیه واریانس اثر آبیاری، رقم، پرایمینگ و مکان بر شاخص‌های مورفولوژیک و سطح برگ در کینوا.....	۸۶
۱۲-۴	مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان، رژیم آبیاری، رقم بر ارتفاع، LAI، شاخه فرعی و قطر ساقه	۸۹
۱۳-۴	مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان، رقم، پرایمینگ بر ارتفاع، شاخه فرعی و قطر ساقه	۹۰
۱۴-۴	مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان، رژیم آبیاری، پرایمینگ بر ارتفاع، LAI و قطر ساقه.....	۹۱
۱۵-۴	مقایسه میانگین اثرات متقابل رژیم آبیاری، رقم و پرایمینگ بر ارتفاع، LAI و قطر ساقه.....	۹۶
۱۶-۴	تجزیه واریانس اثر آبیاری رقم، پرایمینگ و مکان بر شاخص‌های عملکرد و پروتئین دانه در کینوا.....	۱۰۵
۱۷-۴	مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان، رژیم آبیاری و رقم بر پروتئین دانه، عملکرد دانه و HI.....	۱۰۹
۱۸-۴	مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان، رژیم آبیاری و پرایمینگ بر پروتئین دانه، عملکرد بیولوژیک و HI.....	۱۰۹
۱۹-۴	مقایسه میانگین اثرات متقابل رژیم آبیاری، رقم و پرایمینگ بر پروتئین دانه، وزن هزاردانه و عملکرد دانه.....	۱۱۰
۲۰-۴	مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان، رقم و پرایمینگ بر پروتئین و عملکرد دانه.....	۱۱۴

فصل اول: مقدمه و کلیات

۱-۱ مقدمه

سلامت و کیفیت مواد غذایی به موضوع بسیار مهمی از کشورهای جهان تبدیل شده است؛ یک رژیم غذایی مناسب با ارزش غذایی بالا علاوه بر تأمین نیازهای غذایی بدن، قادر به جلوگیری از افزایش وزن اضافی بدن و کاهش ابتلا به بیماری‌ها می‌باشد. کینوا گیاهی شبه غله با ارزش غذایی بالا می‌باشد که دانه‌های خوراکی آن در میان افرادی که به تغذیه سالم اهمیت می‌دهند، بسیار محبوب شده است. اهمیت دانه‌های کینوا (دارا بودن مواد مغذی بالا و توانایی ایجاد امنیت غذایی) به حدی است که سازمان ملل سال ۲۰۱۳ را به نام این گیاه نام‌گذاری کرده است (FAO, 2013).

۱-۲ مبدأ، خاستگاه و گیاهشناسی کینوا

کینوا با نام علمی *Chenopodium quinoa* Willd، گیاهی یک ساله، دو لپه از خانواده Amaranthaceae و زیر خانواده Chenopodiaceae با مکانیزم فتوسنتزی C₃ می‌باشد (Hinojosa et al, 2018). کینوا یکی از قدیمی‌ترین گیاهان آمریکای باستان در کوه‌های آند، بولیوی، شیلی، پرو، اکوادور و آرژانتین می‌باشد. یافته‌های باستان‌شناسی در شمال شیلی نشان داده است که کینوا ۳۰۰۰ سال پیش از میلاد مسیح بعنوان یک محصول دانه‌ای برای حصول دانه‌های خوراکی مورد کشت و کار مردم این منطقه قرار می‌گرفته است. کینوا را در مقایسه با غلات حقیقی بعنوان غله دروغین (pseudo-cereal) یا دانه کاذب (pseudo-grain) می‌دانند، زیرا در واقع عضوی از خانواده غلات محسوب نمی‌شود (et al, 2004; Jancurova 2009; Mujica, 2004). ارتفاع گیاه کینوا بسته به رقم و شرایط محیطی به ۱-۲ متر می‌رسد و دارای برگ‌هایی پهن، گُرک‌دار، پودری، صاف تا چند تکه بوده که با آرایش متناوب بر روی ساقه‌ها قرار گرفته‌اند. ریشه‌های گیاه کینوا قوی، عمیق، منشعب و شیری رنگ هستند و به خوبی توسعه یافته‌اند. پانیکول‌ها در انتهای ساقه اصلی و یا ساقه‌های جانبی ظاهر می‌شوند. گل‌های سبزرنگ کینوا دارای تخمدان زیرین و گلپوش ساده هستند. گل‌های کینوا به دو شکل دوجنسی (هرمافرودیت)

و تک جنسی (ماده گل) و خودگشن می‌باشند و گرده افشانی توسط باد صورت می‌پذیرد. میوه‌ها به قطر ۲ میلی‌متر و بسته به رقم به رنگ‌های سفید، قرمز و سیاه مشاهده می‌گردند. وزن هزاردانه آن بین ۲ تا ۶ گرم متغیر است (باقری، ۱۳۹۷؛ Jancurova et al, 2009).

۱-۳ ترکیبات دانه کینوا

ارزش غذایی بسیار بالای دانه کینوا موجب مقایسه آن با شیر خشک توسط سازمان خواروبار جهانی شده است و آن را خاویار گیاهی نامیده‌اند (FAO, 2013). دانه کینوا در مقایسه با غلات دارای پروتئین و آمینواسیدهای بیشتر، حاوی لیزین (% ۵-۸) و میتیونین می‌باشد (باقری، ۱۳۹۷)؛ پروتئین کینوا بیشتر از نوع آلبومین و گلوبولین است. تعادل مناسب آمینواسیدهای آن مشابه با آمینواسیدهای ضروری موجود در شیر است. برگ‌های کینوا نیز دارای میزان بالایی از پروتئین باکیفیت ویتامین‌ها، کلسیم، فسفر و آهن است (Bhargava et al, 2006). این گیاه تنها گیاهی است که کل آمینواسیدهای ضروری بدن را تأمین می‌کند (Bhargava et al, 2006). به دلیل وجود نداشتن گلوتن در آن نوعی گیاه دارویی نیز محسوب می‌شود. مزیت اصلی استفاده از بذر کینوا به عنوان یک مکمل غذایی در صنعت آرد، پاسخ‌گوی مناسبی به تقاضای رو به رشد بین‌المللی برای محصولات فاقد گلوتن است (FAO, 2016). دانه‌های کینوا غنی از فیبرهای رژیمی و مواد مغذی (% ۳) و طیف وسیعی از ویتامین‌ها می‌باشد و به دلیل ارزش غذایی بالا در نان، ماکارونی و غذای کودک استفاده می‌شود (Jancurova et al, 2009). ظرفیت آنتی-اکسیدانی بالای دانه‌های کینوا به سبب وجود ترکیبات فنولی از جمله آلفاتوکوفرول (ویتامین E) است که مانع از اکسیداسیون اسیدهای چرب و پراکسیداسیون لیپیدها می‌گردند (باقری، ۱۳۹۷). کینوای خام و نپخته دارای ۱۳٪ آب، ۶۴٪ کربوهیدرات، ۱۴٪ پروتئین و ۶٪ چربی است و ۱۰۰ گرم کینوای پخته ۱۲۰ کالری دارد و منبع غنی منگنز و فسفر (به ترتیب ۳۰٪ و ۲۰٪ نیاز روزانه) می‌باشد (Johnson and Ward, 1993).

۴-۱ نیازهای اکولوژیکی کینوا

کینوا با شرایط اقلیمی متعددی سازگار است. این گیاه به شرایط بیابانی و گرم و اقلیم خشک سازگار است و در مناطقی با رطوبت ۱۱-۴۲٪ می‌تواند رشد کند و دمای 1°C تا 38°C را تحمل می‌کند. این گیاه کارایی بالایی در استفاده از آب دارد و به تنش خشکی متحمل است و عملکرد قابل قبولی در مناطقی با بارندگی ۱۲۲-۲۲۲ میلی‌متر دارد (Jancurva, 2009). کینوا در شرایط بسیار شور می‌تواند رشد کند و در گروه گیاهان متحمل به تنش شوری دسته‌بندی می‌شود. شیب خط کاهش بعد از آستانه ۱/۱ درصد و آستانه تحمل به شوری آن ۴ دسی‌زیمنس بر متر است (Jancurva, 2009). طول دوره رشد کینوا در ژنوتیپ‌های مختلف بین ۸۵ تا ۱۸۲ روز می‌باشد. ژنوتیپ‌های زراعی موجود در کشور با توجه به منطقه و زمان طول دوره‌ی رشد ۸۰-۱۷۰ روز را دارا می‌باشند. این گیاه می‌تواند در رطوبت نسبی ۴۰-۸۰٪ و دمای 15°C الی 20°C به خوبی رشد کند و در مناطقی که بارندگی اتفاق می‌افتد نیاز به آبیاری جداگانه ندارد. در منطقه دریاچه تیتیکاکا که منشاء و خواستگاه کینوا است، میزان بارندگی ۵۰۰-۸۰۰ میلی‌متر است. کینوا در محدوده وسیعی از خاک‌ها حتی خاک‌های شور رشد می‌کند، با این وجود بهترین خاک برای کاشت کینوا مانند اغلب گیاهان زراعی، خاکی سبک با زهکش مناسب و $\text{pH}=6-7$ می‌باشد. استفاده از کودهای نیتروژنه و کمپوست باعث بالا رفتن عملکرد کینوا می‌شود. کینوا می‌تواند دامنه دمایی بین 1°C تا 38°C را تحمل کند. بهترین رشد و عملکرد این گیاه در محدوده دمایی 20°C تا 25°C است. به طور کلی کینوا به دلیل داشتن این ویژگی‌ها می‌تواند بدون مشکلات زیادی در شرایط آب و هوایی مختلف توسعه یابد و در میان ۲۱ دانه مقاوم به شرایط آب و هوایی مختلف رتبه بندی شود (باقری، ۱۳۹۷؛ Jancurova et al, 2009).

۱-۵ کشورهای تولیدکننده کینوا

سطح زیر کشت کینوا طی ۳۰ سال گذشته افزایش چشمگیری داشته است، به طوری که در جنوب آمریکا از ۳۶ هزار هکتار در سال ۱۹۸۰ به ۸۳ هزار هکتار در سال ۲۰۰۹ رسیده است. در حال حاضر کینوا در بیش از ۱۰۰ کشور کشت می‌شود. عملکرد کینوا در کنیا، اروپا، دانمارک، و استرالیا به ترتیب ۴، ۳، ۲ و ۱ تن در هکتار ثبت شده است. از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ تولید کینوا در مهم‌ترین کشورهای تولیدکننده آن یعنی پرو، اکوادور و بولیوی از ۵۲۰۰۰ تن به ۱۹۲۰۰۰ تن افزایش یافته است (باقری، ۱۳۹۷). عملکرد بالقوه کینوا در صورتی که کلیه شرایط مطلوب برای آن فراهم باشد، بسته به رقم و منطقه کشت، ۱/۵ تا ۶ تن در هکتار گزارش شده است (FAO, 2016).

۱-۶ بذر کینوا و جوانه‌زنی

وجود نشاسته و لیپیدهای پایدار در دانه‌های کینوا، امکان مدت نگهداری طولانی‌تری را نسبت به دانه‌های روغنی می‌دهد (Marcos Filho, 2015). با این وجود حیات آن به دلیل تخریب پسته بذر که اجازه‌ی جذب آب را حتی روی پانیکول می‌دهد، سریع‌تر از بذرهای غلات از دست می‌رود. بنابراین کنترل شرایط نگهداری بذر بسیار مهم می‌باشد. حداقل دمای خاک برای جوانه‌زنی بذر کینوا ۳ °C الی ۵ °C می‌باشد. دمای مناسب خاک برای جوانه زنی، شروع رشد و توسعه گیاه ۱۳ °C الی ۱۷ °C می‌باشد (Strenske et al, 2017).

۱-۷ هیدروپرایمینگ، جوانه‌زنی و رشد گیاه

استفاده از روش‌های مختلف بهبود بذر که در تمامی آنها آبدی کنترل شده بر روی بذر اعمال می‌شود پرایمینگ نامیده می‌شود که منجر به فعالیت‌های متابولیکی پیش از جوانه‌زنی می‌شود، ولی از خروج ریشه‌چه جلوگیری می‌شود (Basra et al, 2003). یکی از انواع پرایمینگ، هیدروپرایمینگ است که در این روش بذور با آب خالص تیمار می‌شوند. در این روش که بسیار ساده و ارزان می‌باشد مقدار جذب

آب توسط بذر از طریق مدت زمانی که بذور در تماس با آب خالص هستند، کنترل می‌شود (عباس‌دخت و عدالت‌پیشه، ۲۰۱۳). در آزمایش‌های مزرعه‌ای انجام شده در نواحی نیمه‌خشک مشاهده شد که هیدروپرایمینگ بذرها باعث افزایش ظهور گیاهچه، تولید ریشه‌های عمیق‌تر، گلدهی و رسیدگی زودتر و عملکرد بیشتر در برنج آپلند، نخود و ذرت شده است (Finch-Savage et al, 2004; Murungu et al, 2004).

۸-۱ خشکی و اهمیت آن

همواره تنش‌های محیطی یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده عملکرد و تولید گیاهان زراعی به شمار رفته و مقابله و یا تخفیف اثرات تنش‌ها به عنوان راهکاری مفید در جهت افزایش عملکرد این محصولات مدنظر بوده است. کمبود آب از مهم‌ترین عوامل محیطی کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی، باغی و دارویی در دنیا است (Heydari et al, 2004). تنش خشکی و خشکسالی ۴۰ تا ۶۰ درصد از زمین‌های کشاورزی جهان را تحت تأثیر قرار داده است (Heydari et al, 2004). کشور ایران در نیمکره شمالی در عرض جغرافیایی ۲۵ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و ۴۴ درجه و ۶۳ دقیقه شرقی، در یکی از خشک‌ترین مناطق جهان قرار گرفته است. ایران به دلیل موقعیت مکانی (عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۳۸ درجه شمالی)، وضعیت اقلیمی و ساختار طبیعی خود، با دارا بودن متوسط نزولات آسمانی ۲۴۰ میلی‌متر در سال از جمله ۶۰ کشور جهان است که در کمربند خشکی قرار گرفته است. بنابراین تولیدات کشاورزی آن متأثر از شرایط نامطلوب کمربند خشکی و نیز متأثر از خشکسالی است که هر چند سال یکبار اتفاق می‌افتد. علاوه بر کمی بارندگی، نوسانات شدید آن در مناطق مختلف کشور در مقیاس‌های فصلی و سالانه وقوع خشکسالی‌های ضعیف تا شدید را امری اجتناب‌ناپذیر ساخته است (جزایری نوش‌آبادی و رضایی، ۱۳۸۶). خشکی و شوری سبب کاهش محصول در مناطق خشک و نیمه خشک می‌شود، به همین دلیل بایستی به دنبال گیاهانی بود که در این شرایط محصول مناسبی تولید نمایند؛ کینوا یکی از این محصولات است.

۱-۹ اثرات تنش خشکی بر رشد، پراکسیداسیون لیپیدها،

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و پرولین در گیاه

تنش کم‌آبی سبب کاهش رشد و توسعه سلول‌ها، از بین رفتن کلروفیل، کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز، اجزای رشد رویشی، عملکرد و اجزاء عملکرد می‌شود (Habibi et al, 2004). کم‌آبی با کاهش ظرفیت فتوسنتزی، سطح برگ و کاهش کارایی انتقال آسمیلات‌ها به دانه‌ها منجر به کاهش عملکرد دانه گیاهان می‌شود (Cattivelli et al, 2008).

تسریع در پیری برگ یکی از صدمات رایج تنش خشکی است که به دنبال آن افزایش انحلال، شکستن کلروفیل، نفوذپذیری و پراکسیداسیون غشاء رخ می‌دهد. پراکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع موجود در فسفولیپیدهای غشاء می‌تواند باعث افزایش مقدار نشت‌پذیری الکترولیتی غشاء شود و نیز بین پایداری غشاء، میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی و شدت تنش خشکی ارتباط مستقیمی وجود دارد (Sofa et al, 2004).

تنش‌های زیستی و غیرزیستی منجر به شکل‌گیری گونه‌های فعال اکسیژن (ROS^1) می‌شوند. فعالیت ROS سبب پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء، تخریب پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شود. این آسیب‌های فیزیولوژیک موجب کاهش رشد، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز، تحت تأثیر قرار گرفتن تنفس، کاهش فضای بین سلولی، تخریب پروتئین‌ها، تخریب آنزیم‌ها، کاهش تشدید کننده‌های رشد و تجمع پرولین می‌شود (حسینی و همکاران، ۱۳۹۵). بنابراین یکی از تأثیرات مهم تنش کم‌آبی، مشابه سایر تنش‌های محیطی ایجاد، آسیب‌های اکسیداتیو است که توسط ROS صورت می‌گیرد (Blokhina et al, 2003). برای مقابله با تنش اکسیداتیو ایجاد شده سیستم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانی با کارایی بالا

¹. Reactive Oxygen Species

در گیاه وجود دارد که می‌تواند از گیاه در برابر رادیکال‌های آزاد حمایت کند (Ozkur et al, 2009). این سیستم دفاعی، شامل آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی SOD (سوپر اکسید دیسموتاز)، CAT (کاتالاز)، APX (آسکوربات پراکسیداز)، GR (گلوتاتیون ردوکتاز)، POD (گایاکول پراکسیداز) و آنتی‌اکسیدان‌های غیر-آنزیمی (آسکوربات، توکوفرول، فلاونوئیدها، مانیتول‌ها، آنتوسیانین، فلاونول و پلی فنل‌ها) می‌باشد (Ozkur et al, 2009).

افزایش آمینواسیدهایی چون پرولین تحت تنش کم‌آبی باعث تنظیم فشار اسمزی، کاهش هدررفت آب سلول، حفظ آماس سلولی و حفاظت سیستم‌های غشایی می‌شود (Suriyan and Chalermopol, 2009). پرولین علاوه بر تنظیم اسمزی به عنوان محافظ در برابر تنش نیز عمل می‌کند بدین ترتیب که به طور مستقیم و یا غیرمستقیم با ماکرومولکول‌ها اثر متقابل داشته و از این طریق قادر به حفظ شکل و ساختار طبیعی آنها در شرایط تنش است (Koc et al, 2010).

۱-۱۰ اهداف تحقیق

از آنجا که گونه‌های گیاهی بسته به نوع گونه و شدت تنش، راهکارهای متنوعی را برای غلبه بر شرایط کم‌آبی به کار می‌گیرند (Ha et al, 2012; Tran et al, 2010)، شناخت راهکارهای تحمل در گونه‌های متحمل به خشکی می‌تواند در افزایش پتانسیل تولید محصول در گیاهان زراعی مهم از طریق مهندسی ژنتیک به کار گرفته شود. میزان تحمل به خشکی گیاه با تغییرات شاخص‌های رشد گیاه (ارتفاع، وزن تر و خشک) تحت شرایط تنظیم شده رشد و محدودیت دسترسی به آب مرتبط است (Ha et al, 2013). به این ترتیب می‌توان از این تفاوت‌های فنوتیپی برای تعیین سطح تحمل گیاهان به شرایط کم‌آبی و شناسایی گونه‌ها و رقم‌های مقاوم به خشکی بهره جست.

دانه‌های کینوا به دلیل ارزش غذایی آن، از جمله گیاهانی است که سطح زیر کشت آن به سرعت در جهان در حال گسترش می‌باشد و چون بومی ایران نمی‌باشد برای اولین بار در شهر بسطام (منطقه

خشک و نیمه خشک سرد) و شهرستان دامغان (منطقه خشک و نیمه خشک گرم) معرفی می‌شود. کم‌آبی یکی از دلایل مهم برای کاهش تولید بیشتر گیاهان زراعی از جمله کینوا در جهان می‌باشد؛ با توجه به اهمیت مسأله، به منظور بررسی و مقایسه رفتارهای متفاوت سه رقم کینوا پس از هیدروپرایمینگ بذرهای، در شرایط تنش خشکی در دو اقلیم بسطام و دامغان با اهداف زیر صورت گرفت:

۱- بررسی تأثیر مکان شامل بسطام و دامغان بر خصوصیات رشد صفات فیزیولوژیک و میزان عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف کینوا.

۲- بررسی تأثیر هیدروپرایمینگ بر خصوصیات رشد صفات فیزیولوژیک و میزان عملکرد در ژنوتیپ‌های مختلف کینوا تحت تنش خشکی

۳- بررسی عکس‌العمل ژنوتیپ‌های مختلف گیاه کینوا به سطوح مختلف نیاز آبی.

فصل دوم: مروری بر منابع

۲-۱ بذر، جوانه‌زنی، خشکی و پرایمینگ

یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده جوانه‌زنی، تنش خشکی است. از آنجا که آب به عنوان یک محیط مناسب برای انجام فرایندهای آنزیمی به شمار می‌رود، کمبود آب قابل دسترس در مرحله جوانه‌زنی فعالیت‌های بیوشیمیایی بذر را تحت تأثیر قرار داده و سبب کاهش یا حتی توقف جوانه‌زنی می‌شود (قادری-فر و سلطانی، ۱۳۸۹). یکی از تکنیک‌های کم هزینه افزایش بنیه بذر، پرایمینگ بذر می‌باشد. جیشا و همکاران (Jisha et al, 2013) گزارش نمودند که پرایمینگ بذور کینوا، سبب بهبود جوانه‌زنی و رشد گیاه می‌شود. دائور (Daur, 2018) در بررسی تأثیر پرایمینگ بر بذور کینوا گزارش کرد که هیدروپرایمینگ سبب کوتاه شدن دوره جوانه‌زنی بذور و کاهش تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال کینوا در شرایط تنش خشکی شد.

۲-۲ هیدروپرایمینگ و عملکرد بیولوژیک

در یک بررسی گزارش شده است که اثر پرایمینگ و سه تاریخ کاشت بر عملکرد بیولوژیک لوبیا معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که تاریخ کشت اول و پرایمینگ با محلول سولفات روی، اوره و آب معمولی تأثیر قابل توجهی بر عملکرد بیولوژیک گذاشته است (لطیف‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲)، آنها بیان داشتند که این نتیجه با نتایج مربوط به صفات درصد و سرعت ظهور گیاهچه، هماهنگی نشان می‌دهد اما در دو تاریخ کشت دیرتر با کوتاه شدن فصل رشد تأثیر تیمارهای پرایم بر عملکرد بیولوژیک کاهش یافته بود (لطیف‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲). فاروق و همکاران (Farooq et al, 2006) به اثر پرایمینگ بذر در مزرعه بر افزایش عملکرد دانه و کاه گندم بعد از برنج اشاره کرده‌اند. در یک آزمایش با توجه به اثر پیش تیمارهای مختلف بذرها ارقام نخود گزارش شد که تیمارهای خیساندن در آب و جیبرلین سبب افزایش ارتفاع بوته و وزن خشک بوته شدند (Roohi et al., 2008).

۲-۳ هیدروپرایمینگ و شاخص برداشت

پرایم کردن بذور سبب بهبود تسهیم ماده خشک به سمت دانه و افزایش شاخص برداشت و عملکرد دانه می‌شود (حسینی و کوچکی، ۱۳۸۶). نتایج ناشی از بررسی برهمکنش پرایمینگ و سه تاریخ کاشت در لوبیا نشان داد که اعمال تیمار هیدروپرایمینگ بر شاخص برداشت اثر معنی‌داری داشت (لطیف زاده و همکاران، ۱۳۹۱).

۲-۴ هیدروپرایمینگ بذور و عملکرد دانه

رشید و همکاران (Rashid et al, 2004) افزایش عملکرد دانه در بذور پرایم شده ماش نسبت به بذور پرایم نشده را به سبز شدن سریع‌تر گیاه و نیز تماس کمتر بافت‌های حساس گیاه با ویروس موزاییک ماش بیان داشتند. قاسمی‌گل‌عزانی و همکاران (Ghassemi-Golezani et al, 2010) گزارش کردند که هیدروپرایم بذرهای لوبیا برای مدت ۷ و ۱۴ ساعت، درصد استقرار گیاهچه، سطح سبز، زیست‌توده گیاه و عملکرد دانه در واحد سطح را افزایش داد. آنزیم‌های متابولیسم ساکاروز نقش مهمی در افزایش عملکرد بر عهده دارند، که در بذور پرایم شده افزایش میزان این آنزیم‌ها مشاهده شده است. پرایمینگ در بذور سویا سبب افزایش عملکرد نسبت به شاهد (بذور بدون پرایمینگ) شد؛ یکی از دلایل افزایش عملکرد ناشی از سبز شدن سریع‌تر بذور پرایم شده بود (Arif et al., 2008). در بذور برنج هیدروپرایم شده، کاهش تعداد پنجه‌های عقیم و دانه‌های معیوب، گزارش شده است، همچنین گزارش شده است که تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه در گیاهان حاصل از بذور پرایم شده بیشتر بوده که این افزایش در نهایت عملکرد را افزایش داد (Farooq et al, 2006). آزمایش‌های انجام شده بر پیش‌رسی بذرهای چغندر قند نیز نشان داده است که در نتیجه افزایش سرعت جوانه‌زنی در بذرهای تیمار شده، تاریخ کاشت ۱۰ روز جلو افتاده و عملکرد قند حدود ۴۸ کیلوگرم در هکتار به ازاء هر روز افزایش یافت (Durrant and Jaggard, 1992).

۲-۵ اثر تنش خشکی بر رشد گیاه

در یک بررسی در مرحله‌ی گیاهچه‌ای گیاه تربیتکاله گزارش شد که تنش خشکی، کاهش معنی‌داری در وزن خشک ریشه و بخش هوایی، مجموع سطح برگ‌ها، مجموع سطح، طول و قطر ریشه‌ها در دو لاین تربیتکاله را سبب شد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۵). تنش خشکی بعد از سبز شدن و استقرار گیاهچه در کینوا سبب کاهش در ارتفاع ساقه، اندازه سلول، تورژسانس سلول و حجم سلول شد و در نهایت رشد سلول کاهش یافت. تنش خشکی بر ارتباطات آبی گیاه اثر گذاشته و محتوی آب ساقه را کاهش داده، تنش اسمزی را سبب شده، از تقسیم و رشد سلول جلوگیری می‌کند (Alam et al. 2014). افزایش در وزن تر و خشک ریشه گیاه کینوا از اثرات اولیه تنش خشکی می‌باشد که آسمیلات‌ها را از ساقه به ریشه هدایت کرده تا با افزایش ریشه، جذب آب بیشتر صورت گیرد (Abdelhamid et al. 2016). گزارش شده است که در سورگوم حساس‌ترین مرحله برای پر شدن دانه حدود ۱۰ روز قبل از گلدهی تا پایان گلدهی است که مواجهه با تنش خشکی در این دوره حساس می‌تواند بیشترین خسارت را به عملکرد دانه وارد سازد (Prasad et al., 2008).

۲-۶ اثر تنش خشکی بر میزان پرولین

افزایش چشمگیر محتوی پرولین در دو لاین تربیتکاله (حسینی و همکاران، ۱۳۹۲) و گیاه نخود (منصوری‌فر و همکاران، ۲۰۱۲) تحت تنش خشکی گزارش شده است. در یک مطالعه بر گیاه کینوا تحت تنش خشکی گزارش شد که محتوی پرولین و آمینواسیدهای آزاد تحت شرایط تنش به طور معنی‌داری افزایش یافت (Shamoon Sadak et al., 2019). النگار و همکاران (Al-Naggar et al, 2017) نیز در کینوا تحت تنش خشکی گزارش نموده‌اند که محتوای پرولین و قند کل در شرایط تنش افزایش یافته بود. افزایش آمینواسیدهایی چون پرولین تحت تنش کم‌آبی باعث تنظیم فشار اسمزی، کاهش هدررفت آب سلول، حفظ آماس سلولی و سیستم‌های غشایی می‌شود (Suriyan and Chalermopol, 2009).

۲-۷ اثر تنش خشکی بر پایداری غشاء سلولی

در شرایط تحت تنش خشکی غشاء سلولی پایداری خود را از دست داده و در صورت قرار گرفتن برگ در یک محیط آبی مواد محلول از سلول‌های آن تراوش می‌یابد، لذا پایداری غشاء بوسیله ارزیابی تراوش یون‌ها از آن تعیین می‌شود. میزان هدایت الکتریکی در محیط آبی خسارت تنش خشکی و یا سایر تنش‌ها را به غشاء سلولی نشان می‌دهد. سینگ و همکاران (Singh et al., 1992) با بررسی پایداری غشاء سلولی تحت تنش خشکی در گیاهچه‌های ۲۵ روزه، (نه ژنوتیپ گندم) دریافتند که پایداری غشاء با ژنوتیپ‌های تحت تنش خشکی همبستگی مثبت داشت و درصد کاهش عملکرد با میزان خسارت به غشاء سلولی مرتبط بوده است. آذری نصرآبادی و همکاران (۱۳۹۵) در گیاه سورگوم دانه‌ای گزارش نمودند که تنش خشکی بر پایداری غشاء سلول اثرگذار بوده است. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر تراوش غشاء سلول در سطح احتمال یک درصد تفاوت آماری معنی‌داری را نشان دادند. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان دادند که کمترین میزان تراوش غشاء در تیمار آبیاری نرمال و بیشترین آن مربوط به تیمارهای تنش خشکی متوسط و شدید بود.

۲-۸ اثر تنش خشکی بر پراکسیداسیون لیپیدها

فعالیت گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) ممکن است بروز آسیب‌هایی مانند اکسید شدن لیپیدهای غشاء، تغییر ساختار پروتئین‌ها، غیرفعال شدن آنزیم‌ها و آسیب به سیستم‌های فتوسنتزی را سبب شود. پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی باعث تولید آلدییدهایی مثل مالون دی‌آلدیید (MDA)^۱ می‌شود، که غلظت این ماده بیانگر شدت پراکسیداسیون اسیدهای چرب غشایی می‌باشد. افزایش محتوای MDA در برگ ذرت تحت تنش خشکی نشان داد که ساز و کار ترمیم سلولی با ساز و کارهای تخریب حاصل از کمبود آب همگام نبوده است و در نتیجه افزایش کنترل نشده‌ی ROS در حین تنش خشکی،

¹ Mlondialdehyde

پراکسیداسیون انواع فسفولیپیدهای غشایی را در پی داشت (Ragab Mouss and Abdel-Aziz, 2008). تنش خشکی صدمه اکسیداتیو را تحریک می‌کند، ارزیابی‌های انجام شده در گیاه کینوا تحت تنش خشکی نشان داد که میزان H_2O_2 و MDA به طور معنی‌داری افزایش یافته بود (Sadak et al., 2019). محققان افزایش میزان H_2O_2 و MDA در شرایط تنش خشکی را در گندم (El Bassiouny et al., 2015)، کلزا (Sadak (2014 Dawood) and Mostafa et al. 2015) و برنج (Mostafa et al. 2015) را نیز گزارش نموده‌اند.

۲-۹ اثر تنش خشکی بر محتوای نسبی آب برگ^۱

پایین آمدن محتوای نسبی آب (RWC) و کاهش تورژسانس در بافت‌های گیاهی می‌تواند از اولین اثرات تنش خشکی باشد که به طور طبیعی رشد سلول و اندازه نهایی آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Sanchez et al, 2003). گزارش شد که RWC ارقام گندم مورد مطالعه تحت تنش خشکی در مرحله گرده‌افشانی به طور معنی‌داری کاهش یافت؛ در این تحقیق RWC با صفات فیزیولوژیک مانند هدایت روزنه‌ای، سرعت تعرق و فتوسنتز همبستگی داشت. به این ترتیب که کاهش RWC، هدایت روزنه‌ای و در نتیجه ورود CO_2 به داخل برگ را کاهش داد (عبدلی و همکاران، ۱۳۹۲)، که این عامل به نوبه خود باعث کاهش فتوسنتز شد که این نتایج با نتایج (Atteya (2003 و Lawler and Cornic (2002) همسو بوده است. در بررسی گیاه کینوا تحت تنش خشکی گزارش شده است که تنش خشکی RWC برگ را نسبت به شاهد کاهش داده بود اما تنش خشکی تغییر معنی‌داری در محتوای کلروفیل a، b و کل با شاهد ایجاد نکرده بود (Al-Naggar et al, 2017). جمالی و همکاران (۱۳۹۶) در گیاه کینوا تحت تنش کم‌آبی گزارش نمودند که تنش سبب کاهش RWC در دو سطح تنش ۷۵ و ۵۰٪ نیاز آبیاری در گیاه کینوا شده بود. گزارش شده است که اثر سطوح مختلف شوری و کم‌آبیاری بر رقم Titicaca گیاه کینوا در شرایط مدیترانه‌ای سبب کاهش RWC برگ و اجزای پتانسیل آب شد (Cocoza et al., 2013).

^۱-RWC: Relative water content

۲-۱۰ اثر تنش خشکی بر میزان کلروفیل

رنگدانه‌های فتوسنتزی برای دریافت نور و ایجاد توان احیای دی‌اکسید کربن در فتوسنتز حائز اهمیت هستند (Jaleel et al., 2009). میزان کلروفیل یا به عبارت دیگر میزان سبزمانی برگ معیاری از سلامت گیاه در شرایط محدودیت مواد غذایی و آب با سایر تنش‌های محیطی به حساب می‌آید و صفت بسیار مهمی برای حفظ عملکرد محسوب می‌شود (Nageswara et al., 2001). در مطالعه اثر چهار رژیم آبیاری (ET_c ۱۰۰٪ (آبیاری کامل)، ET_c ۵۰٪ و ET_c ۳۳٪ و آبیاری با آب باران (دیم)) بر هفت ژنوتیپ کینوا، گزارش شد که تیمار شاهد ثبات نسبی در حفظ غلظت کلروفیل a ($300 \mu\text{g/g FW}$) و غلظت کلروفیل b ($200 \mu\text{g/g FW}$) در طول چرخه‌زندگی گیاه داشت؛ در تیمارهای تنش ۵۰٪ ET_c ، ۳۳٪ ET_c و دیم) محتوی Chl a و Chl b در هفته‌ی اول تنش به ۲ تا ۳ برابر بیشتر از میزان Chl a و Chl b در شاهد رسید. اما میزان Chl a در هفته‌ی سوم و Chl b در هفته‌ی هفتم شروع به کاهش نمود و در هفته‌ی آخر رشد میزان Chl a و Chl b تقریباً برابر با میزان غلظت Chl a و Chl b تیمار شاهد شد (Fghire, et al., 2017). شریفان و همکاران (۱۳۹۶) در گیاه کینوا رقم Sajama گزارش کردند که اثر متقابل شوری و خشکی منجر به کاهش کلروفیل برگ شد. گزارش‌هایی مبنی بر کاهش غلظت کلروفیل برگ (Nayyar and Gupta, 2006; Kirnak et al., 2001) و همچنین تغییر نسبت کلروفیل a/b در شرایط تنش خشکی در گندم وجود دارد (Hong Bo et al., 2005). گریگرسن و هولم (Gregersen, and Holm, 2007) بیان کردند که طی تنش خشکی محتوی کلروفیل برگ گندم کاهش می‌یابد و ارقام دارای محتوای کلروفیل بالاتر، مقاومت بیشتری در شرایط تنش از خود نشان می‌دهند. دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش خشکی از جمله شاخص‌های فیزیولوژیک مناسب جهت مقاومت به تنش خشکی هستند. البته تغییرات سطح رنگیزه‌ها را می‌توان به سطح تنش، مرحله‌ی رشدی گیاه و سطح تحمل گیاه نسبت داد. در شرایط تنش کمبود آب غلظت آمینواسید پرولین افزایش

^۱ crop evapotranspiration

می‌یابد، از آنجا که پرولین و کلروفیل هر دو از پیش‌ماده مشترکی به نام گلوتامات سنتز می‌شوند، می‌توان گفت که افزایش سنتز پرولین در شرایط تنش خشکی به کاهش سنتز کلروفیل منجر می‌شود (عبدلی و همکاران، ۱۳۹۲).

۲-۱۱ اثر تنش خشکی بر میزان کاروتنوئیدها

کاروتنوئیدها قادرند انرژی زیاد طول موج‌های کوتاه را گرفته و نقش آنتی اکسیدانی خود را ایفا کنند (Inze and Montagu, 2000). گیاهانی که محتوای کاروتنوئید بیشتری داشته باشند در برابر گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) دفاع موفق‌تری داشته و در شرایط تنش کمبود آب تحمل بیشتری از خود نشان می‌دهند (Inze and Montagu, 2000). در بررسی اثر رژیم آبیاری ۱۰۰٪ ظرفیت زراعی، ۵۰ و ۳۰٪ ظرفیت زراعی بر دو رقم لوبیا (رقم غفار و رقم G18) گزارش شد که میزان کاروتنوئیدها در ۵۰٪ ظرفیت زراعی افزایش یافت. عمادی و همکاران (۲۰۱۲) افزایش میزان کاروتنوئیدها را در لوبیا چیتی تحت تنش خشکی گزارش نمودند. کاهش محتوای کاروتنوئید به دلیل اکسید شدن توسط اکسیژن فعال و تخریب ساختار آن‌ها است.

۲-۱۲ اثر تنش خشکی بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی

گزارش شده است که تنش خشکی، افزایش فعالیت آنزیم SOD را در ارقام مختلف گندم سبب شد و ارقام مقاوم به خشکی نسبت به ارقام حساس فعالیت بیشتر آنزیم SOD را نشان دادند. در روش‌های انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی در گونه‌های مختلف گیاهی، اندازه‌گیری و بررسی میزان فعالیت آنزیم SOD، بسیار کارآمد تشخیص داده شده است (Shinde, Amirjani and Mahdihyeh, 2013). and Laware, 2015 با فعالیت آنزیم SOD، میزان زیادی H_2O_2 تولید می‌شود که به شدت برای سلول سمی هستند. آنزیم CAT و پراکسیدازها در کنار سایر آنزیم‌های آنتی اکسیدان، در حذف سریع H_2O_2 حاصل از فعالیت آنزیم SOD در حین تنش خشکی، نقش بسیار مهمی را بر عهده دارد. در گزارش ساداک

و همکاران (Sadak et al., 2019) آمده است که تنش کم آبی در گیاه کینوا سبب افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های SOD، POX و APX شده بود اما فعالیت آنزیم CAT به طور معنی‌داری کاهش یافت. افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در شرایط تنش آبی احتمالاً به دلیل مقاوم بودن گیاه کینوا به تنش خشکی می‌باشد. در شرایط تنش غلظت بالای H_2O_2 توسط CAT و GPX^1 زدوده شده و مقاومت گیاه در برابر صدمه‌های ناشی از رادیکال آزاد با افزایش فعالیت SOD، APX و CAT صورت می‌گیرد (Sadak et al., 2019). در یک بررسی در میان سه ژنوتیپ AG2010، Regalona و B080 کینوا در شرایط بدون تنش گزارش شد که ژنوتیپ AG2010 ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری را داشت؛ کمترین میزان غلظت آنتی‌اکسیدان‌ها در تیمار ۹۵٪ آب قابل استفاده و بیشترین میزان آن نیز در تیمار ۲۰٪ آب قابل استفاده مشاهده شد، اما فعالیت بیشتر آنتی‌اکسیدان‌ها در هنگام تنش آبی در ژنوتیپ AG2010 میزان عملکرد را کمتر از دو ژنوتیپ دیگر کاهش داد (Fischer et al., 2013).

۲-۱۳ اثر تنش خشکی بر پروتئین دانه

موحدی و همکاران (۱۳۹۷) اظهار داشتند که عملکرد پروتئین تابعی از دو عامل عملکرد دانه و درصد پروتئین می‌باشد و با هر دو عامل رابطه مستقیم دارد. تنش خشکی ملایم و شدید نسبت به آبیاری مطلوب، عملکرد پروتئین دانه ارقام سویا را به ترتیب به میزان ۴۷ و ۶۵ درصد کاهش داد. با توجه به کیفیت دانه، افزایش در محتوی پروتئین دانه گندم دوروم تحت تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه گزارش شده است (Flagella et al., 2010). اما در گیاه کینوا تغییری در محتوی پروتئین گیاه (بویژه آلبومین) تحت تنش خشکی گزارش نشده است (Fischer et al., 2017). در یک بررسی دیگر در گیاه کینوا تحت تنش خشکی گزارش شده است که تنش شدید میزان پروتئین و نیتروژن کل را به طور معنی‌داری در دانه افزایش داده بود در حالیکه کربوهیدرات کل (کربن کل) کاهش یافته بود Hans- (Werner and Eisa, 2008).

¹ -Guaiacol Peroxidase

۲-۱۴ اثر تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیک

سانچز و همکاران (Sanchez et al., 2003) در مطالعه خود بر روی اثر خشکی و شوری بر روی گیاه کینوا رقم Cv. Real به این نتیجه رسیدند که شوری و خشکی باعث کاهش زیست توده کل شد. در یک مطالعه دیگر بر گیاه کینوا، در شیلی، در شرایط تنش کم آبی (۹۵، ۷۰، ۴۰ و ۲۰ درصد آب قابل استفاده) بر سه ژنوتیپ کینوا (فاکتور فرعی) گزارش شد، در زمانی که دسترسی به آب محدود شد وزن خشک زیست توده و عملکرد دانه نیز کاهش یافت (Fischer et al., 2013). در یک بررسی در گیاه آفتاب گردان نتایج نشان داد که تنش خشکی ملایم (تیمار آبیاری ۱۵۰ میلی متر) ماده خشک کمتری را نسبت به تیمار شاهد حاصل نمود؛ ولی این اختلاف معنی دار نبود؛ سطح فتوسنتزی حاصل شده در تیمار تنش خشکی ملایم توانست ماده خشک مناسبی را تولید نماید، ولی با افزایش شدت تنش خشکی از ۱۵۰ به ۱۸۰ میلی متر ماده خشک کل به طور معنی داری کاهش یافته بود، همچنین همبستگی مثبت و معنی داری بین حداکثر ماده خشک کل با شاخص سطح برگ مشاهده شد (سلیمانی، ۱۳۹۶). بررسی های متعدد نشان داده است که با افزایش تنش خشکی از توان فتوسنتزی گیاه کاسته می شود و این امر موجب کاهش تولیدات فتوسنتزی و در نهایت کاهش ماده خشک کل می شود (Pereira et al., 2016; Ren et al., 2016). نتایج حاصل از مطالعات متعدد حاکی از آن است که پیری زودرس برگ های گیاه موجب کاهش هر چه بیشتر در سرعت رشد نسبی می شود (Chimenti et al., 2007; Goksoy et al., 2004).

۲-۱۵ اثر تنش خشکی بر شاخص برداشت

شاخص برداشت نشان دهنده میزان تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه می باشد. گالشی و بیات (۱۳۸۹) گزارش کردند که علت کاهش ماده خشک کل در رژیم های مختلف آبیاری همبستگی مثبت و بالای

بین ماده خشک با فتوسنتز و شاخص سطح برگ در مرحله رویشی بود. آنها همچنین بیان داشتند که تنش شدید در مرحله زایشی بیشتر بر عملکرد دانه تأثیرگذار بوده تا ماده خشک کل، بنابراین باعث کاهش شاخص برداشت شد. گزارش شده است که در پایان دوره رشد به دلیل کمبود آب قابل دسترس قدرت انتقال مواد پرورده به دانه کاهش یافته و منجر به افت عملکرد دانه شد (Tesfye et al, 2006)؛ همچنین کاهش تعداد غلاف در بوته که سهم مهمی در افزایش عملکرد دارد، از دلایل مهم کاهش شاخص برداشت در تیمار تنش محسوب می‌شود. سطح برگ تعیین کننده میزان تشعشع جذب شده توسط گیاه، تعرق و تولید ماده خشک می‌باشد. بنابراین بررسی سطح برگ در اثر تنش بسیار مهم می‌باشد، کاهش وزن خشک گیاه در اثر تنش خشکی عمدتاً ناشی از کاهش تشعشع جذب شده توسط گیاه و یا کاهش بازده استفاده از تابش و یا ترکیبی از این دو می‌باشد (Tesfye et al, 2006). توماس و همکاران (Tomas et al., 2003) گزارش کردند که تنش خشکی عملکرد ماش را از طریق وزن خشک گیاه و شاخص برداشت، کاهش داد. آذری نصرآباد و همکاران (۱۳۹۴) گزارش نمودند که چون شاخص برداشت نشان دهنده پتانسیل ژنتیکی در عملکرد اقتصادی است، مقادیر بالای آن در شرایط آبیاری نرمال در یک ژنوتیپ می‌تواند عملکرد بالا در شرایط تنش خشکی را نیز به همراه داشته باشد.

۲-۱۶ اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه

تنش خشکی در زمان گلدهی سبب عقیم شدن گلچه‌ها، کاهش اندازه پانیکول، تعداد دانه در پانیکول و کاهش وزن دانه‌ها می‌شود (Amjad Ali et al., 2009). همچنین گزارش شد که وقوع تنش خشکی در مراحل گلدهی و پر شدن نیام، شاخص برداشت و در نتیجه عملکرد ماش را به وسیله کاهش نرخ نیام انگیزی و رشد نیام کاهش داد (شکوه‌فر و ابوفتیل‌نژاد، ۱۳۹۲). گزارش شد که گیاه کینوا در شرایط تنش خشکی با افزایش بتائین و پلی‌آمین‌ها، پتانسیل اسمزی خود را تنظیم کرده و در نتیجه عملکرد کینوا کمتر تحت تأثیر قرار گرفت (ارکوسا و همکاران، ۲۰۰۲). در بررسی دیگر در گیاه کینوا با رژیم آبیاری شامل ۹۵٪ ظرفیت زراعی، ۶۵٪ ظرفیت زراعی و ۳۵٪ ظرفیت گزارش شد که میانگین عملکرد دانه در

گیاه به طور معنی‌داری در شرایط تنش کاهش یافت (۱۳/۸ و ۳۰/۱ درصد)، که عملکرد بذر در هکتار نیز از همین روند پیروی می‌کرد. همچنین کاهش قابل توجه‌ای در عملکرد دانه کینوا رخ داد که این کاهش ناشی از کاهش تعداد دانه در گیاه، وزن هزاردانه، تعداد گل، وزن و قطر گل، تعداد شاخه‌ها، وزن گیاه، غلظت کلروفیل و سطح برگ بود (Al-Naggar et al., 2017). آذری نصرآباد و همکاران (۱۳۹۵) گزارش نموده‌اند که تنش خشکی، عملکرد دانه سورگوم را کاهش داد، به گونه‌ای که در تیمار آبیاری نرمال (شاهد)، قطع آبیاری در مرحله رویشی (تنش شدید) و قطع آبیاری در مرحله زایشی (تنش متوسط) عملکرد دانه به ترتیب ۳۳۳۵، ۱۶۴۱ و ۲۴۸۸ کیلوگرم در هکتار بود. کاهش نسبی عملکرد در تنش خشکی متوسط و شدید در مقایسه با شاهد به ترتیب ۲۱ و ۵۱ درصد بود، همچنین عملکرد بیولوژیک نیز از همین روند تبعیت نمود. وزن هزار دانه نیز به عنوان یکی از اجزای عملکرد دانه، در تیمار آبیاری نرمال با میانگین بالاترین و تیمارهای تنش خشکی متوسط و شدید به ترتیب کمترین میزان را به خود اختصاص دادند. درواقع کاهش عملکرد ناشی از کاهش تعداد دانه در پانیکول و وزن هزار دانه به عنوان اجزای عملکرد دانه می‌باشند. عملکرد دانه کینوا می‌تواند به صورت تابعی از ماده خشک تسهیم یافته به دانه توصیف شود. در شرایط تنش خشکی، تأکید بر اجزای عملکرد به منظور انتخاب ژنوتیپ‌ها و تعیین مناسب‌ترین ژرم‌پلاسماها برای استفاده آنها به عنوان والدین روش آسان و مؤثری است. طول پانیکول صفتی وابسته به ژنوتیپ بوده و سهم عمده‌ای در عملکرد نهایی و تعداد دانه در پانیکول دارد (Abbad et al., 2004). گزارش شده است که تعداد پانیکول در مترمربع نقش مهمی در دست‌یابی به عملکرد دانه بالا از طریق تأثیر بر تعداد دانه در مترمربع دارد (Vanoosterom and Hammer, 2008). در میان ژنوتیپ‌های مختلف کینوا، سیستم‌های متفاوت تحمل به تنش خشکی وجود دارد و بیشتر مکانیسم‌های شناخته شده تحمل به تنش خشکی در این گونه مشاهده می‌شود (Al-Naggar et al., 2017). اسپیر و سانتوس (Spehar and Santos, 2005) در چند رقم کینوا تحت تنش خشکی گزارش نمودند که همبستگی مثبتی بین طول گل آذین و قطر ساقه با عملکرد دانه وجود داشت.

