

اثر تنش خشکی و زمان بندی مصرف کود نیتروژنه بر انتقال مجدد نیتروژن، کیفیت نانوائی و الگوی نواری پروتئین های ذخیره ای دانه گندم

حمیدرضا عیسوند^۱، علی احمدی^۲، علی اکبر شاه نجات بوشهری^۳، کاظم پوستینی^۴ و محمدرضا جهانسوز^۵
۱، ۲، ۳، ۴، ۵، دانشجوی دوره دکتری و استادیار و دانشیاران پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
تاریخ پذیرش مقاله ۸۴/۱/۲۴

خلاصه

به منظور بررسی اثر تنش خشکی و زمان بندی مصرف کود نیتروژنه بر برخی خصوصیات کیفی و نیز بررسی الگوی نواری پروتئین های ذخیره ای دانه گندم نان (رقم مهدوی)، آزمایشی به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۸۰-۱۳۷۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران واقع در شهرستان کرج انجام شد. رژیم رطوبتی خاک به عنوان فاکتور اصلی در دو سطح شاهد (C) و تنش خشکی (S) و زمان بندی مصرف کود نیتروژنه به عنوان فاکتور فرعی در سه سطح (۱) شاهد (N₀)، (۲) مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به صورت ۲۰٪ زمان کاشت و ۸۰٪ زمان گرده افشانی (N₁) و (۳) ۴۰٪ زمان کاشت و ۶۰٪ زمان گرده افشانی (N₂) در نظر گرفته شدند. انتقال مجدد نیتروژن ساقه در شرایط تنش خشکی افزایش معنی داری نشان نداد. بیشترین میزان انتقال در تیمار کودی N₁ مشاهده گردید. رژیم رطوبتی خاک و تیمار کودی بخوبی درصد پروتئین دانه و کیفیت نانوائی را تحت تاثیر قرار دادند. در بین تیمارهای کودی بیشترین درصد پروتئین و بالاترین کیفیت نانوائی مربوط به تیمار N₂ بود. با کاربرد نیتروژن بیشتر در مرحله گرده افشانی، پروتئین دانه و کیفیت نانوائی در شرایط عدم تنش خشکی روند افزایشی داشتند، اما در شرایط تنش هیچگونه افزایشی مشاهده نگردید. بیشترین درصد پروتئین دانه و کیفیت نانوائی در تیمار SN₂ مشاهده گردید اما پایین ترین کیفیت نانوائی مربوط به تیمار CN₀ بود. همبستگی بین رسوب زلنی و درصد پروتئین دانه در شرایط شاهد و تنش خشکی، مثبت و معنی دار بود. در مرحله برداشت تعداد باندهای تشکیل شده در تیمارهای SN₀ و CN₀ با سایر تیمارها متفاوت بود و در این دو تیمار یک باند پلی پپتیدی بیشتر از دیگر تیمارها مشاهده گردید.

واژه های کلیدی: انتقال مجدد نیتروژن، پروتئین های ذخیره ای دانه، تنش خشکی، کیفیت نانوائی، گندم.

مقدمه

گندم نان در محدوده وسیعی از شرایط آب و هوایی جهان رشد می کند و دارای بیشترین پراکندگی در دنیا است. ارزش غذایی و کیفیت آن در پخت نان، توسط مقدار پروتئین دانه تعیین می شود که در این خصوص، گلوتن نقش مهمی ایفا

می کند. گلوتن از گلیادین و گلوتنین تشکیل شده است (۵). گلیادین از یک زنجیره پلی پپتیدی منفرد ولی گلوتنین از تعداد زیادی زنجیره پلی پپتیدی تشکیل شده است که از طریق باندهای دی سولفید بین ملکولی با یکدیگر مرتبط هستند و به همین دلیل پلیمر گلوتنین اثرات مثبت و قابل توجهی در ارتباط با استحکام گلوتن و متعاقباً کیفیت نانوائی از خود نشان می دهد (۷). مقدار گلوتن در درجه اول به شرایط آب و هوایی و

1. Triticum aestivum

مکاتبه کننده: حمیدرضا عیسوند

E-mail: hrisvand@yahoo.com

تحقیقات از جایگاه ویژه ای برخوردار است. این تحقیق نیز با هدف بررسی دو عامل مهم موثر بر کمیت و کیفیت تولید یعنی میزان نیتروژن و نحوه مصرف آن و رطوبت خاک، که معمولاً در شرایط اقلیمی کشورمان با کمبود آن مواجه هستیم، در شرایط اقلیمی کرج انجام شده است.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۸۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی (دانشگاه تهران) با ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا، میانگین بارندگی (۳۰ ساله) ۲۶۰ میلی‌متر اجرا شد (۴). تجزیه خاک، نیتروژن کل را ۰/۱ درصد، پتاسیم قابل جذب را ۱۶۰ میلی گرم بر کیلوگرم و فسفر قابل جذب را ۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم نشان داد.

