



مجله پژوهش‌های تولید گیاهی

جلد نوزدهم، شماره چهارم، ۱۳۹۱

<http://jopp.gau.ac.ir>

## ارزیابی شاخص تغذیه نیتروژن مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.) در گرگان

\* ابراهیم زینلی<sup>۱</sup>، افشین سلطانی<sup>۲</sup>، سارا... کالشی<sup>۲</sup> و سیدعلیرضا موحدی نائینی<sup>۳</sup>

استادیار گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان<sup>۱</sup>، دانشیار گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،<sup>۲</sup> دانشیار گروه خاکشناسی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

### چکیده

تاکنون گزارشی در زمینه ارزیابی وضعیت تغذیه نیتروژنی مزارع گندم با استفاده از روش شاخص تغذیه N (نسبت غلظت واقعی N به غلظت بحرانی N در ماده خشک گیاهزراعی در هر زمان از فصل رشد) در ایران منتشر نشده است. از این رو، در سال زراعی ۸۶-۸۵ شانزده مزرعه از مزارع گندم کشاورزان در اطراف گرگان انتخاب و شاخص تغذیه نیتروژن (NNI) آن‌ها ارزیابی شد. بدین منظور، نمونه برداری از مزارع انتخابی برای تعیین عملکرد ماده خشک و غلظت‌های واقعی و بحرانی نیتروژن در بوته‌های گندم در شش مرحله مهم نمو در طول فصل رشد انجام شد. براساس نتایج به دست آمده، میانگین عملکرد ماده خشک در ۱۶ مزرعه در طول فصل رشد از ۰/۳۸ تن در هکتار در ابتدای پنجه‌زنی، تا ۱۲/۵۱ تن در هکتار در رسیدگی برداشت متغیر بود. غلظت واقعی نیتروژن در ماده خشک گیاهی در مزارع مورد مطالعه در ابتدای پنجه‌زنی ۳/۰۹، میانه پنجه‌زنی ۲/۶۰، ساقه رفتن ۱/۶۲، آبستنی ۱/۵۶، اوایل آبکی شدن دانه ۱/۱۴ و در رسیدگی برداشت ۱/۰۸ درصد بود. این نتایج بیانگر کاهش مستمر غلظت واقعی نیتروژن با پیشرفت نمو گیاه و وقوع بیش‌ترین کاهش در مرحله ساقه رفتن می‌باشد. همچنین، میانگین غلظت بحرانی نیتروژن مزارع در ابتدای پنجه‌زنی ۴/۳۸، میانه پنجه‌زنی ۴/۳۳، ساقه رفتن ۲/۸۸، آبستنی ۲/۳۲، اوایل آبکی شدن دانه ۱/۹۵ و در رسیدگی برداشت ۱/۷۲ درصد<sup>۱</sup> بود که نشان می‌دهد در تمام مراحل نمو غلظت واقعی نیتروژن به‌طور قابل ملاحظه‌ای از

\*مسئول مکاتبه: [e.zeinali@yahoo.com](mailto:e.zeinali@yahoo.com)

غلظت بحرانی نیتروژن کم تر و در نتیجه، میانگین NNI کمتر از حد مطلوب ( $NNI=1$ ) بود. میانگین NNI در ابتدای پنجه‌زنی ۰/۷۱، میانه پنجه‌زنی ۰/۵۹، ساقه‌رفتن ۰/۵۷، آبستنی ۰/۶۸، اوایل آبکی شدن دانه ۰/۵۹ و بالاخره در رسیدگی برداشت ۰/۶۱ برآورد شد. یافته‌های این مطالعه بیانگر نامطلوب بودن ( $NNI < 1$ ) تغذیه نیتروژنی مزارع گندم مورد مطالعه در تمام مراحل نمو و در نتیجه محدودکننده بودن نیتروژن برای رشد گندم و عدم امکان دستیابی به پتانسیل عملکرد گندم در گرگان با استفاده از برنامه‌های فعلی مدیریت تغذیه نیتروژن می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** گندم، شاخص تغذیه نیتروژن، غلظت بحرانی نیتروژن، عملکرد ماده خشک