۲-۱۷ اثر تنش خشکی بر تعداد و وزن دانه

شرایط محیطی در زمان توسعه و تشکیل هر جزء از اجزاء عملکرد بر سهم آن جزء اثر می‌گذارد و کاهشی که در یک جزء به علت شرایط نامطلوب محیطی به وجود می‌آید، می‌تواند پس از رفع شرایط تنش به وسیله سایر اجزاء جبران شود؛ اما این جبران کامل نیست و به ژنوتیپ و شدت مرحله آن بستگی دارد (آذری نصرآباد و همکاران، ۱۳۹۵). در یک بررسی در گیاه سورگوم گزارش شده است که در شرایط تنش خشکی انتقال کمتر کربوهیدرات‌ها به دانه صورت می‌گیرد؛ زیرا مرحله پر شدن دانه در سورگوم هم زمان با رقابت شدید برای مصرف متابولیت‌ها است (سرشاد و همکاران، ۱۳۹۹). در مطالعه دیگر بر روند پر شدن دانه نخود در شرایط تنش خشکی گزارش شد، وزن دانه بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه دارد و به عنوان یک صفت مهم در انتخاب برای مقاومت به خشکی مورد توجه قرار گرفت، به طوری که وزن دانه و عملکرد آن با افزایش تعداد آبیاری به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (منصوری‌فر و همکاران، ۱۳۹۰). منصوری‌فر و همکاران (۱۳۹۰) همچنین گزارش نمودند که جدول مقایسات میانگین نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی از وزن نهایی دانه‌های نخود کاسته شد و به دنبال آن عملکرد دانه‌ی نخود نیز کاهش یافت. بیشترین وزن نهایی دانه به مقدار ۴۳۷ میلی گرم در شرایط بدون تنش حاصل شد که نسبت به شرایط تنش متوسط ۱۶٪ و نسبت به شرایط تنش شدید ۲۶٪ بیشتر بود. تغییرات کاهش عملکرد دانه، کاهش طول دوره مؤثر پر شدن دانه و کاهش حداکثر وزن دانه با یکدیگر موازی بوده و سرعت رشد دانه دارای روندی مخالف روند فوق‌الذکر بود (منصوری‌فر و همکاران، ۱۳۹۰). در یک بررسی بر گیاه کینوا تحت تنش خشکی، گزارش شد که تنش خشکی باعث کاهش اجزای عملکرد (تعداد غلاف در گیاه، وزن غلاف در گیاه، وزن دانه در گیاه و وزن هزار دانه) گیاه کینوا شد. درصد کاهش در عملکرد دانه در گیاه و وزن هزار دانه به ترتیب ۶۶/۹۴٪ و ۷/۸۹٪ در مقایسه با شاهد بود (Elewa et al., 2017)، این کاهش در عملکرد گیاه کینوا عمدتاً به دلیل کاهش پارامترهای رشد و رنگدانه های فتوسنتزی تحت تأثیر تنش خشکی نسبت داده شد (Elewa et al., 2017). تلاهیگو و همکاران

(Telahigue et al, 2017) در مطالعه دیگر بر گیاه کینوا گزارش نمودند که وزن هزار دانه، عملکرد و اجزای عملکرد در ۵ رقم کینوا تحت تنش خشکی تا سطح معنی داری کاهش یافت. بیشترین عملکرد کینوا در تنش ۷۰٪ ظرفیت زراعی به دست آمد. گونزالز و همکاران (Gonzalez et al, 2009) در تحقیقی بر کینوا تحت تنش خشکی گزارش نمودند که میزان پرولین در کینوا تحت تنش خشکی به طور معنی داری افزایش یافت، ولی عملکرد دانه از تنش تأثیر نپذیرفت. در سورگوم تحت تنش خشکی گزارش شده است که تعداد دانه در پانیکول به عنوان یکی از اجزای عملکرد دانه در سورگوم در آبیاری نرمال با میانگین ۴۳۹ بذر در پانیکول بالاترین و تنش خشکی متوسط و شدید با میانگین ۳۶۱ و ۳۳۸ دانه در پانیکول کمترین میزان را دارا بودند. مقایسه کاهش نسبی وزن هزار دانه و تعداد دانه در پانیکول در تیمارهای تنش خشکی متوسط و شدید نسبت به شاهد نشان داد که تعداد دانه در پانیکول بیشتر تحت تأثیر تنش خشکی واقع شده است (نصرآباد و همکاران، ۱۳۹۵)، این موضوع توسط وانوستروم و هامر (Vanoosterom and Hammer, 2008) نیز گزارش شده است. خشکی، بیشتر از آن که وزن دانه را کاهش دهد موجب کاهش عملکرد دانه می شود و این موضوع در سورگوم و محصولات زراعی دیگر نظیر گندم نشان دهنده اثر تنش خشکی بر تمایز سنبلیچه ها و در نتیجه کاهش تعداد دانه در پانیکول می باشد. علت کاهش تعداد دانه در پانیکول در اثر تنش خشکی، کمبود شیره پرورده در دوره قبل از ظهور گل آذین می باشد. برخی از محققین گزارش نموده اند که مقدار تولید شیره پرورده در این دوره برای رشد تمامی گل هایی که در شرایط نرمال تبدیل به دانه می شوند، کافی نیست (Blum, 1997).

فصل سوم: مواد و روش

۱-۳ مشخصات بذر کینوا

در این مطالعه، بذر مورد نیاز گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd) از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد. این گیاه از آمریکای لاتین منشأ گرفته است، از آنجایی که این گیاه بومی ایران نمی‌باشد، کاشت آن در اغلب نقاط ایران جدید می‌باشد. این گیاه برای اولین بار در منطقه بسطام و دامغان کشت شد و از رقم Titicaca و ژنوتیپ‌های Q26 و Q29 استفاده شد که برخی از مشخصات این ژنوتیپ‌ها در جدول ۱-۳ ارائه شده است.

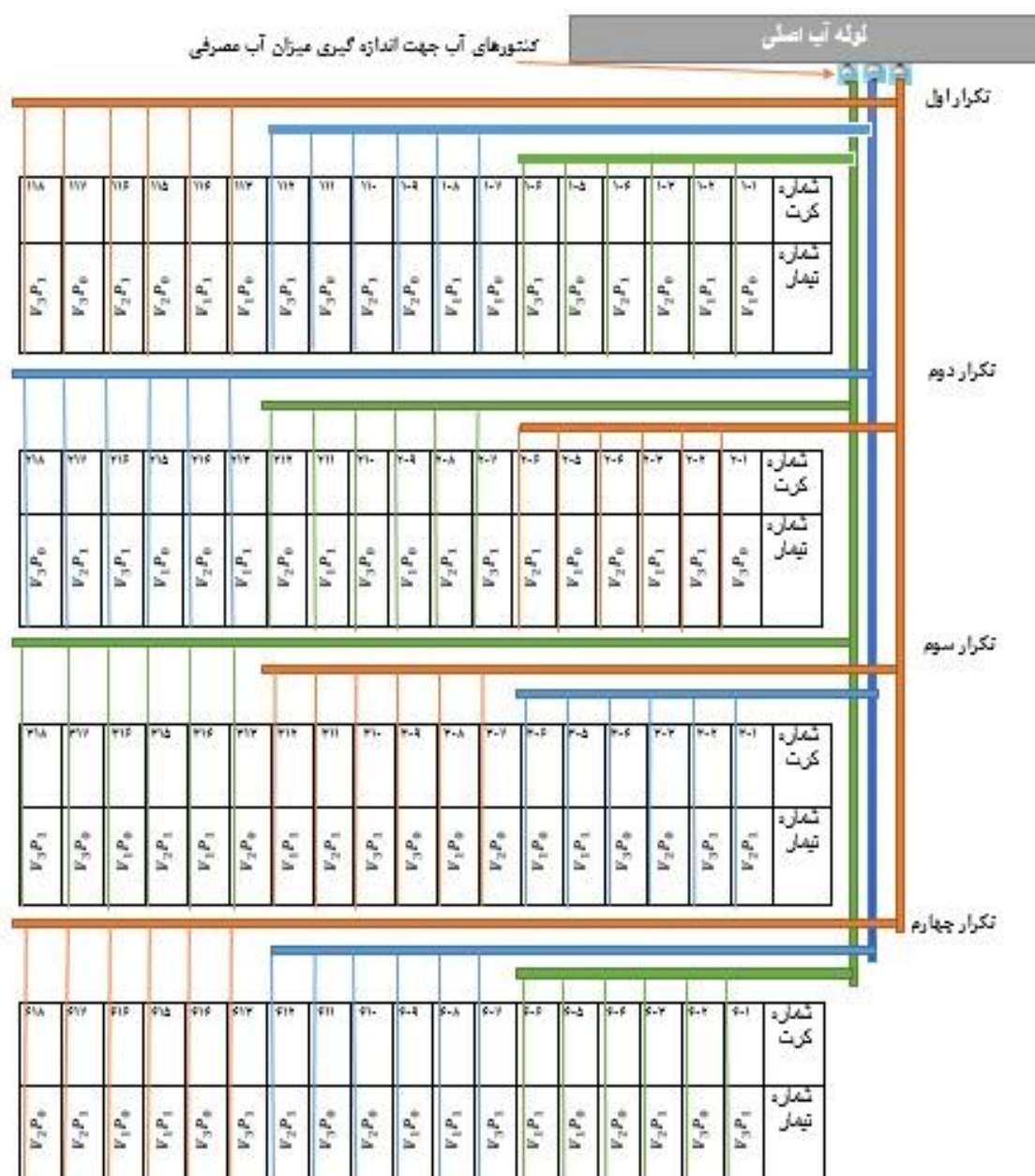
جدول ۱-۳ ارقام استفاده شده در این آزمایش و برخی از ویژگی‌های مهم آن‌ها

رقم/ژنوتیپ	مبدأ	ویژگی‌های مهم
Titicaca	دانمارک	مقاوم به شوری، زودرس، مناسب برای کشت بهاره و روز خنثی
Q26	شیلی	متوسط‌رس، مناسب برای کشت بهاره و روز خنثی
Q29	شیلی	متوسط‌رس، مناسب برای کشت بهاره و روز خنثی

۲-۳ اجرای طرح آزمایشی

این پژوهش در سال ۱۳۹۸ در قالب آزمایش اسپلیت پلات فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار و دو مکان اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل میزان آبیاری به عنوان فاکتور اصلی در ۳ سطح (۱۰۰ درصد نیاز آبی، ۷۵ درصد نیاز آبی و ۵۰ درصد نیاز آبی (WR^1))، فاکتورهای فرعی شامل رقم و پرایمینگ بود که بصورت فاکتوریل در سطوح فرعی اجرا شد. رقم در ۳ سطح (Titicaca، Q26 و Q29) و پرایمینگ در ۲ سطح (عدم پرایمینگ و هیدروپرایمینگ) انجام شد. این آزمایش در یک سال و دو مکان اجرا شد، مکان‌ها شامل شهر بسطام بعنوان منطقه خشک و نیمه خشک سرد و شهرستان دامغان بعنوان منطقه خشک و نیمه خشک گرم بود که نقشه‌ی کاشت طرح آزمایشی در شکل ۱-۳ آورده شد است.

¹ -WR: Water requirement



تیمارها:

W_0	رنگ سبز: آبیاری نرمال	V_1	رقم نی نی عاتا	P_0	عدم پرایمینگ
W_1	رنگ آبی: آبیاری ۷۵ درصد	V_2	ژنوتیپ Q_{26}	P_1	پرایمینگ
W_2	رنگ قرمز: آبیاری ۵۰ درصد	V_3	ژنوتیپ Q_{29}		

شکل ۳-۱ نقشه کاشت آزمایش در دو مکان

۳-۳ مشخصات جغرافیایی شهر بسطام

آزمایش اول در مزرعه‌ی تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود) واقع در شهر بسطام با مختصات جغرافیایی طول شمالی ۵۸/۵۴ درجه و عرض شمالی ۳۵/۳۶ درجه با ارتفاع ۱۴۲۰ متری از سطح دریا، در سال زراعی ۱۳۹۸ انجام شد.

۴-۳ مشخصات خاک مزرعه آزمایشی در بسطام

قبل از انجام آزمایش از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه‌برداری شده و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن در آزمایشگاه تحقیقاتی خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شاهرود تعیین شد که نتایج آن در جدول ۲-۳ ارائه شده است.

جدول ۲-۳ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در بسطام

خصوصیات	مقدار	واحد	خصوصیات	مقدار	واحد
رس	۲۳	%	HCO_3^-	۰/۶۱	meql^{-1}
سیلت	۴۵	%	Cl^-	۱۷/۲	meql^{-1}
شن	۳۲	%	Ca^{2+}	۸/۲	meql^{-1}
نیتروژن کل	۰/۰۴	%	Mg^{2+}	۷/۱	meql^{-1}
کربن آلی خاک	۰/۵۶	%	Na^+	۹/۸۷	meql^{-1}
pH	۷/۴۳	-	K^+	۳۰/۷	mgkg^{-1}
EC	۲/۲۲	dSm^{-1}	P	۷/۲۸	mgkg^{-1}
T.N.V	۳۰/۹	%	بافت خاک	لوم	-

۳-۵ مشخصات آب و هوایی شهر بسطام

شهر بسطام دارای آب و هوای معتدل خشک و نیمه خشک سرد می باشد. داده های مورد نیاز از اداره کل هواشناسی استان سمنان تهیه که در جدول ۳-۳ ارائه می شود.

جدول ۳-۳ برخی از پارامترهای هواشناسی شهر بسطام

ماه	میانگین دما (°C)	رطوبت نسبی (%)	بارندگی (میلی متر)
اردیبهشت	۱۹/۷۲	۴۶/۷	۱۴/۵
خرداد	۲۴/۱۲	۴۲/۰۱	۳
تیر	۲۷/۸۴	۴۱/۸	۰
مرداد	۲۳/۵۱	۴۳	۰
شهریور	۲۰/۸	۴۱/۶۸	۰

۳-۶ مشخصات جغرافیایی شهر دامغان

آزمایش دوم در مزرعه ی تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات پسته دامغان (از ایستگاه های تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شاهرود)، واقع در جنوب شهرستان دامغان با مختصات جغرافیایی طول شمالی ۵۳/۱۵ درجه و عرض شمالی ۳۴/۴۵ درجه با ارتفاع ۱۱۷۰ متری از سطح دریا، در سال زراعی ۱۳۹۸ انجام شد.

۳-۷ مشخصات خاک مزرعه آزمایشی در دامغان

قبل از انجام آزمایش از عمق ۰-۳۰ سانتی متری خاک مزرعه نمونه برداری شده و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن در آزمایشگاه تحقیقاتی خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شاهرود تعیین شد که نتایج آن در جدول ۳-۴ ارائه شده است.

جدول ۳-۴- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در دامغان

خصوصیات	مقدار	واحد	خصوصیات	مقدار	واحد
رس	۲۸	%	HCO ₃ ⁻	۰/۵۳	meql ⁻¹
سیلت	۴۸	%	Cl ⁻	۲۴/۸	meql ⁻¹
شن	۲۴	%	Ca ²⁺	۹/۴	meql ⁻¹
نیتروژن کل	۰/۰۴	%	Mg ²⁺	۸/۶	meql ⁻¹
کربن آلی خاک	۰/۵۷	%	Na ⁺	۱۳/۸	meql ⁻¹
pH	۷/۶	-	K ⁺	۳۱۸	mgkg ⁻¹
EC	۲/۹۷	dSm ⁻¹	P	۵/۵۶	mgkg ⁻¹
T.N.V	۲۹/۵	%	بافت خاک	لومی-رسی	-

۳-۸ مشخصات آب و هوایی شهر دامغان

شهرستان دامغان دارای آب و هوای معتدل خشک و نیمه خشک گرم می‌باشد. داده‌های مورد نیاز از اداره کل هواشناسی استان سمنان تهیه شد که در جدول ۳-۵ ارائه شده است.

جدول ۳-۵ برخی از پارامترهای هواشناسی شهر دامغان

ماه	میانگین دما (°C)	رطوبت نسبی (%)	بارندگی (میلی‌متر)
اردیبهشت	۲۳/۹۱	۳۴/۴۳	۴/۳۱
خرداد	۲۹/۶۱	۳۰/۷۱	۲۹
تیر	۳۲/۰۲	۲۷/۹	۰
مرداد	۲۸/۵۶	۳۰/۳۵	۰
شهریور	۲۵/۴۹	۳۶/۴۸	۰

۳-۹ اعمال تیمار هیدروپرایمینگ

بذور کلیه ارقام مورد نظر با ۵۰٪ وزنی آب مقطر کاملاً مخلوط و این عمل با احتیاط هر یک ساعت یک بار تکرار تا آب بطور یکنواخت بین بذور پخش و جذب شود، پس از جذب کامل آب، بذرها در ظروفی با سطح مقطع بالا پهن و در دمای محیط قرار گرفتند، عمل زیر رو کردن بذرها تا خشک شدن کامل ادامه داشت و پس از خشک شدن کامل برای کشت در مزرعه آماده شد. کاشت در مزرعه بر اساس نقشه‌ی کاشت (شکل ۳-۱) تهیه شده، صورت گرفت.

۳-۱۰ مراقبت زراعی

عملیات تهیه‌ی زمین شامل شخم عمیق، دو دیسک عمود بر هم در سال قبل انجام گرفت و کشت بذر ژنوتیپ‌های مختلف کینوا در مزرعه تحقیقاتی بسطام در تاریخ ۱۳۹۸/۲/۲۶ و در مزرعه تحقیقاتی دامغان در تاریخ ۱۳۹۸/۲/۳۰ کشت شد. هر آزمایش دارای ۱۸ تیمار با چهار تکرار، که در مجموع هر مکان شامل ۷۲ کرت بود. در هر کرت آزمایشی چهار خط کاشت به طول ۸ متر با فواصل ردیف ۵۰ سانتی‌متر و روی ردیف ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در بین هر کرت اصلی دو خط نکاشت فاصله قرار داده شد تا از تداخل احتمالی آبیاری جلوگیری شود. جهت اطمینان از درصد سبز بالا، کشت بذور بصورت متراکم انجام و پس از سبز شدن در مرحله ۴ تا ۶ برگی مزرعه تنک و تراکم مورد نظر حاصل شد.

با استفاده از اطلاعات خاکشناسی جداول ۳-۲ و ۳-۴ و بر اساس توصیه بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود) میزان ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم، ۱۳۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم و ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار در آزمایش بسطام و میزان ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم، ۱۷۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره در آزمایش دامغان در زمان آماده سازی زمین و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره در سه نوبت (بعد از تنک، قبل از ظهور پانیکول

و در زمان ظهور پانیکول) و همراه با آب آبیاری (با استفاده از تانک کود و تزریق به سیستم آبیاری تحت فشار) در مزرعه آزمایشی بسطام و دامغان استفاده شد. همچنین در مرحله ۱۰ تا ۱۲ برگی با استفاده از سم دیازینون بر علیه آفات (شته و زنجبرک) مزرعه کینوا در مکانهای بسطام و دامغان مبارزه شد.

۳-۱۱ اعمال تیمار و نمونه برداری

آبیاری مزرعه بصورت تحت فشار و با استفاده از لوله تیپ بصورت جداگانه برای هر خط کاشت انجام شد. آبیاری مزرعه هر ۴ روز یک بار تا سبز شدن و رسیدن گیاه به حدود ۶ برگی بصورت یکنواخت ادامه داشت، پس از آن اعمال تیمارهای تنش صورت گرفت. برای اعمال تیمار ابتدا با استفاده از برنامه CROPWAT نیاز آبی برای گیاه کینوا در هر دو مکان بسطام و دامغان محاسبه و اعمال تیمار بر اساس ۱۰۰ درصد، ۷۵ درصد و ۵۰ درصد نیاز آبی در مزرعه اعمال شد. میزان آب آبیاری در کرت‌های اصلی با استفاده از کنتور در هر بار آبیاری قرائت و یادداشت شد و میزان کل آبیاری در طول دوره رشد در پلات‌های اصلی محاسبه شد.

برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک نمونه‌برداری در زمان گلدهی کامل صورت گرفت. نمونه‌برداری از سه برگ آخر، کاملاً توسعه یافته فوقانی بطور تصادفی از ۶ بوته (۱۸ برگ) در سطح کرت انجام شد. نمونه‌های هر کرت بطور جداگانه داخل پلاستیک زیپ دار قرار داده و بلافاصله آنها در داخل یخدان یونولیتی دربار که حاوی ازت مایع بود قرار می‌گرفت، سپس آنها را به آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی انتقال داده و در یخچال ۸۰- درجه سانتیگراد برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک نگهداری شد. همچنین برای تعیین صفات زراعی در زمان گلدهی کامل تعداد ۵ بوته از هر کرت برداشت و صفاتی همچون ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه فرعی، تعداد پانیکول، شاخص سطح برگ (LAI) و وزن خشک کل گیاه محاسبه شد. بعد از رسیدگی فیزیولوژیکی دانه و قطع آبیاری و خشک شدن

نسبی پانیکول‌ها برای تعیین عملکرد دانه، برداشت از دو خط وسط بطول ۴ متر (۴ متر مربع) انجام، سپس عملکرد و اجزاء عملکرد اندازه‌گیری شد.

کلیه آزمایشات لازم برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک و صفات زراعی در آزمایشگاه فیزیولوژی بخش تحقیقات زراعی و باغی و آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شاهرود انجام شد و در مواردی که مرکز تحقیقات کشاورزی فاقد امکانات لازم آزمایشگاهی برای اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک (برای خواندن طول موج ۲۴۰ آنزیم کاتالاز، دستگاه اسپکتروفتومتر) و صفات زراعی بود (اندازه‌گیری شاخص سطح برگ) از امکانات آزمایشگاه‌های دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود استفاده شد.

۳-۱۲ اندازه‌گیری کلروفیل

جهت سنجش کلروفیل و کارتنوئید استخراج از روش (Hiscox and Israelstam, 1979) استفاده شد. برای این منظور ۰/۲۵ گرم وزن تر برگ که از برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته فوقانی از هر تیمار به همراه ۵ میلی‌لیتر دی‌متیل سولفوکسید (DMSO) در فالكون گذاشته شده و آنگاه به مدت ۴ ساعت در دمای °C ۶۵ در آون قرار داده شد. سپس جذب نور با اسپکتروفتومتر مدل S2000 UV/VIS در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت شد. میزان Chl_a و Chl_b و کارتنوئید با استفاده از فرمول‌های ۱، ۲ و ۳ محاسبه شد.

$$\text{Chl}_a = (12.47 \times A_{663}) - (3.62 \times A_{645}) \quad [1]$$

$$\text{Chl}_b = (22.06 \times A_{645}) - (6.5 \times A_{663}) \quad [2]$$

$$C_{(\text{کارتنوئید})} = ((1000 \times A_{470}) - (1.29 \text{ Chl}_a - 53.78 \text{ Chl}_b)) / 220 \quad [3]$$

Chl_a، Chl_b و C به ترتیب غلظت کلروفیل a، b و کارتنوئید می‌باشد.

۳-۱۳ اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ^۱

به منظور اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ همزمان با گلدهی و قبل از انجام آبیاری از هر کرت ۵ بوته به طور تصادفی از قسمت یک سوم بالای گیاه (برگ‌های جوان و توسعه یافته همسن) انتخاب و قطع شدند. برگ‌های مربوط به هر کرت به طور مجزا در یک پوشش پلاستیکی داخل یخدان یونولیتی که تا یک سوم آن از یخ پر شده بود قرار داده و سپس به آزمایشگاه انتقال داده شد. نمونه‌ها در آزمایشگاه با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ وزن شدند (وزن تر (Wf)) و سپس به قطعات مساوی ریز شده و در لیوان‌های پلاستیکی به مدت ۲۴ ساعت در ۱۵۰ سی سی آب ۲ بار تقطیر قرار داده و سپس در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. درب لیوان‌ها جهت جلوگیری از تبخیر احتمالی با استفاده از فویل آلومینیومی به طور کامل پوشانده شد (Kramer, P.S. 1983). پس از این مدت برگ‌ها از آب مقطر خارج شدند و بعد از این که آب روی آن‌ها با استفاده از کاغذ صافی خشک شد مجدداً وزن شدند (وزن اشباع (Wt)). پس از آن به مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و سپس وزن شدند (وزن خشک (Wd)). در انتها محاسبه مقدار آب نسبی برگ با استفاده از رابطه زیر صورت گرفت.

$$RWC = (Wf - Wd) / (Wt - Wd) \times 100$$

۳-۱۴ استخراج و اندازه‌گیری پرولین^۲

برای تعیین مقدار پرولین برگ‌ها، از روش بیتس و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد. ابتدا مقدار ۰/۲۵ گرم بافت گیاهی را با ۵ میلی‌لیتر سولفوسالسیلیک اسید ۳٪ آماده شده را به آن اضافه و نمونه در هاون چینی در یک محیط سرد هموژن شد. آنگاه هموژن بدست آمده را به فالدکون منتقل، سپس در سانتیفریوژ دمای ۴ °C در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه بمدت ۱۵ دقیقه سانتیفریوژ شد. سپس دو میلی‌لیتر

^۱-RWC: Relative Water Content

^۲- proline

از عصاره سوپرناتانت را به یک لوله فالكون جديد منتقل نموده و به همه لوله‌ها مقدار دو ميلي ليتر معرف ناين‌هيدرين و دو ميلي ليتر اسيداستيك گلاسيال اضافه شد. آنگاه ب مدت يك ساعت در حمام آب گرم در دمای °C ۱۰۰ قرار گرفتند و بعد از سرد شدن نمونه‌ها در حمام آب يخ، به هريك از لوله‌ها مقدار چهار ميلي ليتر تولوئن اضافه نموده و آن را به مدت ۲۰ ثانيه با دستگاه ورتكس به هم زده شد. آنگاه به اندازه لازم از فاز بالايی در كووت ريخته و غلظت پرولين با استفاده از دستگاه اسپكتروفوتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر قرائت شد و با توجه به منحنی استاندارد، پرولين محلول بر حسب ميكرو گرم بر گرم بافت تر، تعيين شد.

۳-۱۵ استخراج عصاره آنزيم سوپر اكسيد ديسموتاز^۱

استخراج عصاره آنزيم سوپر اكسيد ديسموتاز به روش (Carter et al., 2007) انجام شد. مقدار ۰/۰۵ گرم از بافت برگي با ۲ ميلي ليتر از بافر استخراج شامل تريس ۵۰ ميلي مولار، كلريد منيزيم ۱۰۰ ميلي مولار، ساكارز ۲۵۰ ميلي مولار، ترايتون X-100 نيم درصد، بتامركاپتواتانول ۱۰ ميلي مولار و PMSF يك ميلي مولار با pH= ۸ در هاون چيني سرد هموزن شد. سپس با سرعت ۱۴۰۰۰ دور در دقيقه، دمای °C ۴ و مدت ۲۰ دقيقه سانترifiوژ شد. از فاز شفاف رويی برای سنجش آنزيم‌ها استفاده شد.

۳-۱۶ اندازه‌گيري فعاليت آنزيم سوپر اكسيد ديسموتاز

اندازه‌گيري فعاليت آنزيم SOD با استفاده از روش (Beauchamp and Fridovich, 1971) انجام شد. در اين روش از ريبوفلاوين و متيونين در حضور نور جهت توليد راديكال سوپراكسيد استفاده شد. راديكال سوپراكسيد سبب احياي NBT و ايجاد مونوفورمازان (رنگ بنفش) می‌شود. کاهش ايجاد مونوفورمازان در مخلوط واكنش از طريق مصرف راديكال سوپراكسيد توسط آنزيم SOD در طول موج

^۱ - SOD: Superoxide dismutase

۵۶۰ نانومتر بر اساس ممانعت از تولید مونوفورمازان (احیای NBT) در مدت زمان ۱۰ دقیقه اندازه‌گیری شد.

۳-۱۷ استخراج عصاره آنزیم کاتالاز^۱

استخراج به روش کار و میشر انجام شد (Kar and Mishra, 1976). مقدار ۰/۰۵ گرم بافت تر گیاهچه با ۲ میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار با $\text{pH} = 6/8$ در هاون چینی سرد هموژن شد. آنگاه بمدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه در دمای 4°C سانتریفیوژ شد. از فاز شفاف رویی برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیمی استفاده شد.

۳-۱۸ اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز

سنجش فعالیت کاتالاز بر اساس روش (Chance and Maehly, 1955) همراه با تغییراتی انجام شد. مخلوط واکنش به حجم ۳ میلی‌لیتر شامل ۲/۸ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار با $\text{pH} = 6/8$ ، عصاره آنزیمی (۱۰۰ میکرولیتر)، و ۱۰۰ میکرولیتر آب اکسیژنه ۰/۴۵ مولار اضافه شد. فعالیت آنزیمی با اضافه کردن آب اکسیژنه به مخلوط واکنش شروع شد. محلول بلانک فاقد آب اکسیژنه بود. کاهش میزان جذب نور در طول موج ۲۴۰ نانومتر در ۱ دقیقه اول بعد از افزودن آب اکسیژنه قرائت شد. در نهایت فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس ضریب خاموشی (ϵ) برابر با $40 \text{ m M}^{-1}\text{Cm}^{-1}$ در دقیقه به ازای یک میلی‌گرم پروتئین بیان شد.

^۱ -CAT: Catalase

۳-۱۹ اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز^۱

جهت تعیین فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز، مخلوطی به حجم ۲ میلی‌لیتر تهیه می‌نماییم که این مخلوط شامل ۱/۷ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار با $\text{pH} = 7$ ، عصاره آنزیمی (۱۰۰ میکرولیتر)، آسکوربیک اسید ۰/۵ میلی‌مولار و (۵۰ میکرولیتر)، EDTA^{2-} ۰/۱ میلی‌مولار ۵۰ میکرولیتر و آب اکسیژنه ۱/۲ میلی‌مولار (۱۰۰ میکرولیتر) بود، محلول بلانک فاقد آب اکسیژنه بوده و با اضافه کردن آب اکسیژنه در آخرین مرحله به مخلوط تهیه شده، فعالیت آنزیمی شروع شد. ضریب خاموشی آسکوربات پراکسیداز (ϵ) برابر با $2/8 \text{ m M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ می‌باشد. برای محاسبه‌ی فعالیت آنزیم با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر، تغییرات جذب نور در طول موج ۲۹۰ نانو متر در طول مدت ۴ دقیقه‌ی ثبت شد.

۳-۲۰ استخراج و اندازه‌گیری پراکسیداسیون لیپیدها

استخراج و اندازه‌گیری پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء سلولی به روش وانگ و همکاران (۲۰۱۶) انجام شد. اندازه‌گیری مالون دی‌آلدیید^۳ به مثابه فرآورده نهایی پراکسیداسیون لیپیدی غشاء انجام شد. ابتدا از نمونه‌های منجمد شده به میزان ۱ گرم بافت برگ را با ۵ میلی‌لیتر تری‌کلرواستیک (TCA^4) ۵ درصد (وزنی به حجمی) در هاون چینی روی یخ هموژنیزه شد. عصاره هموژن شده به لوله فالكون منتقل و به مدت ۳۰ دقیقه با سرعت ۱۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. ۲ میلی‌لیتر از سوپرناتانت به دست آمده با دو میلی‌لیتر محلول تیوباربی‌توریک اسید (TBA^5) ۰/۶۷ درصد (وزنی به حجمی) به خوبی مخلوط و سپس نمونه‌ها را در حمام آب گرم 100°C به مدت ۳۰ دقیقه قرار گرفت. بلافاصله پس از این مرحله لوله‌های فالكون به مدت ۱۵ دقیقه در یک ظرف یخ قرار داده شد. سپس میزان مالون

¹ -Ascorbate peroxidase

² -Ethylenediaminetetraacetic acid

³ - MDA: Malondialdehyde

⁴ - Trichloro acetic acid

⁵ -TBA: Thiobarbituric acid

دی آلدئید با اندازه گیری جذب نور در طول موج های ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر قرائت و با استفاده از ضریب خاموشی (ϵ) ($\epsilon = 155 \mu \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$) محاسبه شد. محلول بلانک حاوی ۲۵۰ میکرولیتر تری کلرو استیک اسید ۰/۱ درصد بود که با ۲ میلی لیتر معرف TBA ۰/۵ درصد مخلوط شده بود و تمامی تیمارها با محلول بلانک سنجیده شد.

۳-۲۱ تعیین شاخص پایداری غشاء سلولی^۱

شاخص پایداری غشا بر اساس میزان هدایت الکتریکی حاصل از نشت یون ها از سلول های برگ به درون آب مقطر شده اندازه گیری شد. به منظور اندازه گیری شاخص پایداری همزمان با گلدهی و قبل از انجام آبیاری نمونه گیری انجام شد. برای این منظور از هر کرت ۵ بوته به طور تصادفی انتخاب شدند و از قسمت یک سوم بالای گیاه، برگ های جوان و توسعه یافته همسن قطع شدند. برگ های مربوط به هر کرت به طور مجزا در یک پوشش پلاستیکی داخل یخدان یونولیتی که تا یک سوم آن از یخ پر شده بود قرار داده و سپس به آزمایشگاه انتقال داده شد. برای نتیجه بهتر از هر کرت ۱۰ برگ انتخاب و از قسمتهای مختلف بوسیله پانچ مقدار ۰/۵ گرم نمونه با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ وزن شد. نمونه های هر تیمار آزمایشی درون لوله فالكون ۵۰ میلیمتری که از قبل حاوی ۲۵ میلی لیتر آب مقطر بود قرار داده و سپس در بن ماری در دمای ۳۰ °C به مدت ۱۰ دقیقه قرار داده شد، پس از طی این زمان هدایت الکتریکی نمونه ها به کمک EC متر اندازه گیری شد. سپس مجدداً نمونه ها در بن ماری به مدت ۳۰ دقیقه و در دمای ۱۰۰ °C قرار داده شده و پس از رسیدن به دمای اتاق، هدایت الکتریکی آنها اندازه گیری شد. سپس مطابق فرمول زیر شاخص پایداری غشا سلول محاسبه شد:

$$MSI = 1 - (EC_1/EC_2) \times 100$$

EC_1 و EC_2 به ترتیب هدایت الکتریکی در دمای ۳۰ °C و ۱۰۰ °C می باشد.

^۱ - MSI: Membrane Stability Index

۳-۲۲ اندازه‌گیری پروتئین دانه

جهت تعیین درصد نیتروژن از دستگاه کجلدال (مدل Behr-D-40599 Dusseldorf) و روش فولر و همکاران (Fowler et al, 1989) استفاده شد. ابتدا مقدار نیتروژن هر نمونه توسط دستگاه کجلدال تعیین و سپس مشخصه‌های ذیل توسط فرمول‌های زیر اندازه‌گیری شد:

$$۱۰۰ \times (\text{وزن خشک دانه در زمان برداشت} / \text{نیتروژن دانه}) = \text{غلظت نیتروژن دانه}$$

$$۶/۲۵ \times \text{غلظت نیتروژن دانه} = \text{پروتئین دانه}$$

پس از جمع‌آوری و نهایی شدن داده‌های آزمایشی در هر دو مکان، ابتدا آزمون بارتلت انجام و با توجه به نتایج بدست آمده، تجزیه واریانس مرکب و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام و تجزیه و تحلیل بر روی داده‌ها صورت گرفت.

فصل چہارم: نتیجہ و بحث

تجزیه مرکب داده‌ها، با استفاده از آزمایش اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی برای مطالعه برخی صفات فیزیولوژیکی (Chl_a ، Chl_b ، کارتنوئید، RWC، پرولین، آنزیم‌های SOD، CAT، APX، MDA، MSI و پروتئین دانه) صفات مورفولوژیکی (ارتفاع گیاه، قطر ساقه، شاخص سطح برگ و تعداد شاخه‌های فرعی)، عملکرد (عملکرد دانه، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت) انجام شد.

۴-۱ کلروفیل a

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۴-۱ آورده شده است. میانگین مربعات ناشی از اثر مکان (Location)، آبیاری (Irrigation)، رقم (Genotype) و پرایمینگ (Priming) (اثرات اصلی) بر غلظت کلروفیل a ($Chl a$) اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) نشان داد. میانگین مربعات ناشی از اثرات متقابل دو جانبه مکان در آبیاری، مکان در رقم، مکان در پرایمینگ، آبیاری در رقم، آبیاری در پرایمینگ و رقم در پرایمینگ بر غلظت $Chl a$ ، اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۴-۱).

نتایج تجزیه واریانس ناشی از اثرات متقابل سه جانبه آبیاری در رقم در پرایمینگ و نیز اثر متقابل مکان در آبیاری در رقم در پرایمینگ بر غلظت $Chl a$ اثر معنی‌داری نشان داد (جدول ۴-۱).

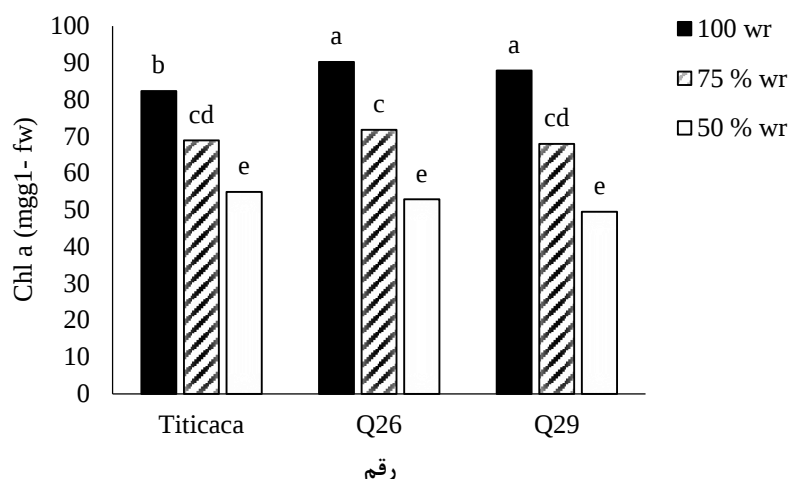
شکل ۴-۱ مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در سه رژیم آبیاری را نشان می‌دهد همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین غلظت $Chl a$ در تیمارهای 100% WR و رقم Q26، 100% WR و رقم Q29 با میانگین $89/02 \text{ mg g}^{-1} \text{fw}$ مشاهده شد. در تنش متوسط (75 % WR)، بیشترین غلظت $Chl a$ در رقم Q26 و 75 % WR بدست آمد و با افزایش تنش (50 % WR) غلظت $Chl a$ کاهش یافته بود و هر سه رقم در یک سطح آماری قرار داشتند. کاهش در رنگدانه‌های فتوسنتزی هیبریدهای ذرت

جدول ۴-۱ تجزیه واریانس اثر آبیاری، رقم، پرایمینگ و مکان بر برخی صفات فیزیولوژیک در کینوا.

میانگین مربعات					
proline	RWC	Cartenoid	Chl b	Chl a	منبع تغییرات
درجه آزادی					
۴۶/۵ **	۵۹۷ **	۴/۵ n.s	۴۷/۸۵ **	۹۳/۴ **	۱ مکان
۰/۱	۲۲/۴	۶/۲	۰/۳۹	۳/۵	۶ بلوک در مکان
۹۳/۴ **	۲۸۵۷ **	۹۴۲/۷ **	۲۳۰/۲ **	۱۴/۹۳ **	۲ آبیاری
۱/۶۴ **	۹۲/۶ **	۴۲/۱۲ **	۲/۵ **	۷۱ **	۲ مکان در آبیاری
۰/۰۶	۶/۶	۱/۶	۰/۱۵	۲/۸۷	۱۲ خطای a
۰/۹ **	۲۱۲/۴ **	۱۶/۸ **	۳/۷۶ **	۱۴۰/۳ **	۲ رقم
۰/۷ **	۱۹۴/۷۶ **	۱/۷ n.s	۲/۷۱ **	۱۷/۷ **	۲ مکان در رقم
۲/۳ **	۸/۸ n.s	۱۳/۲ **	۶/۲ **	۱۴۲/۶ **	۴ آبیاری در رقم
۲/۱ **	۱۴/۲ n.s	۱۱/۱ **	۰/۶۷ **	۱۴/۸ n.s	۴ مکان در آبیاری در رقم
۱۷/۱۴ **	۱۰۷/۶ **	۲۸/۸ **	۳۶/۳ **	۲۱/۵ **	۱ پرایمینگ
۰/۱۸ n.s	۳۸/۴ **	۲۰۷/۶ **	۳/۵۷ **	۷۵۲ **	۱ مکان در پرایمینگ
۲/۶ **	۲/۴ n.s	۱۴/۴ **	۰/۱۹ n.s	۱۶۴/۲ **	۲ آبیاری در پرایمینگ
۰/۶۲ **	۱۱۳ **	۰/۲۴ n.s	۰/۲۱ n.s	۶/۳ n.s	۲ مکان در آبیاری در پرایمینگ
۳/۵۳ **	۵۹/۶ **	۲۶/۳ **	۲/۸۷ **	۴۴ **	۲ رقم در پرایمینگ
۰/۴۷ **	۶۸/۶ **	۱۰/۶ **	۰/۳ n.s	۳۷/۴ **	۲ مکان در رقم در پرایمینگ
۱/۲۲ **	۵/۴ n.s	۷/۱ **	۰/۳۸ *	۳۳ **	۴ آبیاری در رقم در پرایمینگ
۱/۶ **	۴۴/۴ **	۱/۴ n.s	۰/۷ **	۴۵/۶ **	۴ مکان در آبیاری در رقم در پرایمینگ
۰/۰۸	۱۰/۳۲	۲/۰۴	۰/۱۵	۶/۷۶	۹۰ خطای b
۴/۵۶	۴/۷	۷/۲۲	۴/۹	۳/۷۲	ضریب تغییرات (cv) %

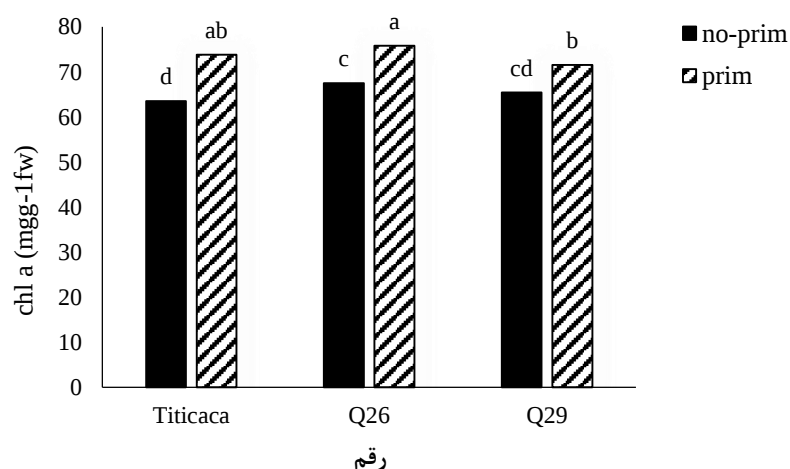
***، ** و n.s: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی‌داری

(نصراله‌زاده اصل و همکاران، ۱۳۹۵)، کینوا (جمالی و همکاران، ۱۳۹۷) و ارقام تریتیکاله (حسینی و همکاران، ۱۳۹۵) تحت سطوح مختلف تنش خشکی گزارش شده است. در گیاه کینوا تحت تنش خشکی (آبیاری ۴۵ و ۵۰ روز پس از کشت) نیز گزارش شده است که میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی آن به شدت کاهش یافته بود آنها این کاهش را به اکسیداسیون رنگدانه‌های فتوسنتزی تحت تنش خشکی نسبت داده بودند (Elewa et al, 2017).



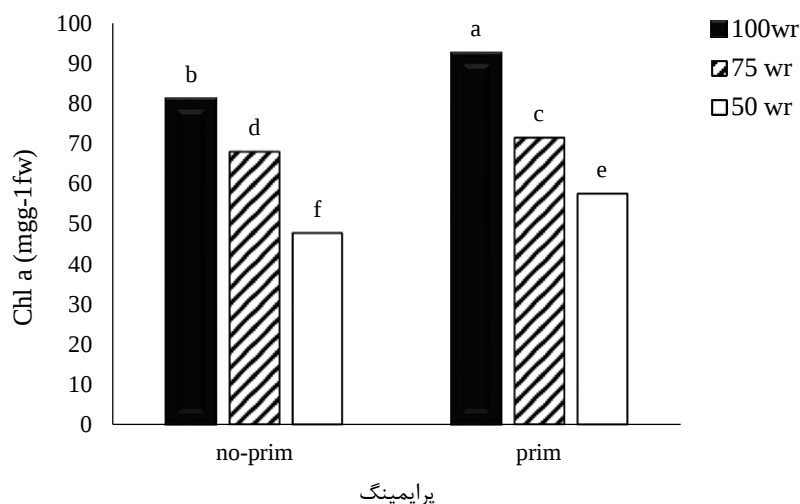
شکل ۴-۱. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر غلظت Chl a.

مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ بر غلظت Chl a در شکل ۴-۲ آورده شده است؛ پرایمینگ در هر سه رقم میزان غلظت Chl a را افزایش داده بود اما بیشترین غلظت Chl a در رقم‌های Titicaca و Q26 با پرایمینگ حدود ۷۴/۸ mg g⁻¹fw بدست آمد. سپری شدن سریع مرحله سبز شدن و گیاهچه‌ای تحت تأثیر پرایمینگ و رشد قوی گیاهچه‌ها می‌تواند تأثیر قابل ملاحظه‌ای در افزایش میزان کلروفیل و رشد گیاهان داشته باشد (Rashid et al, 2004).



شکل ۴-۲. مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر غلظت Chl a.

شکل ۳-۴ مقایسه میانگین اثر متقابل دو جانبه رژیم آبیاری در پرایمینگ را بر Chl a نشان می‌دهد همان‌طور که مشاهده می‌شود در هر سه سطح آبیاری در تیمارهای دارای هیدروپرایمینگ، غلظت Chl a کمتر کاهش یافته بود. بیشترین میزان غلظت Chl a در تیمار 100 % WR و پرایمینگ با میانگین ۹۲/۵ $\text{mg g}^{-1}\text{fw}$ بدست آمد. با اعمال تنش 75 % WR و 50 % WR غلظت Chl a کاهش یافته بود که این کاهش در تیمارهای با پرایمینگ بیشتر بود. گزارش شده است که زیاد بودن غلظت Chl a می‌تواند سبب مقاومت بیشتر به خشکی شود (Dawood and Sadak, 2014). پرایمینگ بذرها سبب کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی، سبز شدن و استقرار گیاه شد (داده‌ها نشان داده نشد) و حتی در شرایط تنش ملایم و شدید گیاه دارای غلظت Chl a بیشتری نسبت به عدم پرایمینگ شد.



شکل ۳-۴. مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رژیم آبیاری بر غلظت Chl a.