طرح آماری مورد استفاده، کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار بود. عوامل آزمایشی عبارت بودند از: رژیم رطوبتی خاک در دو سطح تنش و کنترل (کرت‌های اصلی) و تقسیط کود نیتروژنه (اوره) در سه سطح، شاهد (N_0) (عدم مصرف نیتروژن)، مصرف ۱۲۰ kg/ha نیتروژن به صورت ۲۰٪ زمان کاشت + ۸۰٪ زمان گل‌دهی (N_1) و مصرف ۱۲۰ kg/ha نیتروژن بصورت ۴۰ درصد زمان کاشت + ۶۰٪ زمان گل‌دهی (N_2) بودند. هر بلوک به دو پلات اصلی با فاصله ۳ متر و ۶ پلات فرعی به فاصله ۱/۵ متر از یکدیگر تقسیم شد. مساحت هر پلات فرعی $7/5 m^2$ بود که در برگ‌گیرنده شش ردیف کاشت بود. میزان بذر مصرفی، ۱۸۰ Kg/ha در نظر گرفته شد. عملیات کاشت هفته اول آذر انجام شد. اعمال تنش خشکی از انتهای مرحله ساقه رفتن شروع و تا رسیدگی ادامه داشت. آبیاری کرت‌های بدون تنش مطابق عرف منطقه و کرت‌های تحت تنش تا بروز علائم ظاهری تنش در گیاه (تیره شدن و حالت پژمردگی در حدود ساعت ۱۰ صبح) به تعویق می‌افتاد. قبل از انجام آبیاری از منطقه عمق ریشه، نمونه خاک جهت تعیین پتانسیل آبی خاک (تعیین سطح تنش) از عمق ۴۰-۵ سانتیمتری تهیه می‌شد. برای تعیین سطح تنش از منحنی رطوبتی خاک استفاده گردید. ابتدا درصد وزنی رطوبت نمونه‌های خاک تعیین و پس از آن با استفاده از منحنی مکش

میزان نیتروژن خاک بستگی دارد و کیفیت آن تابع فاکتورهای ژنتیکی می‌باشد (۹).

پس از گلدهی، جذب نیتروژن توسط ریشه گندم بسیار کاهش یافته و برای پاسخ به نیاز دانه در حال رشد، نیتروژن از برگ‌ها و ساقه به سنبله انتقال می‌یابد. این وضعیت در شرایط تنش خشکی تشدید می‌شود (۱۱). نیتروژن اندام‌های رویشی در رژیم های بالای تغذیه با نیتروژن، اغلب نزدیک به ثابت باقی می‌ماند اما در رژیم های پایین، با پیشرفت مرحله پرشدن دانه، کاهش می‌یابد (۱۴). انتقال مجدد نیتروژن به دانه در شرایط توسعه سریع کمبود آب (وقوع سریع تنش خشکی) تنها از ساقه اصلی و پنجه اول نبوده، بلکه به نظر می‌رسد که توسط انتقال مجدد نیتروژن از پنجه های دوم و سوم نیز به صورت تکمیلی حمایت شود (۱۵).

کاربرد تقسیطی نیتروژن در زمان گرده افشانی، غلظت پروتئین دانه را بویژه وقتی که گیاه در این مرحله تحت شرایط تنش خشکی (۸- بار) بود، افزایش می‌دهد (۸). نیتروژن مورد استفاده در زمان گلدهی یا نزدیک به این مرحله در رشد دانه بکار گرفته می‌شود، بطوریکه با کاربرد دیر هنگام نیتروژن، پروتئین دانه افزایش می‌یابد ولی تغییر عمده ای در رشد رویشی و عملکرد دانه بوجود نمی‌آید (۱۲). نتایج پژوهشی نشان داده است که در اثر این کار، میزان مواد پروتئینی بین ۰/۷ تا ۲/۱ درصد و گلوتن ۴/۷-۶/۵ درصد افزایش یافته است (۵). کودهای نیتروژنه عمدتاً موجب افزایش کمیت گلیادین ها می‌شوند (۱۹). در صورت مصرف تقسیطی نیتروژن، امکان کاهش مقدار مصرف کود و حفظ کیفیت نانواپی بطور توامان وجود دارد (۶).

در ایران، نان حاصل از گندم مهمترین غذای روزانه مردم را تشکیل می‌دهد و نقش عمده‌ای در تامین انرژی و پروتئین مورد نیاز بدن به عهده دارد (۵). بخش عظیم تحقیقات گندم در کشور بطور کلی در دو زمینه افزایش تولید در واحد سطح و افزایش کیفیت متمرکز شده است. در بخش کیفیت علاوه بر اصلاح و معرفی ارقام با کیفیت، در زمینه به زراعی و استفاده بهینه از عوامل تولید نیز تحقیقاتی انجام می‌شود که با توجه به آمار بالای تلفات ناشی از پایین بودن کیفیت، این بخش از

۳۶ mm = خیلی خوب ، ۳۵-۲۵ mm = خوب ، ۲۴ mm -
۱۶ = ضعیف و کمتر از ۱۵ mm = خیلی ضعیف یا فقیر

برای تعیین درصد پروتئین دانه از دستگاه Near Infrared Grain Analyzer ساخت شرکت Zeltex (آلمان) استفاده شد. جهت بالانس نمودن درصد پروتئین نمونه های دارای رطوبت مختلف، از فرمول زیر استفاده شد (پروتکل دستگاه operational manual of percon inframatic 8620 (1996. Sweden):

فرمول (۲):

$$\frac{(۱۲/۵-۱۰۰) \times \text{میزان پروتئین نشان داده شده به وسیله دستگاه}}{\text{درصد رطوبت نمونه} - ۱۰۰} = \text{درصد پروتئین در رطوبت } ۱۲/۵\%$$

برای تعیین الگوی نواری پروتئین های ذخیره ای از روش الکتروفورز (SDS-PAGE) استفاده شد. در سه مرحله شیری، خمیری و رسیدگی از هر واحد آزمایشی تعداد ۱۰ سنبله با احتساب اثر حاشیه ای به طور تصادفی برداشت شدند. در هر واحد آزمایشی از هر سنبله بطور تصادفی در طول سنبله ۳ عدد بذر جدا شد (مجموعاً ۳۰ بذر) و از میان آنها به طور تصادفی ۵ عدد مورد آزمایش قرار گرفت. استخراج پروتئین های ذخیره ای و بارگذاری آنها مطابق روش گرامی انجام شد (۳).