#### مقدمه

مطالعات گوناگون نشان داده است که تولید ماده خشک در گیاهان زراعی به‌عنوان تابعی از غلظت نیتروژن (N) در ماده خشک گیاهی قابل توصیف است. نتایج این مطالعات بیانگر کاهش غلظت نیتروژن در ماده خشک گیاهی طی چرخه رشد می‌باشد (لیمایر و مینارد، ۱۹۹۷؛ دوینه-بارت و همکاران، ۲۰۰۰؛ گاستال و لیمایر، ۲۰۰۲؛ فاروگیا و همکاران، ۲۰۰۴؛ لیمایر و همکاران، ۲۰۰۵؛ گیسلوم و بوئلت، ۲۰۰۹). به بیان دیگر، در مراحل ابتدایی رشد گیاهان زراعی غلظت نیتروژن در ماده خشک زیاد است اما با پیشرفت نمو رو به کاهش می‌گذارد، و این کاهش که به عنوان رقیق شدن نیتروژن<sup>۱</sup> ناشی از رشد و تفاوت غلظت N در بافت‌های مختلف تعبیر شده تا پایان فصل رشد ادامه می‌یابد.

به‌طور کلی، در شرایط عادی (بدون تنش نیتروژنی) رقیق شدن N در گیاه به‌طور عمده به دو دلیل رخ می‌دهد؛ کاهش نسبت برگ و افزایش نسبت ساقه به کل ماده خشک بوته طی نمو گیاه زراعی (لیمایر و همکاران، ۱۹۹۲) و ریزش برگ‌ها (لیمایر و همکاران، ۱۹۹۱). در واقع، تفاوت در غلظت N بین اندام‌های گیاه و تغییر سهم اندام‌ها از کل ماده خشک دلایل اصلی رقیق شدن نیتروژن در گیاه می‌باشند، علاوه بر این که در هر یک از اندام‌ها نیز با گذشت زمان و افزایش سن، میانگین غلظت N تغییر (کاهش) می‌یابد.

1- Nitrogen dilution

سالت (۱۹۸۲) اظهار داشت که کاهش غلظت N به‌عنوان بخشی از پدیده رقیق‌شدن N گیاه به وسیله آسیمیلات‌های کربن، به رشد گیاه گره خورده است. قانون رقیق‌شدن تعریف شده به‌وسیله معادله (۱)، بیانگر وجود یک رابطه آلومتریک بین نیتروژن تجمع‌یافته  $N_a$  ( $\text{kg N ha}^{-1}$ ) و ماده خشک تجمع‌یافته در بخش هوایی می‌باشد.

ارتباط بین غلظت N و تجمع ماده خشک بخش هوایی در گیاهان زراعی را می‌توان با رابطه کلی زیر بیان کرد:

$$N_t = aDM^b \quad (1)$$

در این رابطه  $DM^1$  مقدار ماده خشک تجمع یافته در بخش هوایی بر حسب تن در هکتار،  $N_t$  غلظت N کل در بخش هوایی بر حسب درصد (گرم N در ۱۰۰ گرم از DM)، و a و b ضرایب معادله هستند؛ a درصد N در زمانی است که ماده خشک اندام‌های هوایی یک تن در هکتار است و b نشان دهنده الگوی کاهش غلظت (درصد) N با افزایش ماده خشک بخش هوایی می‌باشد (گیسلوم و بوئلت، ۲۰۰۹؛ لیمایر و همکاران، ۲۰۰۸).

جاستس و همکاران (۱۹۹۴) تعدادی آزمایش مزرعه‌یی در زمینه کوددهی نیتروژن را برای تعیین غلظت بحرانی نیتروژن (یعنی کمینه غلظت نیتروژن کل در اندام‌های هوایی که بیشینه ماده خشک را در یک زمان و موقعیت معین تولید می‌کند) استفاده کردند. آن‌ها یک منحنی غلظت بحرانی نیتروژن خاص را برای مقادیر ماده خشک اندام‌های هوایی بین ۱/۵۵ و ۱۲ تن در هکتار به‌دست آوردند که می‌تواند به‌وسیله معادله (۲) توصیف شود:

$$N_{ct} = 5/35 DM^{-0/442} \quad (2)$$

اعتبار مدل به‌دست آمده (۲) در تمام موقعیت‌های آزمایشی اثبات شد. این نتیجه در حالی به‌دست آمد که اختلاف‌های زیادی از نظر سرعت رشد، رقم، خاک و شرایط اقلیمی بین این موقعیت‌ها وجود داشت. در مدل جاستس و همکاران (۱۹۹۴)، کاهش غلظت بحرانی N در تاجپوشه‌ها فقط وقتی چشمگیر است که ماده خشک از ۱/۵۵ تن در هکتار فراتر رود، این اتفاق وقتی روی می‌دهد که شاخص سطح برگ حدود ۲/۵ است. بر اساس گزارش پاکریج و دونالد (۱۹۶۷) رقابت بین بوته‌ها برای نور در این سطح از شاخص سطح برگ یا بیومس شروع می‌شود. سایه‌اندازی برگ‌ها بر روی

## 1. Dry matter

یکدیگر نیز آن چنان است که رقیق شدن N اجتناب‌ناپذیر می‌شود. آگرن (۱۹۸۵b) نشان داد که غلظت بحرانی N فقط وقتی ثابت است که رشد نمایی است، یعنی وقتی که رقابت برای نور قابل چشم پوشی است. سپس، قبل از رسیدن مقدار ماده خشک بخش هوایی به ۱/۵۵ تن در هکتار، رقیق شدن قابل ملاحظه N اتفاق می‌افتد که با نتایج جاستس و همکاران (۱۹۹۴) متفاوت می‌باشد.

منحنی رقیق شدن بحرانی N می‌تواند برای تعیین نیازهای N گیاهان، محاسبه شاخص تغذیه نیتروژن<sup>۱</sup> و کمی کردن وضعیت نیتروژن گیاهان مورد استفاده قرار گیرد (لیمایر و همکاران، ۱۹۸۹؛ لیمایر و مینارد، ۱۹۹۷). همچنین، می‌توان از آن‌ها برای محاسبه اثر نیتروژن بر رشد و عملکرد در مدل‌های دینامیک استفاده نمود (جاستس، جفری و مری، ۱۹۹۷). منحنی رقیق شدن بحرانی N موقعیت‌هایی که تأمین نیتروژن برای تجمع ماده خشک گیاه زراعی محدودکننده است را از موقعیت‌هایی جدا می‌کند که نیتروژن به مقدار مازاد بر نیاز در گیاه تجمع یافته بدون آن‌که افزایش بیشتری را در ماده خشک گیاه زراعی موجب شود. برای یک موقعیت معین و در هر دوره زمانی از فصل رشد گیاه زراعی، برای تعیین سطح تغذیه نیتروژن یک جمعیت می‌توان از شاخص تغذیه N استفاده کرد که به صورت نسبت بین جذب N واقعی گیاه زراعی و جذب بحرانی N گیاه زراعی برای یک مقدار معین از عملکرد ماده خشک گیاه زراعی بیان می‌شود. همچنین، می‌توان NNI را به طور مستقیم از غلظت واقعی N در گیاه و منحنی‌های رقیق شدن تعیین کرد:

$$NNI = N_t / N_{ct} \quad (3)$$

که در آن  $N_t$  غلظت نیتروژن کل اندازه‌گیری شده و  $N_{ct}$  غلظت بحرانی نیتروژن متناظر با مقدار ماده خشک تاج‌پوشه تولید شده است. مقادیر NNI نزدیک به ۱ نشان می‌دهد که در تاریخ تعیین مقدار کل N جذب شده یا غلظت N گیاه زراعی در موقعیت عدم محدودیت تأمین N بوده است. مقادیر بزرگ‌تر از ۱ نشان‌دهنده مصرف تجملی (لوکس) است. مقادیر کوچک‌تر از ۱ نشان‌دهنده کمبود N است. شدت کمبود را می‌توان به وسیله مقدار NNI برآورد کرد؛ برای مثال اگر NNI برابر با ۰/۶ باشد نشان می‌دهد که دسترسی N برای گیاه زراعی در زمان نمونه‌گیری برای تعیین N فقط ۶۰ درصد غلظت بحرانی بوده است (لیمایر و همکاران، ۲۰۰۸؛ لیمایر و همکاران، ۱۹۸۹؛ آگرن، ۱۹۸۵a). لیمایر و مینارد (۱۹۹۷) از NNI به عنوان یک ابزار تشخیصی برای تحلیل داده‌های به دست آمده از