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس ۱-۴ اثر متقابل مکان در آبیاری در رقم، مکان در آبیاری در پرایمینگ بر غلظت Chl a معنی‌دار نشد بنابراین از آوردن جدول تجزیه واریانس آنها خودداری شد. مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ بر غلظت Chl a در جدول ۲-۴ آورده شده است. بیشترین غلظت Chl a در دامغان رقم Q26 با هیدروپرایمینگ با میانگین ۷۸/۲ $\text{mg g}^{-1}\text{fw}$ بدست آمد. تیمارهای مکان بسطام رقم Q26 با پرایمینگ

و مکان دامغان رقم Titicaca با پرایمینگ با میانگین $74 \text{ mgg}^{-1}\text{fw}$ در رتبه‌ی دوم از نظر غلظت Chl قرار داشتند. کمترین غلظت Chl a در دامغان رقم Titicaca عدم پرایمینگ و دامغان رقم Q29 عدم پرایمینگ با میانگین $60/99 \text{ mgg}^{-1}\text{fw}$ مشاهده شد. در هر دو مکان و در هر سه رقم، با اعمال پرایمینگ نسبت به عدم پرایمینگ غلظت Chl a بیشتری مشاهده شد. پرایمینگ با سرعت بخشیدن مراحل ابتدایی رشد و سپس استقرار گیاه، با وجود متفاوت بودن شرایط آب و هوایی دو مکان سبب افزایش غلظت Chl a در هر دو مکان شد و تیمارهای مکان بسطام رقم Titicaca پرایمینگ و مکان دامغان رقم Titicaca پرایمینگ در یک سطح قرار داشتند.؛ بنابراین استفاده از آن جهت تسریع در جوانه‌زنی و استقرار گیاه و سریع‌تر بسته شدن کانوبی گیاه بسیار سودمند است (Afzal et al, 2013).

جدول ۲-۴ مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان، رقم، پرایمینگ بر Chla، کارتنوید، RWC و

پرولین						
مکان	رقم	پرایمینگ	Chla (mg/g FW)	کارتنوید (mg/g FW)	RWC (%)	پرولین ($\mu\text{moles/g FW}$)
دامغان	Titicaca	عدم پرایمینگ	۶۵/۵ c	۲۱/۷ a	۶۶/۵۹ ab	۵/۶۷ d
	Titicaca	پرایمینگ	۷۳/۱ b	۱۹/۲ b	۷۱/۷ a	۶/۲۷ c
	Q26	عدم پرایمینگ	۷۰/۶ bc	۲۱/۷ a	۶۱/۲ b	۴/۸ e
	Q26	پرایمینگ	۷۳/۳۶ b	۱۷/۶ b	۶۲/۴۳ b	۶/۴ c
	Q29	عدم پرایمینگ	۷۰/۳ bc	۲۲ a	۶۴/۴ b	۵/۵ d
	Q29	پرایمینگ	۷۰/۰۳ c	۱۸/۱ b	۶۶/۹ ab	۵/۸ d
	Titicaca	عدم پرایمینگ	۶۱/۵ de	۱۹/۱ b	۷۲/۲۴ a	۶/۹۴ b
	Titicaca	پرایمینگ	۷۴/۶۵ ab	۲۲ a	۷۰/۵ ab	۷/۱۵ b
	Q26	عدم پرایمینگ	۶۴/۴ d	۱۹/۵۵ ab	۷۰/۲۲ ab	۶/۵۲ c
	Q26	پرایمینگ	۷۸/۲ a	۱۸/۴۳ b	۷۰ ab	۷/۷ a
	Q29	عدم پرایمینگ	۶۰/۴۸ e	۱۷/۹ b	۶۴/۴ ab	۶/۴۶ c
	Q29	پرایمینگ	۷۲/۹۵ bc	۲۱ a	۷۰/۷ ab	۷/۱ b
LSD (5%)						
			۴/۲۹	۲/۳۵	۶/۴۹	۰/۴۶

جدول ۳-۴ اثرات متقابل آبیاری در رقم در پرایمینگ را بر غلظت Chl a نشان می‌دهد همان‌طور که مشاهده می‌شود در هر سه سطح آبیاری، هر سه رقم با پرایمینگ غلظت Chl a بیشتر بود. بیشترین غلظت Chl a در سطح آبیاری 100 % WR رقم Q26 با پرایمینگ با میانگین $97/63 \text{ mgg}^{-1}\text{fw}$ مشاهده

شد و سطح آبیاری 100 % WR، رقم Q29 با پرایمینگ با میانگین ۹۱/۵ mgg⁻¹fw در مقام دوم قرار داشت. تغییرات محتوایی رطوبت برگ، غلظت Chl a و b به عنوان یک واکنش کوتاه مدت به تنش و معیاری از توان حفظ قدرت منبع در شرایط تنش خشکی مورد استفاده قرار می گیرد (سی و سه مرده و همکاران، ۱۳۸۳). گزارش شده است که طی تنش خشکی محتوی کلروفیل کاهش می یابد و ارقام دارای محتوای کلروفیل بالاتر، مقاومت بیشتری در شرایط تنش از خود نشان می دهند. در تنش ملایم و شدید علی رغم کاهش Chla، این کاهش در تیمارهای با پرایمینگ و رقم Q26 کمتر بود. بیان شده است که دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت شرایط تنش خشکی از جمله شاخص های فیزیولوژیک مناسب جهت مقاومت به تنش خشکی می باشد (Gregersen, and Holm, 2007).

جدول ۴-۳. مقایسه میانگین اثرات متقابل رژیم آبیاری، رقم و پرایمینگ بر Chl a ، Chl b ، کارتنوئید و

پرولین

پرولین (μmoles/g FW)	کارتنوئید (mg/g FW)	Chl b (mg/g FW)	Chl a (mg/g FW)	پرایمینگ	رقم	رژیم آبیاری
۴/۵ d	۲۳/۹ ab	۹ d	۷۶/۲۳ c	عدم پرایمینگ	Titicaca	100 % WR
۵/۴ cd	۲۴/۵ ab	۹/۶۷ bc	۸۸/۴۵ b	پرایمینگ	Titicaca	
۵/۰۳ d	۲۶/۴ a	۱۰/۷ ab	۸۲/۸ bc	عدم پرایمینگ	Q26	
۵/۷۹ c	۲۲/۲ bc	۱۱/۳۸ a	۹۷/۶۳ a	پرایمینگ	Q26	
۴/۷ d	۲۴/۳ ab	۹/۷۶ bc	۸۴/۱۹ b	عدم پرایمینگ	Q29	
۴/۷ d	۲۴/۳ ab	۱۱/۶ a	۹۱/۵ ab	پرایمینگ	Q29	
۶/۲۴ bc	۲۱/۵ bc	۶/۷۶ f	۶۵ d	عدم پرایمینگ	Titicaca	75 % WR
۶/۲ bc	۲۱/۴ bc	۷/۶۵ ef	۷۲/۸ c	پرایمینگ	Titicaca	
۵/۶۲ cd	۲۱ bc	۷/۳۶ ef	۷۱/۲۶ c	عدم پرایمینگ	Q26	
۶/۷ bc	۱۷/۷۲ cd	۷/۹۵ e	۷۲/۲۴ c	پرایمینگ	Q26	
۶/۳ bc	۲۰ c	۶/۵ fg	۶۷/۰۴ c	عدم پرایمینگ	Q29	
۶/۴ b	۱۷/۲۴ cd	۸/۶۵ de	۶۸/۹ cd	پرایمینگ	Q29	
۸/۱۷ a	۱۵/۸ e	۶ g	۴۹/۲۵ f	عدم پرایمینگ	Titicaca	50 % WR
۸/۱۵ a	۱۵/۷ e	۶/۹ e	۶۰/۳۴ de	پرایمینگ	Titicaca	
۶/۱۳ bc	۱۴/۴۵ e	۵/۵ gh	۴۸/۴ f	عدم پرایمینگ	Q26	
۸/۶ a	۱۴/۰۵ e	۶/۲۵ g	۵۷/۵ e	پرایمینگ	Q26	
۶/۹ b	۱۵/۶ e	۵/۲۱ h	۴۴/۹۲ f	عدم پرایمینگ	Q29	
۸/۲ a	۱۷ de	۶/۳ g	۵۴e f	پرایمینگ	Q29	
۰/۸	۴/۰۸	۱/۱	۷/۴۳		LSD (5%)	

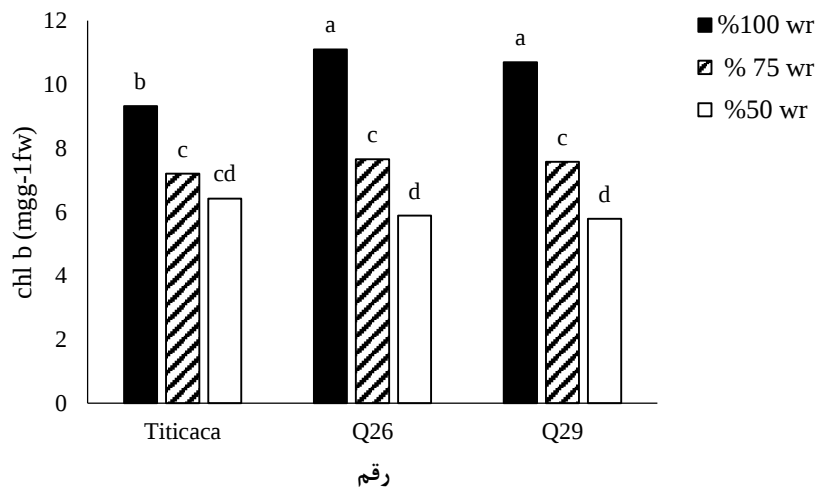
۲-۴ کلروفیل b

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۴-۱ آورده شده است. میانگین مربعات ناشی از اثر مکان (L)، آبیاری (I)، رقم (G) و پرایمینگ (P) (اثرات اصلی) بر غلظت کلروفیل b (Chl b) اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) نشان داد.

میانگین مربعات ناشی از اثرات متقابل دو جانبه مکان در آبیاری، مکان در رقم، مکان در پرایمینگ، آبیاری در رقم و رقم در پرایمینگ اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۴-۱). نتایج تجزیه واریانس ناشی از اثرات متقابل سه جانبه مکان در آبیاری در رقم، آبیاری در رقم در پرایمینگ و نیز اثر متقابل چهارگانه مکان در آبیاری در رقم در پرایمینگ بر غلظت Chl b اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۴-۱).

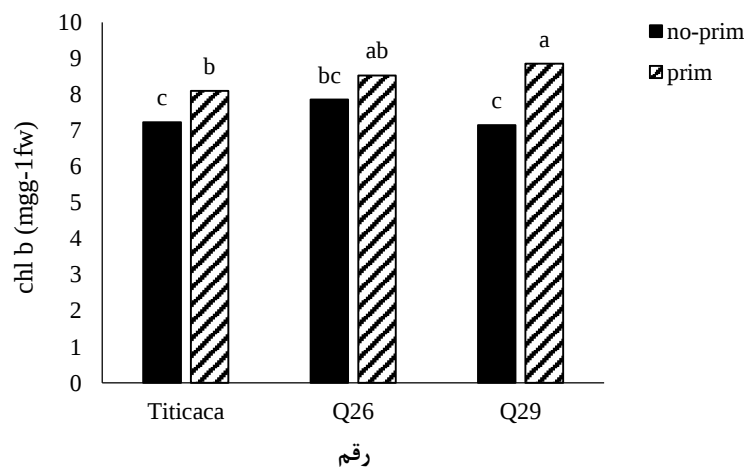
شکل ۴-۴ مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در سه رژیم آبیاری، بر غلظت Chl b را نشان می‌دهد؛ همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین غلظت Chl b در سطح آبیاری 100 % WR و رقم‌های Q26 و Q29 بدست آمد. در هر سه رقم با اعمال رژیم آبیاری 75 % WR غلظت Chl b کاهش یافته بود اما هر سه رقم در یک سطح آماری قرار داشتند. با اعمال رژیم آبیاری 50 % WR، در هر سه رقم غلظت Chl b کاهش بیشتری نشان داده بود اما بین سه رقم از نظر آماری تفاوتی وجود نداشت و هر سه رقم در یک سطح قرار داشتند. تامسون و همکاران (Tompson et al, 1987) بیان نمودند که در گیاهان علائم بروز تنش‌های اکسیداتیو شامل کاهش محتوی کلروفیل و نفوذپذیری غشا می‌باشند که منجر به کاهش فتوسنتز و در نتیجه رشد گیاه می‌شوند. تنش خشکی منجر به کاهش Chl شده و کاهش Chl موجب کاهش فتوسنتز شده و در نتیجه رشد گیاه گندم و متعاقب آن عملکرد محصول کاهش یافت. کاهش غلظت کلروفیل در شرایط کم‌آبی می‌تواند به عنوان یک عامل محدودکننده غیر روزنه‌ای به حساب آید. یکی از دلایل این کاهش، افزایش میزان فعالیت آنزیم کلروفیل‌لاز است که البته تحت شرایط تنش بیان این آنزیم القاء می‌شود (Tompson et al, 1987).

مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ بر غلظت Chl b در شکل ۴-۵ آورده شده است؛ در هر سه رقم، پرایمینگ بذرها در ابتدای کاشت، سبب بهبود در رشد گیاه و افزایش غلظت Chl b شده بود؛ بیشترین غلظت Chl b در رقم‌های Q26 و Q29 با پرایمینگ با میانگین ۸/۶۵ mgg^{-1}fw بدست آمد. کمترین غلظت آن نیز در رقم‌های Titicaca و عدم پرایمینگ، Q26 و عدم پرایمینگ



شکل ۴-۴. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر غلظت Chl b.

با میانگین حدود ۷/۱۹ mgg^{-1}fw بدست آمد. پرایمینگ بذرها از طریق تسریع در جوانه‌زنی، سرعت استقرار و طی کردن بهتر مراحل رشد میزان Chl b بیشتری را در برگ گیاه سبب شد.



شکل ۴-۵. مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر غلظت Chl b.

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (۴-۱) اثر متقابل سطوح آبیاری در پرایمینگ، اثر مکان در آبیاری در پرایمینگ و مکان در رقم در پرایمینگ بر غلظت Chl b اثر معنی داری نداشت بنابراین از آوردن جدول مقایسه میانگین آنها صرف نظر شد.

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا بر غلظت Chl b در جدول ۴-۴ آورده شده است. بیشترین غلظت Chl b در بسطام سطح آبیاری 100%WR و رقم های Q26 و Q29 و با میانگین $11/97 \text{ mgg}^{-1}\text{fw}$ بدست آمد. تیمارهای بسطام 100 % WR ، رقم Titicaca ، دامغان 100 % WR و رقم های Q26 و Q29 با میانگین $9/76 \text{ mgg}^{-1}\text{fw}$ در رتبه دوم قرار داشتند. با اعمال تنش ملایم (75%WR) و شدید (50 %WR) در هر دو مکان و هر سه رقم غلظت Chl b کاهش یافته بود اما این کاهش در مکان دامغان بیشتر بود. از جمله دلایلی که برای کاهش محتوی کلروفیل در شرایط تنش عنوان شده است می توان به تخریب غشاهای تیلاکوئیدهای کلروپلاست و اکسیداسیون نوری کلروفیل در اثر افزایش فعالیت ROS، افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز اشاره کرد (Huffaker et al., 1970)؛ کاهش غلظت کلروفیل در کینوا (Anaya et al, 2015)، گندم (سی و سه مرده و همکاران، ۱۳۸۳)، کلزا (Dawood and Sadak, 2014) تحت تنش خشکی گزارش شده است. کاهش غلظت Chl b بیشتر در مکان دامغان را می توان به درجه حرارت بالاتر و رطوبت نسبی کمتر به همراه اعمال محدودیت های آبی اعمال شده نسبت داد؛ البته رفتار ارقام در دامغان نیز در برابر این شرایط متفاوت بوده و رقم Titicaca غلظت Chl b بیشتری را نشان داده بود.

جدول ۴-۳ اثرات متقابل سطوح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا در دو سطح پرایمینگ را بر غلظت Chl b نشان می دهد. بیشترین غلظت Chl b در سطح آبیاری 100 % WR رقم Q26 با پرایمینگ و بدون پرایمینگ به ترتیب $11/38$ و $10/7 \text{ mgg}^{-1}\text{fw}$ و در 100 % WR رقم Q29 با پرایمینگ با میانگین $11/6 \text{ mgg}^{-1}\text{fw}$ مشاهده شد. با اعمال تنش ملایم (75 % WR) و شدید (50 % WR) در هر سه رقم غلظت Chl b کاهش یافته بود که این کاهش در تیمارهای با پرایمینگ کمتر بود. گزارش شده است

که تنش خشکی در گیاه کینوا سبب کاهش Chl a، Chl b و کارتنوئید به ترتیب ۷/۵۳٪، ۲۸٪ و ۱۷/۹۶٪ نسبت به آبیاری معمول شد (Elewa et al, 2017). از دست رفتن کلروفیل می‌تواند جنبه سازگاری داشته باشد چون با کاهش کلروفیل الکترون برانگیخته شده طی فتوسنتز کاهش یافته و بدنبال آن خسارت‌های ناشی از تشکیل رادیکال‌های آزاد اکسیژن کاهش می‌یابد (Kafi et al., 2009).

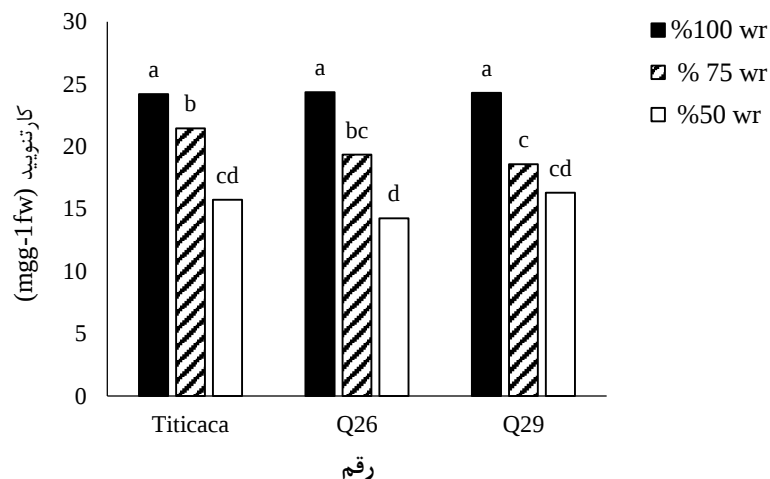
۴-۳ کارتنوئید

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۴-۱ نشان می‌دهد که میانگین مربعات ناشی از اثر آبیاری (I)، رقم (G) و پرایمینگ (P) (اثرات اصلی) بر غلظت کارتنوئید اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت. میانگین مربعات اثرات متقابل دو جانبه مکان در آبیاری و آبیاری در رقم و آبیاری در پرایمینگ بر غلظت کارتنوئید اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۴-۱). میانگین مربعات اثرات متقابل سه جانبه مکان در آبیاری در رقم، مکان در رقم در پرایمینگ و آبیاری در رقم در پرایمینگ بر غلظت کارتنوئید اثر معنی‌داری نشان داد (جدول ۴-۱).

شکل ۴-۶ مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در سه رژیم آبیاری را بر غلظت کارتنوئید نشان می‌دهد؛ همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین غلظت کارتنوئید در 100 % WR و هر سه رقم گیاه کینوا با میانگین ۲۴/۴۳ $\text{mg g}^{-1}\text{fw}$ مشاهده شد. با اعمال تنش ملایم (75 % WR) غلظت کارتنوئید کاهش یافته بود این کاهش در رقم Q29 با میانگین ۱۸/۵۹ بیشتر بود. در 50 % WR نیز غلظت کاهش بیشتری را نشان داد این کاهش در رقم Q26 با میانگین ۱۴/۲۵ $\text{mg g}^{-1}\text{fw}$ بیشتر بود. نتایج نشان می‌دهد که کاهش غلظت کارتنوئید در تنش ملایم و شدید در رقم Titicaca کمتر از دو رقم دیگر بود، که می‌توان این کاهش را به مقاومت بیشتر آن به تنش خشکی نسبت داد. کاهش میزان کاروتنوئیدها به‌عنوان یک عامل آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی مهم در مقابله با تنش اکسیداتیو می‌تواند نشان‌دهنده تخریب این دسته از رنگیزه‌های گیاهی در شدت‌های بالای تنش اکسیداتیو ناشی از تنش خشکی باشد

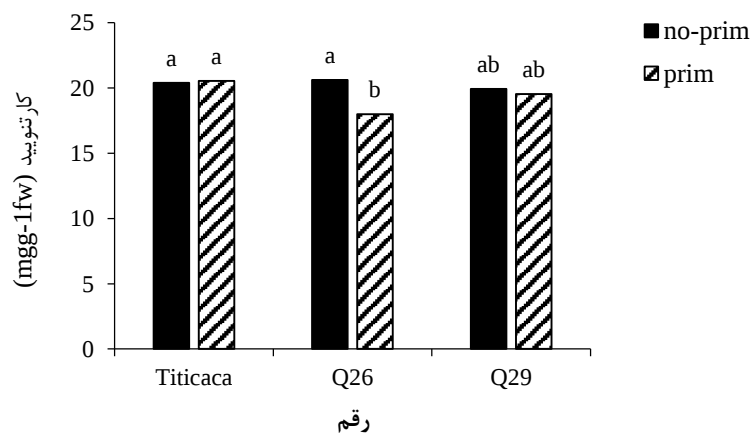
(Kafi et al, 2009). کاهش محتوی کارتنوئید در آفتابگردان تحت تنش خشکی (Manivannan et

al., 2007) و توت‌فرنگی نیز (Munne - Bosch et al., 2004) گزارش شده است.



شکل ۴-۶. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر غلظت کارتنوئید.

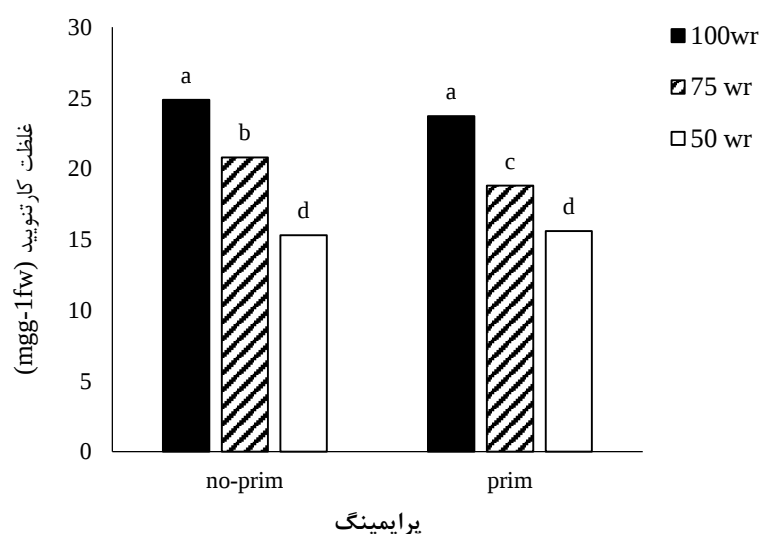
مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ در شکل ۴-۷ آورده شده است؛ رقم‌های Titicaca و Q29 بدون پرایمینگ و با پرایمینگ، رقم Q26 بدون پرایمینگ دارای بیشترین میزان کارتنوئید بودند. کارتنوئیدها آنتی‌اکسیدان‌های چربی دوست با وزن مولکولی کم در کلروپلاست هستند که غشاهای کلروپلاستی را در مقابل تنش اکسیداتیو محافظت می‌کنند (Ament et al, 2004).



شکل ۴-۷. مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر غلظت کارتنوئید.

کارتنوییدها می‌توانند به صورت مستقیم اکسیژن منفرد را غیرفعال کنند و یا از طریق فرو نشاندن کلروفیل برانگیخته شده، به صورت مستقیم از تشکیل اکسیژن منفرد جلوگیری کنند (Ament et al, 1994; Ashraf et al, 2004). بنابراین بالا بودن سطح آن در شرایط تنش مفید می‌باشد.

شکل ۴-۸ مقایسه میانگین اثر متقابل دو جانبه سطح آبیاری در پرایمینگ را بر غلظت کارتنویید نشان می‌دهد، نتایج این مقایسه حاکی از آن است که رژیم آبیاری ۱۰۰ % W R با و بدون پرایمینگ با میانگین حدود ۲۴/۲۹ mgg^{-1}fw بیشترین سطح کارتنویید را نشان داد. اما در تنش ملایم و شدید غلظت کارتنویید کاهش یافته بود این کاهش در رژیم آبیاری ۵۰ % WR با پرایمینگ و بدون پرایمینگ با میانگین ۱۵/۴۵ mgg^{-1}fw بیشتر بود. کاهش بیشتر غلظت کارتنویید در تیمارهای با پرایمینگ را می‌توان به تأثیر پرایمینگ به رشد رویشی بیشتر و محدود بودن آب قابل دسترسی نسبت داد. در یک بررسی بر دو رقم سیر تحت سطوح مختلف خشکی گزارش شده است که مقدار کارتنویید در تیمار ۸۰ % WR نسبت به تیمار ۱۰۰ % WR (تیمار شاهد)، کمی افزایش یافت اما با تشدید تنش خشکی به سطح ۶۰ % WR، مقدار کارتنوییدها به طور معنی‌داری کاهش یافته بود (اکبری و همکاران، ۱۳۹۵). آنها این کاهش غلظت کارتنوییدها را به اکسید شدن آن‌ها توسط اکسیژن فعال و تخریب ساختار آنها نسبت داده بودند.



شکل ۴-۸. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر غلظت کارتنویید.

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا بر غلظت کارتنوئید در جدول ۴-۴ آورده شده است. بیشترین غلظت کارتنوئید در مکان بسطام

جدول ۴-۴. مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان، رژیم آبیاری، رقم بر Chl b ، کارتنوئید و پرولین					
مکان	رژیم آبیاری	رقم	Chl b (mg/g FW)	کارتنوئید (mg/g FW)	پرولین (μmoles/g FW)
بسطام	100 % WR	Titicaca	۹/۸ b	۲۴/۵۵ abc	۴/۳ k
		Q26	۱۲/۲۳ a	۲۶/۴ a	۴/۱۳ k
		Q29	۱۱/۷ a	۲۵/۶ ab	۴/۲۲ k
	75 % WR	Titicaca	۷/۴ d	۲۰/۳ fg	۵/۷۲ h
		Q26	۸/۱ cd	۱۷/۷ h	۵/۲۷ ij
		Q29	۸/۶ c	۱۸/۷ gh	۵/۷۶ g
	50 % WR	Titicaca	۶/۸ de	۱۶/۵ h	۷/۸۹ bc
		Q26	۶/۴ de	۱۴/۸ i	۷/۳ d
		Q29	۶/۳ e	۱۵/۸ hi	۶/۹۲ ef
دامغان	100 % WR	Titicaca	۸/۸۵ c	۲۳/۸۵ bc	۵/۶ i
		Q26	۹/۸۷ b	۲۲/۳d ef	۶/۷ f
		Q29	۹/۶۵ b	۲۳/۰۵ cde	۵/۱۲ j
	75 % WR	Titicaca	۷/۰۲ d	۲۲/۶ def	۶/۷ f
		Q26	۷/۲ d	۲۱e fg	۷/۰۲ e
		Q29	۶/۶ e	۱۸/۵ h	۶/۹ e
	50 % WR	Titicaca	۶/۱ e	۱۵ i	۸/۸۳ a
		Q26	۵/۴ e	۱۳/۶ i	۷/۵۷ c
		Q29	۵/۳ e	۱۶/۷۵ h	۸/۲۷ b
LSD (5%)		۰/۷۸	۲/۳۵	۰/۴۶	

100 % W R و هر سه رقم با میانگین حدود $25/5 \text{ mgg}^{-1}\text{fw}$ مشاهده شد. با اعمال تنش ملایم و شدید در هر سه رقم و هر دو مکان، غلظت کارتنوئید کاهش یافت. کمترین غلظت کارتنوئید در مکان دامغان 50 % W R و رقم Q26 با میانگین $13/65 \text{ mgg}^{-1}\text{fw}$ مشاهده شد. کاهش سطح کارتنوئیدها را می توان به بالا بودن سطح گونه های فعال اکسیژن تحت تأثیر تنش خشکی ملایم و شدید در دو مکان نسبت داد. فعالیت های فتواکسیداتیو درون کلروپلاست در شدت بالای تنش خشکی می تواند منجر به آسیب

به غشاهای کلروپلاست و در نتیجه تخریب رنگیزه‌های مستقر بر روی این غشاها از جمله کارتنوئید شده باشد (Kannan and Kulandaivelu, 2011).

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ بر غلظت کارتنوئید در جدول ۴-۲ آورده شده است. غلظت کارتنوئید در مکان بسطام، در هر سه رقم در شرایط عدم پرایمینگ نسبت به ارقام مشابه در مکان دامغان بیشتر است، همچنین میزان کارتنوئید ارقام در مکان بسطام در شرایط عدم پرایمینگ نسبت به پرایمینگ بیشتر است. در مکان دامغان رقم Titicaca به همراه هیدروپرایمینگ و رقم Q29 به همراه هیدروپرایمینگ به ترتیب با میانگین ۲۲ و ۲۱ $\text{mg g}^{-1}\text{fw}$ بیشترین مقدار کارتنوئید بدست آمد. کمتر بودن غلظت کارتنوئید در مکان بسطام در هر سه رقم با پرایمینگ را می‌توان بهتر بودن شرایط محیطی در این مکان نسبت داد که نیاز گیاه را به کارتنوئید کمتر کرده بود. در مکان دامغان به دلیل سخت‌تر بودن شرایط محیطی از نظر رطوبت و درجه حرارت سبب ایجاد تنش بیشتری در گیاه شده بود بنابراین گیاه در جهت از بین بردن تنش میزان کارتنوئید را افزایش داده بود.

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (۴-۱) میانگین مربعات اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه سطح آبیاری در پرایمینگ بر غلظت کارتنوئید معنی‌دار نبود بنابراین از آوردن جدول تجزیه واریانس آن صرف‌نظر شد.

جدول ۴-۳ اثرات متقابل سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا در دو سطح پرایمینگ را بر غلظت کارتنوئید نشان می‌دهد بیشترین غلظت کارتنوئید در 100 % WR، رقم Titicaca با و بدون پرایمینگ، 100 % WR رقم Q26 بدون پرایمینگ، 100 % WR رقم Q29 با و بدون پرایمینگ با میانگین $24/68 \text{ mg g}^{-1}\text{fw}$ بدست آمد. با اعمال محدودیت آبیاری 75 %WR و 50 %WR در هر سه رقم بدون پرایمینگ و یا با پرایمینگ غلظت کارتنوئیدها کاهش یافته بود. این کاهش احتمالا ناشی از ایجاد شرایط تنش، تحت تأثیر محدودیت آبی در گیاه و اکسید شدن کارتنوئیدها در هنگام پالایش ROS بود. در هر دو سطح تنش ملایم و شدید غلظت کارتنوئید در رقم Titicaca کمتر کاهش یافته

بود. کاهش کمتر Chl a (جدول ۳-۴) ، Chl b (۳-۴) و کارتنوئید می‌تواند گویای سازگاری بیشتر این رقم به تنش خشکی باشد.

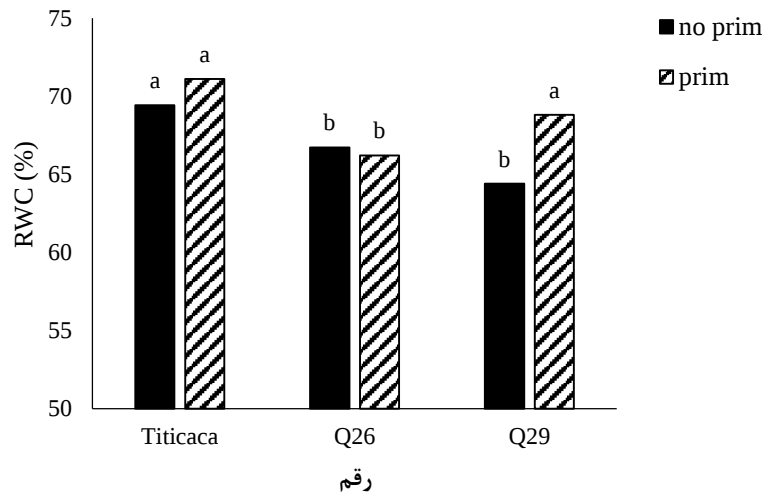
۴-۴ محتوای نسبی آب برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌های محتوای نسبی آب (RWC) در جدول ۱-۴ آورده شده است. میانگین مربعات ناشی از اثر مکان (L)، آبیاری (I)، رقم گیاه کینوا (G) و پرایمینگ (P) (اثرات اصلی) بر درصد RWC اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) نشان داد. میانگین مربعات ناشی از اثرات متقابل دو جانبه مکان در آبیاری، مکان در رقم، مکان در پرایمینگ و رقم در پرایمینگ بر درصد RWC اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۱-۴). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل سه جانبه مکان در آبیاری در پرایمینگ، مکان در رقم در پرایمینگ و نیز مکان در آبیاری در رقم در پرایمینگ بر درصد RWC معنی‌دار بود (جدول ۱-۴).

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (۱-۴) اثر متقابل رقم در آبیاری، پرایمینگ در آبیاری، مکان در آبیاری در رقم، مکان در آبیاری در پرایمینگ، و اثر متقابل آبیاری در رقم در پرایمینگ بر درصد RWC معنی‌دار نشد بنابراین از آوردن جدول مقایسه میانگین آن‌ها صرف‌نظر شد.

مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ بر درصد RWC در شکل ۴-۹ آورده شده است؛ بیشترین درصد RWC در رقم Titicaca با و بدون هیدروپرایمینگ، رقم Q29 و پرایمینگ مشاهده شد. نتایج حاکی از آن است که بیشتر تفاوت درصد RWC به توانایی ژنوتیپ‌ها مربوط می‌باشد. گزارش شده است که هرچه گیاه بتواند در شرایط تنش، آب بیشتری در بافت‌های خود حفظ کند، قدرت پروتوپلاسم در تحمل صدمات ناشی از خشکی بیشتر خواهد شد (Gan and Amasino, 1997). در ارقام گندم تحت سطوح مختلف تنش خشکی گزارش شده است که میزان کاهش RWC ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی بسیار کمتر از ژنوتیپ‌های حساس بوده است (Gan and Amasino, 1997). دلیل بالا بودن

RWC در ژنوتیپ متحمل به خشکی، ممکن است به علت وجود ساز و کارهای کاهش دهنده تلفات آب از روزنه‌ها (بسته‌تر شدن روزنه‌ها، افزایش غلظت شیره سلولی یا بدلیل جذب بیشتر آب از طریق توسعه ریشه) باشد (Ghorbani Javid et al., 2006).



شکل ۴-۹. مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر محتوای نسبی آب.

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ بر RWC در جدول ۴-۲ آورده شده است. بیشترین درصد RWC در مکان بسطام رقم Titicaca با پرایمینگ، دامغان رقم Titicaca با و بدون پرایمینگ، دامغان رقم Q26 با و بدون پرایمینگ، مکان دامغان رقم Q29 به همراه پرایمینگ مشاهده شد. نتایج نشان می‌دهد هر سه رقم در مکان دامغان با پرایمینگ و بدون پرایمینگ از نظر درصد RWC در وضعیت بهتری نسبت به بسطام قرار داشتند. البته رقم Titicaca در هر دو مکان RWC بالایی داشت. بهتر بودن وضعیت RWC در مکان دامغان را می‌توان به کمتر بودن LAI (شکل ۴-۳۳)، ارتفاع گیاه (شکل ۴-۲۷) و شاخه‌های فرعی (شکل ۴-۳۶) در گیاهان رشد یافته در این مکان که نیاز آبی آنها را کمتر می‌نماید نسبت داد. پایین آمدن RWC و کاهش تورژسانس در بافت‌های گیاهی می‌تواند اولین اثر تنش خشکی باشد که به طور طبیعی رشد سلول و اندازه نهایی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به طور کلی به نظر می‌رسد که تنظیم اسمزی یکی از مکانیزم‌های اصلی نگهداری فشار تورژسانس در بیشتر گونه‌های گیاهی برای جلوگیری از هدر دادن آب

است و همچنین باعث می‌شود تا جذب آب از طریق گیاه ادامه پیدا کند و فعالیت‌های متابولیکی حفظ شود (Pulvento et al, 2012).

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه رژیم آبیاری در پرایمینگ بر RWC در جدول ۴-۵ آورده شده است. بیشترین درصد RWC در مکان بسطام 100 % WR با پرایمینگ، دامغان 100 % WR با و بدون پرایمینگ با میانگین ۷۷/۰۳ درصد مشاهده شد که به نبود گیاه در شرایط تنش رطوبتی می‌توان نسبت داد. نتایج نشان می‌دهد اغلب در دو مکان با وجود تنش رطوبتی به همراه پرایمینگ کاهش کمتری در RWC مشاهده شد که می‌توان به مقاومت این گیاه به تنش خشکی نسبت داد.

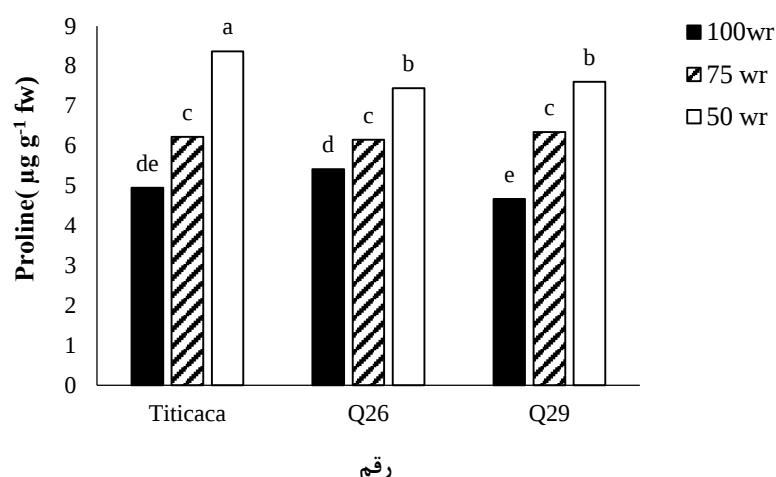
جدول ۴-۵. مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان، رژیم آبیاری، پرایمینگ بر محتوای نسبی آب و پرولین.

پرولین Proline($\mu\text{g g}^{-1}$ fw)	RWC (%)	پرایمینگ	رژیم آبیاری	مکان
۳/۸ f	۷۱/۴ ab	عدم پرایمینگ	100 % WR	بسطام
۴/۶۴ e	۷۶/۱ a	پرایمینگ	100 % WR	
۵/۵ d	۶۳/۹ cd	عدم پرایمینگ	75 % WR	
۵/۷ d	۶۹/۲ b	پرایمینگ	75 % WR	
۶/۶۵ c	۵۶/۹ cd	عدم پرایمینگ	50 % WR	
۸/۱ b	۵۵/۷۳ d	پرایمینگ	50 % WR	
۵/۷ d	۷۷/۵۵ a	عدم پرایمینگ	100 % WR	دامغان
۵/۹۴ d	۷۷/۴۴ a	پرایمینگ	100 % WR	
۶/۶ c	۶۹/۲ b	عدم پرایمینگ	75 % WR	
۷/۲ b	۶۷/۶ b	پرایمینگ	75 % WR	
۷/۶۴ b	۶۲/۱۲ c	عدم پرایمینگ	50 % WR	
۸/۸ a	۶۶/۱ bc	پرایمینگ	50 % WR	
۰/۴۶	۵/۳		LSD (5%)	

۴-۵ پرولین

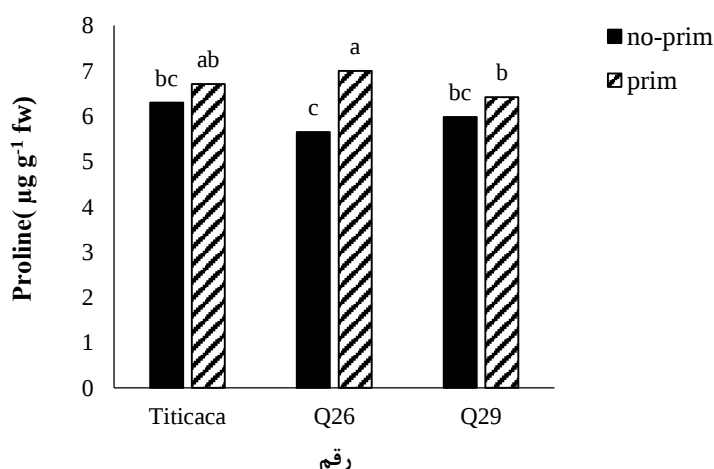
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۴-۱ آورده شده است. میانگین مربعات ناشی از اثر مکان (L)، آبیاری (I)، رقم (G) و پرایمینگ (C) (اثرات اصلی) بر غلظت پرولین اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) نشان داد. میانگین مربعات ناشی از اثرات متقابل دو جانبه مکان در آبیاری، مکان در رقم، آبیاری در رقم، آبیاری در پرایمینگ و رقم در پرایمینگ بر غلظت پرولین، اثر معنی‌داری نشان داد (جدول ۴-۱). نتایج تجزیه واریانس ناشی از اثرات متقابل سه جانبه مکان در آبیاری در رقم، مکان در آبیاری در پرایمینگ، مکان در رقم در پرایمینگ، آبیاری در رقم در پرایمینگ و نیز اثر متقابل چهار جانبه مکان در آبیاری در رقم در پرایمینگ بر غلظت پرولین اثر معنی‌داری نشان داد (جدول ۴-۱).

شکل ۴-۱۰ مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا بر غلظت پرولین در سه رژیم آبیاری را نشان می‌دهد همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین غلظت پرولین در 50 % WR و رقم Titicaca با میانگین $8/36 \mu\text{g g}^{-1}\text{fw}$ مشاهده شد و تیمارهای 50 % WR رقم‌های Q26 و Q29 با میانگین $7/51 \mu\text{g g}^{-1}\text{fw}$ در رتبه‌ی دوم قرار داشتند. افزایش غلظت پرولین با افزایش سطح تنش در هر سه رقم رخ داد و در رژیم آبیاری 100 % WR گیاه کمترین غلظت پرولین مشاهده شد، که این به نظر می‌رسد به دلیل نبودن گیاه در شرایط تنش طبیعی است. در بررسی اثر تنش خشکی بر میزان پرولین چهار رقم لوبیا و سه سطح تنش خشکی گزارش شده است که اثر متقابل تنش در رقم معنی‌دار بوده است. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش شدت تنش میزان پرولین در ارقام مختلف افزایش یافت این افزایش در ارقام متحمل‌تر بیشتر از ارقام حساس بود (بروجردنیا و هماران، ۱۳۹۵). ارقام با ساز و کار، کاراتر قادرند که باعث افزایش تجمع پرولین گشته و از طریق تنظیم اسمزی مقاومت خود را نسبت به تنش کم‌آبی افزایش دهند. همچنین پرولین به عنوان منبع نیتروژن و کربن برای گیاهان تحت تنش شدید عمل می‌کند و تحمل گیاه در برابر تنش را افزایش می‌دهد (Amini et al, 2015).



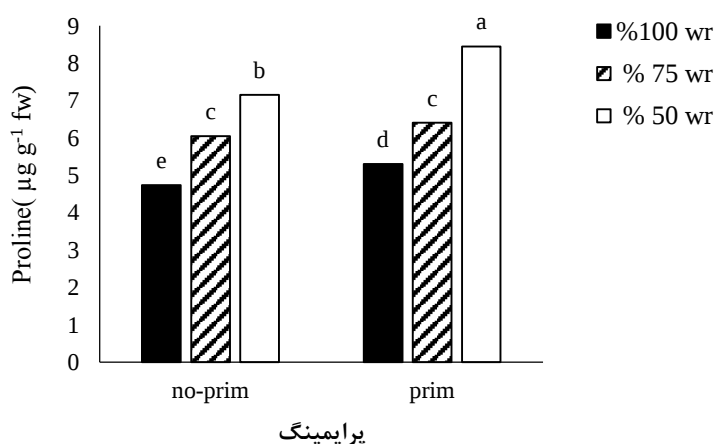
شکل ۴-۱۰. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر غلظت پرولین

مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ بر غلظت پرولین در شکل ۴-۱۱ آورده شده است؛ نتایج نشان می‌دهد که پرایمینگ در هر سه رقم سبب افزایش غلظت پرولین بیشتری شده بود. بیشترین غلظت پرولین در تیمارهای رقم Q26 با پرایمینگ، Titicaca با پرایمینگ با میانگین ۶/۸۵ $\mu\text{g g}^{-1}\text{fw}$ مشاهده شد. پرولین به عنوان یک محافظ اسمزی عمل کرده و مقاومت به تنش خشکی را القا می‌کند (Yamada et al, 2005). برخی از مطالعات، در کینوا (Sadaket al., 2019)، نخود (مفاخری و همکاران، ۱۳۹۵)، سورگوم دانه‌ای (آذری نصرآباد و همکاران، ۱۳۹۶) افزایش پرولین تحت تنش خشکی را گزارش نموده‌اند.



شکل ۴-۱۱. مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر غلظت پرولین.

شکل ۴-۱۲ مقایسه میانگین اثر متقابل دو جانبه سطح آبیاری در پرایمینگ بر غلظت پرولین را نشان می‌دهد همان‌طور که مشاهده می‌شود کمترین غلظت پرولین در تیمارهای 100 % WR با و بدون پرایمینگ بدست آمد با اعمال محدودیت آبیاری در 75 % WR و 50 % WR با پرایمینگ و بدون پرایمینگ غلظت پرولین روند صعودی نشان داد؛ که این افزایش اغلب در تیمارهای با پرایمینگ بیشتر بود. بیشترین غلظت پرولین در تیمار 50 % WR و پرایمینگ با میانگین $8/45 \mu\text{g g}^{-1}\text{fw}$ بدست آمد؛ که این افزایش را می‌توان به محدودیت دسترسی به آب و تنظیم پتانسیل اسمزی نسبت داد. کمتر بودن غلظت پرولین در 100 % WR طبیعی به نظر می‌رسد چون گیاه در شرایط تنش به سر نمی‌برد. در شرایط تنش خشکی، پرولین در حفظ پتانسیل اسمزی، حذف رادیکال‌های آزاد و ROS، حفاظت ماکرومولکول‌ها از دناتوره شدن، تنظیم pH سلولی نقش دارد (قربانلی و نیاکان، ۱۳۸۴). گزارش شده است که پرولین می‌تواند اثر منفی تنش آبی را بر تثبیت کربن اصلاح نماید (قربانلی و نیاکان، ۱۳۸۴).



شکل ۴-۱۲. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر غلظت پرولین.

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا بر غلظت پرولین در جدول ۴-۴ آورده شده است. بیشترین غلظت پرولین در دامغان رقم Titicaca 50 % WR، با میانگین $8/83 \mu\text{g g}^{-1}\text{fw}$ مشاهده شد. در هر دو مکان غلظت پرولین در هر دو سطح تنش افزایش یافته بود اما در مکان دامغان به دلیل کمتر بودن رطوبت نسبی هوا، بیشتر بودن درجه

حرارت به همراه تنش رطوبتی در خاک سبب افزایش دما در گیاه و ایجاد تنش شده، به دنبال آن غلظت پرولین بیشتر افزایش یافته بود. گزارش شده است که افزایش چشمگیر محتوی پرولین در هر دو لاین ترتیکاله تحت تنش خشکی نشان‌دهنده اهمیت این ترکیب در تنظیم فشار اسمزی در گیاه است (حسینی و همکاران، ۱۳۹۵). وقتی تنش خشکی افزایش می‌یابد پتانسیل اسمزی از طریق تجمع محلول‌های اسمزی سازگار از جمله پرولین در سیتوپلاسم افزایش می‌یابد (Kariola et al., 2005).

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ بر غلظت پرولین در جدول ۴-۲ آورده شده است. بیشترین غلظت پرولین در مکان دامغان رقم Q26 با پرایمینگ با میانگین $7/7 \mu\text{g g}^{-1}\text{fw}$ مشاهده شد. کمترین غلظت پرولین در بسطام رقم Q26 بدون پرایمینگ با میانگین $4/8 \mu\text{g g}^{-1}\text{fw}$ بدست آمد. افزایش پرولین در مکان دامغان نسبت به بسطام را می‌توان به شرایط محیطی دامغان از جمله درجه حرارت بالاتر، رطوبت نسبی کمتر و شدت تشعشع بیشتر نسبت داد و برتری رقم Q26 را می‌توان به توان پتانسیل ژنتیکی این رقم در تولید پرولین و تنظیم پتانسیل اسمزی در این شرایط نسبت داد.