بررسی نرمال بودن داده ها، تجزیه آنها و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزارهای SPSS ، MSTAT-C ، SAS ، Minitab و Excel انجام شد. محاسبه درصد تغییرات برخی صفات نسبت به شرایط کنترل، بصورت زیر انجام شد (مثلاً کیفیت نانوائی):
$$\frac{\text{کیفیت نانوائی در شرایط کنترل} - \text{کیفیت نانوائی در شرایط تنش خشکی}}{۱۰۰} \times ۱۰۰$$

نتایج و بحث

علی رغم افزایش نسبی انتقال مجدد نیتروژن در شرایط تنش خشکی (شکل ۱- الف)، اثر رژیم رطوبتی بر این صفت به

3. Sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis

رطوبتی خاک، پتانسیل آبی خاک قبل از هر مرحله آبیاری تعیین می گردید. با توجه به اطلاعات این نمونه برداری، پتانسیل رطوبتی خاک تیمار تنش در عمق ذکر شده، به مرز ۳/۱۶- مگا پاسکال (Mpa) رسید. در این تحقیق از رقم مهدوی (*T. aestivum var. Mahdavi*) استفاده شد. گندم مهدوی با تیپ رشد بهاره رقمی پر عملکرد و مقاوم نسبت به بیماریها بوده و نسبت به شوری و سرما متحمل است. این رقم با حدود ۱۰-۱۱ درصد پروتئین برای پخت نانهای ایرانی مناسب است.

در مرحله گل دهی از هر واحد آزمایشی تعداد ۲۰ بوته مشابه علامت گذاری شدند. در دو مرحله گل دهی و رسیدگی فیزیولوژیکی بطور جداگانه از هر واحد آزمایشی ۱۰ بوته برداشت گردید. در این آزمایش به دلیل ریزش برگها، بویژه در تیمارهای تنش، از تعیین نیتروژن آنها صرف نظر شد و فقط میزان نیتروژن ساقه اندازه گیری گردید. پس از برداشت، برگهای باقیمانده و سنبله ها جدا گردید و ساقه ها بوسیله آون (دمای ۷۵ درجه به مدت ۲۴ ساعت) خشک و سپس با استفاده از آسیاب مخصوص، پودر شدند. از پودر هر نمونه به میزان یک گرم برای تعیین درصد نیتروژن استفاده گردید. تعیین نیتروژن نمونه ها به روش ماکروکجلا ل انجام شد (۱۶).

فرمول (۱):

$$\text{درصد نیتروژن ساقه در} - \text{درصد نیتروژن ساقه} = \text{درصد انتقال مجدد}$$

مرحله رسیدگی در مرحله گل دهی نیتروژن ساقه

کیفیت نانوائی به روش زلنی که به آزمایش رسوب زلنی معروف است بر اساس دستورالعمل انجام آزمایش رسوب زلنی طبق استاندارد شماره ۱۱۶ انجمن بین المللی شیمی غلات (ICC) انجام شد. در این آزمون رابطه کیفیت نانوائی و ارتفاع رسوب بصورت زیر است (۲۰):

1. Zeleny sedimentation test
2. International cereal chemistry

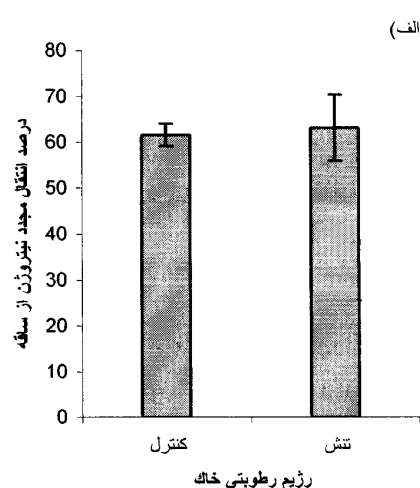
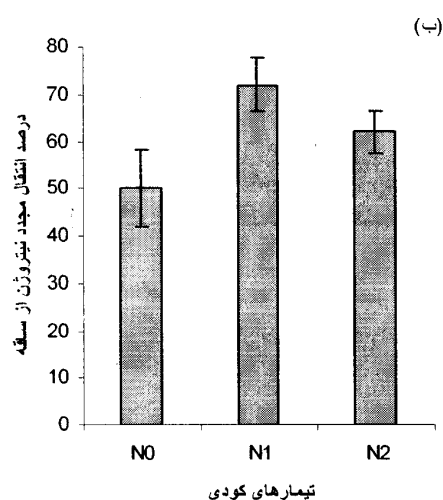
نیترژن تامین می شود و درصد کمتری از نیترژن ذخیره شده در ساقه برای دانه ها فرستاده می شود. اما در شرایط تنش به سبب محدودیت جذب پس از گرده افشانی، نیترژن دانه از نیترژن ذخیره شده در سایر قسمتها تامین می شود و انتقال مجدد آن افزایش می یابد. در آزمایش پالتا (۱۹۹۴) و همکاران نیز تنش خشکی سبب افزایش انتقال مجدد نیترژن به دانه گردید (۱۵).

جدول ۱- مقادیر F جدول تجزیه واریانس میزان انتقال مجدد نیترژن از ساقه، درصد پروتئین دانه و کیفیت نانویی

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد پروتئین دانه	کیفیت نانویی
تکرار (R)	۳		
رژیم رطوبتی خاک (A)	۱	۷/۳۶ ^{ns}	۱۹/۷۷*
خطا (R*A)	۳		
زمان بندی مصرف کود نیترژنه (B)	۲	۸/۳۱*	۵۱/۰۸**
A*B	۲	۱۵/۹۹**	۱۵/۳۸**
خطا	۱۲		
ضریب تغییرات (CV%)		۸/۶۸	۴/۰۹

* معنی دار در سطح یک درصد؛ ** معنی دار در سطح پنج درصد
ns: عدم معنی داری

لحاظ آماری معنی دار نبود (آزمون F جدول ۱). این اطلاعات با آزمون T نیز بررسی شدند که نتیجه آن نیز معنی دار نبود. اثر تیمار کودی بر میزان انتقال مجدد نیترژن در سطح پنج درصد معنی دار بود. تیمار N₁ بیشترین و تیمار N₀ کمترین میزان انتقال مجدد نیترژن را نشان دادند (شکل ۱-ب). اثر متقابل سطوح کودی و رژیم رطوبتی خاک بر انتقال مجدد نیترژن بسیار معنی دار بود. در شرایط تنش با افزایش سهم نیترژن کاربردی در مرحله کاشت (تیمار N₂)، انتقال مجدد نیترژن کاهش زیادی نشان داد در حالی که در شرایط عدم تنش، این کاهش معنی دار نبود (شکل ۲). از بررسی اثرات متقابل، این گونه بر می آید که وجود یا عدم وجود تنش رطوبتی می تواند اثر تیمار کودی (بویژه تیمار N₁) را در میزان انتقال مجدد نیترژن کاملاً تغییر دهد. به گونه ای که تیمار CN₁ و SN₁ تفاوت آماری کاملاً مشهودی داشتند. از آنجاییکه جذب نیترژن بعد از گرده افشانی در شرایط تنش به شدت کاهش می یابد (۱۵) بنابراین تقسیم نیترژن به گونه ای که سهم عمده آن در مرحله بعد از گرده افشانی بکار رود (N₁) در شرایط تنش با مشکل جذب مواجه خواهد بود اما در شرایط عدم تنش این مشکل را نخواهد داشت. به عبارت دیگر در شرایط کنترل، جذب نیترژن بعد از گرده افشانی ادامه داشته و بخشی از نیترژن دانه از این



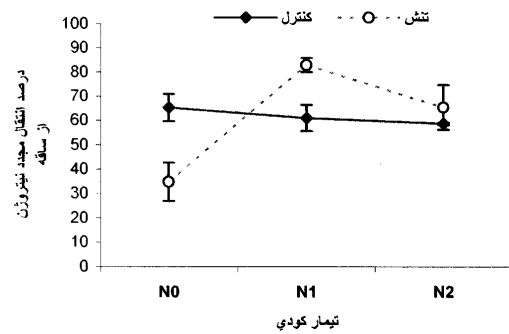
شکل ۱: اثر رژیم رطوبتی خاک (الف) و نحوه زمان بندی مصرف کود نیترژنه (ب) بر درصد انتقال مجدد نیترژن از ساقه به دانه گندم مهدوی. هر عدد میانگین چهار تکرار است خطوط عمودی هر ستون اشتباه معیار از میانگین می باشند. NO شاهد، N₁ تقسیم کود نیترژنه بصورت ۸۰:۲۰ و N₂ تقسیم کود نیترژنه بصورت ۶۰:۴۰ هستند.

شرایط کنترل، تیمار کودی N_1 نسبت به دو تیمار دیگر در رتبه بالاتری قرار دارد.

- درصد تغییرات کیفیت نانویابی و درصد پروتئین دانه در شرایط تنش نسبت به کنترل.

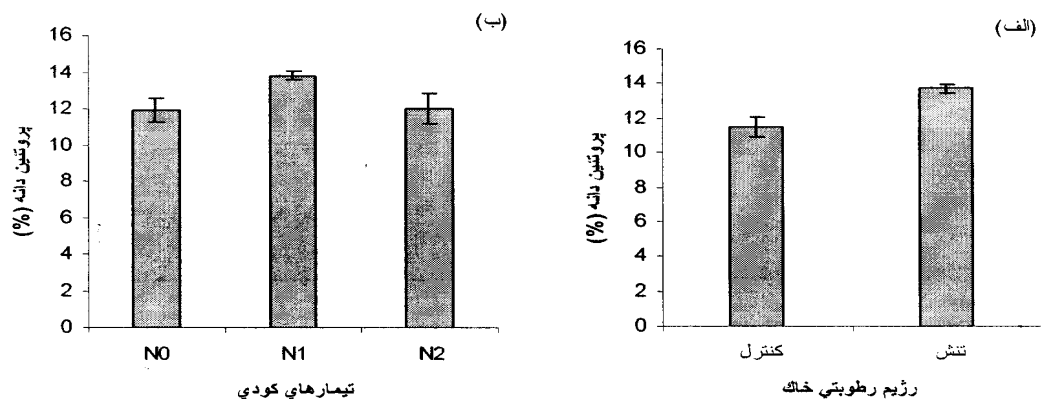
	تیمار کودی			میانگین
	N_0	N_1	N_2	
کیفیت نانویابی	+۳۳/۳۳	+۳/۱۵	+۲۰/۰۴	+۱۷/۰۸
پروتئین دانه	+۲۴/۷۶	-۰/۸۶	+۴۳/۰۵	+۱۹/۶۴

این موضوع به احتمال قوی ناشی از توزیع ۸۰٪ درصد کود نیتروژنه مصرفی در زمان گرده افشانی است. همانطوری که ملاحظه می‌گردد این تیمار در شرایط تنش، نسبت به دو تیمار دیگر ارجحیتی ندارد، دلیل این امر احتمالاً عدم فرصت کافی برای جذب نیتروژن باشد (۱۵) زیرا در شرایط تنش، فرآیند پیری در گیاه تسریع شده و بنابراین فاصله زمانی کود دهی (در مرحله گرده افشانی) تا رسیدگی کامل آن در این شرایط نسبت به شرایط کنترل خیلی کوتاه تر است. همچنین تحقیقات دیگر به این نکته اشاره کرده اند که توسعه سریع کمبود آب، سهم نیتروژن دانه که ناشی از جذب نیتروژن بعد از گرده افشانی می‌باشد را تا ۵۰٪ کاهش می‌دهد و این موضوع نشان دهنده اثر محدودیت آب خاک بر جذب نیتروژن پس از گرده افشانی است (۱۰).