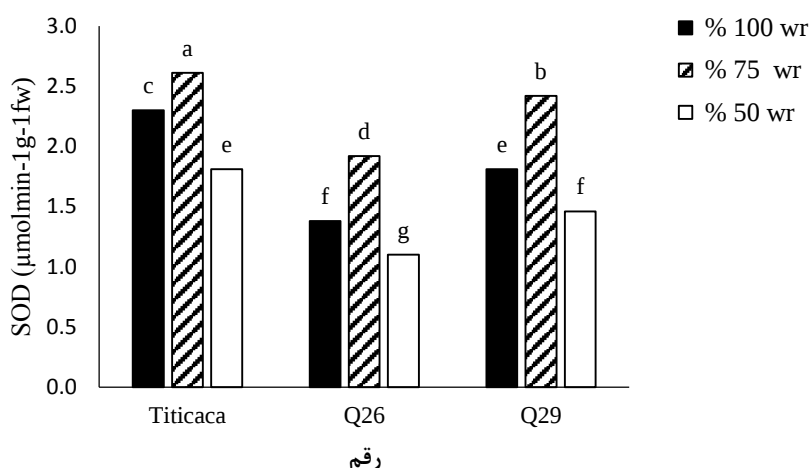
مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان در سه رژیم آبیاری و پرایمینگ بر غلظت پرولین در جدول ۴-۵ آورده شده است. کمترین غلظت پرولین در هر دو مکان در 100 % WR با پرایمینگ و بدون پرایمینگ بدست آمد که می‌توان به نبودن گیاه در شرایط تنش رطوبتی نسبت داد. بیشترین غلظت پرولین در مکان بسطام 50 % WR با هیدرو پرایمینگ، دامغان 50 % WR با هیدرو پرایمینگ با میانگین $8/45 \mu\text{g g}^{-1}\text{fw}$ بدست آمد. در هر دو مکان اعمال پرایمینگ در هر دو سطح تنش سبب افزایش غلظت پرولین شد. تجمع پرولین در گیاهان تحت تنش به واسطه سنتز پرولین سبب جلوگیری و یا کم شدن تخریب سلولی آن‌ها می‌شود. افزایش محتوی پرولین در شرایط تنش باعث محافظت غشای سلولی پروتئین‌ها، آنزیم‌های سیتوپلاسمی و مهار ROS می‌شود. بنابراین از جمله پاسخ‌های گیاهان در برابر تنش خشکی، افزایش سطح پرولین و القای فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌باشد (Liang et al, 2002). اثرات متقابل رژیم آبیاری در سه رقم گیاه کینوا در دو سطح پرایمینگ را بر

غلظت پرولین نشان می‌دهد بیشترین غلظت پرولین در رژیم آبیاری WR 50 % رقم Titicaca با و بدون پرایمینگ، WR 50 % رقم Q26 با پرایمینگ، WR 50% رقم Q29 با پرایمینگ با میانگین $8/28 \mu g g^{-1}fw$ بدست آمد. کمترین غلظت پرولین در هر سه رقم و WR 100 % با پرایمینگ و بدون پرایمینگ بدست آمد. گزارش شده است که محتوای پرولین در قسمت‌های رویشی گلرنگ در بذور هیدروپرایم شده تحت شرایط تنش و غیرتنش، افزایش یافت. هر چه میزان ظرفیت انباشتگی پرولین در گیاه تحت تنش بالا باشد ظرفیت بالاتری برای تنظیم اسمزی در تنش شدید دارد که به گیاه امکان می‌دهد که در شرایط سخت محیطی به جذب آب ادامه دهند (Ashrafi and Razmjou, 2010). در صورتی که گیاهان تحت تنش شدید قرار گیرند میزان پرولین بسیار کاهش می‌یابد این موضوع به دلیل آسیب‌های متابولیکی مخرب می‌باشد (Izadpanah and Calagari, 2014).

۴-۶ آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۴-۶ آورده شده است. میانگین مربعات ناشی از اثر مکان (L)، آبیاری (I)، رقم (G)، پرایمینگ (P) (اثرات اصلی) بر فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز (SOD) اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) نشان داد. میانگین مربعات ناشی از اثرات متقابل دو جانبه اثر آبیاری در رقم و آبیاری در پرایمینگ بر فعالیت آنزیم SOD، اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۴-۶). نتایج تجزیه واریانس جدول ۴-۶ نشان داد که میانگین مربعات ناشی از اثر متقابل سه جانبه آبیاری در رقم در پرایمینگ بر فعالیت آنزیم SOD اثر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد نشان داد (جدول ۴-۶).

شکل ۴-۱۳ مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در سه سطح آبیاری را بر فعالیت آنزیم SOD نشان می‌دهد؛ نتایج حاکی از آن است که با اعمال تنش WR 75 % در هر سه رقم فعالیت آنزیم افزایش یافته بود و بیشترین میزان فعالیت آنزیم SOD در رژیم آبیاری WR 75 % و رقم Titicaca با میانگین



شکل ۴-۱۳. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر فعالیت SOD.

۲/۶۱ $\mu\text{molmin}^{-1} \text{g}^{-1}\text{fw}$ بدست آمد؛ کمترین میزان فعالیت آنزیم در سطح آبیاری 50 % WR و رقم Q26 با میانگین $1/1 \mu\text{molmin}^{-1} \text{g}^{-1}\text{fw}$ مشاهده شده بود. در بررسی پنج ژنوتیپ نخود در سه سطح آبیاری و سه مدت زمان تنش، فعالیت آنزیم SOD افزایش یافته بود. با افزایش شدت تنش میزان فعالیت آنزیم SOD در بین پنج ژنوتیپ و سطوح مختلف تنش متفاوت بود. در تنش ملایم فعالیت آنزیم افزایش یافته بود اما در تنش شدید فعالیت آنزیم کاهش یافته بود که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. حبیبی و همکاران (Habibi et al, 2004) در بررسی نحوه فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در شرایط مزرعه در ۵ رقم آفتابگردان گزارش نمودند که فعالیت SOD در اثر تنش خشکی افزایش می‌یابد. افزایش فعالیت آنزیم می‌تواند به دلیل افزایش رادیکال O_2^- و یا اینکه یک مکانیسم دفاعی علیه تنش اکسیداتیو در گیاهان باشد (Mittler, 2002).

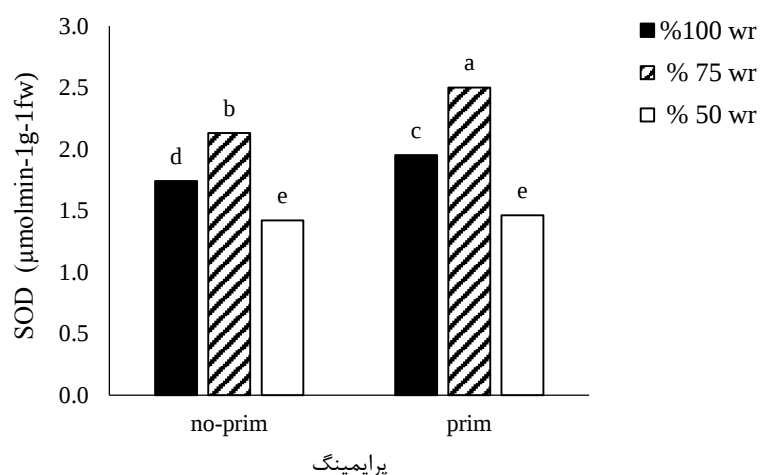
شکل ۴-۱۴ مقایسه میانگین اثر متقابل دو جانبه سطح آبیاری در پرایمینگ بر فعالیت آنزیم SOD را نشان می‌دهد نتایج شکل نشان می‌دهد که با اعمال تنش ملایم فعالیت آنزیم افزایش پیدا کرد و بیشترین میزان فعالیت آنزیم در تیمار 75 % WR با پرایمینگ بدست آمد. و تیمار 75 % WR بدون پرایمینگ در رتبه‌ی دوم قرار داشت. کمترین میزان فعالیت آنزیم در 50 % WR بدون پرایمینگ و با پرایمینگ

جدول ۴-۶ تجزیه واریانس اثر آبیاری، رقم، پرایمینگ و مکان، بر برخی شاخص های فیزیولوژیک در کینوا

میانگین مربعات					درجه آزادی	منبع تغییرات
MSI	MDA	APX	CAT	SOD		
۵۴۷/۸ **	۱۹۰ **	۷۳/۵ **	۰/۱۹ **	۵۳ **	۱	مکان
۳/۶	۳/۴۲	۰/۰۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۲	۶	بلوک در مکان
۴۸۹۹ **	۸۵۳ **	۱۰/۳۵ **	۱/۲۴ **	۹/۲ **	۲	آبیاری
۳/۹ n.s	۷/۸ **	۰/۰۰۰۰۱ n.s	۰/۰۳ **	۰/۰۰۲ n.s	۲	مکان در آبیاری
۲/۵	۲	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۱۲	خطای a
۱۲۴ **	۸/۸ **	۹/۷۲ **	۰/۰۶ **	۷/۵ **	۲	رقم
۲۲ **	۹/۴ **	۰/۰۰۰۰۱ n.s	۰/۵۹ **	۰/۰۰۵ n.s	۲	مکان در رقم
۶/۵ *	۶/۷۸ **	۰/۰۸ **	۰/۱۵ **	۰/۱ **	۴	آبیاری در رقم
۱۰/۴ **	۲/۹۵ **	۰/۰۰۰۱ n.s	۰/۳۸ **	۰/۰۱ n.s	۴	مکان در آبیاری در رقم
۷۹۷/۵ **	۱۰/۳ **	۲/۰۶ **	۰/۱ **	۱/۸ **	۱	پرایمینگ
۳۴/۵ **	۰/۱۷ n.s	۰/۰۰۰۰۱ n.s	۰/۱۶ **	۰/۰۱ n.s	۱	مکان در پرایمینگ
۱۳۷/۴ **	۲/۵ *	۰/۳۶ **	۰/۰۲ **	۰/۳۴ **	۲	آبیاری در پرایمینگ
۱۷/۴ **	۱۴/۲ **	۰/۰۰۰۰۱ n.s	۰/۰۷ **	۰/۰۱ n.s	۲	مکان در آبیاری در پرایمینگ
۱۱ **	۲/۷۴ n.s	۰/۱۳ **	۰/۰۵ **	۰/۱۳ n.s	۲	رقم در پرایمینگ
۲۱ **	۱/۲۴ n.s	۰/۰۰۰۰۱ n.s	۰/۰۳ **	۰/۰۲ n.s	۲	مکان در رقم در پرایمینگ
۶/۵ *	۲/۸۹ **	۰/۱۱ **	۰/۰۳۳ **	۰/۰۴ *	۴	آبیاری در رقم در پرایمینگ
۵۵/۴ **	۵/۳ **	۰/۰۰۰۰۱ n.s	۰/۰۴ **	۰/۰۲ n.s	۴	مکان در آبیاری در رقم در پرایمینگ
۲/۵	۰/۸	۰/۰۱	۰/۰۰۰۴	۰/۱۳	۹۰	خطای b
۲/۴	۵/۶	۳/۸	۴/۱۲	۶/۱	ضریب تغییرات (cv) %	

***، ** و n.s: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی داری

مشاهده شد. در بررسی ارقام گندم تحت تنش شوری گزارش شده است سطوح بالای تنش اسمزی بویژه ۱۲ بار بر فعالیت SOD عامل محدودکننده ای به شمار می آید. فعالیت کم آنزیم SOD کارایی چرخه مهلر را در کلروپلاست کاهش خواهد داد (Asada, 2000). کاهش کارایی این چرخه سبب افزایش شدت صدمات به بیومولکول های حیاتی می شود که آسیب به غشاها از مهمترین آنهاست. بعلاوه تجمع O_2^- ، فعالیت آنزیم های کاتالاز و آسکوربات پراکسیدازها را کاهش می دهد (Asada, 2000).



شکل ۴-۱۴. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر فعالیت SOD.

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس ۴-۶، میانگین مربعات اثر متقابل رقم در پرایمینگ، مکان در رژیم آبیاری در سه رقم گیاه کینوا، مکان در رژیم آبیاری در پرایمینگ، مکان در سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ بر فعالیت آنزیم SOD معنی‌دار نبود بنابراین از آوردن جدول تجزیه واریانس آنها خودداری شد.

جدول ۴-۷ اثرات متقابل سطوح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا در دو سطح پرایمینگ را بر فعالیت آنزیم SOD نشان می‌دهد. بیشترین میزان فعالیت آنزیم SOD در تیمارهای 75 % WR رقم Titicaca با پرایمینگ با میانگین $2/77 \mu\text{molmin}^{-1} \text{g}^{-1}\text{fw}$ مشاهده شد و 100 % WR رقم Titicaca با پرایمینگ و 75 % WR رقم Q29 بدون پرایمینگ با میانگین $2/53 \mu\text{molmin}^{-1} \text{g}^{-1}\text{fw}$ در رتبه دوم قرار داشتند. با افزایش سطح تنش از فعالیت آنزیم کاسته شده بود و این کاهش در رقم Q26 بیشتر بود. آنتی اکسیدان‌ها در حفظ تعادل اکسیداتیو سلول‌ها نقش بارزی را ایفا می‌کنند، زیرا این متابولیت‌ها توانایی واکنش مستقیم با ROS و پالایش آنها را دارند (Mittler, 2002; Sadak et al, 2019). کاهش فعالیت SOD در رقم Q26 با افزایش فعالیت برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله CAT و APX (جدول ۴-۷) می‌تواند جبران شود. اما زمانی که تنش شدید (50 % WR) اعمال شد بدنال آن تجمع ROS افزایش یافته سبب اکسیده شدن آنتی‌اکسیدان‌ها و کاهش فعالیت آنزیم‌ها در هر سه رقم شد.

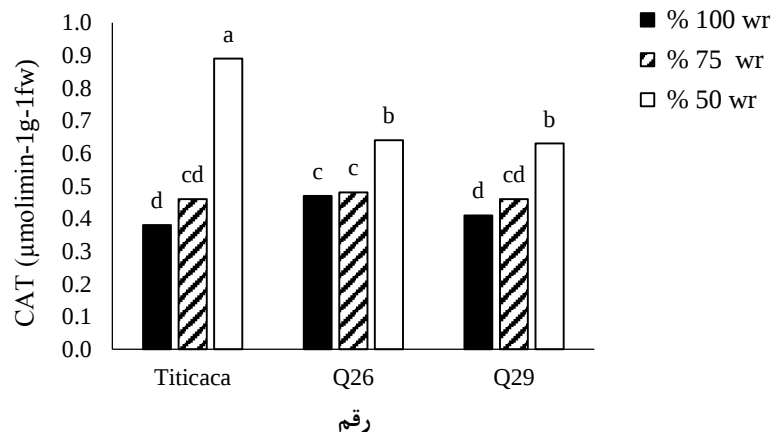
جدول ۴-۷. مقایسه میانگین اثرات متقابل رژیم آبیاری، رقم و پرایمینگ بر MD, APX, CAT, SOD و

MSI							
رژیم آبیاری	رقم	پرایمینگ	SOD ($\mu\text{molimin-1g-1fw}$)	CAT ($\mu\text{molimin-1g-1fw}$)	APX ($\mu\text{molimin-1g-1fw}$)	MDA ($\mu\text{mol g-1fw}$)	MSI (%)
100 % WR	Titicaca	عدم پرایمینگ	۲/۱۹ abc	۰/۴۴ d	۱/۸۷ fg	۱۲/۳۹ e	۷۸/۱ a
	Titicaca	پرایمینگ	۲/۴۱ abc	۰/۳۱ g	۱/۶۷ g	۱۱/۶۲ d	۷۷ a
	Q26	عدم پرایمینگ	۱/۲۸ d	۰/۴۷ e	۲/۸ c	۱۲/۳۳ e	۷۷/۴ ab
	Q26	پرایمینگ	۱/۴۸ cd	۰/۴۶ e	۲/۳۶ e	۱۲/۱۷ e	۷۴ ab
	Q29	عدم پرایمینگ	۱/۶۴ bcd	۰/۳۸ f	۲/۲۶ e	۱۰/۲ e	۷۷ ab
	Q29	پرایمینگ	۱/۹۷ abcd	۰/۴۵ e	۱/۷۷ fg	۱۱/۴ e	۷۳/۲ b
75 % WR	Titicaca	عدم پرایمینگ	۲/۴۵ ab	۰/۴۶ e	۲/۲۵ e	۱۴/۸ cd	۶۸/۷ c
	Titicaca	پرایمینگ	۲/۷۷ a	۰/۴۶ e	۱/۹۸ f	۱۶/۵ bc	۶۷/۳ c
	Q26	عدم پرایمینگ	۱/۷۵ abcd	۰/۵۳ d	۳/۲۶ b	۱۶/۲۲ c	۶۸/۶ c
	Q26	پرایمینگ	۲/۱ abcd	۰/۴۳ e	۳/۰۱ c	۱۷/۱۲ b	۶۴/۷ c
	Q29	عدم پرایمینگ	۲/۱۸ abc	۰/۴۷ e	۲/۸۱ c	۱۶/۱۲ bc	۶۶/۳ c
	Q29	پرایمینگ	۲/۶۵ a	۰/۴۳ e	۲/۴۴ d	۱۶/۷۷ bc	۶۱/۶ d
50 % WR	Titicaca	عدم پرایمینگ	۱/۷۳ bcd	۱ a	۲/۷۲ cd	۱۸/۶۲ ab	۶۱/۸۳ d
	Titicaca	پرایمینگ	۱/۸۹ abcd	۰/۷۷ b	۲/۵۴ d	۱۹/۹۲ a	۵۳/۴۵ ef
	Q26	عدم پرایمینگ	۱/۱۵ d	۰/۶۵ c	۳/۳۶ ab	۲۰/۸۵ a	۶۱ d
	Q26	پرایمینگ	۰/۹۶ d	۰/۶۳ c	۳/۶۲ a	۲۰/۱۴ a	۵۱/۱ f
	Q29	عدم پرایمینگ	۱/۳۸ d	۰/۶۵ c	۳/۱۲ b	۲۰ a	۵۷/۴۵ e
	Q29	پرایمینگ	۱/۵۵ cd	۰/۶۲ c	۲/۹۲ c	۲۱/۱ a	۴۹/۷ f
LSD (5%)			۱/۰۳	۰/۰۵	۰/۲۸	۲/۵	۴/۵

۴-۷ آنزیم کاتالاز

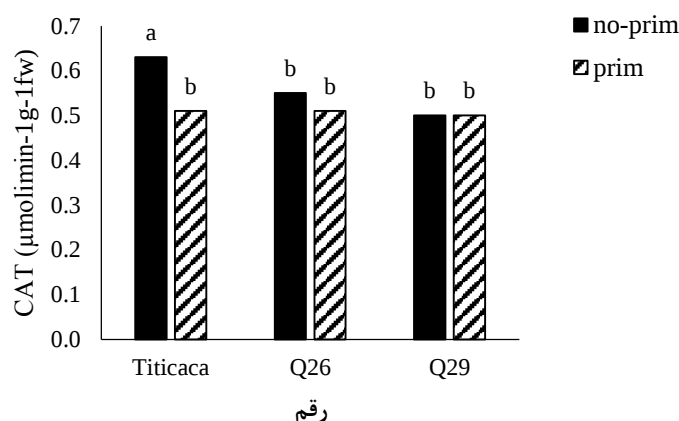
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۴-۶ آورده شده است. میانگین مربعات ناشی از اثر مکان (L)، آبیاری (I)، رقم (G) و پرایمینگ (P) (اثرات اصلی) بر فعالیت آنزیم CAT اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) نشان داد. میانگین مربعات ناشی از اثرات متقابل دو جانبه اثر مکان در آبیاری، مکان در رقم، مکان در پرایمینگ، آبیاری در رقم، آبیاری در پرایمینگ و رقم در پرایمینگ بر فعالیت آنزیم CAT، اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۴-۶). نتایج تجزیه واریانس ناشی از اثر متقابل سه جانبه مکان در آبیاری در رقم، مکان در آبیاری در پرایمینگ، مکان در رقم در پرایمینگ و آبیاری در رقم در پرایمینگ بر فعالیت آنزیم CAT اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۴-۶).

شکل ۴-۱۵ مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا بر CAT در سه رژیم آبیاری را نشان می‌دهد همان‌طور که مشاهده می‌شود شدت افزایش فعالیت آنزیم در هر سه رقم در 50 % WR بیشتر بود؛ بیشترین میزان فعالیت آنزیم CAT در 50 % WR و رقم Titicaca با میانگین $0.89 \mu\text{molmin}^{-1} \text{g}^{-1}$ ^{1fw} مشاهده شد و سطح آبیاری 50 % WR و رقم‌های Q26 و Q29 با میانگین $0.64 \mu\text{molmin}^{-1} \text{g}^{-1}$ ^{1fw} در مقام دوم قرار داشتند. فعالیت کمتر آنزیم در 100 % WR و 75 % WR احتمالاً به دلیل نیاز کمتر گیاه در این شرایط می‌باشد. با افزایش تنش در هر سه رقم فعالیت آنزیم افزایش یافته بود؛ در اغلب بررسی‌ها از کینوا به عنوان گیاهی مقاوم به خشکی یاد می‌شود (Simsek et al, 2011; Fghire, et al, 2015; Elewa, et al, 2017; Martinez et al, 2003; Mignone et al, 2007). در گیاهان مقاوم به شرایط تنش خشکی با فعال شدن فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی موجب کاهش میزان ROS های تولیدی درون گیاه می‌شوند و در نتیجه آسیب وارده به غشای سلولی و پراکسیداسیون لیپیدها کاهش می‌یابد (Elewa, et al, 2017).



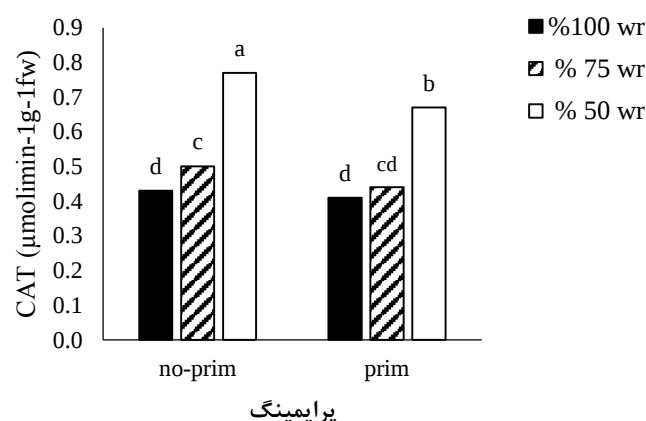
شکل ۴-۱۵. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر فعالیت CAT.

مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ بر فعالیت آنزیم CAT در شکل ۴-۱۶ آورده شده است؛ بیشترین میزان فعالیت آنزیم CAT در رقم Titicaca بدون پرایمینگ مشاهده شد. حساسیت، بالای فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در ژنوتیپ‌های یک گیاه می‌تواند ناشی از مقاومت بیشتر آن ژنوتیپ به تنش خشکی باشد.



شکل ۴-۱۶. مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر فعالیت CAT.

شکل ۴-۱۷ مقایسه میانگین اثر متقابل دو جانبه رژیم آبیاری در پرایمینگ بر فعالیت CAT را نشان می‌دهد نتایج نشان می‌دهد که کمترین سطح فعالیت آنزیم در 100 % WR بدست آمد با اعمال رژیم آبیاری 50 % WR فعالیت آنزیم به شدت افزایش پیدا کرد و به بیشترین سطح خود در تیمار 50 % WR بدون پرایمینگ با میانگین $0.77 \mu\text{molmin}^{-1} \text{g}^{-1}\text{fw}$ رسید و تیمار 50 % WR با پرایمینگ با میانگین $0.67 \mu\text{molmin}^{-1} \text{g}^{-1}\text{fw}$ در مقام دوم قرار داشت. افزایش فعالیت آنزیمی بیان‌گر افزایش فعالیت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی است که مانع تجمع سطوح بالای ROS در اندام‌های فتوسنتزکننده می‌شود (Daei et al, 2012).



شکل ۴-۱۷. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر فعالیت CAT.

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا بر فعالیت CAT در جدول ۴-۸ آورده شده است. نتایج جدول نشان می‌دهد که با افزایش سطح تنش فعالیت آنزیم افزایش پیدا کرد. بیشترین میزان فعالیت CAT در مکان دامغان 50 % WR رقم Titicaca با میانگین $1/1 \text{ g}^{-1}\text{fw}^{-1} \mu\text{molmin}^{-1}$ مشاهده شد. کمترین میزان آن در سطح آبیاری 100 % WR و 75 % WR و هر سه رقم مشاهده شد. فعالیت آنزیم CAT در این بررسی با نتایج گیاه لوبیا چشم‌بلبلبی (مفاخری و همکاران، ۱۳۹۵) سه رقم لوبیا (Saglam et al., 2011) و سه رقم ارزن دم-روباهی (خزاعی و همکاران، ۱۳۹۷) تحت تنش خشکی مطابقت دارد. لاتا و همکاران (Lata et al., 2011) اظهار داشتند که پتانسیل ژنتیکی ژنوتیپ‌ها از نظر سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی در مقاومت به تنش خشکی مؤثر است.

جدول ۴-۸. مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان، رژیم آبیاری و رقم بر CAT، MDA و MSI

MSI (%)	MDA (μmiol g-1fw)	CAT (μmolimin-1g-1fw)	رقم	رژیم آبیاری	مکان
۷۹/۱ a	۱۲/۲ g	۰/۳۷ fg	Titicaca	100 % WR	بسطام
۷۸/۴۵ a	۱۳/۱ ef	۰/۵۲ e	Q26		
۷۷/۸ a	۱۲/۱ g	۰/۴۵ f	Q29		
۶۸/۶ b	۱۷/۲۲ cd	۰/۴۶ f	Titicaca	75 % WR	
۶۹/۳ c	۱۷/۹ c	۰/۵ e	Q26		
۶۵/۹ c	۱۸/۲۲ bc	۰/۴۹ ef	Q29		
۶۰/۸۲ e	۱۹/۸ b	۰/۶۲ d	Titicaca	50 % WR	دامغان
۵۹/۲ e	۲۲/۱ a	۰/۸ c	Q26		
۵۴/۷ f	۲۲/۹ a	۰/۹۲ b	Q29		
۷۶/۱۲ a	۱۱/۸ g	۰/۳۸ f	Titicaca	100 % WR	
۷۲/۹ b	۱۱/۴۲ g	۰/۴۱e f	Q26		
۷۲/۴۳ b	۹/۵ h	۰/۳۸ f	Q29		
۶۷/۴۴ c	۱۴/۰۵ f	۰/۴۶ e	Titicaca	75 % WR	
۶۴ d	۱۵/۴۵ d	۰/۴۶ e	Q26		
۶۲ de	۱۴/۷ e	۰/۴۲e f	Q29		
۵۵/۵ f	۱۸/۷۴ bc	۱/۱۴ a	Titicaca	50 % WR	
۵۲/۸۶ f	۱۹ bc	۰/۴۷ e	Q26		
۵۲/۴ f	۱۸/۲ bc	۰/۳۴ g	Q29		
۳/۱۹	۱/۸	۰/۰۴	LSD (5%)		

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ بر فعالیت آنزیم CAT در جدول ۴-۹ آورده شده است. بیشترین میزان فعالیت آنزیم در دامغان رقم Titicaca بدون پرایمینگ با میانگین $0.78 \mu\text{molmin}^{-1} \text{g}^{-1}\text{fw}$ بدست آمد. کمترین میزان فعالیت آنزیم در دامغان رقم Q29 با پرایمینگ $0.35 \mu\text{molmin}^{-1} \text{g}^{-1}\text{fw}$ بدست آمد. گزارش شده است که آنزیم CAT با بالاترین فعالیت می‌تواند به عنوان شاخص مهم مقاومت به تنش باشد. این افزایش فعالیت آنزیمی مقاومت بالایی را در گیاه تحت تیمار خشکی القا می‌کند (ترکش اصفهانی و همکاران، ۱۳۹۶).

جدول ۴-۹. مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان، رقم و پرایمینگ بر CAT و MSI

مکان	رقم	پرایمینگ	CAT ($\mu\text{molimin-1g-fw}$)	MSI (%)
بسطام	Titicaca	عدم پرایمینگ	۰/۴۹ e	۷۱/۲ ab
	Titicaca	پرایمینگ	۰/۴۸ e	۶۷/۸ c
	Q26	عدم پرایمینگ	۰/۶۲ bc	۷۲/۹ a
	Q26	پرایمینگ	۰/۶ c	۶۵/۱۵ d
	Q29	عدم پرایمینگ	۰/۵۹ c	۶۹/۷ b
	Q29	پرایمینگ	۰/۶۵ b	۶۲/۶ ef
دامغان	Titicaca	عدم پرایمینگ	۰/۷۸ a	۶۸/۵ bc
	Titicaca	پرایمینگ	۰/۵۴ d	۶۴/۱۳ de
	Q26	عدم پرایمینگ	۰/۴۸ e	۶۵/۱۳ de
	Q26	پرایمینگ	۰/۴۲ f	۶۱/۳ f
	Q29	عدم پرایمینگ	۰/۴۱ f	۶۴/۱ e
	Q29	پرایمینگ	۰/۳۵ g	۶۰/۴ f
LSD (5%)			۰/۰۳	۲/۶

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه سطح آبیاری و پرایمینگ بر فعالیت آنزیم CAT در جدول ۴-۱۰ آورده شده است. نتایج نشان می‌دهد کمترین میزان فعالیت آنزیم در 100 % WR هر دو مکان مشاهده شد. با اعمال تنش ملایم و شدید فعالیت آنزیم افزایش یافت. بیشترین میزان فعالیت آنزیم CAT در مکان بسطام 50 % WR با پرایمینگ، مکان دامغان 50 % WR عدم پرایمینگ با میانگین $0.8 \mu\text{molmin}^{-1} \text{g}^{-1}\text{fw}$ مشاهده شد. در تیمارهای تحت تنش خشکی به علت ممانعت از بازشدن روزنه‌ها، مقدار جذب CO_2 کاهش می‌یابد، انرژی داخلی افزایش یافته، ظرفیت

انتقال ترکیب را خواهیم داشت که الکترون فتوسنتز به طرف تجمع می رود و به دنبال آن افزایش غلظت ROS اتفاق می افتد، گیاه سیستم آنتی اکسیدانی خود از جمله SOD، CAT، POX و GPX را در جهت پالایش ROS را افزایش می دهد. گزارش شده است که فعالیت آنتی اکسیدان راهکاری برای سازگاری کلی گیاهان برای غلبه بر تنش های اکسیداتیو است (خزاعی و همکاران، ۱۳۹۷؛ عبدلی و همکاران، ۱۳۹۲).

جدول ۴-۱۰. مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان، رژیم آبیاری و پرایمینگ بر CAT.

MSI و MDA					
مکان	رژیم آبیاری	پرایمینگ	CAT ($\mu\text{mol min}^{-1}\text{g}^{-1}\text{fw}$)	MDA ($\mu\text{mol g}^{-1}\text{fw}$)	MSI (%)
بسطام	100 % WR	عدم پرایمینگ	۰/۴۴ de	۹ de	۷۹/۸ a
	100 % WR	پرایمینگ	۰/۴۶ cd	۱۲ e	۷۷/۱ b
	75 % WR	عدم پرایمینگ	۰/۵ c	۱۷ c	۷۰/۰۵ c
	75 % WR	پرایمینگ	۰/۴۶ cd	۱۸/۵۵ c	۶۵/۹ d
	50 % WR	عدم پرایمینگ	۰/۷۵ b	۲۰/۸۴ b	۶۳/۹۳ d
	50 % WR	پرایمینگ	۰/۸۱ a	۲۲/۳۲ a	۵۲/۶۱ f
دامغان	100 % WR	عدم پرایمینگ	۰/۴۲ e	۱۰/۳ f	۷۵/۳ b
	100 % WR	پرایمینگ	۰/۳۶ f	۱۱/۵۴ ef	۷۲/۳۵ c
	75 % WR	عدم پرایمینگ	۰/۴۷ cd	۱۴/۴ de	۶۵/۶ d
	75 % WR	پرایمینگ	۰/۴۲ e	۱۵ d	۶۳/۳ d
	50 % WR	عدم پرایمینگ	۰/۷۸ ab	۱۸/۸۱ c	۵۶/۹۳ e
	50 % WR	پرایمینگ	۰/۵۳ c	۱۸/۸۴ c	۵۰/۲ f
LSD (5%)			۰/۰۳	۱/۴۷	۲/۶

جدول ۴-۷ اثرات متقابل سطوح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا در دو سطح پرایمینگ را بر فعالیت CAT نشان می دهد. در 100 % WR و 75 % WR هر سه رقم با پرایمینگ و یا بدون پرایمینگ میزان فعالیت آنزیم CAT پایین بود. با اعمال تنش 50 % WR میزان فعالیت آنزیم افزایش پیدا کرد. بیشترین میزان فعالیت آنزیم در 50 % WR رقم Titicaca بدون پرایمینگ با میانگین $1 \mu\text{mol min}^{-1} \text{g}^{-1}\text{fw}$ بدست آمد و تیمار 50 % WR رقم Titicaca با پرایمینگ با میانگین $0/77 \mu\text{mol min}^{-1} \text{g}^{-1}\text{fw}$ در رتبه دوم قرار داشت. افزایش سطح فعالیت آنزیم CAT در گیاه کینوا (Sadak et al., 2019) و دو رقم برنج (Abdelgawa et al 2014) تحت اثر تنش خشکی گزارش شده است. سطوح بالاتر فعالیت آنزیم ممکن

است ناشی از مقاومت بالای این گیاه به تنش خشکی باشد که در شرایط تنش شدید احتمالاً H_2O_2 بیشتری پالایش می‌شود. هرچند میزان این فعالیت، بسته به حساسیت ارقام مختلف و همچنین پتانسیل ژنتیکی گونه‌های مختلف، متفاوت است (Patel et al, 2012).

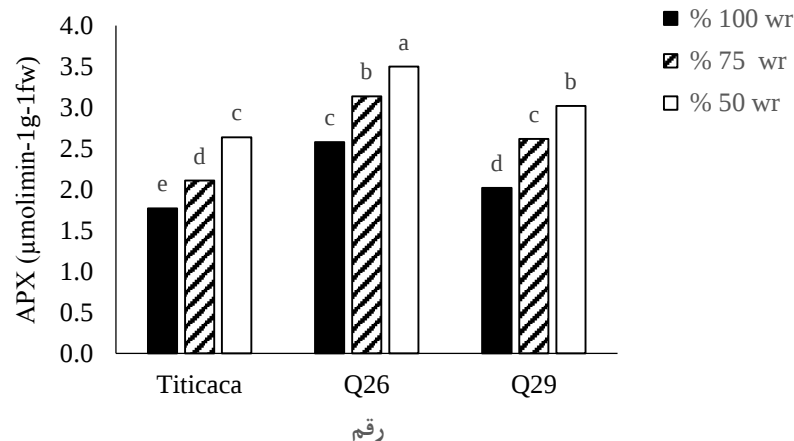
۸-۴ آنزیم آسکورات پراکسیداز

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۴-۶ آورده شده است. میانگین مربعات ناشی از اثر مکان (L)، آبیاری (I)، رقم (G) و پرایمینگ (P) (اثرات اصلی) بر فعالیت آنزیم APX اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) نشان داد. میانگین مربعات ناشی از اثرات متقابل دو جانبه آبیاری در رقم، آبیاری در پرایمینگ و رقم در پرایمینگ بر فعالیت آنزیم APX، اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۴-۶).

نتایج تجزیه واریانس ناشی از اثر متقابل آبیاری در رقم در پرایمینگ بر فعالیت آنزیم APX اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۴-۶).

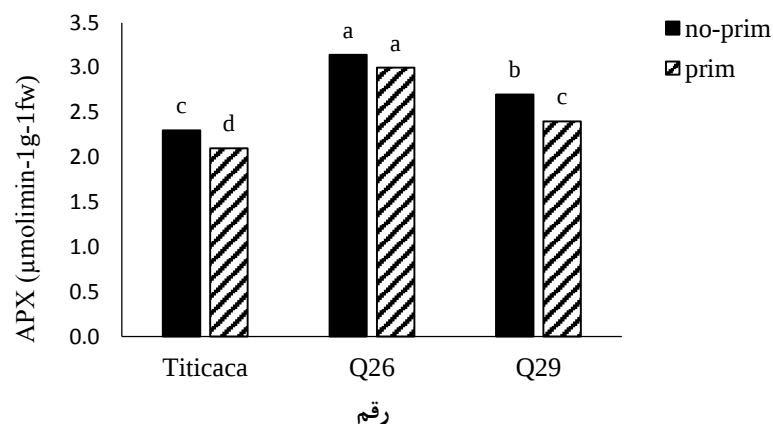
شکل ۴-۱۸ مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در سه رژیم آبیاری را بر فعالیت APX نشان می‌دهد همان‌طور که مشاهده می‌شود در بین هر سه رقم کمترین میزان فعالیت آنزیم در 100 % WR مشاهده شد. با اعمال رژیم آبیاری 75 % WR فعالیت آنزیم روند افزایشی نشان داد که این افزایش در رقم Q26 بیشتر بود؛ با اعمال رژیم آبیاری 50 % WR فعالیت آنزیم در هر سه رقم بشدت افزایش یافت و بیشترین میزان فعالیت آنزیم APX در سطح آبیاری 50 % WR و رقم Q26 با میانگین ۳/۵ $\mu\text{molmin}^{-1} \text{g}^{-1}\text{fw}$ مشاهده شد. کمترین میزان فعالیت آنزیم در هر سه سطح تنش در رقم Titicaca مشاهده شده بود. کم بودن فعالیت آنزیم در رقم Titicaca می‌تواند بر اثر کم بودن ROS در این تیمار باشد که در نهایت فعالیت آنزیم را کاهش داده است. افزایش فعالیت آنزیم APX در بررسی پنج ژنوتیپ نخود تحت تأثیر سه سطح تنش خشکی گزارش شده است به‌طوری‌که میزان فعالیت APX در شاهد

(100 % WR) کمترین سطح بود و در سطح تنش 65 % WR بیشترین میزان فعالیت آنزیم مشاهده شده بود (منصوری فر و همکاران، ۱۳۹۱). افزایش فعالیت آنزیم APX در سه ژنوتیپ ارزن دم روباهی (خزاعی و همکاران، ۱۳۹۷)، چند ژنوتیپ لوبیا چشم‌بلبلی (مفاخری و همکاران، ۱۳۹۵) و در برنج (Sharma and Dubey, 2005) نیز گزارش شده است.



شکل ۴-۱۸. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر فعالیت APX.

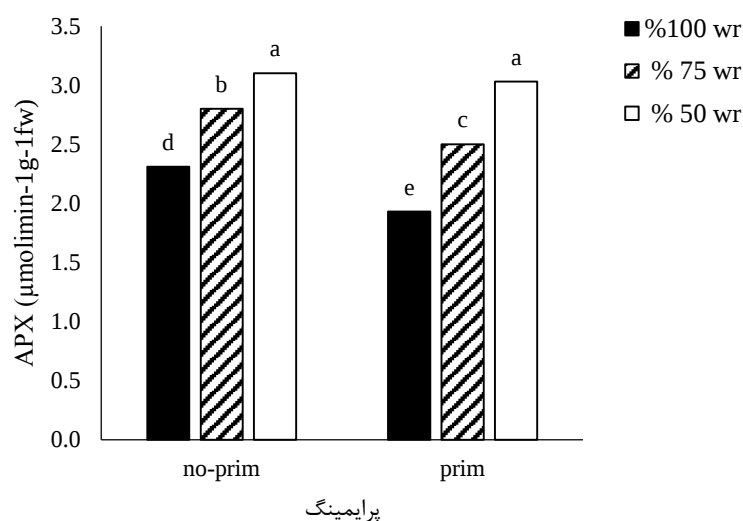
مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ بر فعالیت آنزیم APX در شکل ۴-۱۹ آورده شده است؛ در بین سه رقم تیمار پرایمینگ بر فعالیت آنزیم نتایج متفاوتی داشت. در رقم Titicaca با پرایمینگ و بدون پرایمینگ فعالیت آنزیم در کمترین سطح بود. در رقم Q26 بدون پرایمینگ و با



شکل ۴-۱۹. مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر فعالیت APX.

پرایمینگ تفاوتی از نظر فعالیت آنزیم مشاهده نشد و هر دو تیمار با هم بیشترین فعالیت آنزیم را نشان دادند. در رقم Q29 با پرایمینگ فعالیت آنزیم کاهش یافته بود. کم بودن فعالیت آنزیم در رقم Titicaca می‌تواند بدلیل کمتر بودن میزان ROS و نیز بالا بودن MSI (شکل ۴-۲۴) در این تیمارها باشد. افزایش فعالیت آنزیم‌های APX و CAT در شرایط تنش نشان‌دهنده این است که این آنزیم‌ها نقش کلیدی در پاک‌سازی H_2O_2 دارند (Mittler, 2002).

شکل ۴-۲۰ مقایسه میانگین اثر متقابل دو جانبه سطح آبیاری در پرایمینگ بر فعالیت APX را نشان می‌دهد نتایج حاکی از آن است که کمترین سطح فعالیت آنزیم در 100% WR با پرایمینگ بدست آمد. با اعمال رژیم آبیاری 75 % WR و 50 % WR فعالیت آنزیم افزایش پیدا کرد و به بیشترین سطح خود در تیمارهای 50 % WR بدون پرایمینگ و با پرایمینگ با میانگین $3/2 \mu\text{molmin}^{-1} \text{g}^{-1}\text{fw}$ رسید. عبدی و پاک‌نیت (Abdi and Pakniyat, 2010) گزارش کردند که تیمار خشکی سبب افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های CAT، APX، GPX و SOD به ترتیب به میزان ۸۱/۹۱٪، ۴۸/۸۴٪، ۳۳/۶۳٪ و ۲۶/۴۱٪ در مقایسه با شاهد شد. میزان فعالیت آنزیم APX تحت تنش توانایی بالای این آنزیم را در سمیت‌زدایی H_2O_2 نشان می‌دهد (Abdi and Pakniyat, 2010).



شکل ۴-۲۰. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر فعالیت APX.

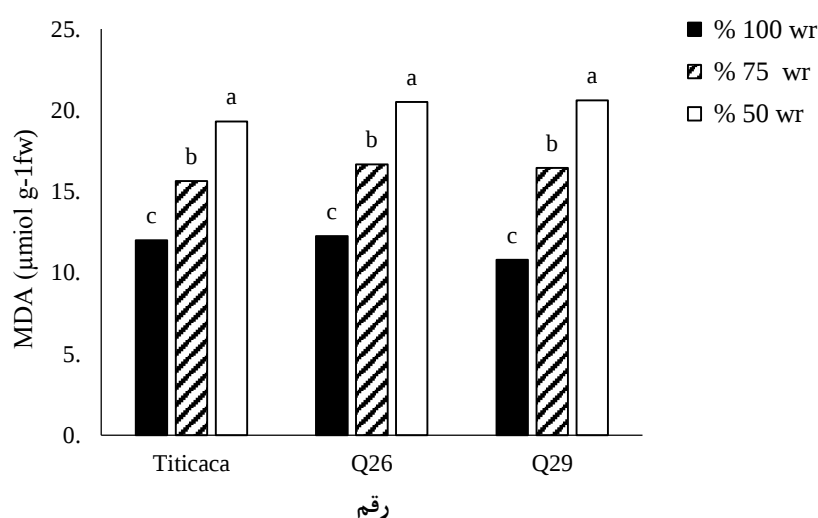
جدول ۴-۷ اثرات متقابل سطوح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا در دو سطح پرایمینگ را بر فعالیت آنزیم APX نشان می‌دهد. در 100 % WR هر سه رقم با پرایمینگ و یا بدون پرایمینگ کمترین میزان فعالیت آنزیم APX را نشان دادند. با اعمال تنش 75 % WR و 50 % WR میزان فعالیت آنزیم افزایش پیدا کرده بود اما شدت افزایش فعالیت آنزیم در 50 % WR بیشتر بود. بیشترین میزان فعالیت آنزیم در 50 % WR رقم Q26 عدم پرایمینگ، 50 % WR رقم Q26 با پرایمینگ با میانگین $3/49 \mu\text{molmin}^{-1} \text{g}^{-1}\text{fw}$ بدست آمد. سه رقم از نظر فعالیت آنزیمی متفاوت بودند و میزان تغییرات فعالیت آنها، نشان-دهنده توانایی مهار تنش اکسیداتیو آنها می‌باشد. افزایش فعالیت آنزیمی بیانگر افزایش فعالیت سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی است که مانع تجمع سطوح بالای گونه‌های فعال اکسیژن در اندام‌های فتوسنتزکننده می‌شود (Assada, 2000). گزارش شده است که توجه به میزان پراکسیداسیون لیپید و ارزیابی فعالیت آنزیم CAT و APX در تشخیص مقاومت به خشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Lata et al, 2011).

۴-۹ غلظت مالون دی آلدئید

نتایج تجزیه واریانس داده‌های غلظت مالون دی آلدئید (MDA) در جدول ۴-۶ آورده شده است. میانگین مربعات ناشی از اثر مکان (L)، آبیاری (I)، سه رقم گیاه کینوا (G) و پرایمینگ (P) (اثرات اصلی) بر غلظت MDA اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) نشان داد. میانگین مربعات ناشی از اثرات متقابل دو جانبه مکان در آبیاری، مکان در رقم، آبیاری در رقم و آبیاری در پرایمینگ بر غلظت MDA اثر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد داشت (جدول ۴-۶).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل سه جانبه مکان در آبیاری در رقم، مکان در آبیاری پرایمینگ، آبیاری در رقم در پرایمینگ و نیز اثر مکان در آبیاری در رقم در پرایمینگ بر غلظت MDA اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۴-۶).

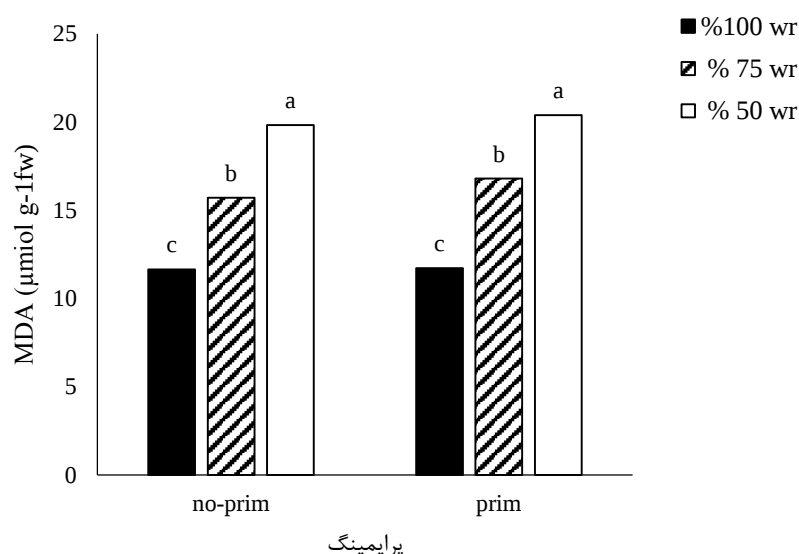
شکل ۴-۲۱ مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در سه رژیم آبیاری را بر MDA نشان می‌دهد همان‌طور که مشاهده می‌شود کمترین غلظت MDA در هر سه رقم و 100 % WR مشاهده شد که می‌توان به نداشتن محدودیت آبی نسبت داد، با اعمال رژیم آبیاری 75 % WR در هر سه رقم غلظت MDA افزایش یافت و در یک سطح آماری قرار گرفته بودند. بیشترین غلظت MDA در 50 % WR و هر سه رقم با میانگین $20/13 \text{ nmol g}^{-1} \text{ fw}$ مشاهده شد. در اثر اعمال محدودیت‌های آبیاری در 75 % WR و 50 % WR، تولید ROS افزایش یافت با وجود افزایش فعالیت آنزیم‌های SOD، CAT و APX (شکل‌های ۴-۱۳، ۴-۱۵ و ۴-۱۸) به نظر می‌رسد میزان ROS تولیدی بیشتر بوده که سبب اکسیده شدن آنتی‌اکسیدان‌ها، تجزیه رنگیزه‌ها، صدمه دیدن غشاهای سلولی، افزایش نشت‌پذیری الکترولیت‌ها و افزایش غلظت MDA شده است. افزایش غلظت MDA تحت تأثیر تنش خشکی در گیاه کینوا (Sadak et al, 2019)، لوبیای چشم‌بلبلی (مفاخری و همکاران، ۱۳۹۵) و ارزن دو روباهی (خزاعی و همکاران، ۱۳۹۵) گزارش شده است.