شکل ۲- اثر متقابل رژیم رطوبتی خاک و نحوه زمان بندی مصرف کود نیتروژنه بر درصد انتقال مجدد نیتروژن از ساقه به دانه گندم مهدوی. خطوط عمودی هر ستون اشتباه معیار از میانگین می‌باشند.

اثر رژیم رطوبتی خاک ($P \leq 0.05$)، زمان بندی مصرف کود نیتروژنه ($P \leq 0.01$) و همچنین اثر متقابل این دو عامل ($P \leq 0.01$) بر درصد پروتئین دانه به لحاظ آماری معنی دار بود (جدول ۱). درصد پروتئین دانه در تیمار تنش افزایش یافت (شکل ۳- الف). درصد تغییرات این صفت در دو شرایط تنش و کنترل در تیمارهای کودی در جدول ۲ آمده است. در بین تیمارهای کودی، تیمار N_1 دارای بیشترین درصد پروتئین بود (شکل ۳- ب). روند تغییرات و اثرات متقابل تیمارهای آزمایش بر درصد پروتئین دانه در تیمارهای مختلف کودی تحت دو رژیم رطوبتی کنترل و تنش، در شکل ۴ نشان داده شده است. همان طوری که مشاهده می‌شود در شرایط تنش تفاوت معنی داری از نظر درصد پروتئین دانه، بین تیمارهای کودی وجود ندارد ولی در

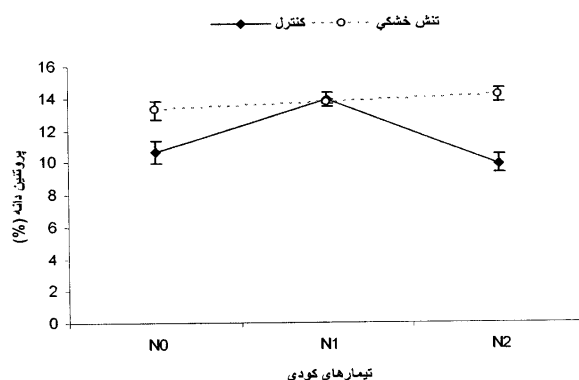
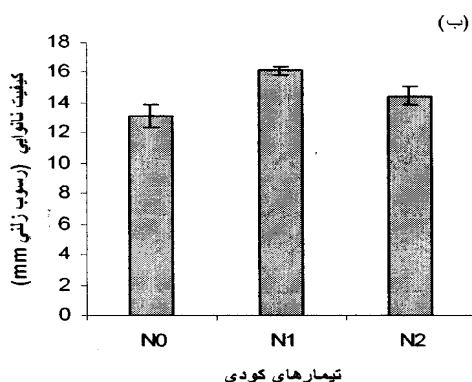


شکل ۳- اثر رژیم رطوبتی خاک (الف) و نحوه زمان بندی مصرف کود نیتروژنه (ب) بر درصد پروتئین دانه گندم مهدوی. هر عدد میانگین چهار تکرار است خطوط عمودی هر ستون اشتباه معیار از میانگین می‌باشند. N_0 شاهد، N_1 تقسیط کود نیتروژنه بصورت ۲۰:۸۰ و N_2 تقسیط کود نیتروژنه بصورت ۶۰:۴۰ هستند.

و نتیجتاً در فاز زایشی نسبت به تیمار CN_1 درصد کمتری نیتروژن به دانه اختصاص می یابد.

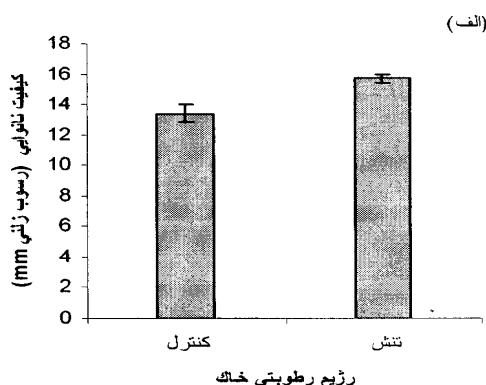
افزایش میانگین درصد پروتئین در شرایط تنش به طور عمده مربوط به افزایش نسبت نشاسته به پروتئین در دانه می باشد. مکدونالد نیز گزارش داد که در شرایط تنش درصد پروتئین دانه افزایش می یابد و این امر مربوط به کاهش سهم نشاسته در دانه می باشد نه افزایش مطلق در میزان پروتئین (۱۳). با توجه به این مباحث می توان گفت که در شرایط تنش بواسطه کاهش فتوسنتز خالص و به تبع آن تکمیل نشدن وزن بالقوه دانه که عمدتاً این کاهش از ناحیه نشاسته می باشد، نسبت پروتئین به نشاسته در دانه بهبود پیدا می کند و در واقع درصد پروتئین افزایش می یابد. احمدی و بیکر نیز در بررسی اثر تنش خشکی روی گندم به این نتیجه رسیدند که مکانیزم های سنتز نشاسته در شرایط تنش خشکی حساس تر از مکانیزم های سنتز پروتئین هستند و بنابراین در شرایط تنش خشکی افت سنتز نشاسته چشمگیرتر است (۱).

تنش خشکی سبب افزایش رسوب زنی گردید (شکل ۵-الف). این افزایش بطور میانگین $17/08$ درصد بود (جدول ۲). اثر زمان بندی مصرف کود نیتروژنه و همچنین اثر متقابل تنش خشکی با زمان بندی مصرف کود نیتروژنه نیز بر این شاخص معنی دار بودند (جدول ۱). مقایسه میانگینها نشان داد که تیمار N_1 ضمن داشتن تفاوت معنی دار با دو تیمار N_0 و N_2 ، بیشترین کیفیت نانویی را داشت (شکل ۵-ب).



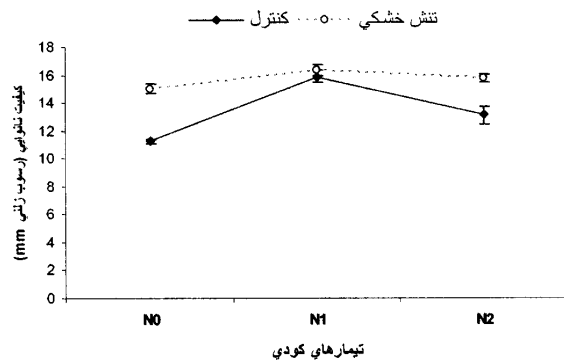
شکل ۴- اثر متقابل رژیم رطوبتی خاک و نحوه زمان بندی مصرف کود نیتروژنه بر درصد پروتئین دانه گندم مهدوی. هر عدد میانگین چهار تکرار است خطوط روی نمودار اشتباه معیار از میانگین می باشند. N_0 : شاهد؛ N_1 : تقسیط کود نیتروژنه بصورت $80:20$ ؛ و N_2 : تقسیط کود نیتروژنه بصورت $60:40$ هستند.

با توجه به عدم محدودیت رطوبت در تیمار کنترل، افزایش درصد پروتئین دانه در تیمار CN_1 منطقی به نظر می رسد. زیرا به سبب قابل دسترس بودن بیشتر نیتروژن در مرحله گرده افشانی و همچنین توقف رشد سایر اندامها در این مرحله، نیتروژنی که وارد گیاه شده به سمت یک مخزن قوی (دانه) حرکت کرده و در آنجا سبب افزایش سنتز ترکیبات پروتئینی گردیده است. در این مورد، پاپاکوستا و گاگیاناس نیز گزارش کردند که کاربرد نیتروژن در زمان گرده افشانی، میزان پروتئین آرد و حجم نان را افزایش می دهد (۱۶). در تیمار CN_2 به لحاظ مصرف نیتروژن بیشتر (۴۰٪) در زمان کاشت، گیاه از این نیتروژن جهت توسعه اندامهای رویشی (پنجه و برگ) بهره برده



شکل ۵- اثر رژیم رطوبتی خاک (الف) و نحوه زمان بندی مصرف کود نیتروژنه (ب) بر کیفیت نانویی گندم مهدوی. هر عدد میانگین چهار تکرار است خطوط عمودی هر ستون اشتباه معیار از میانگین می باشند. هر عدد میانگین چهار تکرار است خطوط روی نمودار اشتباه معیار از میانگین می باشند. N_0 : شاهد؛ N_1 : تقسیط کود نیتروژنه بصورت $80:20$ ؛ و N_2 : تقسیط کود نیتروژنه بصورت $60:40$ هستند (به مواد و روشها مراجعه شود).

این بررسی، بین درصد پروتئین دانه و شاخص کیفیت نانوائی از نظر آماری ($P \leq 0.1$) همبستگی مثبت و معنی داری در هردو شرایط تنش (۰/۶۳) و شاهد (۰/۶۸) مشاهده شد.



شکل ۶- اثر متقابل رژیم رطوبتی خاک و نحوه زمان بندی مصرف کود نیتروژنه بر کیفیت نانوائی گندم مهدوی. خطوط عمودی روی نمودار، اشتباه معیار از میانگین می باشند. هر عدد میانگین چهار تکرار است خطوط روی نمودار اشتباه معیار از میانگین می باشند. N₀: شاهد؛ N₁: تقسیط کود نیتروژنه بصورت ۸۰ : ۲۰؛ و N₂: تقسیط کود نیتروژنه بصورت ۶۰ : ۴۰ هستند (به مواد و روشها مراجعه شود).

همانگونه که در قسمت مواد و روشها ذکر گردید، باندهای پروتئینی دانه در سه مرحله شیری، خمیری و رسیدگی بوسیله تکنیک الکتروفورز (SDS-PAGE) مورد بررسی قرار گرفت. تصاویر تهیه شده از این باندها برای هر کدام از مراحل ذکر شده آورده شده است (شکل ۷).