شکل ۴-۲۱. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر غلظت MDA.

شکل ۴-۲۲ مقایسه میانگین اثر متقابل دو جنبه رژیم آبیاری در پرایمینگ را بر غلظت MDA نشان می‌دهد همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد کمترین غلظت MDA در 100 % WR بدون پرایمینگ و

WR 100 % با پرایمینگ با میانگین $11/69 \text{ nmol g}^{-1} \text{ fw}$ مشاهده شد؛ با اعمال رژیم آبیاری 75 % WR غلظت MDA در هر دو تیمار WR 75 % و بدون پرایمینگ، WR 75 % و با پرایمینگ با میانگین $16/26 \text{ nmol g}^{-1} \text{ fw}$ افزایش یافته و در رتبه دوم قرار گرفت. بیشترین غلظت MDA در تیمارهای 50 % WR با پرایمینگ و بدون پرایمینگ با میانگین $20/2 \text{ nmol g}^{-1} \text{ fw}$ بدست آمد. در شرایط تنش خشکی، کاهش فتوسنتز باعث انتقال انرژی جذب شده‌ی نور خورشید به اکسیژن شده و در نتیجه باعث افزایش میزان تولید ROS و در نهایت افزایش تولید MDA شده است (Campos et al., 2003). محدودیت‌های آبیاری سبب افزایش فعالیت ROS و بروز صدماتی مثل اکسید شدن لیپیدها و تغییر ساختار غشا و از هم پاشیدگی یکپارچگی آن و تغییر ساختار پروتئین‌ها، غیرفعال شدن آنزیم‌ها افزایش نشت الکترولیت‌ها و غلظت MDA می‌باشد (Sairame and Sirvastava, 2001).



شکل ۴-۲۲. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر غلظت MDA.

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا بر غلظت MDA در جدول ۴-۸ آورده شده است. بیشترین غلظت MDA در بسطام 50 % WR رقم Q26، و بسطام رقم Q29 WR 50 % با میانگین $22/5 \text{ nmol g}^{-1} \text{ fw}$ بدست آمد. مکان بسطام رقم Titicaca WR 50 % در مقام دوم از نظر غلظت MDA قرار داشت. تیمارهای دامغان WR 50 % و هر

سه رقم در در جایگاه سوم قرار گرفته بودند. کمترین غلظت MDA در هر دو مکان و هر سه رقم در WR 100 % بدست آمد. محدودیت‌های آبیاری سبب ایجاد تنش اکسیداتیو با تولید ROS در گیاه شد. علی‌رغم افزایش فعالیت آنزیم‌های CAT و APX در سطح آبیاری WR 50 % به دلیل بالا بودن میزان ROS گیاه نتوانسته بود به طور کامل ROS را پالایش کند به همین جهت غلظت MDA افزایش پیدا کرده و سبب پراکسیداسیون لیپید شده بود. به محض تولید رادیکال‌های آزاد خسارت شدیدی به غشاهای سلولی وارد شده و این خسارت به‌ویژه توسط رادیکال‌های آزاد ایجاد می‌شود که انتقال الکترون آنها بیشتر است (Blokhina et al, 2003). میزان کم اکسایش (اکسیداسیون) لیپیدهای غشایی عاملی مهم در تحمل گیاهان به تنش به شمار می‌آید گیاهانی که سطوح بالاتری از آنتی‌اکسیدان‌ها دارند، مقاومت بیشتری به تنش اکسایشی نشان می‌دهند (Campos et al., 2003).

بدلیل معنی‌دار نشدن میانگین مربعات رقم در پرایمینگ و مکان در رقم در پرایمینگ از آوردن جدول میانگین مربعات آنها صرف‌نظر شد.

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سطوح آبیاری در پرایمینگ بر MDA در جدول ۴-۱۰ آورده شده است. بیشترین غلظت MDA در بسطام WR 50 % عدم پرایمینگ، بسطام WR 50 % با پرایمینگ با میانگین $21/58 \text{ nmol g}^{-1} \text{ fw}$ بدست آمد. تیمار دامغان WR 50 % بدون پرایمینگ و با پرایمینگ با میانگین $18/8 \text{ nmol g}^{-1} \text{ fw}$ در جایگاه دوم قرار داشتند. کمترین غلظت MDA در WR 100 % در هر دو مکان رخ داد که بدلیل نبودن تنش رطوبتی می‌باشد. محدودیت‌های آبیاری سبب ایجاد تنش اکسیداتیو، فعال شدن ROS و پراکسیداسیون لیپید در گیاه در دو مکان شد. در مکان دامغان به دلیل نامساعد بودن شرایط محیطی از جمله رطوبت نسبی کم، درجه حرارت بالا و بدنبال آن اعمال تنش آبی ملایم و شدید از زمان سبز شدن تا پایان رشد گیاه وجود داشت، به نظر می‌رسد گیاه توانسته بود با کاهش رشد، سطح برگ کمتر و ارتفاع کمتر برای رشد در این شرایط وفق دهد و از این طریق محدودیت‌های آبیاری در آنها سبب تولید MDA کمتر و صدمه کمتر به گیاه شد و پراکسیداسیون لیپید کمتری نسبت مکان بسطام و همین ترکیب تیماری رخ دهد.

گزارش شده است که در گیاهان مقاوم به شرایط تنش خشکی فعال شدن سیستم آنتی اکسیدانی آنزیمی و غیرآنزیمی موجب کاهش میزان ROS های تولیدی درون گیاه می شوند و در نتیجه آسیب وارده به غشای سلولی و پراکسیداسیون لیپیدها کاهش می یابد (Patel and Hemantaranjan, 2012).

جدول ۴-۷ اثرات متقابل سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا در دو سطح پرایمینگ را بر غلظت MDA نشان می دهد بیشترین غلظت MDA در تیمارهای 50 % WR رقم Titicaca با پرایمینگ و بدون پرایمینگ، 50 % WR رقم Q26 بدون پرایمینگ، 50 % WR رقم Q26 با پرایمینگ، 50 % WR رقم Q29 بدون پرایمینگ، 50 % WR رقم Q29 با پرایمینگ بدست آمد. کمترین غلظت های آن در هر سه رقم و 100 % WR بدست آمد. با اعمال تنش ملایم (75 % WR) و شدید (50 % WR) در هر سه رقم غلظت MDA افزایش یافت. بالا بودن دما در زمان نمونه برداری (گلدهی کامل)، کم بودن رطوبت نسبی هوا به همراه تنش آبی در گیاه سبب کاهش RWC، کاهش تعرق در گیاه، بالا رفتن دمای بافت ها علی رغم افزایش غلظت پرولین (جدول ۴-۲)، افزایش فعالیت آنزیم های CAT (جدول ۴-۷) و APX (جدول ۴-۷) توازن بین ROS تولید شده و فعالیت آنتی اکسیدان ها ایجاد نشده بود و سبب صدمه دیدن بافت ها و پراکسیداسیون لیپید در گیاه شد. پراکسیداسیون لیپیدهای غشا بیان کننده میزان آسیب اکسایشی به بافت های گیاهی است که در نهایت منجر به کاهش یکپارچگی غشا می شود (Smirnoff, 1993). بررسی های متعددی افزایش MDA در شرایط تنش را گزارش کرده اند (Svetleva et al., 2012; Yasar et al., 2010; Zlatev et al., 2006; Sadak et al, 2019).

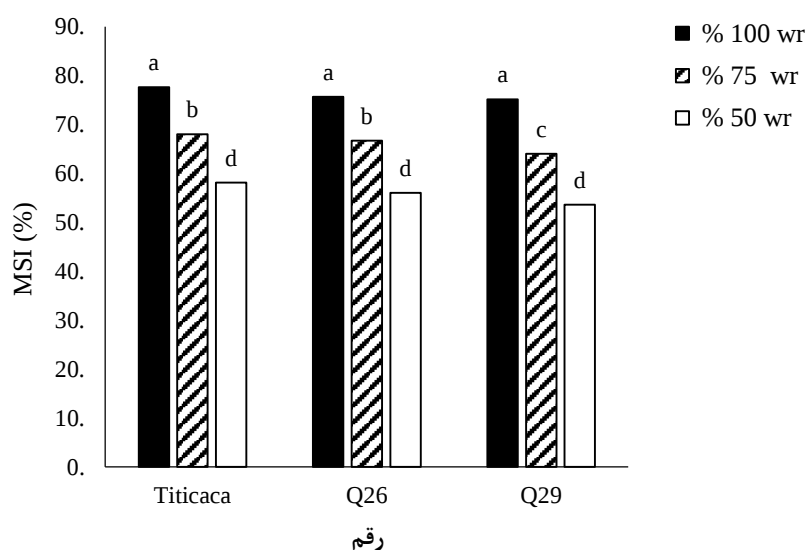
۴-۱۰ پایداری غشای برگ

بر اساس نتایج تجزیه واریانس جدول ۴-۶ میانگین مربعات ناشی از اثر مکان (L)، آبیاری (I)، رقم گیاه کینوا (G) و پرایمینگ (P) (اثرات اصلی) بر درصد پایداری غشای برگ (MSI) اثر معنی داری در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) نشان داد. میانگین مربعات ناشی از اثرات متقابل دو جانبه مکان در رقم،

آبیاری در رقم، مکان در پرایمینگ، آبیاری در پرایمینگ و رقم در پرایمینگ بر درصد MSI اثر معنی داری نشان داد (جدول ۴-۶).

نتایج تجزیه واریانس ناشی از اثرات متقابل سه جانبه مکان در آبیاری در رقم، مکان در آبیاری در پرایمینگ، مکان در رقم در پرایمینگ، آبیاری در رقم در پرایمینگ و مکان در آبیاری در رقم در پرایمینگ بر درصد MSI اثر معنی داری در سطح پنج درصد نشان داد (جدول ۴-۶).

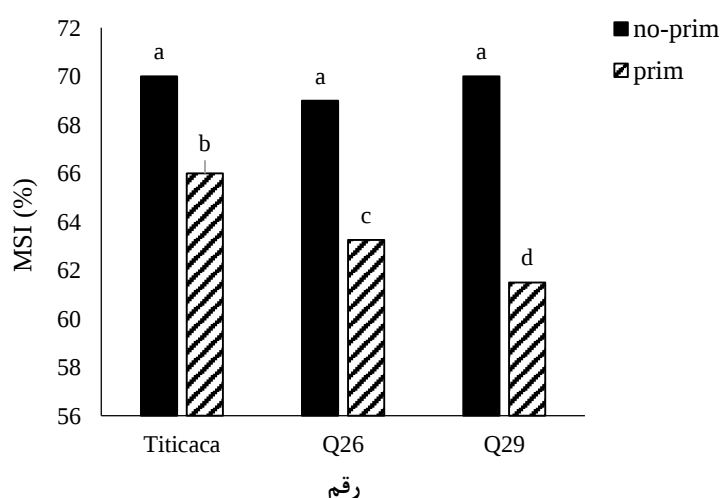
شکل ۴-۲۳ مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در سه سطح آبیاری را بر MSI نشان می دهد همان طور که نتایج نشان می دهد بیشترین درصد MSI در رژیم آبیاری 100 % WR و هر سه رقم بدست آمد که می توان به نبودن گیاه در شرایط تنش رطوبتی نسبت داد. با اعمال رژیم آبیاری 75 % WR درصد MSI در هر سه رقم کاهش یافت اما در رقم Q29 بیشتر بود؛ با اعمال رژیم آبیاری 50 % WR بیشترین درصد کاهش MSI در هر سه رقم مشاهده شد و هر سه رقم با هم در یک سطح آماری قرار گرفتند. غشای سلولی از نخستین اندام هایی است که تحت شرایط تنش، آسیب می بیند و تراوایی آن افزایش یافته و نشت الکترولیتی از سلول باعث صدمه دیدن غشا و در نهایت مرگ آن می شود (اکبری و همکاران، ۱۳۹۰؛ معصومی و همکاران، ۱۳۹۰). افزایش تراوایی و نشت الکترولیتی از سلول و بدنبال



شکل ۴-۲۳. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر MSI.

آن کاهش MSI در اثر تنش خشکی در ارقام باقلا تحت تنش خشکی (Siddiqui et al., 2015)، چهار رقم لوبیا تحت سطوح مختلف تنش خشکی و مدت تنش (بروجردنیا و همکاران، ۱۳۹۵) گزارش شده است.

مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ بر MSI در شکل ۴-۲۴ آورده شده است؛ بیشترین درصد MSI در هر سه رقم و بدون پرایمینگ مشاهده شد؛ با اعمال پرایمینگ در هر سه رقم میزان نشت پذیری از سلول افزایش یافته بود و از MSI آنها کاسته شد. کمترین میزان MSI در تیمار Q29 با پرایمینگ مشاهده شد. افزایش نشت پذیری پس از اعمال پرایمینگ را می توان به اثرات پرایمینگ در سریع تر سبز شدن و گذراندن مراحل ابتدایی رشد و بسته شدن کانوپی گیاهی نسبت داد. با اعمال پرایمینگ این تیمارها دارای LAI بیشتر (شکل ۴-۳۴) بودند سطح برگ بیشتر در زمان محدودیت آبی احتمالاً سبب ایجاد تنش در گیاه و افزایش نشت پذیری در این تیمارها شد.

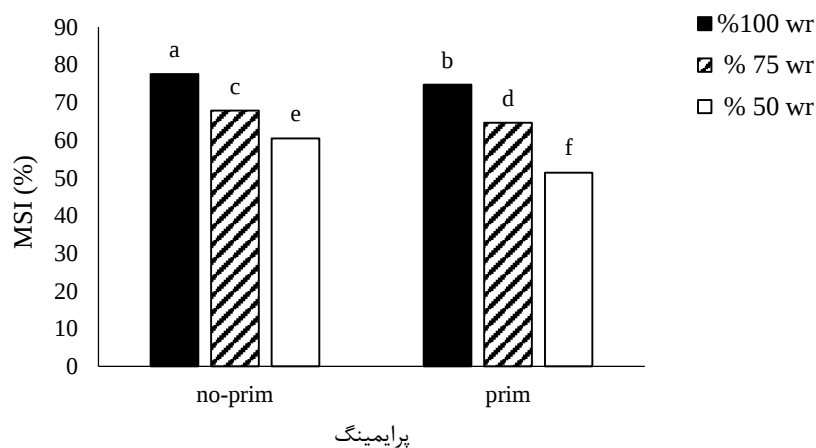


شکل ۴-۲۴. مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر MSI.

شکل ۴-۲۵ مقایسه میانگین اثر متقابل دو جانبه رژیم آبیاری در پرایمینگ بر درصد MSI را نشان می دهد همان طور که مشاهده می شود بیشترین درصد MSI در تیمارهای ۱۰۰ % WR بدون پرایمینگ و ۱۰۰ % WR با هیدروپرایمینگ با میانگین حدود ۷۵/۱۳٪ بدست آمد؛ بالا بودن پایداری غشا در شرایط آبیاری مناسب (۱۰۰ % WR) بدیهی به نظر می رسد چون گیاه در شرایط تنش قرار ندارد. با

اعمال 75 % WR و 50 % WR با پرایمینگ و بدون پرایمینگ میزان MSI کاهش یافته بود که این کاهش در تیمارهای با پرایمینگ بیشتر بود. محدودیت آبیاری سبب ایجاد شرایط تنش در گیاه، افزایش فعالیت ROS در گیاه شده بود فعالیت سطوح بالای ROS سبب تخریب و صدمه دیدن غشاهای سلولی و افزایش نشت الکترولیتی در آنها شد.

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا بر MSI در جدول ۴-۸ آورده شده است. بیشترین درصد MSI در تیمارهای بسطام رقم Titicaca 100 % WR ، بسطام رقم 100 % WR Q26 و بسطام رقم 100% WR Q29، دامغان رقم Titicaca



شکل ۴-۲۵. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر MSI.

100 % WR با میانگین ۷۷/۱۴٪ در مقام اول قرار داشتند. با اعمال تنش رطوبتی در هر دو سطح از درصد MSI کاسته شد. بالا بودن MSI در بسطام به دلیل مناسب بودن شرایط آب و هوایی از نظر درجه حرارت و رطوبت نسبی مناسب تر نسبت به دامغان بود در دامغان چون درجه حرارت هوا بالاتر بود و رطوبت نسبی هوا هم کمتر از بسطام بود سبب گرم شدن دمای درون گیاه شده، به دلیل اعمال تنش آبی گیاه از نظر دسترسی به آب هم در محدودیت قرار داشت تا دمای خود را از طریق آب کاهش دهد بنابراین این افزایش دما سبب صدمه زدن به بافت‌ها شده نشت پذیری مواد را در پی داشته و موجب

کاهش MSI شده بود. در بین سه رقم، رقم Titicaca اغلب نشت الکترولیتی کمتری را نشان داده بود و دچار آسیب سلولی کمتری شده بود بنابراین می‌توان گفت که رقم Titicaca متحمل‌تر به تنش خشکی است.

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ بر MSI در جدول ۴-۹ آورده شده است. بیشترین درصد MSI در مکان بسطام رقم Titicaca عدم پرایمینگ و مکان بسطام رقم Q26 عدم پرایمینگ با میانگین ۷۲/۵٪ بدست آمد. تیمارهای دامغان رقم Titicaca بدون پرایمینگ و با پرایمینگ نسبت به دو رقم دیگر درصد MSI بیشتری داشتند. تنش خشکی به غشای سلولی گیاهان تحت تنش صدمه می‌رساند و نتایج حاکی از آن است که این صدمه در رقم Titicaca در دو مکان کمتر بوده و به نظر می‌رسد که این رقم از پتانسیل ژنتیکی مناسب‌تری برخوردار باشد که توانایی رشد بهتر و صدمه دیدن را در دو مکان داشت.

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه سطح آبیاری و پرایمینگ بر MSI در جدول ۴-۱۰ آورده شده است. بیشترین درصد MSI در تیمارهای بسطام ۱۰۰٪ WR بدون پرایمینگ با میانگین ۷۹/۸٪ بدست آمد. در هر دو مکان اعمال پرایمینگ در هر سطح رطوبتی سبب کاهش درصد MSI شده بود. اعمال پرایمینگ سبب تسریع در سبز شدن، استقرار و بسته شدن پوشش گیاهی شد. احتمالاً تیمارهای با سطح برگ بیشتر (شکل ۴-۳۳) در شرایط تنش رطوبتی تحت تأثیر صدمات ناشی از کاهش رطوبت از جمله نشت الکترولیتی بیشتر، کاهش MSI و افزایش غلظت MDA قرار می‌گیرد. بین MSI، میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی و شدت تنش خشکی ارتباط مستقیم وجود دارد (Sofa et al., 2004). پایین بودن MSI تحت تأثیر تنظیم‌کننده‌های اسمزی مثل پرولین (جدول ۴-۵) و یا فعالیت آن‌تی‌اکسیدان‌های آنزیمی (جدول ۴-۱۰) می‌باشد که در سطوح بالاتر تنش این آن‌تی‌اکسیدان‌ها اکسیده شده و سبب پراکسیداسیون لیپید و افزایش نشت‌پذیری در این تیمارها شد.

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه سطوح آبیاری در رقم در پرایمینگ بر MSI در جدول ۷-۴ آورده شده است. بیشترین درصد MSI در تیمارهای WR 100 % هر سه رقم با پرایمینگ و بدون پرایمینگ بدست آمد. هر سه رقم در شرایط عدم محدودیت رطوبتی دارای درصد MSI بالایی بودند اما با اعمال WR 75 % و WR 50 % در هر سه رقم از درصد MSI کاسته شده بود و این کاهش در رقم Q29 بیشتر بود. کاهش درصد MSI را می‌توان به پایین بودن فعالیت آن‌تی‌اکسیدان‌های CAT، SOD و APX (جدول ۷-۴) به افزایش غلظت MDA (جدول ۷-۴) نسبت داد.

۴-۱۱ ارتفاع ساقه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۴-۱۱ آورده شده است. میانگین مربعات ناشی از اثر مکان (L)، آبیاری (I)، رقم (G)، پرایمینگ (P) (اثرات اصلی) بر ارتفاع ساقه اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) نشان داد. میانگین مربعات ناشی از اثرات متقابل دو جانبه اثر دو مکان بسطام و دامغان در سطح آبیاری، اثر دو مکان در سه رقم گیاه کینوا، پرایمینگ در سه رقم، سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا و سطح آبیاری در پرایمینگ بر ارتفاع ساقه، اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۴-۱۱). نتایج تجزیه واریانس ناشی از اثرات متقابل سه جانبه مکان در رقم در پرایمینگ، مکان در سه سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا، مکان در سه سطح آبیاری در دو سطح پرایمینگ، سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ و اثر متقابل دو مکان در سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ در سه سطح آبیاری بر ارتفاع ساقه اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۴-۱۱). شکل ۴-۲۶ مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در سه رژیم آبیاری را بر ارتفاع ساقه در مرحله‌ی گلدهی را نشان می‌دهد همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین ارتفاع ساقه در تیمارهای WR 100 % و رقم Q26، WR 100 % و میانگین ۱۲۹/۲ سانتی‌متر مشاهده شد. با اعمال رژیم آبیاری WR 75 % در هر سه رقم میزان ارتفاع کاهش یافت و این کاهش در رقم Titicaca با میانگین ۱۰۱/۵ سانتی‌متر بیشتر بود. با اعمال رژیم آبیاری WR 50 % در هر سه رقم ارتفاع ساقه

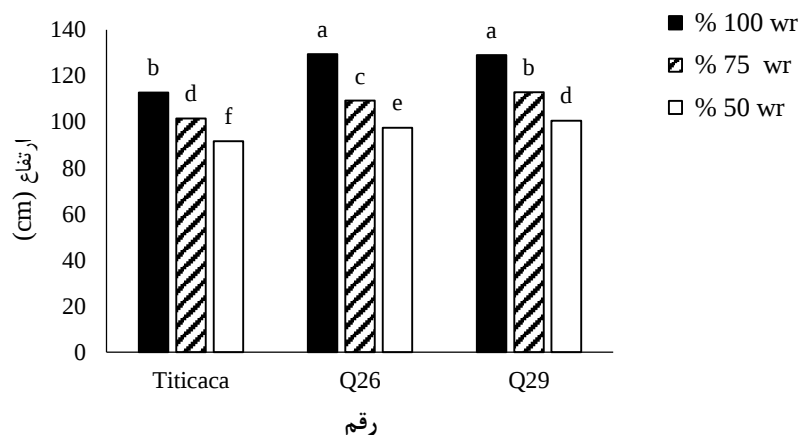
جدول ۴-۱۱ تجزیه واریانس اثر آبیاری، رقم، پرایمینگ و مکان بر شاخص های مورفولوژیک و سطح برگ در کینوا.

میانگین مربعات					
منبع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع	قطر ساقه	LAI	شاخه فرعی
مکان	۱	۱۳۳۱۳**	۱۹۴**	۷/۳۵**	۲۶۳۳**
بلوک در مکان	۶	۶	۰/۰۸	۰/۰۳	۱/۷۵
آبیاری	۲	۸۹۵۶**	۶۵/۶**	۱۷/۸۶**	۱۷۵/۵**
مکان در آبیاری	۲	۲۴۸۱**	۷/۵۶**	۱/۴۲**	۳۰/۶**
خطای a	۱۲	۲/۹	۰/۰۴	۰/۰۱	۱/۲
رقم	۲	۲۰۴۸**	۳۹**	۶/۹۲**	۴۴/۶**
مکان در رقم	۲	۲۱۶/۸**	۲/۲۵**	۰/۱۸*	۱۲/۷**
آبیاری در رقم	۴	۱۳۷/۸**	۰/۵**	۱/۲۷**	۴/۲**
مکان در آبیاری در رقم	۴	۱۲۸/۲**	۲/۱۳**	۰/۱۵**	۸۲**
پرایمینگ	۱	۷۰۰۰**	۴۴/۴**	۱۵/۱۵**	۸۵/۲**
مکان	۱	۲۵۰**	۰/۰۰۲ n.s	۲/۰۵**	۱۷/۷**
آبیاری در پرایمینگ	۲	۴۴۲**	۲/۵۵**	۲/۱۲**	۹/۴**
مکان در آبیاری در پرایمینگ	۲	۲۴۲**	۰/۴**	۰/۹**	۱/۴*
رقم در پرایمینگ	۲	۲۴**	۲/۳*	۰/۰۷*	۱/۳۴ n.s
مکان در رقم در پرایمینگ	۲	۱۱۴/۵**	۲/۱**	۰/۰۱ n.s	۴**
آبیاری در رقم در پرایمینگ	۴	۱۱۵**	۰/۷**	۰/۰۷ n.s	۰/۸ n.s
مکان در آبیاری در رقم در پرایمینگ	۴	۱۸۵/۶**	۱/۵۳**	۰/۰۴ n.s	۱ n.s
خطای b	۹۰	۳/۵	۰/۳	۰/۰۲	۰/۰۵
ضریب تغییرات (CV) %	۱/۷	۳/۵	۶/۳	۶/۶	

***، * و n.s: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی داری

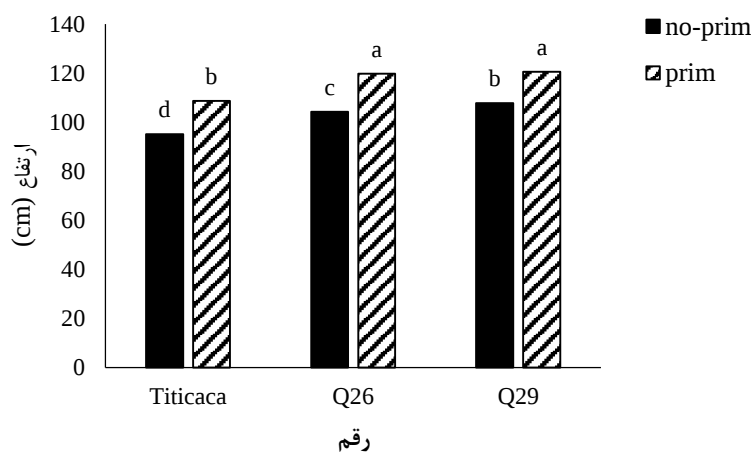
کاهش بیشتری را نشان داد و کمترین میزان ارتفاع ساقه در ۵۰ % WR و رقم Titicaca با میانگین ۹۱/۵۶ سانتی متر مشاهده شد. ملکی و همکاران (۱۳۹۱) در سه رقم سویا تحت پنج سطح تنش خشکی گزارش نمودند که اثر متقابل تنش خشکی در رقم بر ارتفاع بوته اثر معنی دار داشت. کاهش در ارتفاع کینوا تحت تأثیر ژنوتیپ های مختلف و سطوح مختلف خشکی توسط Elewa و همکاران (۲۰۱۷) نیز گزارش شده است. کوتاه شدن ارتفاع یکی از روش های سازگاری در برابر تنش خشکی می باشد. این

عکس‌العمل می‌تواند ناشی از انتخاب مکانیسم تحمل به تنش خشکی ناشی از نظر اوستین (Austin, 1989) و لویت (Levitt, 1980) باشد.



شکل ۴-۲۶. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر ارتفاع ساقه.

مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ بر ارتفاع ساقه در شکل ۴-۲۷ آورده شده است؛ در هر سه رقم با پرایمینگ ارتفاع ساقه نسبت به عدم پرایمینگ افزایش یافته بود. بیشترین میزان مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ بر ارتفاع ساقه در شکل ۴-۲۷ آورده شده است؛ در هر سه رقم با پرایمینگ ارتفاع ساقه نسبت به عدم پرایمینگ افزایش یافته بود. بیشترین میزان ارتفاع ساقه در رقم‌های Q26 و Q29 با پرایمینگ با میانگین ۱۲۰/۱۷ سانتی‌متر بدست آمد. اثرات مثبت

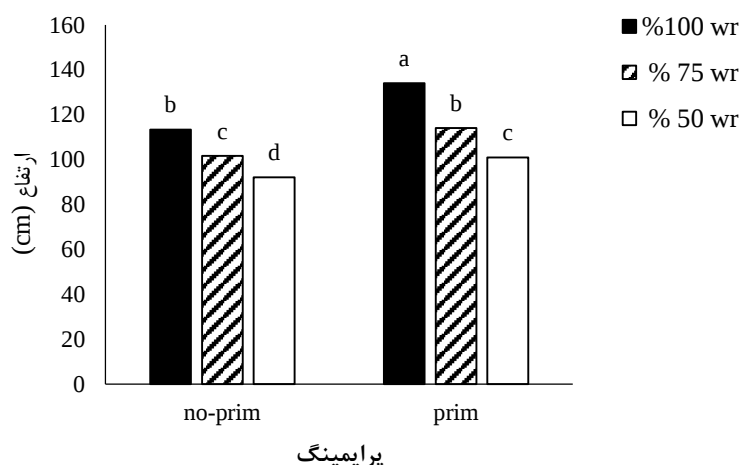


شکل ۴-۲۷. مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر ارتفاع ساقه.

هیدرپرایمینگ را می‌توان به زمان سبز شدن سریع‌تر، توسعه سیستم ریشه‌ای (Farooq et al., 2006)

، ظهور سریع‌تر گیاهچه‌ها و رشد بهتر گیاه در هر سه رقم نسبت داد (داده‌ها نشان داده نشد).

شکل ۴-۲۸ مقایسه میانگین اثر متقابل دو جانبه رژیم آبیاری در پرایمینگ بر ارتفاع ساقه را نشان می‌دهد همان‌طور که مشاهده می‌شود در هر سه رژیم آبیاری 100 % WR، 75 % WR و 50 % WR به همراه پرایمینگ میزان ارتفاع بیشتری نسبت به عدم پرایمینگ مشاهده شد. بیشترین میزان ارتفاع ساقه در تیمار 100 % WR و پرایمینگ با میانگین ۱۳۴/۰۵ سانتی‌متر بدست آمد و کمترین آن نیز در سطح آبیاری 50 % WR و بدون پرایمینگ با میانگین ۹۲/۱۵ بدست آمد. عارفی و فرج‌زاده (۱۳۹۶) در دو رقم ذرت تحت سطوح مختلف زمان پرایمینگ گزارش نموده‌اند که پرایمینگ اثرات تنش خشکی ملایم را کاهش داده بود. عباس‌دخت و همکاران (۲۰۱۲) گزارش نمودند که هیدروپرایمینگ بذور باعث افزایش ۱۹/۷٪ ارتفاع بوته نخود شد. آنها جذب سریع‌تر آب و تسریع در شروع فرایندهای متابولیکی را دلیل رشد سریع نخود به علت پرایم کردن ذکر نمودند.



شکل ۴-۲۸. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر ارتفاع ساقه.

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا بر ارتفاع ساقه در جدول ۴-۱۲ آورده شده است. بیشترین ارتفاع ساقه در مکان بسطام 100 % WR رقم Q26 ۱/۶۸ برابر بیشتر از کمترین ارتفاع ساقه در دامغان سطح آبیاری 75 % WR رقم

جدول ۴-۱۲. مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان، رژیم آبیاری، رقم بر ارتفاع، LAI، شاخه فرعی و قطر ساقه.

مکان	رژیم آبیاری	رقم	ارتفاع(cm)	LAI	تعداد شاخه فرعی	قطر ساقه(mm)
بسطام	100 % WR	Titicaca	۱۳۳ c	۲/۷۲ c	۱۶/۲۶ d	۱۰/۸۶ bc
	75 % WR	Q26	۱۴۹ a	۳/۲۶ b	۱۸/۸۵ b	۱۱/۷۷ ab
		Q29	۱۴۱ b	۴/۴ a	۱۹/۹۵ a	۱۲ a
		Titicaca	۱۱۳/۱ e	۲/۲۵ d	۱۳/۴۵ e	۸/۷ ef
		Q26	۱۱۷/۳ d	۲/۷۳ c	۱۵/۹۵ d	۹/۸ d
	50 % WR	Q29	۱۱۹/۹ d	۲/۸۶ c	۱۷/۱ c	۱۰ c
		Titicaca	۹۴/۳ i	۱/۶۵ g	۱۲/۱ f	۷/۵ h
		Q26	۹۹/۷ h	۲ e	۱۳/۶ e	۸/۳ g
		Q29	۱۰۴/۳ g	۲/۰۱ de	۱۳/۲ e	۹/۵ c
	دامغان	100 % WR	Titicaca	۹۲/۵ hi	۲/۲ de	۷/۶ i
75 % WR		Q26	۱۰۹/۸ ef	۲/۶ c	۸/۱ h	۸/۵ fg
		Q29	۱۱۷/۲ d	۳/۲ b	۹/۳ g	۹/۶ de
		Titicaca	۸۹/۹ h	۱/۷۷ f	۶/۲ gh	۶/۳ g
		Q26	۱۰۱/۰۴ g	۲/۳ d	۷/۴۵ i	۶/۷۵ ig
50 % WR		Q29	۱۰۶/۵ fg	۲/۴ cd	۶/۶۵ g	۶/۷۵ ig
		Titicaca	۸۸/۸ h	۱/۵۶ h	۶ h	۶/۲۲ g
		Q26	۹۵/۳ i	۱/۹۲ ef	۵/۹ h	۶/۸ ig
		Q29	۹۶/۸ hi	۱/۸۸ fg	۶/۴۶ gh	۷/۶ h
LSD (5%)						
			۳/۷۷	۰/۲۸	۰/۴۵	۱/۱

Titicaca بود. مکان بسطام به دلیل دارا بودن شرایط آب و هوایی مناسب‌تر (میانگین درجه حرارت در طول فصل رشد °C ۲۳/۲، رطوبت نسبی ۴۳٪ و میانگین بارش در طول فصل رشد ۳/۵ میلی‌متر) نسبت به دامغان (میانگین درجه حرارت °C ۲۸ در طول فصل رشد، رطوبت نسبی ۳۲٪ و میانگین بارش در طول فصل رشد ۶/۷ میلی‌متر) در هر سه رقم و هر دو سطح تنش اغلب ارتفاع بیشتری نسبت به حالت 100 % WR در دامغان در هر سه رقم مشاهده شد. گزارش شده است که تنش خشکی از طریق کاهش طول میانگره باعث کاهش ارتفاع ساقه شد و بر تعداد گره تأثیری نداشت (Omid et al, 2010). کاهش طول ساقه در پاسخ به تنش خشکی ممکن است به علت تقسیم سلولی یا طولی شدن سلول باشد. کمبود آب منجر به کاهش اتساع سلول، حجم سلول و در نتیجه کاهش رشد سلول می‌شود (Omid et al, 2010).

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه رقم گیاه کینوا در دو سطح پرایمینگ بر ارتفاع ساقه در جدول ۴-۱۳ آورده شده است. بیشترین ارتفاع ساقه در مکان بسطام رقم Q26 به همراه پرایمینگ با میانگین ۱۳۲/۹ سانتی متر بدست آمد. کمترین ارتفاع ساقه در مکان دامغان و رقم Titicaca و عدم پرایمینگ با میانگین ۸۴/۱۶ سانتی متر بدست آمد. کاهش ارتفاع گیاه به موازات افزایش تنش کم آبی را می توان به اختلال در فتوسنتز به واسطه تنش خشکی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت ارائه به بخش های در حال رشد گیاه نسبت داد. تیمار هیدروپرایمینگ به همراه شرایط محیطی مناسب تر مکان بسطام ، طول دوره ی رشد طولانی تر و رطوبت نسبی، مناسب تر نسبت به دامغان سبب افزایش بیشتر ارتفاع در اغلب تیمارهای مکان بسطام نسبت به دامغان شد. شایان ذکر است اثرات مفید پرایمینگ در دامغان در هر سه رقم سبب افزایش ارتفاع بیشتری نسبت به عدم پرایمینگ شد.

جدول ۴-۱۳. مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان، رقم، پرایمینگ بر ارتفاع، شاخه فرعی و قطر ساقه.

مکان	رقم	پرایمینگ	ارتفاع (cm)	تعداد شاخه فرعی	قطر ساقه (mm)
بسطام	Titicaca	عدم پرایمینگ	۱۰۶/۱ f	۱۲/۷۴ e	۸/۳ d
	Titicaca	پرایمینگ	۱۲۰/۸ c	۱۵/۱۳ c	۹/۸ bc
	Q26	عدم پرایمینگ	۱۱۱/۲ e	۱۴/۷ d	۹/۱۲ c
	Q26	پرایمینگ	۱۳۲/۹ a	۱۷/۶ a	۱۰/۸ a
	Q29	عدم پرایمینگ	۱۱۴/۸ d	۱۶/۱ b	۱۰/۴۳ ab
	Q29	پرایمینگ	۱۲۸/۲ b	۱۷/۴۴ a	۱۰/۶ a
	Titicaca	عدم پرایمینگ	۸۴/۱۶ i	۶/۴۴ h	۶ f
	Titicaca	پرایمینگ	۹۶/۶۵ h	۶/۷ h	۷ e
	Q26	عدم پرایمینگ	۹۷/۴ h	۶/۷ h	۶/۷۴ ef
	Q26	پرایمینگ	۱۰۶/۷ f	۷/۶ g	۸ d
دامغان	Q29	عدم پرایمینگ	۱۰۰/۸ g	۶/۸ h	۸/۱۲ d
	Q29	پرایمینگ	۱۱۲/۹ de	۸/۱۳ f	۹/۲ c
	LSD (5%)				
			۳/۰۸	۰/۳۶	۰/۹

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه سطح آبیاری و پرایمینگ بر ارتفاع ساقه در جدول ۴-۱۴ آورده شده است. بیشترین ارتفاع ساقه در مکان بسطام WR 100 % با پرایمینگ مشاهده شد که ۱/۷۵ برابر بیشتر از کمترین ارتفاع ساقه در مکان دامغان WR 50 % و عدم

پرایمینگ بود. پرایمینگ بذر در هر سه سطح آبیاری ارتفاع ساقه را افزایش داده بود. پرایمینگ توانسته بود تا حدودی اثرات مخرب تنش ملایم و شدید خشکی (50 % WR و 75 % WR) را در هر دو مکان بهبود بخشد این بهبود در مکان بسطام به دلیل بهتر بودن شرایط آب و هوایی بیشتر بود.

جدول ۴-۱۴. مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان، رژیم آبیاری، پرایمینگ بر ارتفاع، LAI و قطر ساقه.

مکان	رژیم آبیاری	پرایمینگ	ارتفاع (cm)	LAI	قطر ساقه (mm)
بسطام	100 % WR	عدم پرایمینگ	۱۲۹/۹۶ b	۲/۶۳ c	۱۰/۸ b
	100 % WR	پرایمینگ	۱۵۴/۹۴ a	۴/۳ a	۱۲/۳ a
	75 % WR	عدم پرایمینگ	۱۰۹/۳ e	۲/۲۴ de	۹/۰۵ c
	75 % WR	پرایمینگ	۱۲۳/۸ c	۳ b	۱۰ bc
	50 % WR	عدم پرایمینگ	۹۵/۹ h	۱/۷۵ f	۸ d
	50 % WR	پرایمینگ	۱۰۳/۱ f	۲ e	۹ c
دامغان	100 % WR	عدم پرایمینگ	۹۹/۹ g	۲/۴ cd	۷/۵ d
	100 % WR	پرایمینگ	۱۱۳/۱۵ d	۲/۹۵ b	۹/۳ c
	75 % WR	عدم پرایمینگ	۹۴ h	۱/۹۷ ef	۶/۸ e
	75 % WR	پرایمینگ	۱۰۴/۳ f	۲/۳ d	۷/۷ d
	50 % WR	عدم پرایمینگ	۸۸/۴۲ i	۱/۶۴ f	۶/۶ e
	50 % WR	پرایمینگ	۹۸/۸ gh	۱/۹۴ e	۷/۲ e
LSD (5%)			۳/۰۸	۰/۲۳	۰/۹

جدول ۴-۱۵ اثرات متقابل سه سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا در دو سطح پرایمینگ را بر ارتفاع ساقه نشان می‌دهد بیشترین ارتفاع ساقه در تیمارهای 100 % WR رقم Q26 به همراه پرایمینگ و 100 % WR رقم Q29 به همراه پرایمینگ با میانگین ۱۴۱/۳ سانتی‌متر بدست آمد. کمترین آن نیز در تیمار 50 % WR Titicaca و عدم پرایمینگ با میانگین ۸۶/۴۳ سانتی‌متر بدست آمد. در هر سه سطح آبیاری و هر سه رقم به همراه پرایمینگ ارتفاع گیاه کینوا بیشتر بود. تیمار پرایمینگ به دلیل تسریع در جوانه زنی و مراحل ابتدایی رشد، توسعه سریع ترسیستم ریشه‌ای و تاج پوشش گیاهی (عباس‌دخت و همکاران، ۲۰۱۲) در شرایط تنش آبی توانست ارتفاع گیاه را بهبود بخشد. همان‌طور که در جدول مقایسه میانگین مشاهده می‌شود رقم Q29 در هر سه سطح تنش دارای ارتفاع بیشتری بود. دانشیان و همکاران (۱۳۸۵) نیز در بررسی خصوصیات زراعی در ارقام تحت تنش سویا گزارش کردند

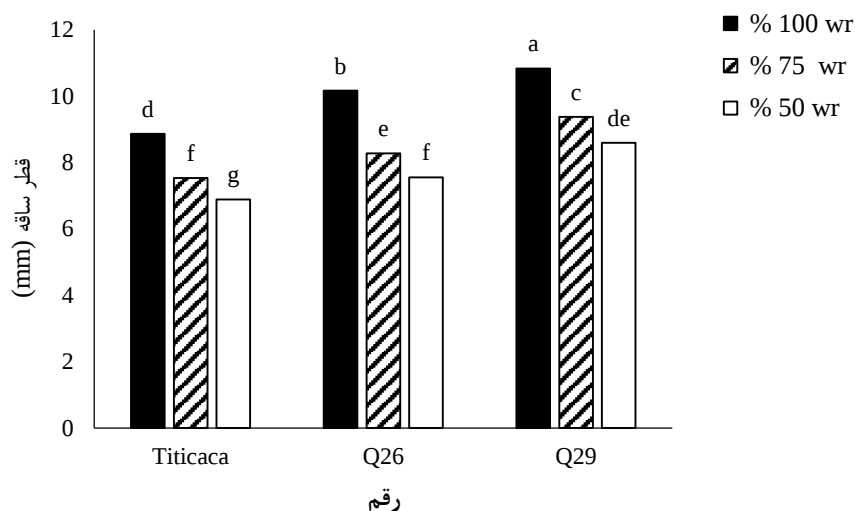
که تنش کم آبی باعث کاهش ارتفاع ارقام سویا شد. ضابط و حسین زاده (۱۳۹۰) گزارش نمودند که کاهش ارتفاع گیاه و تعداد گره در ساقه دلیلی است برای اینکه تنش خشکی باعث کاهش تقسیمات سلولی شده و رشد رویشی گیاه کاهش داده شده لذا عملکرد بیولوژیکی گیاه کاهش پیدا نموده است.

۴-۱۲ قطر ساقه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های قطر ساقه در جدول ۴-۱۱ آورده شده است. میانگین مربعات ناشی از اثر مکان (L)، آبیاری (I)، رقم (G)، پرایمینگ (P) (اثرات اصلی) بر قطر ساقه اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) نشان داد. میانگین مربعات ناشی از اثرات متقابل دو جانبه اثر دو مکان بسطام و دامغان در سطح آبیاری، اثر دو مکان در سه رقم گیاه کینوا، پرایمینگ در سه رقم، سطح آبیاری در پرایمینگ بر قطر ساقه، اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۴-۱۱). نتایج تجزیه واریانس ناشی از اثرات متقابل سه جانبه مکان در سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ، مکان در سه سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا، مکان در سه سطح آبیاری در دو سطح پرایمینگ، سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ و اثر متقابل دو مکان در سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ در سه سطح آبیاری بر قطر ساقه اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۴-۱۱).

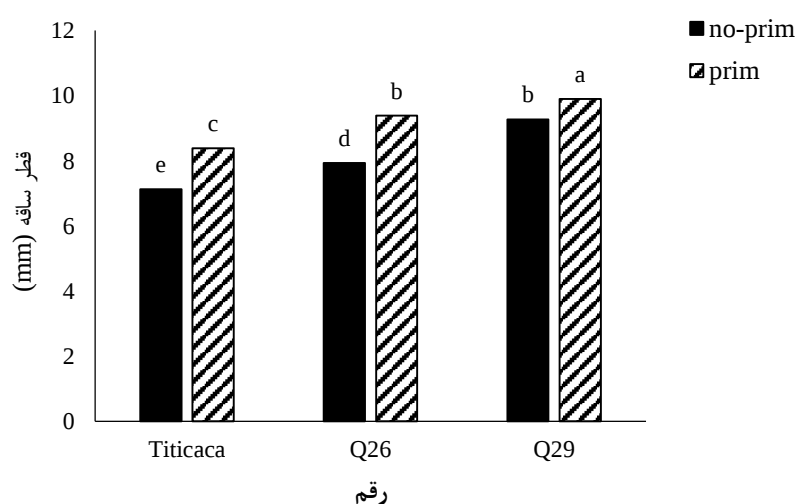
شکل ۴-۲۹ مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در سه رژیم آبیاری بر قطر ساقه را نشان می‌دهد همان‌طور که مشاهده می‌شود در رژیم آبیاری 100 % WR (بدون تنش رطوبتی) بین سه رقم گیاه کینوا از نظر قطر ساقه تفاوت وجود داشت؛ بیشترین قطر ساقه در 100 % WR در رقم Q29 با میانگین ۱۰/۸۳ میلی‌متر مشاهده شد. با اعمال رژیم آبیاری 75 % WR و 50 % WR میزان قطر ساقه کاهش یافته بود. در هر دو سطح تنش بیشترین میزان قطر ساقه در رقم Q29 مشاهده شد. کمترین میزان قطر ساقه در 50 % WR و رقم Titicaca با میانگین ۶/۹ میلی‌متر بدست آمد؛ احتمالاً بدلیل

کاهش LAI (شکل ۴-۳۴) تحت تأثیر تنش رطوبتی و بدنبال آن کاهش انتقال آسمیلات‌های فتوسنتزی قطر ساقه کاهش یافت.



شکل ۴-۲۹. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر قطر ساقه.