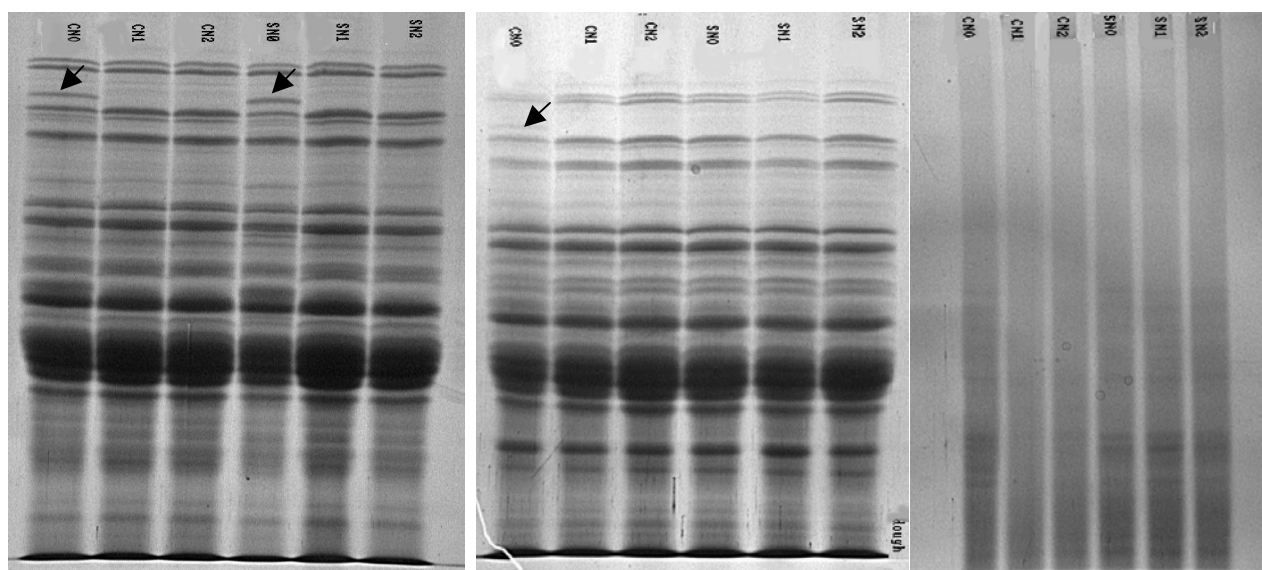
در مرحله شیری هیچگونه باند پروتئینی پدیدار نشد و تیمارهای آزمایش از این نظر اختلافی باهم نداشتند (شکل ۷-الف). عدم مشاهده باندهای پروتئینی در این مرحله شاید به خاطر این باشد که پروتئین های ذخیره ای در این مرحله هنوز بطور کامل تشکیل نیافته و ظرفیت آنها تکمیل نشده است (۲). در مرحله خمیری باندهای پروتئینی تشکیل شده بر روی ژل بوضوح قابل دیدن هستند (شکل ۷-ب) در این مرحله به استثنای تیمار CN₀ که دارای یک باند (خیلی کم رنگ) بیشتر از دیگر تیمارها می باشد سایر تیمارها تفاوتی با یکدیگر ندارند. در مرحله رسیدگی علاوه بر تیمار CN₀ در تیمار SN₀ نیز یک باند

اثر متقابل رژیم رطوبتی و تیمارهای کودی بر کیفیت نانوائی در شکل ۶ نشان داده شده است. نحوه اثر متقابل رژیم رطوبتی خاک و تیمار کودی بر این صفت مشابه اثر متقابل آنها بر درصد پروتئین دانه بود به گونه ای که با کاربرد نیتروژن بیشتر در مرحله گرده افشانی، کیفیت نانوائی در شرایط عدم تنش خشکی روند افزایشی داشت اما در شرایط تنش هیچگونه افزایشی مشاهده نگردید (شکل ۶). در بین تیمارهای کودی دو تیمار N₀ و N₂ در شرایط تنش نسبت به شرایط کنترل کاملاً متفاوت بودند اما تیمار N₁ در هردو شرایط کیفیت یکسانی از خود نشان داد. درصد تغییرات کیفیت نانوائی و پروتئین دانه در تیمارهای مختلف کودی در شرایط تنش نسبت به شاهد در جدول ۲ آورده شده است. در تیمار N₁ تغییرات کمتری مشاهده می شود. این موضوع ممکن است نتیجه توزیع کود بیشتر در زمان گرده افشانی باشد. تنش خشکی بواسطه تغییری که در بالانس نشاسته- پروتئین دانه به نفع پروتئین بوجود می آورد سبب افزایش کیفیت نانوائی می گردد در حالیکه تغییری در کل محتوی پروتئینی دانه ایجاد نمی کند (۱۳). لذا نسبت پروتئین به نشاسته را از طریق کاهش نشاسته، افزایش می دهد. به همین دلیل کیفیت نانوائی گندم در شرایط دیم (وقوع تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه) به مراتب بهتر از شرایط آبی می باشد (۵). علت افزایش کیفیت نانوائی در تیمارهای کودی نسبت به شاهد، تأمین نیتروژن کافی برای سنتز پروتئین های ذخیره ای دانه است (۸). در آزمایش ایوب و همکاران نیز با افزایش میزان نیتروژن کاربردی به صورت تقسیطی در مرحله کاشت و گلدهی، میزان خاکستر^۱ دانه و آرد کاهش، ولی پروتئین آرد و میزان جذب آب آن افزایش و بطور کلی کیفیت نانوائی افزایش یافت (۶).

از مرحله گلدهی به بعد دانه مخزنی قوی نسبت به سایر اندامها است، از طرفی رشد سایر اندامها متوقف شده و اگر نیتروژنی در اختیار گیاه قرار گیرد سبب بهبود وضعیت پروتئینی دانه و کیفیت نانوائی خواهد شد. نتایج حاصل از آزمایشهای مشابه نیز مؤید این مطلب هستند (۶، ۱۲، ۱۸). در

پلی پپتیدی بیشتر از دیگر تیمارها مشاهده گردید (شکل ۷-ج) و وضوح این باند اضافی در هر دو تیمار CN_0 و SN_0 در مرحله رسیدگی نسبت به مرحله خمیری زیادتر شد. از آنجاییکه این باند اضافی هم در تیمار تنش خشکی و هم در تیمار کنترل بیان شده، بنابراین تشکیل آن تحت تاثیر رژیم رطوبتی نبوده و تنها متأثر از تیمارهای کودی است. به عبارت دیگر این باند اضافی تنها در تیمار کودی شاهد (عدم مصرف کود نیتروژنه) پدیدار شده است. البته خارج از بحث تیمارها دلایل احتمالی دیگر برای تشکیل این باند اضافی میتواند وجود ناخالصی و یا تظاهر زیرواحدی پروتئین در اثر تیمار خاص باشد. پیشنهاد می شود برای بدست آوردن اطلاعات جامع تر در این مورد، قبل از انجام آزمایش، بذور مورد استفاده از نظر خلوص واریته‌ای مورد آزمون واقع شوند.