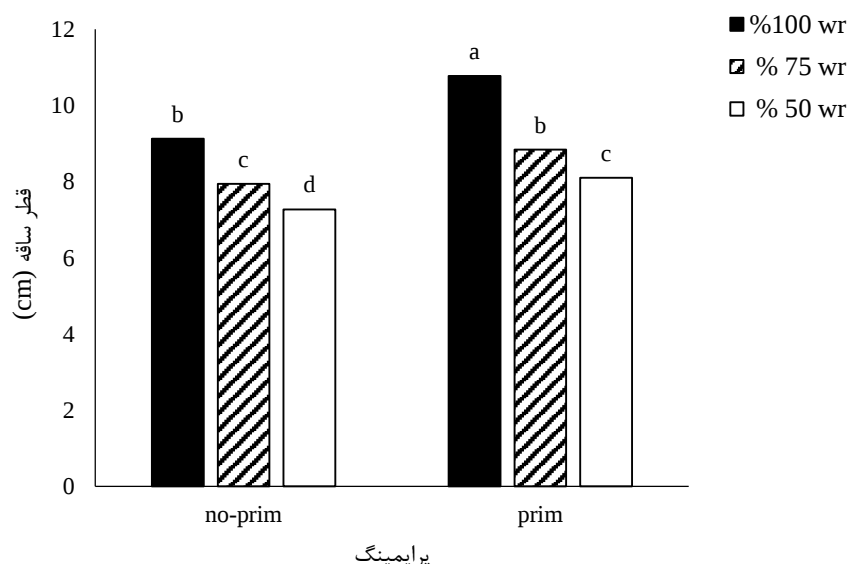
مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ بر قطر ساقه در شکل ۴-۳۰ آورده شده است؛ نتایج حاکی از آن است که با اعمال پرایمینگ در هر سه رقم قطر ساقه افزایش یافت. بیشترین



شکل ۴-۳۰. مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر قطر ساقه.

میزان قطر ساقه در رقم Q29 با پرایمینگ مشاهده شد که $1/4$ برابر کمترین قطر ساقه در رقم Titicaca بدون پرایمینگ بود. استفاده از پرایمینگ سرعت رشد گیاه را افزایش می‌دهد و بر انتقال عناصر غذایی بین ریشه و ساقه اثر دارد به‌طوری‌که با افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال آنها، قطر ساقه افزایش می‌یابد (De Rodriguez et al, 2002).

شکل ۴-۳۱ مقایسه میانگین اثر متقابل دو جانبه سطح آبیاری در پرایمینگ بر قطر ساقه را نشان می‌دهد همان‌طور که مشاهده می‌شود در هر رژیم آبیاری با پرایمینگ قطر ساقه بیشتری مشاهده شد؛ بیشترین میزان قطر ساقه در تیمار 100 % WR و پرایمینگ با میانگین $10/77$ میلی‌متر بدست آمد. کمترین میزان قطر ساقه در 50 % WR و عدم پرایمینگ با میانگین $7/27$ میلی‌متر بدست آمد. دلیل منطقی برای سودمندی پرایمینگ بذر در مزرعه این است که می‌تواند سبب کاهش زمان لازم برای جوانه زنی بذور شده و به گیاهچه نیز اجازه دهد که دور از شرایط بد خاک بروید (Farooq et al., 2008). گزارش شده است که بذر ماش پرایم شده در مزرعه، جوانه‌زنی، سبز شدن سریع‌تر و کامل‌تری را موجب شد که در نتیجه ۴۵ درصد استقرار بهتر گیاه در مزرعه را سبب شد (Rashid et al., 2004).



شکل ۴-۳۱. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر قطر ساقه.

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا بر قطر ساقه در جدول ۴-۱۲ آورده شده است. بیشترین میزان قطر ساقه در مکان بسطام و رقم Q26 و 100 % WR، بسطام رقم Q29 و 100 % WR با میانگین حدود ۱۱/۸۸ میلی متر مشاهده شد. تیمار مکان بسطام و رقم 100 % WR Titicaca با میانگین حدود ۱۰/۸۶ میلی متر در رتبه دوم قرار داشتند. در اغلب تیمارها در تنش ملایم و شدید در مکان بسطام و دامغان میزان قطر رقم Q29 کمتر کاهش یافت. بالا بودن قطر ساقه در مکان بسطام نسبت به دامغان بدلیل بهتر بودن شرایط محیطی، افزایش فتوسنتز و رشد گیاه، افزایش انتقال عناصر غذایی از ریشه به ساقه بود. تنش خشکی، سبب کاهش ارتفاع و قطر ساقه گیاه کینوا شد (De Rodriguez et al, 2002).

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ بر قطر ساقه در جدول ۴-۱۳ آورده شده است. بیشترین میزان قطر ساقه در مکان بسطام رقم Q26 با پرایمینگ، بدست آمد که ۱/۸ برابر بیشتر از قطر ساقه در کمترین تیمار (مکان دامغان و رقم Titicaca و عدم پرایمینگ) بود. مکان بسطام دارای رطوبت نسبی بیشتر، بارندگی بیشتر و متوسط درجه حرارت کمتری نسبت به مکان دامغان دارد، به عبارتی منطقه خشک کوهستانی در بسطام و خشک گرم در دامغان حاکم است. کینوا مقاومت خوبی نسبت به وضعیت نامناسب محیطی نشان می دهد با وجود این، مشخص شده است که بین ارقام و لاین های مختلف این گیاه از نظر تحمل به تنش خشکی تفاوت وجود دارد (Omid et al, 2010). بنابراین استفاد از رقمی که بتواند بهتر در این شرایط رشد کند و عملکرد خوبی داشته باشد مفید می باشد. گزارش شده است که پرایمینگ بذور تأثیر منفی تنش های محیطی اوایل رشد بر بذور گیاهان را کاهش می دهد (راه چمن دی و همکاران، ۱۳۸۹). مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه سطح آبیاری و پرایمینگ بر قطر ساقه در جدول ۴-۱۴ آورده شده است. بیشترین میزان قطر ساقه در مکان بسطام 100 % WR پرایمینگ با میانگین ۱۲/۳ میلی متر مشاهده شد و تیمار بسطام 100 % WR عدم پرایمینگ ۱۰/۸ میلی متر در مقام دوم قرار داشت. کمترین میزان آن در مکان دامغان 50 % WR و عدم پرایمینگ با میانگین ۶/۶ میلی متر

بدست آمد. اعمال پرایمینگ سبب شد که محدودیت دسترسی به آب قطر ساقه در مکان بسطام را کمتر کاهش دهد. این عکس العمل را می توان به استقرار سریع تر گیاه تحت تأثیر پرایمینگ در شرایط نامساعد محیطی نسبت داد.

جدول ۴-۱۵ اثرات متقابل سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا در دو سطح پرایمینگ را بر قطر ساقه را نشان می دهد بیشترین میزان قطر ساقه در سطح آبیاری 100 % WR و رقم های Q26 و Q29 به همراه پرایمینگ و با میانگین ۱۱/۳ میلی متر بدست آمد. و کمترین آن در 50 % WR عدم پرایمینگ و رقم Titicaca با میانگین ۶/۳ میلی متر بدست آمد. همان طور که مشاهده می شود تنش ملایم و شدید خشکی در سه رقم قطر ساقه کینوا را کاهش داده بود؛ محدودیت دسترسی به آب سبب شد که قطر ساقه در رقم Titicaca نسبت به دو رقم دیگر بیشتر کاهش یابد اثر بازدارندگی تنش خشکی بر رشد ساقه را می توان به محدود شدن فتوسنتز تحت این شرایط نسبت داد.

جدول ۴-۱۵. مقایسه میانگین اثرات متقابل رژیم آبیاری، رقم و پرایمینگ بر ارتفاع، LAI و قطر ساقه

رقم	پرایمینگ	ارتفاع (cm)	LAI	قطر ساقه (mm)
100 % WR	Titicaca	عدم پرایمینگ	۱۰۵/۹ d	۱/۹ e
	Titicaca	پرایمینگ	۱۱۹/۶ b	۳/۰۱ c
	Q26	عدم پرایمینگ	۱۱۶/۵ b	۲/۴ d
	Q26	پرایمینگ	۱۴۲/۴ a	۳/۵ b
	Q29	عدم پرایمینگ	۱۱۷/۹ b	۳/۲۲ bc
	Q29	پرایمینگ	۱۴۰/۲ a	۴/۳۴ a
75 % WR	Titicaca	عدم پرایمینگ	۹۳/۰۴ f	۱/۸ ef
	Titicaca	پرایمینگ	۱۰۹/۹ c	۲/۲ de
	Q26	عدم پرایمینگ	۱۰۲/۸ d	۲/۱۳ de
	Q26	پرایمینگ	۱۱۵/۶ b	۲/۹ c
	Q29	عدم پرایمینگ	۱۰۹/۱ c	۲/۴ d
	Q29	پرایمینگ	۱۱۶/۶ b	۲/۸۵ c
50 % WR	Titicaca	عدم پرایمینگ	۸۶/۴۳ g	۱/۵۱ d
	Titicaca	پرایمینگ	۹۶/۷ e	۱/۷ f
	Q26	عدم پرایمینگ	۹۳/۶ f	۱/۸۳ ef
	Q26	پرایمینگ	۱۰۱/۴ de	۲/۱ d
	Q29	عدم پرایمینگ	۹۶/۴ ef	۱/۷۳ f
	Q29	پرایمینگ	۱۰۴/۷ d	۲/۱۷ d
LSD (5%)				
		۵/۳۴	۰/۴	۱/۵۶

۴-۱۳ شاخص سطح برگ^۱

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۴-۱۱ آورده شده است. میانگین مربعات ناشی از اثر مکان (L)، آبیاری (I)، رقم (G) و پرایمینگ (P) (اثرات اصلی) بر شاخص سطح برگ (LAI) اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) نشان داد.

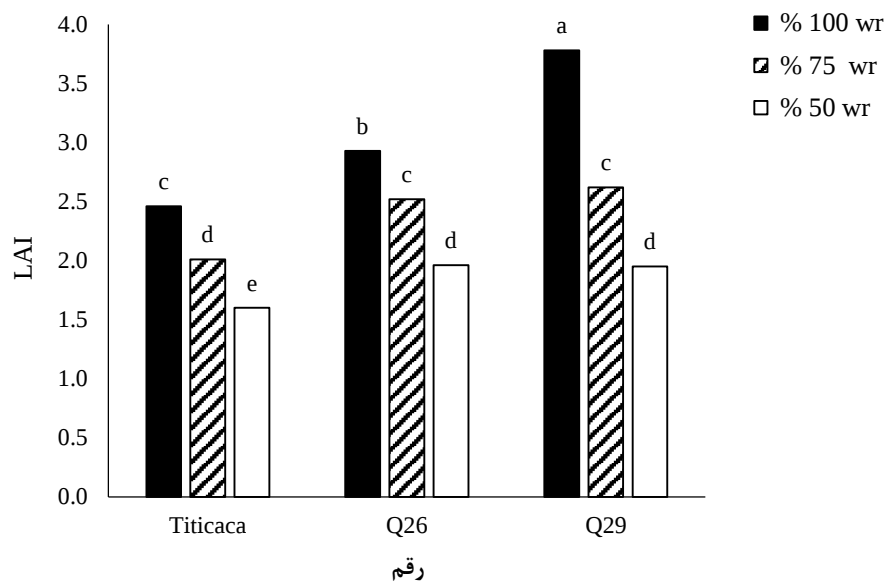
میانگین مربعات ناشی از اثرات متقابل دو جانبه اثر مکان در سطح آبیاری، اثر مکان در رقم گیاه کینوا، پرایمینگ در رقم، سطح آبیاری در رقم گیاه کینوا و سطح آبیاری در پرایمینگ بر LAI، اثر معنی‌داری نشان داد (جدول ۴-۱۱).

نتایج تجزیه واریانس ناشی از اثرات متقابل سه جانبه مکان در آبیاری در رقم و مکان در آبیاری در پرایمینگ بر LAI اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد، اما اثرات سه جانبه مکان در رقم در پرایمینگ و آبیاری در رقم در پرایمینگ معنی‌دار نشدند (جدول ۴-۱۱).

شکل ۴-۳۲ مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در سه رژیم آبیاری را بر LAI نشان می‌دهد همان‌طور که مشاهده می‌شود در 100 % WR بین سه رقم از نظر میزان LAI تفاوت وجود داشت که به پتانسیل ژنتیکی ارقام می‌توان نسبت داد بیشترین میزان LAI در سطح آبیاری 100 % WR و رقم Q29 با میانگین ۳/۷۸ مشاهده شد. با اعمال رژیم‌های آبیاری 75 % WR و 50 % WR میزان LAI کاهش یافته بود این کاهش در هر دو سطح تنش در رقم Titicaca بیشتر بود و کمترین میزان LAI در 50 % WR و رقم Titicaca با میانگین ۱/۶ بدست آمد. عکس‌العمل LAI تحت تیمارهای مختلف آبیاری در سه رقم گیاه کینوا در طی فصل رشد حاکی از آن است که با شدت یافتن تنش، LAI با سرعت بیشتری افت نمود. این کاهش در رقم Q29 در هر سه سطح تنش کمتر از دو رقم دیگر بود. کاهش سطح برگ کانوپی گیاهی به واسطه تنش خشکی به دلیل کاهش میزان سرعت و گسترش سطح برگ‌ها به واسطه اختلال در فتوسنتز و کاهش آماس سلولی در نتیجه اعمال تنش خشکی است. احتمالاً افت

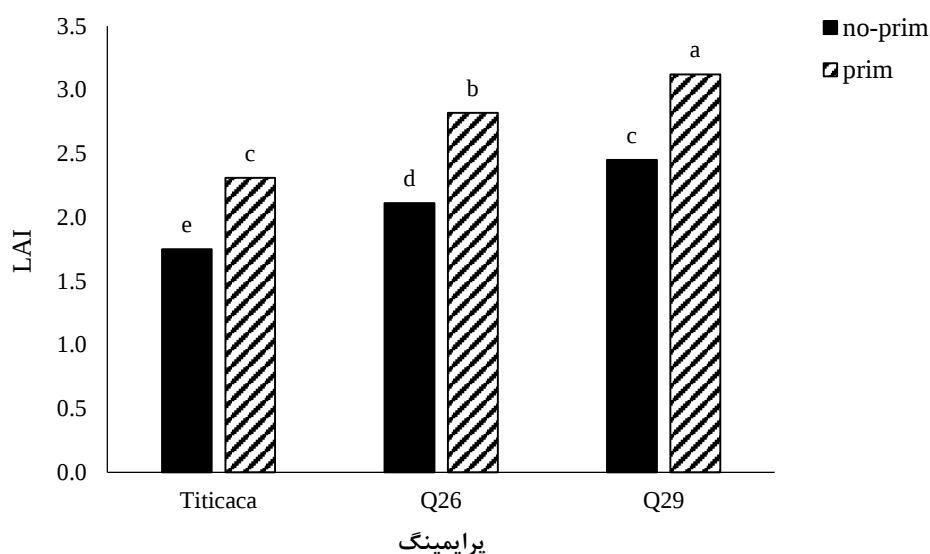
^۱ -LAI: Leaf area index

سطح برگ در تیمارهای تنش به واسطه حساسیت بالای تقسیم سلولی و سرعت رشد سلول‌ها به کم‌آبی است (Nadim et al., 2002). اعمال تنش خشکی از ابتدای کاشت تا انتهای رشد گیاه در کینوا، سبب کاهش سطح برگ، و وزن خشک گیاه شد (De Rodriguez et al, 2002 ; جمالی و همکاران، ۱۳۹۵).



شکل ۴-۳۲. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر LAI.

مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ بر LAI در شکل ۴-۳۳ آورده شده است؛ همان‌طور که نتایج مقایسه میانگین نشان می‌دهد هر سه رقم تحت تأثیر هیدروپرایمینگ LAI بیشتری نشان دادند؛ بیشترین میزان LAI در رقم Q29 با پرایمینگ با میانگین ۳/۱۲ بدست آمد و کمترین میزان LAI در رقم Titicaca و عدم پرایمینگ با میانگین ۱/۷۵ مشاهده شد. یکی از حساس‌ترین مراحل رشدی گیاه به عوامل محیطی، مرحله گیاهچه‌ای است بنابراین سپری شدن سریع این مرحله تحت تأثیر پرایمینگ و یک رقم مناسب می‌تواند سبب رشد سریع‌تر گیاهچه‌ها شود و تأثیر قابل ملاحظه‌ای در افزایش رشد گیاهان داشته باشد (عارفی و فرج‌زاده، ۱۳۹۶).

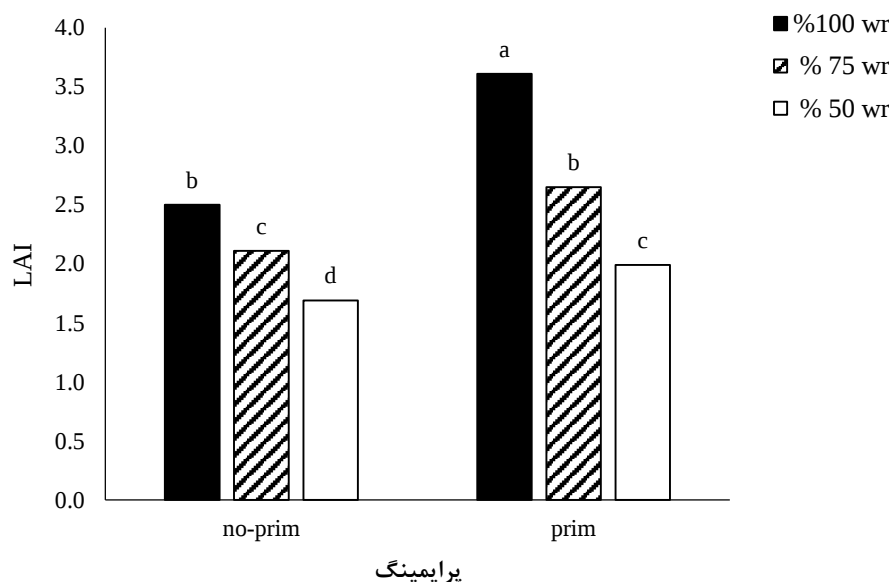


شکل ۴-۳۳. مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر LAI.

شکل ۴-۳۴ مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری در پرایمینگ بر LAI را نشان می‌دهد همان‌طور که مشاهده می‌شود در هر سه رژیم آبیاری با پرایمینگ میزان LAI بیشتری بدست آمد. بیشترین میزان LAI در تیمار WR 100 % به همراه پرایمینگ با میانگین ۳/۶۱ مشاهده شد. کمترین میزان LAI در WR 50 % و عدم پرایمینگ با میانگین ۱/۶۹ بدست آمد. احتمالاً تیمار پرایمینگ به دلیل تسریع در سبز شدن و استقرار گیاه سبب افزایش میزان شاخص سطح برگ در گیاه کینوا شد. گزارش شده است که پرایمینگ بذرها امکان عبور بذر از مرحله جوانه‌زنی در شرایط تنش، را بهتر فراهم می‌آورد و گیاهچه‌های حاصل، شانس بیشتری برای ادامه رشد و توسعه داشته و توانایی بالاتری جهت تحمل و غلبه بر شرایط نامساعد محیطی خواهند یافت (Guzman and Olave, 2006).

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا بر LAI در جدول ۴-۱۲ آورده شده است. بیشترین میزان LAI در مکان بسطام رقم WR Q29 100% با میانگین حدود ۴/۴ مشاهده شد. تیمار بسطام سطح آبیاری WR 100 % رقم Q26 با میانگین ۳/۲ در مقام دوم قرار گرفت. گزارش شده است که در مرحله رویشی، تنش خشکی بسیار جزئی می‌تواند سرعت رشد برگ، تعداد آن و در مراحل بعدی، را کاهش دهد که علاوه بر تقلیل فتو سنتز، دفع آب از

سطح برگ نیز کاهش می‌یابد، زیرا سطح تعرق کننده گیاه به میزان زیادی کم می‌شود (Schneider et al., 1987).



شکل ۴-۳۴. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر LAI.

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه سطح آبیاری و پرایمینگ بر LAI در جدول ۴-۱۴ آورده شده است. بیشترین میزان LAI در مکان بسطام 100 % WR و پرایمینگ با میانگین ۴/۳ مشاهده شد و کمترین میزان آن در مکان دامغان 50 % WR عدم پرایمینگ با میانگین ۱/۶۴ بدست آمد. کاهش LAI تحت تأثیر تنش خشکی در کینوا توسط (Makumbi et al., 2010 ; et Kaman al., 2012) گزارش شده است. این کاهش احتمالاً ناشی از کاهش میزان آسمیلات‌های فتوسنتزی می‌باشد کاهش رشد تحت تأثیر تنش خشکی یکی از روش‌های سازگاری به تنش خشکی می‌باشد. استفاده از تکنیک پرایمینگ در هر دو مکان توانست اثرات تنش خشکی را کمتر کرده و سطح برگ را بیشتر افزایش دهد. عبدالرحمنی و همکاران (Abdol Rahmani et al, 1971) گزارش کردند که هیدروپرایمینگ بذر جو در شرایط کشت دیم باعث تولید ماده خشک بیشتری در واحد سطح نسبت به

تیمار شاهد (پرایم نشده) و درصد پوشش سبز مزرعه در مرحله گلدهی و همچنین سرعت رشد گیاه در تیمار پرایم شده بیشتر بود.

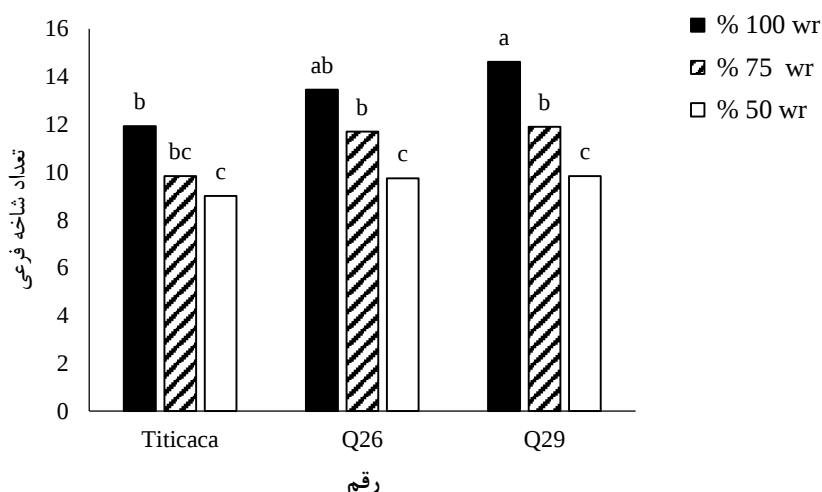
جدول ۴-۱۵ اثرات متقابل سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا در دو سطح پرایمینگ را بر شاخص سطح برگ نشان می‌دهد؛ هیدروپرایمینگ بذرها در آبیاری 100 % WR توانست LAI را افزایش دهد و بیشترین میزان LAI در تیمار 100 % WR رقم Q29 با پرایمینگ با میانگین ۴/۳ مشاهده شد و تیمارهای 100 % WR رقم Q26 با پرایمینگ و 100 % WR رقم Q29 بدون پرایمینگ با میانگین ۳/۳۶ در مقام دوم قرار داشت. در شرایط تنش 75 % WR نیز رقم Q29 با پرایمینگ LAI بیشتری تولید نمود و با افزایش سطح تنش (50 % WR) نیز رقم Q29 به همراه پرایمینگ میزان LAI بیشتری تولید نمود.

۴-۱۴ شاخه فرعی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۴-۱۱ آورده شده است. میانگین مربعات ناشی از اثر مکان (L)، آبیاری (I)، رقم (G)، پرایمینگ (P) (اثرات اصلی) بر تعداد شاخه‌های فرعی اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) نشان داد. میانگین مربعات ناشی از اثرات متقابل دو جانبه اثر دو مکان بسطام و دامغان در سطح آبیاری، اثر دو مکان در سه رقم گیاه کینوا، سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا و سطح آبیاری در پرایمینگ بر تعداد شاخه‌های فرعی، اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۴-۱۱).

نتایج تجزیه واریانس ناشی از اثرات متقابل سه جانبه مکان در سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ، مکان در سه سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا، بر تعداد شاخه‌های فرعی اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۴-۱۱).

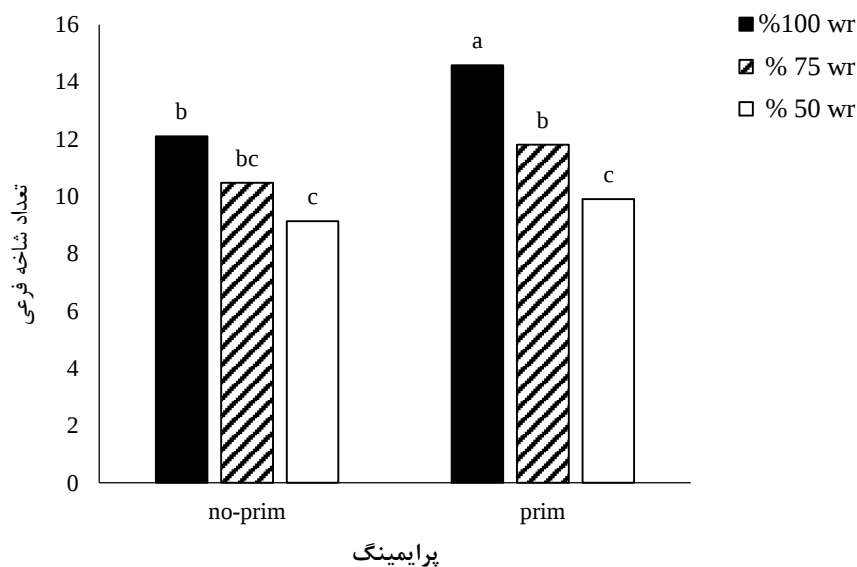
شکل ۴-۳۵ مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در سه رژیم آبیاری را بر تعداد شاخه فرعی را نشان می‌دهد همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین تعداد شاخه فرعی در تیمارهای 100 % WR و رقم Q29 و 100 % WR و رقم Q26 با میانگین ۱۴/۰۴ مشاهده شد. با اعمال 75 % WR و 50 % WR تعداد شاخه فرعی روند کاهشی نشان داد. در مطالعات سایر محققان نیز مشاهده شده که با افزایش شدت تنش خشکی و زمان وقوع آن از تعداد گره در ساقه و تعداد شاخه‌ها به‌طور معنی‌داری کاسته شده است که با نتایج این آزمایش همخوانی دارد (Ghassemi-Golezani *et al* 2014 ; ضیایی و همکاران، ۱۳۹۶) محدودیت منابعی مانند آب از طریق کاهش فتوسنتز جاری منجر به محدودیت منبع و مخزن می‌شود؛ بنابراین تجمع ماده خشک در بخش‌های مختلف گیاه کاهش می‌یابد و موجب کاهش رشد گیاه از جمله تعداد شاخه فرعی می‌شود.



شکل ۴-۳۵. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر تعداد شاخه فرعی.

شکل ۴-۳۶ مقایسه میانگین اثر متقابل دو جانبه سطح آبیاری در پرایمینگ بر تعداد شاخه فرعی را نشان می‌دهد همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین تعداد شاخه فرعی در تیمار 100 % WR و پرایمینگ با میانگین ۱۴/۵۸ بدست آمد. با اعمال محدودیت‌های آبیاری 75 % WR و 50 % WR تعداد شاخه فرعی کاهش یافت. کمترین تعداد آن نیز در تیمار 50 % WR بدون پرایمینگ و با پرایمینگ با

میانگین ۹/۵۲ عدد بدست آمد. به نظر می‌رسد تیمار پرایمینگ از طریق تسریع در ظهور گیاه و استقرار بهتر گیاه در ابتدای رویش، در 100 % WR سبب افزایش ارتفاع (شکل ۴-۲۶) و بدنبال آن افزایش تعداد شاخه فرعی شد. در 75 % WR و 50 % WR با پرایمینگ و بدون پرایمینگ میزان ارتفاع گیاه یافت، کاهش ارتفاع در تنش‌های رطوبتی از واکنش‌های اولیه گیاه می‌باشد کاهش ارتفاع کاهش تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه را در پی دارد.



شکل ۴-۳۶. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر تعداد شاخه فرعی.

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا بر شاخه فرعی در جدول ۴-۱۲ آورده شده است. بیشترین تعداد شاخه فرعی در مکان بسطام 100 % WR رقم Q26 ، مکان بسطام 100 % WR رقم Q29 با میانگین حدود ۱۹/۹۵ مشاهده شد. اعمال تنش خشکی از ابتدای کاشت تا انتهای رشد گیاه ، سبب کاهش ارتفاع، سطح برگ، تعداد شاخه-های فرعی و وزن خشک همه‌ی ارقام مورد بررسی گیاه کینوا شد (De Rodriguez et al, 2002). در این بررسی عکس‌العمل شاخص‌های رشدی در سه رقم گیاه کینوا نسبت به رطوبت موجود در خاک

متفاوت است. به نظر می‌رسد که رقم Q26 و رقم Q29 در اغلب صفات بررسی شده موفق‌تر عمل نموده است.

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ بر شاخه فرعی در جدول ۴-۱۳ آورده شده است. بیشترین تعداد شاخه فرعی در مکان بسطام رقم Q29 بدون پرایمینگ و مکان بسطام رقم Q29 با پرایمینگ با میانگین حدود ۱۶/۸۵ مشاهده شد. مکان بسطام به دلیل دارا بودن رطوبت نسبی بیشتر، متوسط درجه حرارت کمتر در طول فصل رشد نسبت به دامغان سبب رشد بهتر گیاه شد و در اغلب صفات مورد بررسی بیشترین سطح را به خود اختصاص داده بود. با این وجود استفاده از تکنیک پرایمینگ در هر دو مکان میزان و یکنواختی جوانه‌زنی بذرها و ظهور گیاهچه‌ها را بهبود بخشیده و باعث افزایش سرعت ظهور گیاهچه‌ها در سطح خاک شده بود (داده نشان داده نشد). تعداد شاخه فرعی به دلیل افزایش رقابت بین گیاهان و تخلیه سریع‌تر رطوبت خاک کاهش یافت. در بذور پرایم شده ماش ۸۰٪ افزایش بیوماس نسبت به بذور شاهد مشاهده شد (Rashid et al., 2004). در بافت های مناطق مریستمی گیاهان حاصل از بذور پرایم شده نخود، افزایش فعالیت اسید اینورتاز گزارش شد، که سبب افزایش رشد گیاه و افزایش بیوماس گردید (Kaur et al., 2005).

۴-۱۵ عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس داده‌های عملکرد بیولوژیک در جدول ۴-۱۶ آورده شده است. میانگین مربعات ناشی از اثر مکان (L)، آبیاری (I)، رقم (G)، پرایمینگ (P) (اثرات اصلی) بر عملکرد بیولوژیک اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) نشان داد. میانگین مربعات ناشی از اثرات متقابل دو جانبه مکان در آبیاری، مکان در رقم، مکان در پرایمینگ، آبیاری در رقم، آبیاری در پرایمینگ و رقم در عملکرد بیولوژیک، اثر معنی‌داری در سطح یک درصد نشان داد (جدول ۴-۱۶).

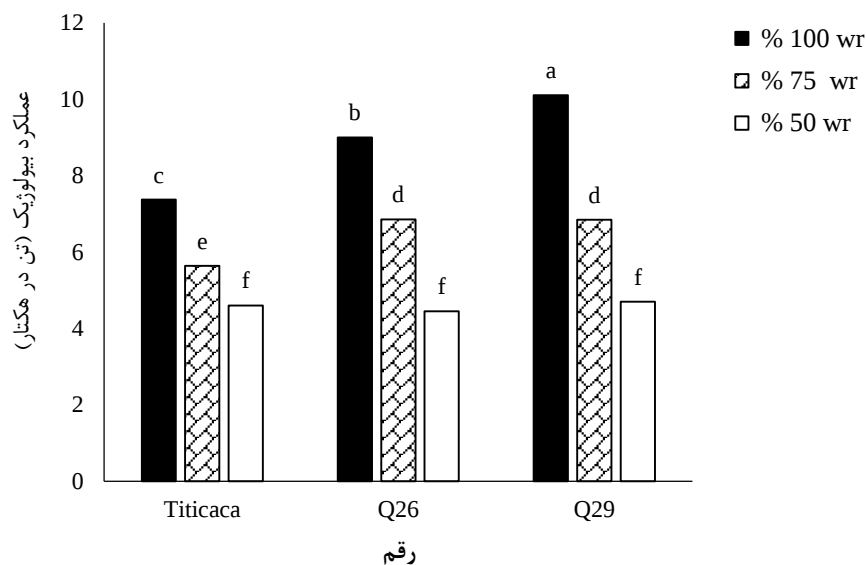
جدول ۴-۱۶ تجزیه واریانس اثر آبیاری، رقم، پرایمینگ و مکان بر شاخص های عملکرد و پروتئین دانه در کینوا.

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	میانگین مربعات	
					وزن هزار دانه	پروتئین دانه
مکان	۱	۱۶۱۲۶۷۷ **	۱۳۸/۸ **	۴۵ **	۳/۱۶ **	۰/۹ *
بلوک در مکان	۶	۱۲۵	۰/۳	۰/۷۶	۰/۰۱	۶/۴
آبیاری	۲	۳۳۸۰۷۷۳ **	۲۱۷/۷ **	۴۶/۶ **	۲/۲ **	۴۵۸ **
مکان در آبیاری	۲	۹۲۴۱ **	۱۷/۳ **	۴۲/۱ **	۰/۰۰۵ n.s	۰/۱ n.s
خطای a	۱۲	۹۷/۸	۰/۲	۰/۷	۰/۰۱	۱/۸۸
رقم	۲	۱۴۹۲۸۷ **	۱۸/۶ **	۳۹/۳ **	۰/۰۶ **	۸۳/۷ **
مکان در رقم	۲	۶۷۰۸ **	۱/۶۵ **	۰/۶ n.s	۰/۰۰۲ n.s	۲/۴ **
آبیاری در رقم	۴	۵۵۲۵۳ **	۷/۶ **	۹/۳۵ **	۰/۰۱ *	۸/۸ **
مکان در آبیاری در رقم	۴	۶۱۰۷ **	۳/۳ **	۹/۸ **	۰/۰۰۲ n.s	۵/۶ **
پرایمینگ	۱	۶۸۹۳۹۱ **	۱۰۳/۶ **	۸۰/۷ **	۰/۳۴ **	۱/۵۶ **
مکان در پرایمینگ	۱	۱۶۹ n.s	۷/۳ **	۱۴/۷ **	۰/۰۳ n.s	۰/۰۲ n.s
آبیاری در پرایمینگ	۲	۲۶۳/۲ n.s	۷/۵ **	۵/۹ **	۰/۰۱ n.s	۵/۷۸ **
مکان در آبیاری در پرایمینگ	۲	۷۴۰ n.s	۱/۷۶ **	۱۱/۶ **	۰/۰۰۲ n.s	۱/۲۸ *
رقم در پرایمینگ	۲	۳۸۸۷ n.s	۳/۵ **	۹/۴ **	۰/۰۳ *	۰/۱ n.s
مکان در رقم در پرایمینگ	۲	۲۸۵۳ **	۰/۰۲ n.s	۰/۳۴ n.s	۰/۰۱۳ n.s	۶/۵ **
آبیاری در رقم در پرایمینگ	۴	۱۶۸۶ **	۰/۶۸ *	۶/۵۱ **	۰/۰۱۴ *	۲۰/۲ **
مکان در آبیاری در رقم در پرایمینگ	۴	۲۶۲۸ **	۰/۵ n.s	۲/۷۴ **	۰/۰۰۳ n.s	۱۳/۶ **
خطای b	۹۰	۲۹۰/۴	۰/۲۴۸	۰/۷۲	۰/۰۰۵	۰/۲
ضریب تغییرات (cv) %		۱/۵	۷/۶	۵/۵	۳/۵۴	۲/۸

***، * و n.s: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۱٪ و ۵٪ و عدم معنی داری

نتایج تجزیه واریانس ناشی از اثرات متقابل سه جانبه مکان در آبیاری در رقم، مکان در آبیاری در پرایمینگ و آبیاری در رقم در پرایمینگ بر عملکرد بیولوژیک اثر معنی داری نشان داد (جدول ۴-۱۶). شکل ۴-۳۷ مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در سه رژیم آبیاری را بر عملکرد بیولوژیک نشان می دهد، نتایج حاکی از آن است که بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در سطح آبیاری 100 % WR و رقم Q29 با میانگین ۱۰/۱ تن در هکتار مشاهده شد. تیمار سطح آبیاری WR 100 % و رقم Q26 با میانگین ۹ تن در هکتار در مقام دوم قرار داشت. با اعمال محدودیت های آبیاری WR 75 % و WR 50 % عملکرد بیولوژیک روند کاهشی نشان داد و این کاهش در WR 50 % بیشتر بود ولی سه

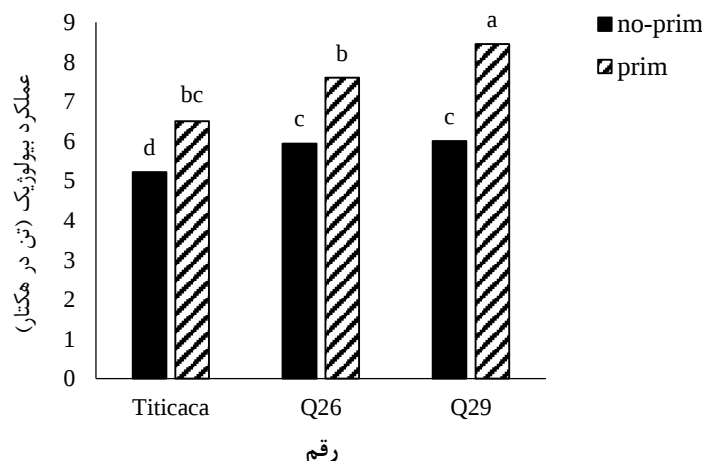
رقم گیاه کینوا و 50 % WR از نظر میزان عملکرد بیولوژیک در یک سطح آماری قرار داشتند. مرادی و همکاران (۱۳۸۷) اظهار داشتند که علت کاهش ماده خشک کل گیاه را همبستگی مثبت و بالای بین ماده خشک با فتوسنتز و شاخص سطح برگ در مرحله رویشی دانست. نتایج حاصل از مطالعات Pereira (et al, 2016; Ren et al, 2016) حاکی از آن است که با افزایش تنش خشکی از توان فتوسنتزی گیاه کاسته می‌شود و این امر موجب کاهش تولیدات فتوسنتزی و در نهایت کاهش ماده خشک کل می‌شود.



شکل ۴-۳۷. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر عملکرد بیولوژیک.

مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ بر عملکرد بیولوژیک در شکل ۴-۳۸ آورده شده است؛ همان‌طور که نتایج مقایسه میانگین نشان می‌دهد در هر سه رقم با پرایمینگ میزان عملکرد بیولوژیک افزایش یافته بود. بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در رقم Q29 با پرایمینگ با میانگین ۸/۴۵ تن در هکتار بدست آمد. رقم Q26 با پرایمینگ با میانگین ۷/۶ تن در هکتار در رتبه دوم قرار داشتند. کمترین میزان آن در رقم Titicaca و عدم پرایمینگ با میانگین ۵/۲۲ تن در هکتار بدست آمد. افزایش زیست توده گیاهان زراعی جو (Rashid et al, 2006)، ذرت (Harris et al, 2007)، و سه رقم سویا (راه‌چمندی و همکاران، ۱۳۸۹) نیز از طریق پرایمینگ مزرعه‌ای بذر گزارش شده است. شاید

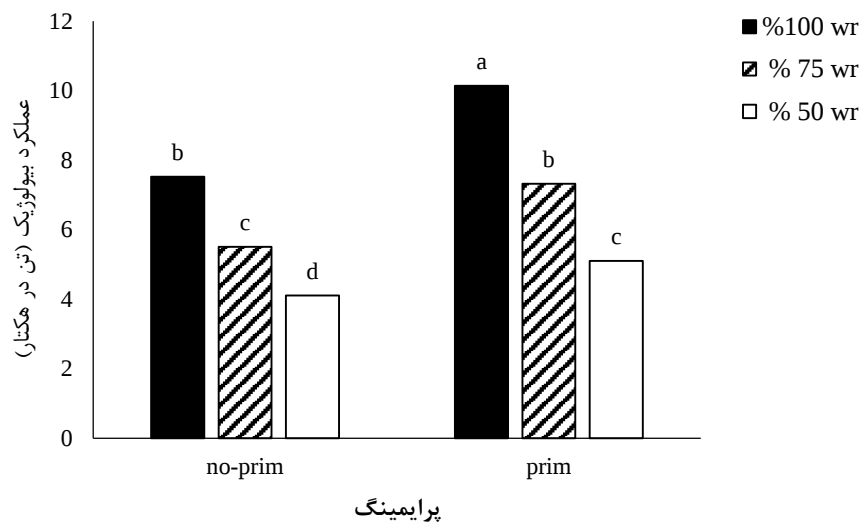
مهمترین اثر پرایمینگ استقرار سریع تر و استفاده مطلوب از مواد غذایی و عوامل محیطی باشد (مناری فرد و سپهری، ۱۳۹۱).



شکل ۴-۳۸. مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر عملکرد بیولوژیک.

شکل ۴-۳۹ مقایسه میانگین اثر متقابل دو جانبه رژیم آبیاری در پرایمینگ را بر عملکرد بیولوژیک نشان می‌دهد، همان‌طور که مشاهده می‌شود در هر سه سطح آبیاری با پرایمینگ عملکرد بیولوژیک بیشتری مشاهده شد. بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در تیمار 100 % WR و پرایمینگ ۱۰/۱۴ تن در هکتار بدست آمد و پس از آن بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار 100 % WR و عدم پرایمینگ با ۷/۴۴ تن در هکتار بدست آمد. کمترین میزان آن نیز در 50 % WR و عدم پرایمینگ با میانگین ۴/۱ تن در هکتار بدست آمد. در هر سه سطح آبیاری، گسترش تاج پوشش گیاهی در مزرعه حاصل از کاشت بذور پرایم شده سریع‌تر می‌باشد این امر در کنار توسعه بهتر سیستم ریشه‌های گیاهچه‌ای باعث می‌شود که سهم تعرق از تخلیه رطوبتی افزایش یابد (Abdel Rahman et al, 1971). از آنجایی که بر خلاف تبخیر، تعرق رابطه نزدیکی با تولید آسیمیلات و فتوسنتز دارد. لذا این امر باعث بهبود بهره‌برداری از رطوبت خاک توسط گیاهان استقرار یافته از بذور پرایم شده می‌شود (Abdel Rahman et al, 1971). مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا بر عملکرد بیولوژیک در جدول ۴-۱۷ آورده شده است. بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در مکان

بسطام رقم WR Q29 100 % با میانگین ۱۲/۱ تن در هکتار مشاهده شد. تیمار بسطام رقم WR Q26 100 % و بسطام رقم WR Titicaca 100 % با میانگین‌های ۱۰/۱ و ۹/۱۵ تن در هکتار در مقام‌های دوم و سوم قرار داشتند. در تنش ملایم و شدید عملکرد بیولوژیک روند کاهشی نشان داد. بیشترین



شکل ۴-۳۹. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر عملکرد بیولوژیک.

کاهش در دو محیط و دو سطح تنش در رقم Titicaca بدست آمد. کاهش عملکرد بیولوژیک تحت اثر تنش خشکی در 75 WR و 50 WR % را می‌توان به کاهش در سطح برگ (جدول ۴-۱۷)، ارتفاع (جدول ۴-۱۲)، شاخه‌های فرعی (جدول ۴-۱۲) و غلظت کلروفیل (جدول ۴-۴) می‌توان نسبت داد که در نهایت سبب کاهش عملکرد بیولوژیک شد. جمالی و همکاران (۱۳۹۵) در گیاه کینوا گزارش نمودند که گیاه تنش دیده تعداد و اندازه برگ را کاهش داده بنابراین سریع‌تر به حداکثر شاخص سطح برگ رسیده و طول دوره رشد نیز به همین منوال کاهش یافته بود و ماده خشک کل گیاه کاهش یافته بود. مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه سطح آبیاری و پرایمینگ بر عملکرد بیولوژیک در جدول ۴-۱۸ آورده شده است. بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در مکان بسطام 100 % WR با پرایمینگ با میانگین ۱۲/۲ تن در هکتار مشاهده شد و تیمارهای بسطام 100 % WR و

جدول ۴-۱۷. مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان، رژیم آبیاری و رقم بر پروتئین دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت.

مکان	رژیم آبیاری	رقم	عملکرد (kg/ha)	عملکرد بیولوژیک (ton/ha)	HI (%)	پروتئین دانه (%)
بسطام	100 % WR	Titicaca	۱۴۳۸/۷ c	۹/۱۵ bc	۱۳/۹۸ d	۱۴/۲۸ f
		Q26	۱۶۱۵ a	۱۰/۱ b	۱۳/۹۵ d	۱۴/۱۸ ef
		Q29	۱۴۷۵/۲ b	۱۲/۱ a	۱۱ e	۱۳/۷۳ f
	75 % WR	Titicaca	۱۲۲۳/۴ f	۶/۳ e	۱۶/۲۵ abc	۱۷/۵ cd
		Q26	۱۳۴۵/۶ d	۷/۹۴ d	۱۴ d	۱۶ d
		Q29	۱۱۷۴/۲۵ h	۸/۶۷ c	۱۱/۷۸ e	۱۵/۱ e
دامغان	50 % WR	Titicaca	۹۷۷/۸ j	۵ fg	۱۶/۴ abc	۱۹/۷ a
		Q26	۱۰۱۰/۳ g	۵/۱۱ fg	۱۶/۸ ab	۱۸/۵ b
		Q29	۹۷۷/۳ j	۴/۹ f	۱۷ ab	۱۷/۱ cd
	100 % WR	Titicaca	۱۲۰۸/۶ g	۵/۶ e	۱۷/۸ a	۱۵ e
		Q26	۱۴۴۰/۲۵ c	۸ d	۱۵/۴۱ bcd	۱۳/۳ f
		Q29	۱۳۱۷/۲۵ e	۸/۱۱ d	۱۴/۱ d	۱۳/۵۵ f
	75 % WR	Titicaca	۹۷۲ j	۵ fg	۱۶/۱۲ abc	۱۶/۹ d
		Q26	۱۰۷۶ i	۵/۷۵ ef	۱۵/۸ bc	۱۶ d
		Q29	۹۶۹ j	۵ fg	۱۵/۵ bcd	۱۵/۱ e
	50 % WR	Titicaca	۸۱۴ k	۴/۲ g	۱۶/۳ abc	۱۹/۶۲ a
		Q26	۷۵۴/۴ m	۳/۸ g	۱۶/۵۷ ab	۱۷/۹ bc
		Q29	۷۸۰/۶ l	۴/۵ fg	۱۴/۸ cd	۱۷/۴۵ cd
LSD (5%)		۱۰/۹	۱	۱/۷	۰/۹	

عدم پرایمینگ، تیمارهای بسطام 75 % WR پرایمینگ، دامغان 100 % WR با پرایمینگ با میانگین

جدول ۴-۱۸. مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان، رژیم آبیاری و پرایمینگ بر پروتئین دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت.

مکان	رژیم آبیاری	پرایمینگ	عملکرد بیولوژیک (ton/ha)	HI (%)	پروتئین دانه (%)
بسطام	100 % WR	عدم پرایمینگ	۸/۶۸ b	۱۴/۴۵ d	۱۴/۳ c
	100 % WR	پرایمینگ	۱۲/۲ a	۱۱/۵۴ f	۱۳/۸ cd
	75 % WR	عدم پرایمینگ	۶/۷۵ c	۱۴/۶۴ d	۱۶/۴ b
	75 % WR	پرایمینگ	۸/۵۴ b	۱۳/۴ e	۱۶/۰۳ b
	50 % WR	عدم پرایمینگ	۴/۲ d	۱۸/۱ a	۱۸/۴ a
	50 % WR	پرایمینگ	۵/۸ c	۱۵/۴ c	۱۸/۵ a
دامغان	100 % WR	عدم پرایمینگ	۶/۳۴ c	۱۶/۶ b	۱۴/۴۲ c
	100 % WR	پرایمینگ	۸/۱ b	۱۵ cd	۱۳/۵ d
	75 % WR	عدم پرایمینگ	۴/۴ d	۱۶/۷۵ b	۱۶ b
	75 % WR	پرایمینگ	۶/۱۱ c	۱۴/۸۴ d	۱۶ b
	50 % WR	عدم پرایمینگ	۳/۹ d	۱۵/۴۳ c	۱۸/۱ a
	50 % WR	پرایمینگ	۴/۴ d	۱۶/۳۱ bc	۱۸/۵۲ a
LSD (5%)			۰/۸۲	۱/۳۹	۰/۷۳

۸/۴۴ تن در هکتار در مقام دوم قرار داشتند. با اعمال تنش از عملکرد بیولوژیک کاسته شده بود، اما این کاهش در تیمارهای دارای پرایمینگ کمتر بود. کائور و همکاران (Kaur et al, 2005). افزایش تعداد شاخه فرعی و بیوماس گیاهی در پرایمینگ بذور نخود را گزارش نموده‌اند. در گیاه نخود حاصل از بذور پرایم شده، افزایش فعالیت اسید اینورتاز در بافت های مناطق مریستمی گزارش شده است که سبب افزایش رشد گیاه و افزایش بیوماس شد (Kaur et al, 2005).

جدول ۴-۱۹ اثرات متقابل سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا در دو سطح پرایمینگ را بر عملکرد بیولوژیک نشان می‌دهد. همان‌طور که نتایج جدول مقایسه میانگین نشان می‌دهد در هر سه رقم و هر سه سطح آبیاری به همراه پرایمینگ میزان عملکرد بیولوژیک بیشتری بدست آمد. بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در سطح آبیاری 100 % WR و رقم Q29 و پرایمینگ با میانگین ۱۱/۷ تن در هکتار

جدول ۴-۱۹. مقایسه میانگین اثرات متقابل رژیم آبیاری، رقم و پرایمینگ بر پروتئین دانه، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت.

HI (%)	عملکرد بیولوژیک (ton/ha)	عملکرد (kg/ha)	وزن هزاردانه (گرم)	پروتئین دانه (%)	پرایمینگ	رقم	رژیم آبیاری
۱۷/۳ a	۶/۱۸ d	۱۲۷۷/۶ d	۲/۲ bc	۱۴/۵۸ ghi	عدم پرایمینگ	Titicaca	100 % WR
۱۴/۵ cde	۸/۵۶ c	۱۳۶۹/۶ c	۲/۲۸ ab	۱۴/۷ ghi	پرایمینگ	Titicaca	
۱۵/۷ abc	۷/۸۳ c	۱۴۵۱/۷ b	۲/۲۴ b	۱۴/۷ ghi	عدم پرایمینگ	Q26	
۱۳/۷ def	۱۰/۲ b	۱۶۰۳/۵ a	۲/۴۹ a	۱۲/۸ j	پرایمینگ	Q26	
۱۳/۶۱ def	۸/۵۳ c	۱۳۱۵/۷ d	۲/۲۸ ab	۱۳/۸۱ hij	عدم پرایمینگ	Q29	
۱۱/۵۲ f	۱۱/۷ a	۱۴۷۶/۷ b	۲/۳۳ ab	۱۳/۵ ij	پرایمینگ	Q29	
۱۲/۱۶ ef	۵/۳ d	۱۰۰۶/۱ f	۱/۹۷ cd	۱۷/۸۷ cd	عدم پرایمینگ	Titicaca	75 % WR
۱۶/۲۵ ab	۶ d	۱۱۸۹/۱ e	۲/۰۲ c	۱۶/۶ de	پرایمینگ	Titicaca	
۱۵/۴ abcd	۶/۱ d	۱۱۱۹/۱۵ f	۲/۰۱ c	۱۵/۶۲ f	عدم پرایمینگ	Q26	
۱۴/۴۳ cde	۷/۶۲ c	۱۳۰۲/۵ d	۲/۱۴ bc	۱۶/۳ e	پرایمینگ	Q26	
۱۵/۶ abc	۵/۳ de	۱۰۳۹/۴ g	۲/۰۱ c	۱۵/۰۳ fgh	عدم پرایمینگ	Q29	
۱۱/۷ f	۸/۳۵ c	۱۱۰۴/۳ f	۲/۱ bc	۱۵/۱۶ fgh	پرایمینگ	Q29	
۱۶ abc	۲/۴ f	۷۹۷/۷ k	۱/۸۶ d	۱۹/۳ ab	عدم پرایمینگ	Titicaca	50 % WR
۱۶/۸ ab	۵ e	۹۹۳/۳ h	۱/۹ d	۲۰/۰۳ a	پرایمینگ	Titicaca	
۱۷/۶۵ a	۳/۹۲ e	۸۴۲/۸ j	۱/۸۵ d	۱۸ c	عدم پرایمینگ	Q26	
۱۵/۷۵ abc	۵ e	۹۲۲ i	۱/۹۳ d	۱۸/۴۲ bc	پرایمینگ	Q26	
۱۶/۷۳ abcd	۴ f	۸۱۱/۱۲ k	۱/۸۱ d	۱۷/۵ cd	عدم پرایمینگ	Q29	
۱۵/۰۳ b	۵/۳۵ de	۹۴۷ i	۱/۹۲ d	۱۷/۱ de	پرایمینگ	Q29	
۲/۴	۱/۴۲	۲۶/۳۱	۰/۲	۱/۲۷	LSD (5%)		

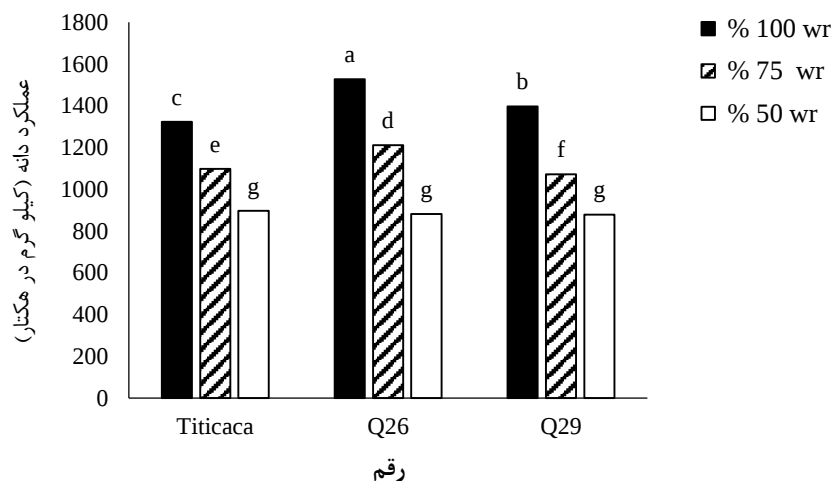
بدست آمد و سطح آبیاری 100 % WR و رقم Q26 و پرایمینگ با میانگین ۱۰/۲ تن در هکتار در مقام دوم قرار داشتند. در تنش ملایم و شدید نیز رقم Q29 به همراه پرایمینگ عملکرد بیولوژیک بیشتری را نشان داد. افزایش ۸۰ درصدی بیوماس در ماش (Rashid et al, 2004) و همچنین افزایش عملکرد کاه و دانه در گندم (Farooq et al, 2006) نیز بواسطه پرایمینگ گزارش شده است. گزارش شده است که پرایمینگ اثر شرایط نامساعد محیطی را تعدیل می کند (لطیفزاده و همکاران، ۱۳۹۲؛ خمدی و همکاران، ۱۳۹۷). تفاوت بین ارقام در میزان عملکرد بیولوژیک را می توان به میزان کلروفیل (شکل ۴-۲)، شاخص سطح برگ (۴-۱۵) و عملکرد دانه (۴-۱۹) نسبت داد.

۴-۱۶ عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده ها در جدول ۴-۱۶ آورده شده است. میانگین مربعات ناشی از اثر مکان (L)، آبیاری (I)، رقم (G)، پرایمینگ (P) (اثرات اصلی) بر عملکرد دانه اثر معنی داری در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) نشان داد. میانگین مربعات ناشی از اثرات متقابل دو جانبه مکان در آبیاری، مکان در رقم و آبیاری در رقم بر عملکرد دانه، اثر معنی داری نشان داد (جدول ۴-۱۶). نتایج تجزیه واریانس ناشی از اثرات متقابل سه جانبه مکان در آبیاری در رقم، مکان در رقم در پرایمینگ، آبیاری در رقم در پرایمینگ و نیز مکان در آبیاری در رقم در پرایمینگ بر عملکرد دانه اثر معنی داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۴-۱۶).

شکل ۴-۴۰ مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در سه رژیم آبیاری بر عملکرد دانه را نشان می دهد. نتایج جدول حاکی از آن است که بیشترین میزان عملکرد دانه در سطح آبیاری 100 % WR و رقم Q26 با میانگین ۱۵۲۷/۶۱ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. در تنش ملایم (75 % WR) از بین سه رقم نیز، رقم Q26 عملکرد بیشتری را نشان داد؛ اما در تنش شدید (50 % WR) هر سه رقم با هم تفاوتی نداشتند. با افزایش شدت تنش سرعت تولید ماده خشک در گیاه کاهش می یابد، بنابراین ارقامی که توان

فتوسنتزی خود را در شرایط تنش در مدت زمان بیشتری حفظ کنند از عملکرد بیشتری برخوردار هستند (Ribaut et al, 2012). کاهش عملکرد دانه ذرت در اثر تنش خشکی در مراحل زایشی به کاهش کارایی فتوسنتز و کوتاه شدن طول دوره رشد نسبت داده شد (Ribaut et al, 2012). گزارش شده است که عملکرد دانه ارقام ذرت تحت تنش خشکی حدود ۱۸٪ در مقایسه با شاهد کاهش یافت. تنش آبی با اثر بر باز شدن روزنه‌ها، کاهش فعالیت آنزیم‌های چرخه کالوین، می‌تواند میزان تولید مواد پرورده را به میزان زیادی کاهش داده و به طور مستقیم موجب کاهش وزن دانه‌ها (ظرفیت مقصد فیزیولوژیک) شود (Yan et al, 2016).



شکل ۴-۴۰. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر عملکرد دانه.

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا بر عملکرد دانه در جدول ۴-۱۷ آورده شده است. بیشترین میزان عملکرد دانه در مکان بسطام و رقم Q26 و 100% WR با میانگین ۱۶۱۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. مکان بسطام رقم Q29 و 100% WR با میانگین ۱۴۷۵/۲ کیلوگرم در هکتار در مقام دوم قرار داشتند. در 75% WR در بسطام رقم Q26، در 50% WR رقم Titicaca عملکرد بیشتری نشان داده بود. اما در دامغان در هر سه سطح آبیاری رقم Q26 موفق‌تر بوده و عملکرد بیشتری نشان داده بود. کاهش عملکرد تحت تأثیر تنش خشکی در مکان دامغان به دلیل درجه حرارت بالاتر و رطوبت نسبی پایین‌تر نسبت به بسطام می‌باشد. سرمدنیا

و همکاران (۱۳۹۶) به وجود ارتباط نزدیک بین تعداد خوشه در واحد سطح با رژیم رطوبتی خاک اشاره کرده‌اند آنها افت شدید تعداد دانه در خوشه در ارقام گندم مورد مطالعه تحت تنش خشکی را به علت کوتاه بودن طول دوره رشد این ارقام و مقارن بودن زمان گرده‌افشانی آن با دمای هوا بالاتر نسبت به ارقام دیگر نسبت دادند در نتیجه کاهش عملکرد بیشتری رخ داده بود.

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ بر عملکرد دانه در جدول ۴-۲۰ آورده شده است. بیشترین میزان عملکرد دانه در مکان بسطام رقم Q26 و پرایمینگ با میانگین ۱۳۹۸/۶ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. مکان بسطام رقم Titicaca در مقام دوم از نظر میزان عملکرد قرار داشت. اغلب تیمارها در مکان دامغان عملکرد کمتری را نسبت به بسطام نشان داده بودند اما این کاهش در تیمارهای با پرایمینگ کمتر بود. در آزمایشی باستیا و همکاران (Bastia et al, 1999) توانستند با به کارگیری تیمار هیدروپرایمینگ بذور گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

همراه تغییر در تاریخ کاشت تعداد بوته در متر مربع، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد را بهبود بخشند. در آفتاب‌گردان (Calvino et al., 2003) گزارش شد که پرایم کردن بذور سبب بهبود تسهیم ماده خشک به سمت دانه و افزایش شاخص برداشت و عملکرد دانه گردید. جدول ۴-۱۹ اثرات متقابل سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا در دو سطح پرایمینگ را بر میزان عملکرد دانه نشان می‌دهد بیشترین میزان عملکرد دانه در سطح آبیاری 100 % WR رقم Q26 و پرایمینگ با میانگین ۱۶۰۳/۵ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. تیمارهای Q26 100 % WR و عدم پرایمینگ و 100 % WR Q29 با پرایمینگ با میانگین ۱۴۶۴/۲ کیلوگرم در هکتار در مقام دوم قرار داشتند. با اعمال تنش رطوبتی در هر سه رقم با پرایمینگ میزان عملکرد دانه بیشتری نسبت به عدم پرایمینگ بدست آمد. در تنش ملایم (75 % WR) رقم Q26 با پرایمینگ عملکرد بهتری را نشان داد. در تنش شدید (50 % WR) رقم Titicaca با پرایمینگ عملکرد بهتری را نشان داده بود. در هیدروپرایمینگ بذور نخود تحت تنش خشکی افزایش عملکرد دانه، گزارش شد (Kaur et al., 2005). در این تحقیق همچنین آمده است که آنزیم‌های متابولیسم ساکاروز نقش مهمی در افزایش عملکرد بر عهده دارند، که در بذور

پرایم شده افزایش میزان این آنزیم‌ها مشاهده شده است افزایش عملکرد بذور پرایم شده سویا نسبت به شاهد ناشی از سریع‌تر سبز شدن بذور پرایم شده نیز گزارش شد (Arif et al., 2008).

جدول ۴-۲۰ مقایسه میانگین اثرات متقابل مکان، رقم و پرایمینگ بر پروتئین و عملکرد دانه

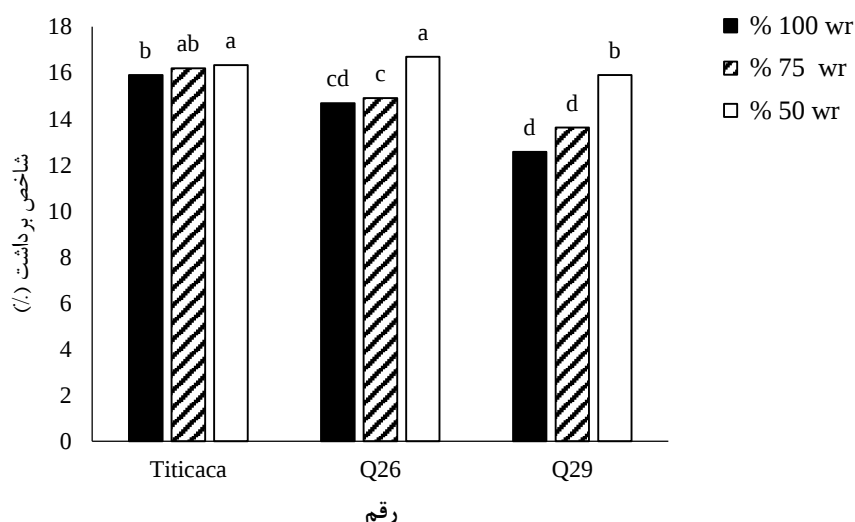
مکان	رقم	پرایمینگ	عملکرد (kg/ha)	پروتئین دانه (%)
بسطام	Titicaca	عدم پرایمینگ	۱۱۴۴/۳ e	۱۷/۵۵ a
	Titicaca	پرایمینگ	۱۲۸۲/۲ b	۱۶/۸ ab
	Q26	عدم پرایمینگ	۱۲۴۸/۶ d	۱۶/۳ b
	Q26	پرایمینگ	۱۳۹۸/۶ a	۱۶/۲ bc
	Q29	عدم پرایمینگ	۱۱۴۸/۶ e	۱۵/۲۳ d
	Q29	پرایمینگ	۱۲۶۹/۳ c	۱۵/۴ d
دامغان	Titicaca	عدم پرایمینگ	۹۱۰/۶ i	۱۶/۹۳ ab
	Titicaca	پرایمینگ	۱۰۸۵/۸ f	۱۷/۴ a
	Q26	عدم پرایمینگ	۱۰۲۷/۱۴ g	۱۵/۹ cd
	Q26	پرایمینگ	۱۱۵۳/۳ e	۱۵/۵ d
	Q29	عدم پرایمینگ	۹۶۲/۲ h	۱۵/۶۵ d
	Q29	پرایمینگ	۱۰۸۲/۶ f	۱۵/۱ d
LSD (5%)			۸/۹۴	۰/۷۳

۴-۱۷ شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۴-۱۶ آورده شده است. میانگین مربعات ناشی از اثر مکان (L)، آبیاری (I)، رقم (G)، پرایمینگ (P) (اثرات اصلی) بر شاخص برداشت (HI) اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) نشان داد. میانگین مربعات ناشی از اثرات متقابل دو جانبه مکان در آبیاری، بیاری در رقم، مکان در پرایمینگ، آبیاری در پرایمینگ و رقم در پرایمینگ بر شاخص برداشت، اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۴-۱۶).

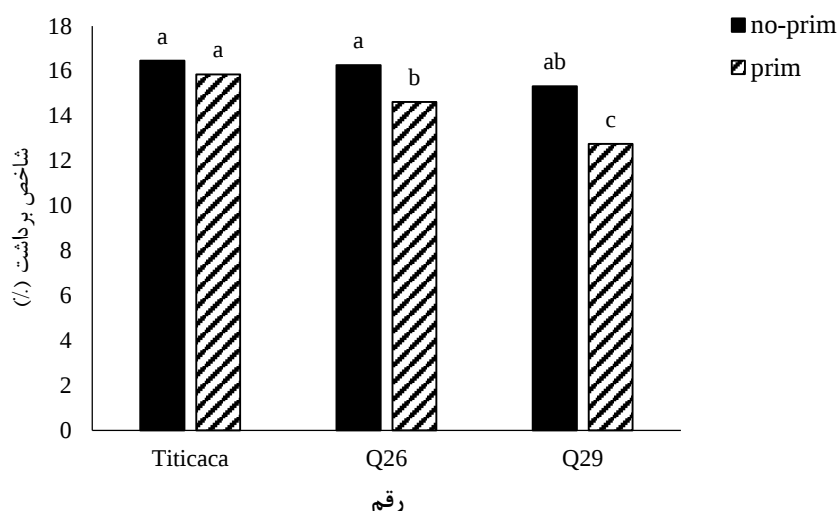
نتایج تجزیه واریانس ناشی از اثرات متقابل سه جانبه مکان در آبیاری در رقم، مکان در آبیاری در پرایمینگ، آبیاری در رقم در پرایمینگ و نیز مکان در آبیاری در رقم در پرایمینگ بر شاخص برداشت اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۴-۱۶).

شکل ۴-۴۱ مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در سه رژیم آبیاری را بر شاخص برداشت نشان می‌دهد همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین میزان شاخص برداشت در تیمارهای Titicaca در هر سه سطح آبیاری، رقم Q26 و 50 % WR، رقم Q29 و 50 % WR مشاهده شد. به نظر می‌رسد که رقم Titicaca در هر سه سطح تنش، در انتقال کربوهیدرات‌ها از اندام‌های سبز گیاه به دانه‌ها موفق‌تر بوده‌اند. در سطح آبیاری 50 % WR علی‌رغم محدودیت آبی دو رقم Q26 و Q29 شاخص برداشت بالایی داشتند. اگر چه در شرایط تنش عملکرد کاهش می‌یابد، وزن خشک کل نیز کم می‌شود بنابراین تأثیری در شاخص برداشت نداشت.



شکل ۴-۴۱. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر شاخص برداشت.

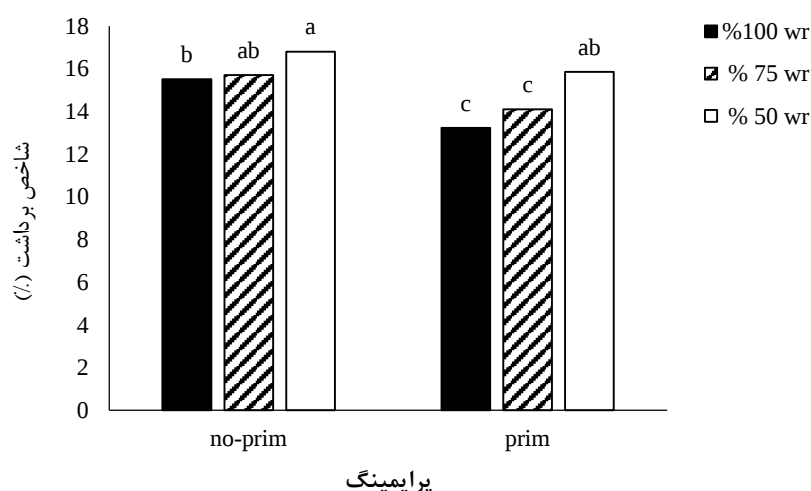
مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ بر شاخص برداشت در شکل ۴-۴۲ آورده شده است؛ بیشترین درصد شاخص برداشت در تیمارهای Titicaca و عدم پرایمینگ، Titicaca و پرایمینگ، Q26 و عدم پرایمینگ، Q29 و عدم پرایمینگ با میانگین ۱۵/۹۶٪ بدست آمد. نتایج حاکی از آن است که علی‌رغم کمتر بودن عملکرد بیولوژیک در این تیمارها، توانایی بالایی در تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه داشتند که سبب بهبود عملکرد دانه در آنها شده و به دنبال آن شاخص برداشت در آنها افزایش یافته بود.



شکل ۴-۴۲. مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر شاخص برداشت.

شکل ۴-۴۳ مقایسه میانگین اثر متقابل دو جانبه سطح آبیاری در پرایمینگ بر شاخص برداشت را نشان می‌دهد همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین درصد شاخص برداشت در تیمارهای WR 50 % و بدون پرایمینگ، WR 50 % و پرایمینگ با میانگین ۱۶/۳۳٪ بدست آمد. در هر سه سطح آبیاری شاخص برداشت در شرایط عدم پرایمینگ درصد بیشتری را نشان داده بود. علی‌رغم اینکه با ایجاد شرایط تنشی و بدون پرایمینگ، گیاه تنش دیده تعداد و اندازه برگ را کاهش داده و سریع‌تر به حداکثر شاخص سطح برگ رسیده بود احتمالاً کارایی این تیمارها در انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها بیشتر بود که سبب افزایش شاخص برداشت شده بود.

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا بر شاخص برداشت در جدول ۴-۱۷ آورده شده است. بیشترین درصد شاخص برداشت در مکان بسطام رقم Q26 WR 50 % و بسطام رقم Q29 و WR 50 % و مکان دامغان رقم Titicaca و WR 100% و دامغان رقم Q26 و WR 50% با میانگین حدود ۱۷/۰۵ درصد مشاهده شد. شاخص برداشت تفاوت معنی‌داری در بین رژیم‌های مختلف آبیاری و ارقام مختلف در دو مکان نشان داد. علت کاهش شاخص برداشت در هر دو مکان و هر سه سطح آبیاری رقم Q29 علی‌رغم رشد رویشی مناسب در این



شکل ۴-۴۳. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر شاخص برداشت.

رقم به دلیل پایان یافتن زودتر دوره رشد آن، گیاه نتوانسته بود از پوشش گیاهی استفاده مناسب بعمل آورد و عملکرد کمتری در آن بدست آمد و در نهایت شاخص برداشت آنها کاهش یافته بود. مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه سطح آبیاری و پرایمینگ بر شاخص برداشت در جدول ۴-۱۸ آورده شده است. بیشترین درصد شاخص برداشت در مکان بسطام 50 % WR و بدون پرایمینگ، دامغان 100 % WR و بدون پرایمینگ، دامغان 75 % WR و بدون پرایمینگ، دامغان 50 % WR و بدون پرایمینگ در رتبه اول از نظر شاخص برداشت قرار داشتند. در مکان بسطام 50 % WR و بدون پرایمینگ به نظر می‌رسد با وجود عملکرد بیولوژیک کمتر، در تولید دانه گیاه موفق بوده و توانسته بود مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه منتقل کرده و موجب افزایش شاخص برداشت شود. در هر دو مکان میزان شاخص برداشت در تیمارهای دارای پرایمینگ کمتر بود.

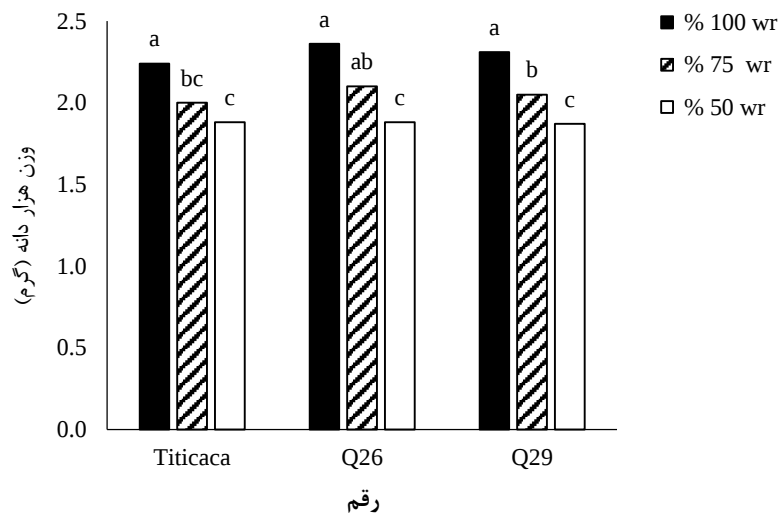
جدول ۴-۱۹ اثرات متقابل سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا در دو سطح پرایمینگ را بر شاخص برداشت نشان می‌دهد بیشترین درصد شاخص برداشت در سطح آبیاری 100%WR رقم Titicaca و عدم پرایمینگ، 100%WR رقم Q26 و عدم پرایمینگ، 75 %WR رقم Titicaca و عدم پرایمینگ، 75%WR رقم Titicaca پرایمینگ، 50 %WR 75%WR رقم 26 و عدم پرایمینگ. 50 %WR رقم

Titicaca عدم پرایمینگ، 50 %WR رقم Q26 وعدم پرایمینگ و 50 %WR رقم Q29 و عدم پرایمینگ در مقام اول از درصد نظر شاخص برداشت قرارداشتند. رقم Titicaca در سه سطح آبیاری با پرایمینگ و بدون پرایمینگ به دلیل طولانی بودن دوره‌ی رشد این رقم سبب افزایش عملکرد بیولوژیکی و اقتصادی در این رقم شد. اگر چه در تنش ملایم و شدید از عملکرد بیولوژیک کاسته شد به همان نسبت از عملکرد اقتصادی نیز کاسته شده بود. رقم Q26 رقمی میانی بوده و دارای دوره‌ی رشد طولانی بوده که توانسته بود از پوشش سبزینه‌ای خود بهتر استفاده کند، بیشترین عملکرد را سبب گشته و شاخص برداشت خود را افزایش دهد.

۴-۱۸ وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های وزن هزار دانه در جدول ۴-۱۶ آورده شده است. میانگین مربعات ناشی از اثر مکان (L)، سطح آبیاری (I)، سه رقم گیاه کینوا (G) و پرایمینگ (P) (اثرات اصلی) بر وزن هزار دانه اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$) نشان داد. میانگین مربعات ناشی از اثرات متقابل دو جانبه اثر رژیم آبیاری در رقم و رقم در پرایمینگ بر وزن هزار دانه اثر معنی‌داری داشت (جدول ۴-۱۶). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل سه جانبه رژیم آبیاری در رقم در پرایمینگ بر وزن هزار دانه اثر معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد نشان داد (جدول ۴-۱۶). شکل ۴-۴ مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در آبیاری بر وزن هزار دانه را نشان می‌دهد همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین وزن هزار دانه در تیمارهای 100 % WR و هر سه رقم با میانگین ۲/۳ گرم بدست. با اعمال تنش وزن هزار دانه کاهش یافت و این کاهش در 50 % WR و هر سه رقم با میانگین ۱/۸۸ گرم کمترین سطح را نشان داد. کاهش وزن هزار دانه در کینوا تحت تنش خشکی Sadak et al, 2019؛ Al-Naggar et al, 2014; Elewa et al, 2017؛ جمالی و همکاران؛ (۱۳۹۵)، ارقام نخود فرنگی (منصوری‌فر و همکاران، ۱۳۹۱)، ارقام ماش (مرادی و همکاران؛ ۱۳۸۷)

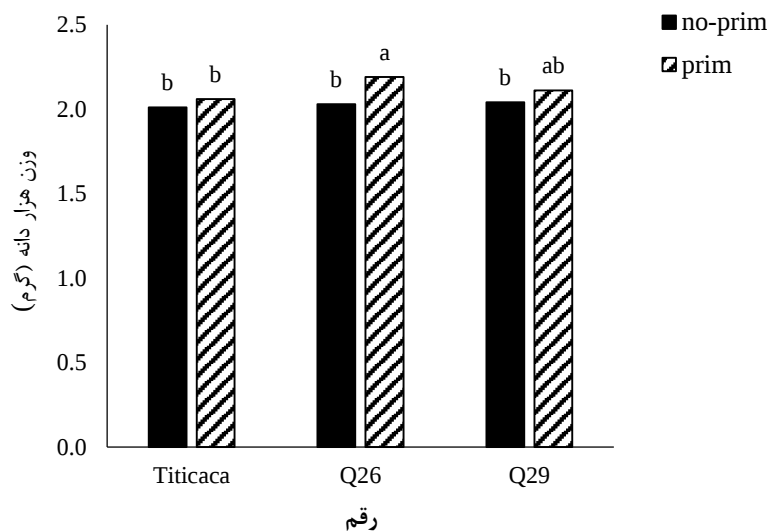
کاهش شدید عملکرد دانه تحت تنش خشکی بر اساس یافته‌های (Cattivelli et al., 2008; Al-)؛ Naggar et al, 2014; Elewa et al, 2017؛ آذری نصرآباد و همکاران، ۱۳۹۶؛ جمالی و همکاران؛ (۱۳۹۵) ممکن است بیشتر به علت تأثیر قرار گرفتن تأمین مواد پرورده برای پرشدن دانه‌ها، کاهش قدرت مخزن برای جذب مواد فتوسنتزی و همچنین کاهش دوره رشد دانه باشد.



شکل ۴-۴۴. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر وزن هزار دانه.

شکل ۴-۴۵ مقایسه میانگین اثر متقابل دو جانبه رقم در پرایمینگ را بر وزن هزار دانه نشان می‌دهد. نتایج مقایسه حاکی از آن است که اعمال پرایمینگ در هر سه رقم سبب افزایش وزن هزار دانه شد. بیشترین وزن هزار دانه در تیمارهای رقم Q26 با پرایمینگ، رقم Q29 با پرایمینگ با میانگین ۲/۱۵ گرم مشاهده شد. افزایش وزن هزار دانه تحت اثر پرایمینگ در لوبیا (لطیف‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲)، ارقام گندم (خمدی و همکاران، ۱۳۹۶)، گندم (Farooq et al, 2008; Farooq et al, 2009) نیز گزارش شده است. برای به حداکثر رسیدن سرعت رشد محصول بایستی به میزان کافی برگ در جامعه گیاهی وجود داشته باشد تا بیشترین مقدار نور خورشید را دریافت کند نتایج نشان می‌دهد که پرایمینگ سبب تسریع در بستن پوشش گیاهی و افزایش عملکرد و وزن هزار دانه گیاه شد. که در بین سه رقم تفاوت

وجود داشت که به تفاوت ژنوتیپ‌ها و قدرت آنها برای رشد در این شرایط بر می‌گردد و نتایج نشان می‌دهد که رقم Q26 موفق‌تر بود.



شکل ۴-۴۵. مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و رقم بر وزن هزار دانه.

جدول ۴-۱۹ اثرات متقابل آبیاری در رقم در پرایمینگ را بر وزن هزار دانه نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که بیشترین وزن هزار دانه در 100 % WR رقم Titicaca و پرایمینگ، 100 % WR رقم Q26 با پرایمینگ و بدون پرایمینگ، 100 % WR رقم Q29 با پرایمینگ و بدون پرایمینگ با میانگین ۲/۲۹ گرم مشاهده شد که همگی در یک سطح آماری قرار داشتند. با اعمال تنش 75 % WR وزن هزار دانه کاهش یافت این کاهش در هر سه رقم با پرایمینگ کمتر بود. در 75 % WR رقم Q26 با پرایمینگ بیشترین وزن هزار دانه را نشان داد. در 50 % WR نیز رقم Q26 با پرایمینگ بیشترین وزن هزار دانه را نشان داده بود. برای گیاه کینوایی که در این سه رژیم آبی در حال رشد است مهم است که بتواند بیشترین سطح برگ را در این شرایط تولید کند تا بتواند از آن در تولید مواد فتوسنتزی استفاده نماید. از آنجایی که بذرها در هنگام کشت مدت زمان زیادی را صرف جذب آب می‌کنند پرایم کردن می‌تواند در کاهش قابل توجه آن زمان موثر باشد همچنین گیاه زراعی حاصل از بذور پرایم شده قوی‌تر خواهد بود و سیستم ریشه‌ای مناسب‌تری نیز تولید می‌کنند و شرایط نامساعد محیطی را بهتر تحمل می‌کنند.

همچنین بین رشد اولیه قوی گیاهیچه و عملکرد بالا رابطه مثبت وجود دارد (Harris, et al., 2000). به همین دلیل در اغلب نتایج رقم Q26 با پرایمینگ دارای این ویژگی بود و به نظر می‌رسد رقم مناسب‌تری برای رشد در این شرایط باشد.

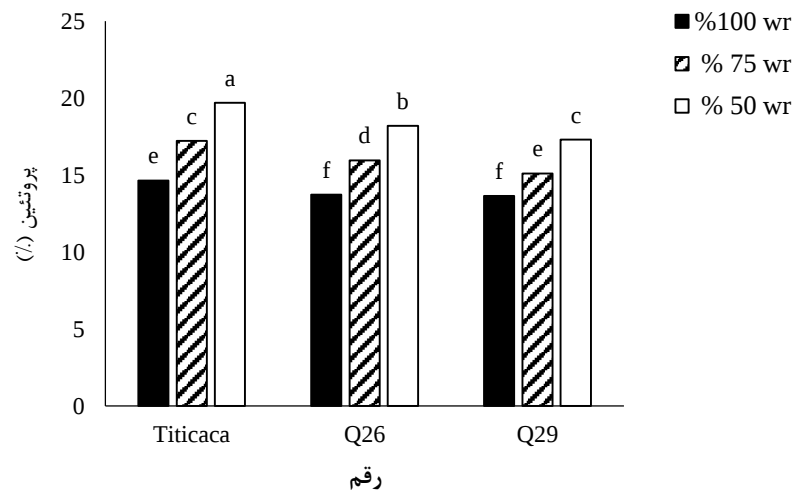
۱۹-۴ پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های درصد پروتئین دانه در جدول ۴-۱۶ آورده شده است. میانگین مربعات ناشی از اثر مکان (L)، آبیاری (I)، سه رقم گیاه کینوا (G) و پرایمینگ (P) (اثرات اصلی) بر درصد پروتئین دانه اثر معنی‌داری نشان داد. میانگین مربعات ناشی از اثرات متقابل دو جانبه مکان در رقم، آبیاری در رقم و آبیاری در پرایمینگ بر درصد پروتئین دانه اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۴-۱۶).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات متقابل سه جانبه مکان در آبیاری در رقم، مکان در آبیاری در پرایمینگ، مکان در رقم در پرایمینگ، آبیاری در رقم در پرایمینگ و مکان در آبیاری در رقم در پرایمینگ بر درصد پروتئین دانه اثر معنی‌داری نشان داد (جدول ۴-۱۶).

شکل ۴-۴ مقایسه میانگین اثر متقابل سه رقم گیاه کینوا در سه رژیم آبیاری بر درصد پروتئین دانه را نشان می‌دهد تیمارهای WR 100 % و هر سه رقم، کمترین میزان پروتئین دانه کینوا را نشان داد با اعمال تنش WR 75 % میزان پروتئین دانه افزایش پیدا کرده بود و در این سطح تنش، بیشترین میزان پروتئین دانه در رقم Titicaca بدست آمد. در WR 50 % بیشترین غلظت پروتئین دانه در رقم Titicaca با میانگین ۱۹/۷ % بدست آمد. تیمارهای WR 50 % و رقم‌های Q26 و Q29 به ترتیب در رتبه دوم و سوم قرار داشتند. گزارش شده است که میزان پروتئین دانه یکی از صفات مهم کیفی در سویا می‌باشد و تنها صفتی است که در شرایط تنش کم‌آبی تقویت می‌شود (پورموسوی و همکاران، ۱۳۸۴). نتایج بررسی آنها نشان داد که درصد پروتئین در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تنش کم‌آبی قرار

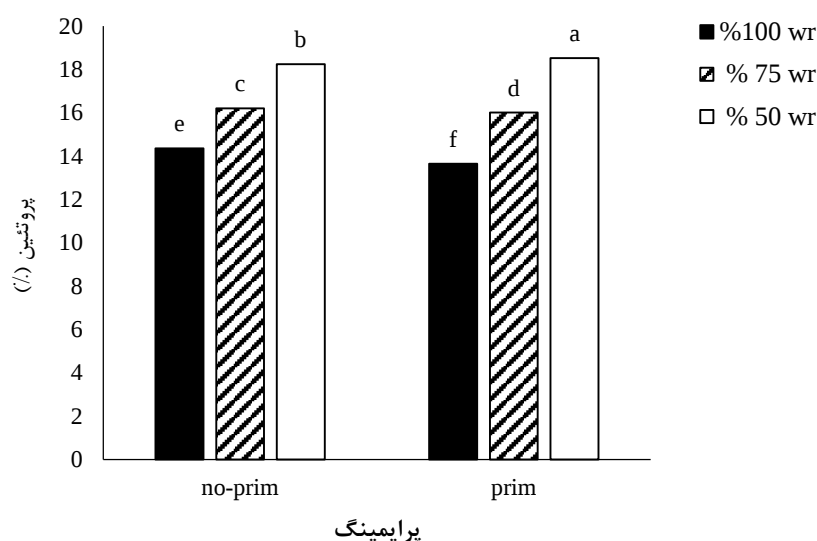
گرفت به طوری که بیشترین درصد پروتئین دانه از تیمارهای تنش شدید و متوسط کم آبی و کمترین میزان آن از تیمار آبیاری شاهد حاصل شد (پورموسوی و همکاران، ۱۳۸۴)، که با نتایج این بررسی مطابقت دارد.



شکل ۴-۴۶. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و رقم بر درصد پروتئین.

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر متقابل رقم در پرایمینگ بر میانگین مربعات درصد پروتئین دانه معنی دار نشد بنابراین از آوردن جدول تجزیه واریانس آنها خودداری شد (جدول ۴-۱۶).

شکل ۴-۴۷ مقایسه میانگین اثر متقابل دو جانبه رژیم آبیاری در پرایمینگ را بر درصد پروتئین دانه نشان می دهد همان طور که نتایج نشان می دهد کمترین درصد پروتئین دانه، در تیمارهای 100 % WR بدون پرایمینگ و با پرایمینگ بدست آمد و در سطح 75 % WR بدون پرایمینگ و با پرایمینگ درصد پروتئین دانه روند افزایشی نشان داد. بیشترین درصد پروتئین دانه در تنش شدید یعنی در 50 % WR با پرایمینگ با میانگین ۱۸/۵ مشاهده شد و تیمار 50 % WR بدون پرایمینگ با میانگین ۱۸/۲۴ در رتبه دوم قرار داشت. در تحقیقی بر گیاه سویا گزارش شده است که سطوح مختلف تنش خشکی سبب افزایش مقدار پروتئین دانه شد و کمترین درصد پروتئین در تیمار شاهد (آبیاری کامل) به دست آمد (Rotundo and Westgate, 2010). احتمالاً سنتز بیشتر پروتئین به دلیل افزایش میزان انتقال مجدد نیتروژن می باشد که کمتر تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت (Rotundo and Westgate, 2010).



شکل ۴-۴۷. مقایسه میانگین اثر متقابل رژیم آبیاری و پرایمینگ بر درصد پروتئین.

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا بر درصد پروتئین دانه در جدول ۴-۱۷ آورده شده است. کمترین درصد پروتئین دانه در هر دو مکان و 100 % WR و هر سه رقم گیاه کینوا مشاهده شد. سطح آبیاری 75 % WR در هر دو مکان و هر سه رقم درصد پروتئین دانه افزایش پیدا کرد اما بیشترین درصد پروتئین دانه در بسطام 50 % WR رقم Titicaca، دامغان 50 % WR و رقم Titicaca با میانگین ۱۹/۶۶ مشاهده شد و تیمار 50 % WR رقم Q26 در دو مکان در رتبه‌ی دوم قرار داشتند. نتایج این بررسی در گیاه کینوا نشان می‌دهد که در شرایط تنش خشکی درصد پروتئین دانه افزایش یافته بود بنابراین می‌توان با انتخاب رژیم آبیاری مناسب هم به عملکرد و هم به پروتئین بالا دست یافت. به نظر می‌رسد میزان پروتئین دانه در شرایط تنش کم‌آبی افزایش می‌یابد.

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه رقم گیاه کینوا در پرایمینگ بر پروتئین دانه در جدول ۴-۲۰ آورده شده است. بیشترین درصد پروتئین دانه در هر دو مکان با پرایمینگ و بدون پرایمینگ در رقم Titicaca با میانگین ۱۷/۳ درصد بدست آمد کمترین درصد پروتئین دانه در دو مکان با پرایمینگ و بدون پرایمینگ در رقم Q29 بدست آمد. نتایج این بررسی نشان داده

است که بین ارقام مختلف کینوا و محیط اثر متقابل معنی‌داری وجود دارد، بنابراین برای بدست آوردن عملکرد مطلوب، به ارقامی نیاز است که با شرایط محیطی اقلیم مورد نظر سازگاری داشته باشند. گزارش شده است که پرایمینگ بذر برنج باعث بهبود در تشکیل ریشه و در نتیجه بهبود در جذب نیتروژن و افزایش فعالیت آنزیم آمیلاز در بذر می‌شود. لذا دستیابی به نیتروژن بیشتر در گیاهان حاصل از بذرهای پرایم شده می‌تواند یکی از دلایل افزایش میزان پروتئین این بذور بوده باشد (Mohammad and Shahza, 2005).

Shahza, 2005)

مقایسه میانگین اثرات متقابل سه جانبه دو مکان بسطام و دامغان در سه رژیم آبیاری در پرایمینگ بر درصد پروتئین دانه در جدول ۱۸-۴ آورده شده است. بیشترین درصد پروتئین دانه در هر دو مکان با پرایمینگ و بدون پرایمینگ در 50 % WR با میانگین ۱۸/۳۸ درصد بدست آمد. در سطح 75 % WR میزان پروتئین کاهش پیدا کرد و در 100 % WR به کمترین میزان خود رسید.

جدول ۴-۱۹ اثرات متقابل سطح آبیاری در سه رقم گیاه کینوا در دو سطح پرایمینگ را نشان می‌دهد همان‌طور که مشاهده می‌شود در 50% WR و رقم Titicaca با پرایمینگ و بدون پرایمینگ بیشترین درصد پروتئین دانه با میانگین ۱۹/۶۵ بدست آمد. تیمار 50% WR و رقم Q26 با پرایمینگ و بدون پرایمینگ در رتبه دوم قرار داشت. با کاهش تنش در سطح 75 % WR درصد پروتئین دانه کاهش یافت و کمترین میزان آن نیز در سطح 100 % WR بدست آمد. هریس و همکاران (Harris et al, 2007) گزارش کردند که گیاهانی که بذر آنها پرایم شدند نیتروژن بیشتری را از خاک جذب می‌کنند که می‌تواند به علت رشد اولیه خیلی سریع گیاه و گسترش ریشه‌ها در افق‌های مختلف خاک باشد. بلالویی و همکاران (Bellaloui et al, 2013) مشاهده نمودند که در شرایط بدون آبیاری کشت سویا، تنش خشکی سبب افزایش درصد پروتئین و کاهش درصد روغن نسبت به شرایط آبیاری شد. هنگامی که تنش خشکی شدید در اوایل پر شدن غلاف رخ داد، درصد پروتئین افزایش یافت. یکی از دلایل مهم افزایش تجمع پروتئین در دانه سویا تحت تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه ناشی از انتقال مجدد کربن و نیتروژن از برگ‌ها می‌باشد. ترنر و همکاران، (Termer et al) برای بدست آوردن عملکرد مطلوب در گیاه کینوا

به ارقامی نیاز است که با شرایط محیطی اقلیم مورد نظر سازگاری داشته باشند نتایج این بررسی نشان می‌دهد که رقم Titicaca با محیط بسطام و دامغان سازگارتر بوده است.

۴-۲۰ نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادات

عمده توجه به گیاه کینوا به جهت بالا بودن درصد پروتئین دانه و مواد مغذی بالای آن می‌باشد. بنابراین یافتن رقم مناسب با شرایط مدیریتی مناسب جهت رسیدن به عملکرد بالا به همراه درصد پروتئین بالا ضروری می‌باشد. در این آزمایش در بررسی اثرات متقابل رژیم آبیاری در رقم در پرایمینگ مشخص شد که تیماری که مشترکاً هم عملکرد بالا و هم بیشترین درصد پروتئین دانه را داشته باشد تیمار 75 % WR رقم Q26 با پرایمینگ بود که عملکرد دانه در آن ۱۳۰۲/۵ کیلوگرم در هکتار و ۱۶/۳ درصد پروتئین بود.

در بررسی اثرات متقابل مکان در رژیم آبیاری در رقم مشاهده شد، تیماری که هم بیشترین درصد پروتئین و هم عملکرد دانه بالایی داشته باشد تیمار مکان بسطام در 100 WR در رقم Q29 با عملکرد ۱۲۲۳/۴ کیلوگرم در هکتار و ۱۷/۵ درصد پروتئین بود. در بررسی اثرات متقابل مکان در رقم در پرایمینگ مشاهده شد که تیماری که بیشترین عملکرد را به همراه بیشترین درصد پروتئین دانه تولید کند تیمار مکان بسطام، رقم Titicaca و پرایمینگ با عملکرد ۱۲۸۲/۲ کیلوگرم در هکتار و ۱۶/۸ درصد پروتئین بود.

در مطالعات آینده پیشنهاد می‌شود که از ارقامی با خصوصیات رقم Q29 کشت شود تا هم از توانایی تولید شاخص سطح برگ مطلوب برخوردار باشد و هم زودتر به سطح برگ مطلوب برسد و نیز دوره‌ی رشد (مثل رقم Q29) مناسبی داشته باشد و عملکرد بالاتری را تولید کند.

با توجه به اینکه بذور کینوا حدود ۵ تا ۹ درصد روغن دارد و این مسئله شرایط خاصی برای نگهداری بذور بوجود می‌آورد، به همین دلیل قوه نامیه بذور کینوا به شدت تحت تاثیر این شرایط قرار می‌گیرد.

با توجه به اثر مثبت هیدروپرایمینگ و پایین بودن وزن هزار دانه، توجه به این موضوع که مرحله جوانه زنی و سبز شدن یکی از بحرانی ترین مراحل رشدی کینوا بوده و هیدروپرایمینگ می تواند اثر فوق العاده ای در سطح سبز مزرعه داشته باشد، لذا پیشنهاد می شود که هیدروپرایمینگ در سطح تولید تجاری در مزارع کشاورزان به کار برده شود.

پیشنهاد می شود که اثر هیدروپرایمینگ بر روی تعداد بیشتری از ژنوتیپ های کینوا با خصوصیات مورفولوژیکی و فنولوژیکی متفاوت مورد مطالعه قرار گیرد.

پیشنهاد میشود تحقیق مشابهی برای فصول کشت تابستانه-پاییزه و پاییزه-زمستانه برای مناطق گرم و خشک استان سمنان و کشور انجام شود.