نتایج این تحقیق نشان داد که مدیریت مصرف کود نیتروژنه براساس رطوبت خاک، نقش بسیار مهمی در کمیت و کیفیت تولید دارد. زمان بندی مصرف کود نیتروژنه در دو مرحله کاشت و گرده افشانی در شرایط عدم تنش خشکی، ضمن افزایش تولید عملکرد دانه، اثرات مثبتی نیز از طریق افزایش مقدار و کیفیت مواد پروتئینی بر بهبود کیفیت نانوائی داشت. لذا توصیه می‌شود در این شرایط، علاوه بر مصرف مقدار کود نیتروژنه لازم جهت رشد و توسعه پیکره گیاه در مراحل اولیه رشد، به منظور بالا بردن کیفیت نانوائی مقداری نیز در مرحله گرده افشانی مورد استفاده قرار گیرد. از طرفی با توجه به عدم افزایش کیفیت نانوائی همراه با افزایش کاربرد کود نیتروژنه در مرحله گرده افشانی در شرایط تنش خشکی، مصرف کود نیتروژنه در مرحله گرده افشانی در چنین شرایطی توصیه نمی‌شود.



شکل ۷- الکتروفورز پروتئین های ذخیره ای دانه در مرحله شیری (الف)، خمیری (ب) و رسیدگی (ج) با تیمارهای مختلف.

CN_0 : بدون کود - بدون تنش (شاهد) SN_0 : بدون کود - با تنش

CN_1 : با کود به نسبت ۲۰ : ۸۰ (کاشت : گلدهی) - بدون تنش SN_1 : با کود به نسبت ۲۰ : ۸۰ (کاشت : گلدهی) - با تنش

CN_2 : با کود به نسبت ۴۰ : ۶۰ (کاشت : گلدهی) - بدون تنش SN_2 : با کود به نسبت ۴۰ : ۶۰ (کاشت : گلدهی) - با تنش

REFERENCES

منابع مورد استفاده

- احمدی، ع. و د. آ. بیکر، ۱۳۷۹. عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای محدود کننده فتوسنتز در گندم در شرایط تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۱، شماره ۴، صص ۸۲۵-۸۱۳.

۲. امام، ی. و م. نیک نژاد، ۱۳۷۳. مقدمه ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. ترجمه، انتشارات دانشگاه شیراز، ۵۷۱ صفحه
۳. گرامی، ب. ۱۳۷۲. استفاده از روش الکتروفورز در اصلاح گندم. مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، ۲۴۳-۲۶۹.
۴. مدرسی، ر. ۱۳۷۲. بررسی روابط بین خصوصیات مرفولوژیکی و عملکرد در گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده کشاورزی کرج.
۵. نور محمدی، ق.، ع. سیادت و ع. کاشانی، ۱۳۸۰. زراعت غلات. (جلد اول)، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۴۴۶ صفحه.
6. Aoub, M., S. Guertin, J. Fregeau-Reid & D.L. Smith. 1994. Nitrogen fertilizer effects in breadmaking quality of hard red winter wheat in eastern Canada. *Crop Sci.* 34: 1346-1352.
7. Branlard, G., & M. Dardevet. 1985. Diversity of grain protein and bread wheat quality. II. Correlation between high molecular weight subunits of glutenin and flour quality characteristics. *J. Cereal Sci.* 3:345-354.
8. Dubetz, S. 1997. Effects of high rates of nitrogen on Neepawa wheat grown under irrigation. I. yield and protein content. *Can. J. Plant Sci.* 57:331-336.
9. Finney, K.F. & M. A. Barmore. 1948. Loaf volum and protein content of hard winter and spring wheats. *Cereal Chem.* 25: 291-312.
10. Geregory, P.J., D.V. Crawford, & M. McGowan. 1979. Nutrient relations of winter wheat. I. Accumulation and distribution of Na, K, Mg, P, S and N. *J. Agric. Sci.* 93: 485-494.
11. Kobata, T., J.A. Palta, & N.C. Turner. 1992. Rate of development of post anthesis water deficits and grain filling of spring wheat. *Crop Sci.* 32: 1238-1242.
12. Miezian, K., E. G. Heyne & K. F. Finney. 1997. Genetic and environment effects on the grain protein content in wheat. *Crop Sci.* 17: 591-593.
13. McDonald, G. K. 1992. Effects of nitrogen fertilizer on the growth, grain yield and grain protein concentration of wheat. *Aust. J. Agric Res.* 43: 946-967.
14. Moris, C.F. & G.M. Paulsen. 1985. Development of hard winter wheat after anthesis as affected by nitrogen nutrition. *Crop Sci.* 25: 1007-1010.
15. Palta, J. A., T. Kobata, N.C. Turner, & I.R. Fillery. 1994. Remobilization of carbon and nitrogen in wheat as influenced by postanthesis water deficits. *Crop Sci.* 34: 118-124.
16. Papakosta, D. K. & A. A. Gagianas. 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization and losses for Mediterranean wheat during grain filling. *Agron. J.* 83: 864-870.
17. Pelton, J. 1992. Ear developmental stage used for timing supplemental nitrogen application to spring wheat. *Crop Sci.* 32: 1029-1033.
18. Pethes J., E. Kiss & B. Debreczeni. 1996. Effect of split top dressings of N on the grain N concentration of winter wheat cultivars. *Agrokemia-es- Talajtan.* , 45: 1-2, 77-94.
19. Pritchard, P.E. & D.G. Bhandari. 1996. The influence of nitrogen fertilizers on expression of functional proteins in wheat. HGA-project-Report. No. 121, 35P.
20. Zeleny, L. 1947. A simple sedimentation test for estimating the bread-baking and gluten qualities of wheat flour. *Cereal Chem.* 24: 465-475.