منبع

- آذری نصرآباد، ع.، موسوی نیک، س. م.، گلوی، م.، بهشتی، س. ع. ر و سیروس مهر، ع. ر. ۱۳۹۶. بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد دانه، تجمع اسمولیت‌ها و رنگدانه‌های فتوسنتزی در ژنوتیپ‌های سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor* L.). نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۵ (۳): ۶۷۶-۶۹۰.
- اکبری، ش.، کافی، م و رضوان بیدختی، ش. ۱۳۹۳. اثرات تنش خشکی و تراکم کاشت بر برخی خصوصیات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی دو اکوتیپ سیر (*Allium sativum* L.). نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۴ (۴): ۶۷۴-۶۶۵.
- باقری، م. ۱۳۹۷. دستنامه زراعت کینوا. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج جهاد کشاورزی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال بذر، ۵۴.
- بروجردینیا، م.، بی همتا، م. ر.، عالمی سعید، خ و عبدوسی، و. ۱۳۹۵. اثر تنش خشکی بر میزان پرولین، کربوهیدرات‌های محلول، نشت الکتrolیت‌ها و محتوای آب نسبی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.). فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۸ (۲۹): ۴۱-۲۳.
- پورموسوی، م.، گلوی، م.، دانشیان، ج.، قنبری، ا. و بصیرانی، ن. ۱۳۸۴. تأثیر کود دامی بر شاخص‌های رشد و ویژگی‌های زراعی و فیزیولوژیکی سویا در شرایط تنش رطوبتی، پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه زابل، ص ۳۴.
- ترکش اصفهانی، ف.، شبانی، ل. و سبز علیان، م. ر. ۱۳۹۸. بررسی پاسخ‌های دفاع آنتی‌اکسیدانی در سه ژنوتیپ *Lolium perenne* تحت تنش خشکی. مجله علمی-پژوهشی دانشگاه الزهراء (س)، زیست‌شناسی کاربردی، ۳۲ (۱): ۷۵-۵۷.
- جمالی، ص.، سجادی، ف. و شریفان، ح. ۱۳۹۵. تعیین اثرات مقادیر مختلف کود نیتروژن مصرفی بر برخی از خواص فیزیولوژیکی چغندر لبویی در شرایط متفاوت رطوبتی. دومین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران. دانشگاه صنعتی اصفهان. اصفهان. ایران. ۳۵-۴۵.
- جمالی، ص و انصاری، ح. ۱۳۹۷. بررسی اثر سطوح مختلف شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا. پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۵ (۲): ۲۶۶-۲۵۱.

- حسینی، س.س.، چنیانی، م.، لاهوتی، م. و گنجعلی، ع. ۱۳۹۵. بررسی میزان مقاومت به تنش خشکی گیاهچه‌های دو لاین گیاه تریتیکاله (*Triticosecale* × *Wittmack*) با تأکید بر برخی آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی. **مجله زیست‌شناسی گیاهی ایران**، ۸ (۳۰): ۲۷-۴۲.
- حسینی، ا. و کوچکی، ا. ۱۳۸۶. اثر تیمارهای مختلف پرایمینگ بر درصد و سرعت جوانه زنی چهار رقم بذر چغندرقد. **مجله پژوهش‌های زراعی ایران**، ۵ (۲): ۶۹-۷۶.
- خزاعی، م.، گلوی، م.، دهمرده، م.، موسوی نیک، س.م.، زمانی، غ. ر.، مهدی‌نژاد، ن. و علیزاده، ز. ۱۳۹۷. تأثیر تنش خشکی بر فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی در سه ژنوتیپ ارزن دم‌روباهی (*Setaria italica* L.). **فرآیند و کارکرد گیاهی**، ۷ (۲۷):
- خمدی، ن.، نبی‌پور، ن.، روشنفکر ح. ا. و راهنما، ا. ۱۳۹۶. اثر پرایمینگ بذر بر رشد گیاهچه و عملکرد دانه ارقام گندم (*Triticum aestivum* L.) نان در تیمارهای زمان کاشت. **مجله علوم زراعی ایران**، ۱۹ (۲): ۱۱۶-۱۳۱.
- دانشیان، ج.، مجیدی هروان، ا. و جنوبی، پ. ۱۳۸۱. بررسی تنش خشکی و مقادیر مختلف پتاسیم بر خصوصیات کمی و کیفی سویا. **مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی**، ۸ (۱): ۹۸-۱۰۵.
- راه‌چمندی، ح.، ابوطالبیان، م. ع.، احمدوند، گ. و جاهدی، آ. ۱۳۸۹. اثرات پرایمینگ بذر در مزرعه و تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم سویا در همدان (*Glycine max* L.). **فن‌آوری تولیدات گیاهی**، ۱۰ (۲): ۱۷-۲۹.
- ربانی، ج. و امام، ی. ۱۳۹۰. پاسخ عملکرد دانه هیبریدهای ذرت به تنش خشکی در مراحل مختلف رشد. **مجله تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی**، ۲ (۱): ۶۶-۷۶.
- سرشاد، ا.، طالعی، د.، ترابی، م.، رفیعی، ف. و نجاتخواه، پ. ۱۳۹۹. اثر قطع آبیاری در مراحل مختلف رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت دانه ارقام مختلف سورگوم دانه‌ای. **نشریه علمی فیزیولوژی گیاهان زراعی**، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، ۱۲ (۴۵): ۶۱-۷۵.
- سرمد نیا، غ. ح. و کوچکی، ع. ۱۳۶۹. فیزیولوژی گیاهان زراعی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۶۷ ص.
- سی و سه مرده، ع.، احمدی، ع.، پوستینی، ک. و ابراهیم‌زاده، ح. ۱۳۸۳. عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای کنترل‌کننده فتوسنتز و ارتباط آن با مقاومت به خشکی در ارقام گندم. **مجله علوم کشاورزی ایران**، ۳۵ (۱): ۹۳-۱۰۶.

- سی و سه مرده، ع.، غلامی، س.، بهرام نژاد، ب.، کانونی، ه. و صادقی، ف. ۱۳۹۳. اثر تنش خشکی بر محتوی اسمولیت- های سازگار، فعالیت آنزیمی و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.). **مجله علوم زراعی ایران**، ۱۶ (۲): ۱۰۹-۱۲۴.
- سلیمانی، ع. ۱۳۹۶. بررسی برخی شاخص‌های فیزیولوژیک مؤثر بر رشد ارقام آفتابگردان تحت تأثیر تنش خشکی. **تنش‌های محیطی در علوم زراعی**، ۱۰ (۴): ۵۱۹-۵۰۵.
- شکوه‌فر، ع. ر. و ابوفتیل‌نژاد، س. ۱۳۹۲. اثر تنش خشکی روی برخی صفات فیزیولوژیکی و عملکرد بیولوژیکی ارقام مختلف ماش در دزفول (*Vigna radiate* L.). **فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز**، ۵ (۱۷): ۴۹-۵۹.
- ضابط، م. و حسین زاده، ع. ۱۳۹۰. تعیین مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد ماش (*Vigna radiate*) با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره در شرایط تنش خشکی و بدون تنش. **مجله پژوهش‌های حبوبات ایران**، ۱ (۲): ۹۸-۸۷.
- عارفی، ی. و معماری تبریزی، ا. ۱۳۹۶. اثر مدت پرایمینگ بر صفات مختلف دو رقم ذرت (*Zea mays* L.) تحت شرایط کم‌آبیاری. **تنش محیطی در علوم زراعی**، ۵۹۳-۵۸۳.
- ضیائی، س. م.، خزاعی، ح. ر. و نظامی، ا. ۱۳۹۶. بررسی اثر سطوح مختلف آبیاری بر صفات مرفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در پنج ژنوتیپ ماش (*Vigna radiate* L.) ماش. **فصلنامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی - دانشگاه آزاد اسلامی اهواز**، ۹ (۳۴): ۲۱-۵.
- عبدالرحمنی، ب.، قاسمی گل‌عذانی، ک.، ولی زاده، م.، فیضی اصل، و. و توکلی، ع. ر. ۱۳۸۸. اثر پرایمینگ بذر بر قدرت رویش و عملکرد دانه جو رقم آبیدر در شرایط دیم. **مجله علوم زراعی ایران**، ۴ (۱۱): ۳۵۲-۳۳۷.
- عبدلی، م.، سعیدی، م.، جلالی، س.، منصوری‌فر، س. و قبادی، م. ا. ۱۳۹۲. بررسی برخی صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی و ارتباط آنها با عملکرد و اجزای آن در ارقام پیشرفته گندم نان در شرایط تنش کم‌آبی پس از گرده‌افشانی. **مجله تنش‌های محیطی در علوم زراعی**، ۶ (۱): ۴۷-۶۳.
- قادری‌فر، ف. و سلطانی، ا. ۱۳۸۹. کنترل و گواهی بذر. **انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد**، ص ۱۳۵.
- قربانلی، م. و نیاکان، م. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش خشکی بر روی میزان قندهای محلول، پروتئین، پرولین ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز گیاه سویا رقم گرگان. **نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم**، ۵ (۲ و ۱): ۵۵۰-۵۳۷.

- گالشی، س. و بیات ترک، ز. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش کم آبی پس از گرده افشانی بر قدرت بذر حاصله دو رقم گندم. .
مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲ (۶): ۶۳-۷۱.
- لطیف زاده، م.، ابوطالبیان، م.ع.، زواره، م. و ربیعی، م. ۱۳۹۲. تأثیر پرایمینگ بذر در مزرعه و تاریخ کاشت بر خصوصیات
ظهور گیاهچه، عملکرد و اجزای عملکرد یک ژنوتیپ بومی لوبیا به عنوان کشت دوم در رشت. **مجله علوم گیاهان زراعی**
ایران، ۴۴ (۱): ۳۳-۲۳.
- معصومی، ع.، کافی، م.، نباتی، ج.، خزاعی، ح. ر.، داوری، ک. و زارع مهرجردی، م. ۱۳۹۰. اثر تنش خشکی بر
وضعیت آبی و نشت الکترولیت برگ، فتوسنتز و فلورسانس کلروفیل در شرایط شور (*Kochia scoparia*) مراحل مختلف
رشدی دو توده کوشیا. پژوهش های زراعی ایران، ۱۰ (۳): ۵۷-۴۰.
- ملکی، ع.، نادری، ع.، سیادت، ع.، طهماسبی، ا. و فاضل، ش. ۱۳۹۱. اثر تنش خشکی در مراحل مختلف فنولوژیک بر
عملکرد و اجزای عملکرد سویا. **مجله پژوهش در علوم زراعی**، ۴ (۱۵): ۸۲-۷۱.
- مرادی، ع.، احمدی، ع. و حسین زاده. ۱۳۸۷. واکنش زراعی -فیزیولوژی ماش (رقم پرتو) به تنش شدید و خفیف
خشکی در مراحل رشد رویشی و زایشی. **مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی**، ۴۵: ۶۷۱-۶۵۹.
- مفاخری، خ.، بی همتا، م. ر. و عباسی، ع. ر. ۱۳۹۵. بررسی فعالیت بعضی از آنزیم های پاداکسندگی و پراکسیداسیون
چربی های غشا در شرایط عادی و تنش خشکی در ژنوتیپ های لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.). **علوم گیاهان**
زراعی ایران، ۴۷ (۲): ۲۳۲-۲۱۷.
- منصوری فر، س.، شعبان، م.، قبادی، م. و صباغ پور، س. ح. ۱۳۹۱. بررسی روند پر شدن دانه در ارقام نخودفرنگی در
شرایط تنش خشکی و مصرف کود نیتروژنه آغازگر. **نشریه پژوهش های زراعی ایران**، ۱۰ (۳): ۶۰۲-۵۹۱.
- مناری فرد، م. و سپهری، ع. ۱۳۹۱. اثر پرایمینگ بذر و محلول پاشی بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گندم پاییزه.
نشریه دانش کشاورزی تولید پایدار، ۱۵۶-۱۵۲.
- موحدی، خورگامی، ع. و سیاح فر، م. ۱۳۹۷. اثر تنش خشکی و محلول پاشی عناصر کم مصرف بر عملکرد دو رقم سویا
(*Glysin Max* L.) در منطقه خرم آباد. **مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی**، ۱۰ (۳۳): ۵۷-۴۳.
- نصراله زاده اصل، و.، محرم نژاد، س.، یوسفی، م.، بنده حق، ع. و ابراهیمی، ل. ۱۳۹۶. ارزیابی پایداری عملکرد دانه ذرت
تحت تنش کم آبی. **نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار**، ۲۷ (۲): ۳۱۵-۳۰۰.

- . Abbad, H., Jafari, E. L. Bort, S. A. and Araus, J. L. **2004**. Comparative relationship of the flag leaf and the ear photosynthesis with the biomass and grain yield of durum wheat under a range of water conditions and different genotypes. **Agronomy Journal**, 24: 19-28.
- . Abbasdokht, H. and Edalatpishe, M. R. **2013**. The effect of priming and salinity on physiological and chemical characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.). **Desert Journal**. 17: 183-192.
- . Abbasdokht, H., H. Salimi., Asghari, H. R. and A. Gholami. **2012**. The effect of on-farm hydropriming, rhizobium bacteria inoculation and cattle manure on plant height and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Technical Journal of Engineering and Applied Sciences**. 2(10): 314-319.
- . Abdi, T. and Pakniyat, H. **2010**. Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). **Czech Journal of Genetics and Plant Breeding**, 1: 27–34.
- . Abdllhamid, E. M., Sadak, M. S. h. and Tawfik, M. M. **2016**. Physiological response of Fenugreek plant to the application of proline under different water regimes. Reserch Journal of Pharmaceutical, **Biology and Chemistry Science**, 7(3): 580-594
- . Abdel Rahmani, A. A., Shalaby, A. F. and Monayeri, M.O.E.I. **1971**. Effect of moisture stress on metabolic products and ions accumulation. **Plant Soil Journal**, 34: 65.
- . Afzal, I., Aslam, N., Mabood, F., Hussain, A. and Irfan, S. **2004**. Enhancement of canola seed by different priming techniques. Caderno de Pesquisa Ser. **Biology**., **Santa Cruz do Sul**, 16,19-34.
- . Alam, M. D. M., Nahar, K., Hasanuzzaman, M. and Fujita, M. 2014. Trehalose-induced drought stress tolerance: **A comparative study among different Brassica species**. **POJ**, 7(4):271-283. .
- . Al-Naggar, A. M. M., Abd El-Salam, R. M. and Badran, A. E. E. **2017**. Drought tolerance of Five Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Genotypes and Its Association with Other Traits under Moderate and Severe Drought Stress. **Asian Journal of Advances in Agricultural Research**, 3(3): 1-13, 2017.
- . Ament K., Kant M., Sabelis M. W., Haring A. H. and Schuurink R. C. **2004**. Jasmonic acid is a key regulator of spider mite-induced volatile terpenoid and methyle salicylate emission. **Plant Physiology**, 135: 2025-2037.
- . Amini, S., Ghobadi, C. and Yamchi, A. **2015**. Proline accumulation and osmotic stress: and overview of P5CS gene in plants. **Journal of Plant Molecular Breeding**, 3(2): 44-55.
- . Amirjani, M. R. and Mahdiyeh, M. **2013**. Ant oxidative and biochemical response of wheat to drought stress. **Journal of Agricultural and Biological Science**, 8(4): 291-301.

- . Amjad-Ali, M., Abbas, A., Niaz, S., Zulkiffal, M. and Ali S. **2009**. Morphophysiological Criteria for drought tolerance in sorghum (*Sorghum bicolor*) at seedling and post-anthesis stages. **International Journal of Agricultural Biotechnology**, 11: 674-680.
- . Anaya, F. F., Issa, Ali, O., Benlhabib, O., Ragab, R. and Wahbi, S. **2015**. Physiological and photosynthetic response of quinoa to drought stress Rachid. **Chiling Journal of Agricultural Research**, 75 (2): 174-183.
- . Antoniou, C., Chatzimichail, G., Xenofontos, R., Pavlou, J. J., Panagiotou, E., Christou, A. and Fotopoulos, V. **2017**. Melatonin systemically ameliorates drought stress-induced damage in *Medicago sativa* plants by modulating nitro-oxidative homeostasis and proline metabolism. **Journal of Pineal Research**, 62 (4). 66.
- . AOAC. **1999 a**. Official Methods of Analysis. **Method 988/05. CH. 4**, P: 13. .
- . Arabzadeh, N. **2012**. The effect of drought stress on soluble carbohydrates (sugars) in two species of *Haloxylon persicum* and *Haloxylon aphyllum*. **Asian Journal of Plant Science**, 11(1): 44-51.
- . Arif, M., Tariqjan, M., Marwat K. R. and Azim khan, M. **2008**. Seed priming improves emergence and yield of soybean. **Pakistan Journal of Botany**, 40(3), 1169-1177.
- . Asada, K. **2000**. The water-water cycle as alternative photon and electron sinks. **Phil Trans R Soc Lond B**, 355:1419-1431.
- . Ashrafi, A. and Razmjou, Kh. **2010**. Evaluation of hydropriming effect on safflower physiological and biochemical characteristics under drought stress. **Journal Crop Ecophysiology**, 1(1): 34-44.
- . Ashraf, M. Y., Azmi A., R., khan A. H. and Ala S. A. **1994**. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat. **Acta physiology plantarum**, 16 (3): 185 – 191.
- . Atteya, A. M. **2003**. Alternation of water relations and yield of corn genotypes in response to drought stress. **Bulg Journal Plant Physiology**, 29: 63-76.
- . Austin. R. B. **1989**. Maximizing crop production in water limited environments. P. 13-25. In F. W. G. Baker (ed.) Drought resistance in cereals. **CAB International, Wallingford, England** 2220.
- . Bahargava, A., Shukla, S. and Ohri, D. **2006**. *Chenopodium quinoa*-an indian perspective. **Industrial crops products**, 23 (1): 73-87.
- . Basra, S. M. A., Ahmad, N., Khan, M. M., Iqbal N., and Cheema, M. A. **2003**. Assessment of cotton seed deterioration during accelerated aging. **Seed Science and Technology**, 31: 531-540.
- . Bastia, D. K., A. K. Rout, Mohanty, S. K. and Prusty, A. M. **1999**. Effect of sowing date, sowing methods and seed soaking on yield and oil content of rainfed safflower grown in alahandi, Orissa. **Indian Journal of Agronomy**, 44.

- . Bathes, L. S., Waldren, R. P. and Teare, I. D. **1973**. Rapid determination of free proline for water stress studies. **Journal of Plant and Soil**, 39: 205-207.
- . Beauchamp, C. and Fridovich, M. **1971**. Superoxide dismutase: improved assays and assay applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry Journal**: 44 (1), 276-287.
- . Bellaloui, N., Mengistu, A. and Kassem, A. **2013**. Effects of Genetics and Environment on Fatty Acid Stability in Soybean Seed. **Journal FNS**. 4(9A):165-175.
- . Bhargava, A., Shukla, S. Ohri, D. **2006**. Chenopodium quinoa-An Indian perspective. **Industrial Crops and Products**, 23 (1): 73-87.
- . Blokhina O., Virolainen E. and Fagerstedt K.V. **2003**. Antioxidant, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. **Annals of Botany Journal**, 91: 179-194.
- . Blum, A., Golan, G., Mayer, J. and Sinmene, B. **1997**. The effect of dwarfing genes on sorghum grain filling from remobilized stem reserves under stress. **Field crop Research**, 52. 43-54.
- . Calvino, P. A., Sadras, V. O. and Andrade, F. H. **2003**. Development, growth and yield of late-sown soybean in the southern Pampas. **European Journal of Agronomy**, 19: 265-275.
- . Campos, P. S., Quartin, V., Ramalho, J. C. and Nunes, M. A. **2003**. Electrolyte leakage and lipid degradation account for cold sensitivity in leaves of Coffea sp. **Journal of Plant Physiology**, 160, 283-292.
- . Candogana, B., Sincikb, M., Buyukcangaza, H., Demirtasa, C., Goksoyb, A. T. and Yazgana, S. **2013**. Yield, quality and crop water stress index relationships for deficit irrigated soybean [*Glycine max (L.) Merr.*] in sub humid climatic conditions. **Journal of Agricultur Water Management**, 118:113– 121.
- . Carter C., Healy R., Otool N. M., Naqvi S. M., Ren G., Park S., Gwyn A. B., Harry T., Horner R. and Thornburg W. **2007**. Tobacco nectaries express a novel NADPH oxidase implicated in the defense of Floral reproductive tissues against microorganism. **Plant physiology**, 143: 389- 399.
- . Chance, B. and Maehly, A. C. **1955**. Assay of catalases and peroxidases. **Methods Enzymology**, 11: 764-755.
- . Chimenti, C. A., Pearson, J. and Hall, A. J. **2002**. Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. **Field Crop Research**, 75, 235-246.
- . Coccozza, C., C. Pulvento, A. Lavini, M. Riccardi, R. dAndria, and R. Tognetti. **2013**. Effects of Increasing Salinity Stress and Decreasing Water Availability on Ecophysiological Traits of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Grown in a Mediterranean-Type Agroecosystem. **Journal of agronomy and crop science**. 199 (4): 229-240.
- . Daei, H. P., Shan, C. j., Wei, A. H., Yang, T., Sa, W. Q. and Feng, B. L. **2012**. Leaf senescence and photosynthesis in foxtail millet (*Setaria italica* L) varieties exposed to drought conditions. **Australian Journal of Crop Science**, 6: 232-237.

- . Daur, I. **2018**. Effects of hydro and hormonal priming on quinoa seed germination under salt and drought stress. **Pakistan Journal of Botany**, 50(5): 1669- 1673.
- . Dawood, M. G. and Sadak, M. S. H. **2014**. Physiological role of glycinebetaine in alleviating the deleterious effects of drought stress on canola plants (*Brassica napus* L.). **Middle East Journal of Agriculture Research**, 3(3): 638-644.
- . De Rodriguez, J., Philips, D. B. S., Rodriguez-Garcia, R. and Angulo-sanchez, J. L. **2002**. Grain yield and fatty acid composition of sunflower seed for cultivars developed under dry land condition. In: Janick, J., Wipkey, A. (Eds). **Trends in New Crops and New Uses. 2 nd edn, Ashs Press, Ajexandria VA**, pp: 139-142.
- . Durrant, M. J. **1992**. The use of hydrochloric acid to improve the germination of sugar beet. **Plant Growth Regularation**, 11: 363-369.
- . Elewa, T. A., Mervat, T. A., Sadak, S. H. and Saad, A. M. **2017**. Proline treatment improves physiological responses in quinoa plants under drought stress. **Bioscience Research**, 14 (1): 21-33.
- . Emadi, N., Baluchi, H. And worldview, s. **2012**. Effect of drought stress on grain yield seedlings to salt stress levels. **Industrial crops and products**, 31 (1):13-19.
- . Faize, M., Burgos, L., Faize, L., Piqueras, A., Nicolas, E., Barba-Espin, G., Clemente-Moreno, M. J., Alcobendas, R., Artlip, T. and Hernandez, J. A. **2011**. Involvement of cytosolic ascorbate peroxidase and Cu/Zn-superoxide dismutase for improved tolerance against drought stress. **Journal of Experimental Botany**, 62(8), 2599-2613.
- . FAO. **2013**. International year of Quinoa. Food and Agriculture Organization of United Nations, 53p.
- . FAO. **2016**. Quinoa; an acient crop to contribute to world food security, 63p. www.fao.org.
- . Farooq, M., Shahzad, M., Barsa, A. and Wahid, A. **2006**. Priming of field-sown rice seed enhances germination seedling establishment, allometry and yield. **Plant Growth Regulation**, 49:285–294.
- . Farooq, M., S. M. Basra, Rehman, H. and Saleem, B. **2008**. Seed priming enhances the performance of late sown wheat (*Triticum aestivum* L.) by improving chilling tolerance. **Journal Agronomy Crop Science**, 194: 55-60.
- . Fghire, R., Oudou, I., Anaya, F., Benlhabib, O., Jacobsen, S. E. and Wahbi, S. **2013**. Protective Antioxidant enzyme activities are affected by drought in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Journal of Biology, Agriculture and Healthcare**, 3:62-68.
- . Finch-Savage, W. E., Dent, K. C. and Clark, L. J. **2004**. Soak conditions and temperature following sowing influence the response of maize (*Zea mays* L.) Seeds to on-farm priming (pre-sowing seed soak. **Field Crops Research**, 90: 361-374.

- . Fischer, S., Wilckens, R., Jara, J., Aranda, M., Valdivia, W., Bustamente, L., Graf, F. and Obal, I. **2017**. Protein and antioxidant composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) sprout from seeds submitted to water stress, salinity and light conditions. **Indian Crop Production**, 107, 558–564.
- . Flagella, Z., Giuliani, M. M., Giuzio, L., Volpi, C. and Masci, S. **2010**. Influence of water deficit on durum wheat storage protein composition and technological quality. **European Journal Agronomy**, 33, 197–207.
- . Fowler, B. D., Brydon, J. and Baker, R. J. **1989**. Nitrogen fertilization of no till winter wheat and rye. II: Influence of grain protein. **Agronomy Journal**, 81:72-77.
- . Gan, S. and Amasino, R. M., 1997. Making sense of senescence. *Plant Physiology*. 113, 313-319.
- . Ghassemi-Golezani, K., Chadordooz-Jeddi, A., Nasrullahzadeh, S. and Moghaddam, M. **2010**. Influence of hydro-priming duration on field performance of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **African Journal of Agricultural Research**, 5(9), 893-897.
- . Ghorbanli, M., Nojavan, M., Heydari, R. and Frbodnia, I. **2001**. Changes in soluble sugars, starch and proteins by drought stress in two varieties of chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Journal of Agricultur Science.Univercity Tarbiat Moalem**, 1 (1): 38-53.
- . Ghorbani Javid, M., Moradi, F., Akbari, Gh. A. and Allahdadi, I. **2006**. The role of some metabolites on the osmotic adjustment mechanism in annual cutleaf medic [*Medicago laciniata* (L.) Mill] under drought stress. **Iranian Journal, Crop Science**, 8(2), 90-105.
- . Goksoy, A. T., Demir, A. O., Turan, Z. M. and Dagustu, N. **2004**. Responses of sunflower to limited irrigation at different growth stages. **Filed Crops Research**, 87, 167-178.
- . Gonzalez, J. A., Hilal, M., Rosa, M. and Fernando, E. **2009**. Physiological responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to drought and waterlogging stresses: dry matter partitioning. **Botanical Studies**, 50: 35-42.
- . Gregersen, P. L. and Holm, P. B. **2007**. Transcriptome analysis of senescence in the flag leaf of wheat. **Plant Biotechnology**, 5, 192-206.
- . Ha, C. V., Le, D. T., Nishiyama, R., Watanabe, Y., Tran, U. T., Dong, N. V. and Phan Tran, L. S. **2013**. Characterization of the newly developed soybean cultivar DT 2008 in relation to the model variety W82 reveals a new Genetic Resource for Comparative and Functional defense pathway in plant. **The Plant Cell**, 17. Pp 282-294.
- . Habibi, D. M., Boojar, M. A., Mahmodi, A., Ardakani, M. R. and Taleghani, D. **2004**. Antioxidative enzyme in sunflower subjected to drought stress. **4th International Crop science Congress, Brishbane, Australian**, p.1-4.
- . Hans-Werner, K. and Eisa, S. S. **2008**. Effect of salinity on composition, viability and germination of seeds of *Chenopodium quinoa* Willd. **Plant Soil Journal**, 302: 79-90.

- . Harris, D., A. K. Pathan, P. Gothkar, A. Joshi, W. Chivasa and Nyamudeza, P. **2001**. On farm seed priming: Using participatory methods to review and refine a key technology. **Agricultural System**, 69(12): 151-164.
- . Harris, D. Rashid, A. Miraj, G. Arif, M. and Shah. H. **2007**. Priming seeds with zinc sulphate solution increases yield of maize (*Zea mays L.*) on zinc-deficient soils. **Field Crops Research**, 102: 119–127.
- . Heydari, M., Bakhshande, A. M., Nadyan, H., Fathi, G. H. and Alamisaaed, K. H. **2004**. Impact of different levels of salinity and nitrogen on yield and nutrient uptake of sodium and potassium and osmotic regulators in Chamran wheat. **Iranian Journal Agriculture and Science**, 37: 501-510.
- . Hinojosa, L., Juan, A., Felipe, H., Barrios-Masias, A., Francisco Fuentes, A. and Kevin, M. **2018**. Quinoa Abiotic Stress Responses: A Review. **Plants Journal**, 1-32.
- . Hiscox J. D. and Israelstam G. F. **1979**. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. Canadian. **Journal of Botany**, 57:1332-1334.
- . Hong Bo, S., ZongSuom, L. and Ming, A. N. S. **2005**. Changes of anti-oxidative enzymes and MDA content under soil water deficits among 10 wheat (*Triticum aestivum L.*) genotypes at maturation stage. **Colloids and Surfaces Biointerfaces**, 45, 7-13.
- . Huffaker, R. C., Radin, T., Kleinkopfig, E. and Cox, E. L. **1970**. Effect of mild water stress on enzyme of nitrate assimilation and of the carboxylative phase of photosynthesis in barley. **Crop Science**, 10, 471- 474.
- . Izadpanah, M. and Calagari, M. **2014**. Effects of drought on osmotic adjustment, antioxidant enzymes and pigments in wild *Achillea tinctoria* populations. **Ethno-Pharmaceutical Products**, 1(2), 43-54.
- . Jaleel, C., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M. and Somasundaram, R. **2009**. Drought stress in plant: A review on morphological characteristics and pigments composition. **International Journal of Agriculture and Biology**, 11, 100-105.
- . Jancurova, M., Minarovičova, L. and Dandar, A. **2009**. Quinoa – a Review. **Czech Journal Food Science**, 27 (2): 71-79.
- . Jazaeri Nushabadi M. R. and Rezaei A. M. **2007**. Evaluation of relation between parameters in oat cultivars in water stress and non-stress conditions. **Journal of Agriculture**, 11: 265-278.
- . Jisha, K. C., Vijayakumari, K. and Puthur, J. T. **2013**. Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview. **Acta Physiologiae Plantarum**, 35(5): 1381-1396.
- . Johnson, D. L and Ward, S. M. **1993**. Quinoa. Department of Horticulture, Purdue University. New crops. **Wiley, New York**, 219-221.

- . Kafi, M., Borzouey, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A. and Nabati, J. **2009**. Environmental stress physiology of plants. **Jahad Daneshgahi Mashhad press**.
- . Kaman, H., Kirda, C. and Sesveren, S. **2011**. Genotypic differences of maize in grain yield response to deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, 98: 801-807.
- . Kannan, N. D. and Kulandaivelu, G. **2011**. Drought induced changes in physiological, biochemical and phytochemical properties of *Withania somnifera* Dun. **Journal of Medicinal Plants Research**, 5 (6): 3935-3929.
- . Kar, M. and Mishra, D. **1976**. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology**, 57: 315-319.
- . Kariola, T., Brader, G., Li, J. and Palva, E. T. **2005**. A damage control enzyme, effects the balance between defense pathway in plant. **The Plant Cell**, 17, Pp 282-294.
- . Kaur, S., Gupta, A. K. and Kaur, N. **2005**. Seed priming increase crop yield possibly by modulating enzymes of sucrose metabolism in chickpea. **Journal Agronomy Crop Science**, 191: 81-87.
- . Kirnak, H., Kaya, C., TAS, I. and Higgs, D. **2001**. The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and quality in egg plants. **Plant Physiology**, 27: 34-46.
- . Koc E., İslək, C. and Üstun, A. S. **2010**. Effect of cold on protein, proline, phenolic compounds and chlorophyll content of two pepper (*Capsicum annuum* L.) varieties. **Gazi University Journal of Science**, 23: 1-6.
- . Kramer, P. S. **1983**. Water relation of plants. **Academic Press**. PP. 342-415.
- . Lata, C., Jha, S., Sreenivasulu, N. and Prasad, M. **2011**. Differential antioxidative responses to dehydration-induced oxidative stress in core set of foxtail millet cultivars. **Protoplasma**, 248: 817-828
- . Lawler, D. W. and Cornic, G. **2002**. Photosynthetic carbon assimilation and metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plant Cell Environment**, 25: 275-294.
- . Levitt, J. **1980**. Responses of plants to environmental stresses. **Academic Press. New York and London**, 697 Pp.
- . Liang, Z., Zhang, F., Shao, M. and Zhang, J. **2002**. The relations of stomatal conductance, water consumption, growth rate to leaf water potential during soil drying and rewatering cycle of wheat (*Triticum aestivum* L.). **Botany. Bull. Acad. Sinica**. 43, 187-192.
- . Manivannan P., Jaleel C. A., Sankar B., Kishorekumar A., Somasundaram R., Lakshmanan G. M. and Panneerselvam, R. **2007**. Growth, biochemical modifications and proline metabolism in *Helianthus annuus* L. as induced by drought stress. **Colloids Surf B Biointerfaces**, 59(2): 141-149.
- . Marcos Filho, J. **2015**. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas (2ed.). **Londrina, PR: Abrates**.

- . Martinez, E. A., Veas, E., Jorquera, C., Martin, R. and Jara, P. **2009**. Re-Introduction of quínoa into arid Chile: Cultivation of two lowland races under extremely low irrigation. **Journal Agronomy, Crop Science**;195:1–10.
- . Mignone, C. M. and Bertero, H. D. **2007**. Identificación del período crítico de determinación del rendimiento en quínoas de nivel del mar. **Proceedings of the Congreso Internacional de la Quinua**, 23-26.
- . Mittler, R. **2002**. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant Science**, 7(9): 405-410.
- . Mohammad, F. and Shahza, M. A. **2005**. Rice cultivation by seed priming. **DAWN Business**, August 29.
- . Mostafa, M. G., Hossain, M. A. and Fujita, M. **2015**. Trehalose pretreatment induces salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings: oxidative damage and co-induction of antioxidant defense and glyoxalase systems. **Protoplasma**, 252:461–475
- . Moussa, H. and Abdel-Aziz, S. M. **2008**. Comparative response of drought tolerant and drought sensitive maize genotypes to water stress. **Australian Journal of Crop Science** ;1:31-6.
- . Mujica, A. **2004**. Andean grains and legumes. In: Hermandó, B. and J.L. Leon (Eds.). *Neglected Crops: 1492 from a different prospective*. **FAO, Rome, Italy**, 26:131-148.
- . Munne-Bosch S and Peñuelas J. **2004**. Droughtinduced oxidative stress in strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) growing in Mediterranean field conditions. **Plant Science**;166:1105-10.
- . Murungu, F. S., Chiduza, C., Nyamugafat, P., Clark, L. J., Whalley, W. R. and Finch-Savage, W.E. **2004**. Effects of ‘on-farm seed priming’ on consecutive daily sowing occasions on the emergence and growth of maize in semi-arid Zimbabwe. **Field Crops Research**, 89: 49-57
- . Murungul, F. S. and T. Madanzi. **2010**. Seed priming, genotype and sowing date effects on emergence, growth and yield of wheat in a tropical low altitude area of Zimbabwe. **African Journal of Agricultural Research**, 5(17): 23-41.
- . Nadeem, T. M. H., Imran, M., Kamil, F. and Husain, M. **2002**. Evaluation of sunflower *Helianthus annuus* L. inbred lines for drought tolerance. **International Journal of Agriculture and Biology**, 25: 398-400.
- . Nageswara, R. R. C. Talwar. H. S. and Wright, G. C. **2001**. Rapid assessment of specific leaf area and leaf nitrogen in peanut (*Arachis hypogaea* L.) using chlorophyll meter. **Journal of agronomy and crop Scince**, 186 (3): 175-182.
- . Nayyar, H. and Gupta, D. **2006**. Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: Association with oxidative stress and antioxidants. **Environmental Experimental Botany**, 58: 106-113.

- .Omidi, H., Tahmasebi, Z., Naghdi Badi, H. A., Torabi, H. and Miransari, M. **2010**. Fatty acid composition of canola (*Brassica napus* L.), as affected by agronomical, genotypic and environmental parameters. **Comptes Rendus Biologies**, 333, (3), Pp 248-254.
- . Ozkur, O., Ozdemir, F., Bor, M. and Turkan, I. **2009**. Physiochemical and antioxidant responses of the perennial xerophyte *Capparis ovata* Desf. To drought. **Environmental and Experimental Botany**, 66(3): 487-492.
- . Patel, P. K. and Hemantaranjan, A. **2012**. Antioxidant Defence System in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Influence by Drought Stress Implement at Pre- and Post-anthesis Stage. **American Journal of Plant Physiology**, 7(4): 164-173.
- . Pereira, S.I.A., Moreira, H., Argyars, K., Castro, P.M.L. and Marques A.P.G.C. **2016**. Promotion of sunflower growth under saline water irrigation by the inoculation of beneficial microorganisms. **Applied Soil Ecology**, 105: 36-47.
- . Prasad, P.V.V., Pisipati, S. R., Mutava, R. N. and Tuinstra, M. R. **2008**. Sensitivity of grain sorghum to high temperature stress during reproductive development. **Crop Science**, 48: 1911-1917.
- . Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A., Iafelice, G., Marconi, E. and dAndria, R. **2012**. Yield and Quality Characteristics of Quinoa Grown in Open Field Under Different Saline and Non-Saline Irrigation Regimes. **Journal of Agronomy and Crop Science**. 198:254-263.
- . Ragab Mossa, H. and Adbel-Aziz, S. **2008**. Comparative response of drought tolerant and drought sensitive maize genotypes to water stress. **Australian Journal of Crop Science**, 1(1): 31-36.
- . Rashid A., D. Harris, P. Hollington, A. and Shamsher, A. **2004**. On-farm seed priming reduces yield losses of mung bean (*Vigna radiata*) associated with mung bean yellow mosaic virus in the North West Frontier Province of Pakistan. **Crop Protection**, 23: 1119-1124
- . Rashid, A., Hollington, P. A., Harris, D. and Khan, P. **2006**. On- farm seed priming for barely on normal, saline and saline-sodic soils in north west frontier province, Pakistan. **European Journal of Agronomy**, 24: 276-281.
- . Ren, D., Xu, X., Hao, Y. and huang, G. **2016**. Modeling and assessing field irrigation water use in a canal system of Hetao, upper Yellow River basin: Application to maize, sunflower and Watermelon. **Journal of Hydrology**, 532: 122-139.
- . Ribaut, J. M., Betran, J., Monneveux, P. and Setter, T. **2012**. Drought tolerance in maize. In: Bennetzen, J. L., Hake, S. C. (Eds.), Handbook of Maize: Its Biology. **Springer, New York**, 11–34.

- . Roohi, A., Tajbakhsh, M., Saeedi, M. R., and P., Nikzad. **2008**. Effect of Different Seed Priming on Chickpea Cultivars under Drought Stress Conditions. **The 10th Iranian Congress of Crop Sciences**, 18-20 Agu, 474.
- . Rotundo, J. L., and Westgate, M. E. **2010**. Rate and Duration of seed component accumulation in water stressed soybean. **Journal of Crop Science**, 50:676-684.
- . Sadak , M.S.H., Safwat El-Bassiouny, H. M and Gergis Dawood, M. **2019**. Role of trehalose on antioxidant defense system and some osmolytes of quinoa plants under water deficit. **Bulletin of the National Research Centre**, 2-11.
- . Saglam, A., Saruhan, N., Terzi, R and Kadioglu, A. **2011**. The relations between antioxidant enzymes and chlorophyll fluorescence parameters in common bean cultivars differing in sensitivity to drought stress. **Russian Journal of Plant Physiology**, 58(1): 60-68.
- . Sanchez, H. B., Lemeur, R., Damme, P. V. and Jacobsen, S. E. **2003**. Ecophysiological analysis of drought and salinity stress of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). **Food Reviews International**. 19: 111-119.
- . Sairam, K., Deshmuh, P. S. and Shukla, D. S. **1997**. Tolerance of drought and temperature stress in relation to increased antioxidant enzyme activity in wheat. **Journal of Agronomy and Crop Science**, 178: 3. 171-178.
- Sairam, R. K. and Srivastava. G. C. **2001**. Water stress tolerance of wheat *Triticum aestivum* L.: Variation in hydrogen peroxide accumulation and antioxidant activity in tolerant and susceptible genotype. **Journal Agronomy and Crop Science**, 186: 63-70.
- . Schneiter, J. M., Jonse, J. M. and Hammond, J. J. **1987**. Simulated hail research in sunflower: defoliation. **Agronomy Journal**, 79: 431-434
- . Shinde, B. M. and Laware, S. L. **2015**. Investigations of water stress on antioxidant enzyme activities in groundnout varieties (*Arachis hypogaea* L.). **International Journal of Advanced Biological Research**, 5(1): 29-33.
- . Sharma, P. and Dubey, R. S. **2005**. Drought induces oxidative stress and enhances theactivities of antioxidant enzymes in growing rice seedlings. **Plant Growth Regulation, Springer**, 46: 209-221.
- . Siddiqui, M. H., Al-Khaishany, M. Y., Al-Qutami, M. A., Al-Whaibi, M. H., Grover, Ali, H. M., Al-Wahibi, M. S. and Bukhari, N. A. **2015**. Response of different genotypes of faba Bean plant to drought stress. **International Journal of Molecular Sciences**, 16: 10214-10227.
- . Simsek, M., Comlekcioglu, N. and Ozturk, I. **2011**. The effects of the regulated deficit irrigation on yield and some yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under semi-arid conditions. **African Journal of Biotechnology**, 10 (20): 4064-4064.
- . Singh, M., Srivastava, J. P. and Kumar, A. **1992**. Cell membrane stability in relation to drought tolerance in wheat genotypes. **Journal of Agronomy and Crop Science**, 168: 186-190.

- . Sivritepe, H. O. and Dourado, A. M. **1995**. The effect of priming treatments on the viability and accumulation of chromosomal damage in aged pea seeds. **Annals of Botany**, 75: 165-171.
- . Smirnoff, N. **1993**. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. **New Phytologist**, 125(1): 27-58.
- . Spehar, C. R and Santos, R.L.D. **2005**. Agronomic performance of quinoa selected in the Brazilian Savannah. **Pesquisa. Agropecuaria. Brasileira**; 40(6):609–612.
- . Sofo, A., Dichio, B., Xiloyannis, C. and Masia, A. **2004**. Lipoxygenase activity and proline accumulation in leaves and roots of olive tree in response to drought stress. **Physiologia Plantarum**, 121: 56–58.
- . Strenske, A., de Vasconcelos, E. S., Aline Egewarth, V., Francisca, N., Herzog, M. and Malavasi, M.D.M. **2017**. Responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds stored under different germination temperatures. **Acta Scientiarum Agronomy Maringa**, (3): 83-88.
- . Suriyan, C. H. and Chalermopol, K. **2009**. Proline accumulation, photosynthetic abilities and growth characters of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) Plantlets in response to iso-osmotic salt and waterdeficit stress. **Agricultural Sciences in China**, 8: 51-58.
- . Tompson, J. E., Ledge, R. L. and Barber, R. F. **1987**. The role of free radicals in senescence and wounding. **New Phytologist**, 105: 317-344.
- . Telahigue, D., Yahia, L. B., Aljane, F., Belhouchett, K. and Toumi, L. **2017**. Grain yield, biomass productivity and water use efficiency in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under drought stress. **Journal of Science Agriculture**, 1: 222- 232.
- . Tesfye, K., Walke, S. and Tsubo, M. **2006**. Radintion interception and radiation use efficiency of three gran legumes under water deficit conditions in semi-arid conditions. **European. Journal of Agronomy**, 25:60-70.
- . Tomas, M., Roberson, J., Fukai S. and Peoples, M. B. **2003**. The effect of timing and severity of water deficit on growth development, yield accumulation and nitrogen fixation of mungbean. **Field crop Reserch**, 86 (1): 67-80.
- . Tran, L. S. P., Nishiyama, R., Yamaguchi-Shinozaki, K. and Shinozaki, K. **2010**. Potential utilization of NAC transcription factors to enhance abiotic stress tolerance in plants by biotechnological approach. **Genetically Modified Crops**, 1: 32-39.
- . Van Oosterm, E. and Hammer, G. L. **2008**. Determination of grain number in sorghum. **Field Crop Research**, 108 (3): 57-68.
- . Wang, Q., Ding, T., Zuo, J., Gao, L. and Fan, L. **2016**. Amelioration of postharvest chilling injury in sweet pepper by glycine betaine. **Postharvest Biology and Technology**, 112: 114-120.
- . Yamada, M., Morishita, H., Urano, K., Shiozaki, N., Yamaguchi-Shinozaki, K., Shinozaki, K., and Yoshiba, Y. **2005**. Effects of free proline accumulation in petunias under drought stress. **Journal of Experimental Botany**, 56: 1975-1981.

. Yan, W., Zhong, Y. and Shangguan, Z. **2016**. Evaluation of physiological traits of summer maize under drought stress. **Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science**, 66: 133-140.

. Yasar, F., Uzal, O. and Ozpay, T. **2010**. Changes of the lipid peroxidation and chlorophyll amount of green bean genotypes under drought stress. **African Journal of Agricultural Research**, 5 (19): 2705-2709.

. Zlatev, Z. S., Lidon, F. C., Ramalho, J. C. and Yordanov, I. T. **2006**. Comparison of resistance to drought of three bean cultivars. **Biologia Plantarum**, 50(3): 389-394.

. Zlatev, Z. and Lidon, F. C. **2012**. An overview on drought induced changes in plant growth, water relations and photosynthesis. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, 24: 57-72.

Abstract

Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) which is an annual plant contains high nutritional and economically is important and consequently, the cultivation of this plant is developing in the world. Due to importance of quinoa in the arid region, in this study, the effect of seed priming on yield and some morphological and physiological trait under drought stress conditions were investigated. This research was carried out in 2019 and a factorial split plot experiment based on a randomized complete block was designed with four replications in two regions namely Bastam and Damghan with different climates. In this research project the experimental treatments were included irrigation, as a main factor, at three different levels of 100, 75 and 50% water requirement (WR) and sub-factors included three varieties (Titicaca, Q26 and Q29) and finally, priming at 2 levels, (no priming and hydropriming) was implemented as factorial experiment into sub-levels. Hydropriming treatment was performed on seeds, then treated seeds were grown in the field after complete drying. To perform water requirement treatment, WR were calculated using the CROPWAT program and then applied on the plants in 6-leaf stage. To measure biochemical traits, sampling was carried out from the fully developed upper leaves during full flower stage. Also, in order to determine the grain yield and yield composition, ripe grains with relative drying were harvested from 4 square meters of each plot. The results of variance analysis were significant for most traits. Also, the results of the comparison of the mean of irrigation interactions in the variety showed that the highest concentrations of Chla, Chlb and carotenoids in all three varieties were obtained in 100% WR. Also, seed priming increased the concentration of Chla and Chlb in Titicaca and Q26 varieties, moreover, the highest activity of SOD enzyme was observed in Titicaca variety upon 75% WR whereas, the highest activity of APX and CAT enzymes was observed in all three varieties in 50% WR. The results of mean comparison showed that the priming affected grain yield in all three varieties in which the highest grain yield in Q29 variety was obtained in Bastam region with a yield of 1603.5 kg / ha. However, the highest grain yield was obtained in 100% WR and Q26 variety (with the highest leaf area index) in Bastam region with an average of 1475 kg / ha. Finally, the highest biological yield in Bastam region was obtained in Q26 variety with 100% WR and an average of 12100 kg / ha. The results of study revealed that in all three varieties, by increasing the drought stress, the percentage of seed protein increased so that the highest percentage of seed protein was obtained in Titicaca variety under 50% WR condition with an average of 19.66% in both Bastam and Damghan regions. In summary, the results showed that seed priming significantly increased grain yield, biological yield, leaf area index and chlorophyll content in cultivars in different regions under drought stress. These results indicated that the seed priming play an important role in increasing drought resistance of quinoa in low irrigation conditions.

Keywords: Variety, Priming, Seed protein, Water requirement, Yield, Quinoa.



Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

Ph.D Thesis in Agronomy

**The effects of hydropriming on growth characteristics improvement
and yield of some quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) varieties under
drought conditions.**

By: Fathollah Nadali

Supervisor:

Dr. Hamid Reza Asghari

Advisors:

Dr. Hamid Abbasdokht

Dr. Vajihe Dorostkar

Dr: Mahmoud Bagheri

January, 2021