1- NNI; Nitrogen Nutrition Index

آزمایشات مزرعه‌یی یا مشاهدات مزرعه‌ای در راستای توجیه تغییرات عملکرد به وسیله اختلافات وضعیت نیتروژنی گیاه زراعی استفاده کردند. پر واضح است که تعیین NNI در فواصل معین طی دوره رشد رویشی گیاه‌زراعی می‌تواند به بهینه‌سازی زمان و مقدار مصرف کودهای نیتروژنی در راستای تأمین دقیق نیازهای N گیاه زراعی متناسب با عملکرد هدف کمک کند.

مطالعه حاضر با هدف ارزیابی وضعیت تغذیه نیتروژنی تعدادی از مزارع گندم در شهرستان گرگان و تعیین شاخص تغذیه نیتروژن این مزارع در مراحل مختلف نمو در شرایط مدیریت متداول انجام شد.

### مواد و روش‌ها

این مطالعه در شانزده مزرعه گندم واقع در محدوده شهرستان گرگان در شرایط مدیریت متداول مزارع توسط کشاورزان منطقه در سال زراعی ۸۶-۸۵ انجام شد. این مزارع با همکاری مدیریت کشاورزی گرگان از میان مزارعی انتخاب شدند که دارای سابقه زراعی مشخص و آزمایش خاک برای توصیه مصرف کودهای شیمیایی بودند. ارقام گندم مورد استفاده برای کاشت توسط کشاورزان شامل کوهدشت، زاگرس و شیروودی بود. کاشت مزارع مورد بررسی دیرتر از دامنه زمانی توصیه شده (۱۵ آبان تا ۱۵ آذر ماه) انجام شد؛ تاریخ کاشت مزارع در دامنه زمانی بین ۴ دی ۸۵ و ۳۰ دی ۸۵ قرار داشت (جدول ۱). دلیل این تأخیر در کاشت وجود امکان آماده‌سازی به‌موقع زمین برای کاشت به دلیل وقوع بارندگی‌های فراوان و مستمر در ماه‌های آبان (با ۱۳۶/۳ میلی‌متر بارندگی تجمعی) و آذر (با ۶۶/۱ میلی‌متر بارندگی تجمعی) بود. کاشت بذر در مزارع ۹، ۱۲، ۱۴ و ۱۶ با استفاده از خطی‌کار و در سایر مزارع به روش پخش بذر با بذرپاش سانتریفوژ و سپس اختلاط بذر با خاک به وسیله دیسک انجام شد. همچنین، در مزارع ۳ تا ۶ و مزرعه ۹ در طول فصل رشد آبیاری صورت نگرفت اما در سایر مزارع یک نوبت آبیاری تکمیلی در هفته‌های دوم و سوم اردیبهشت ۸۶ اجرا شد. کودهای غیرنیتروژنی به‌صورت پایه ولی کودهای نیتروژنی به‌صورت پایه و سرک مصرف شدند. نوع کود نیتروژنی سرک به استثنای یک مورد (نوبت سوم مزرعه ۹) از نوع اوره بود که اغلب در ۳ نوبت و در بعضی موارد در ۱ یا ۲ نوبت به کار برده شد. مقدار کل نیتروژن کودی مورد استفاده در مزارع مورد مطالعه از ۱۰۴ تا ۱۷۷ کیلوگرم نیتروژن در هکتار متغیر بود. اطلاعات کامل مربوط به رقم گندم، زمان کاشت، نوع، مقدار و زمان مصرف کودهای شیمیایی پایه و سرک در مزارع مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است.

ابراهیم زینلی و همکاران

جدول ۱- رقم گندم، زمان کاشت، نوع، مقدار و زمان مصرف کودهای شیمیایی پایه و سرک در مزارع گندم مورد مطالعه.

مزرعه	رقم گندم	کاشت (۱۳۸۵)	کود پایه		کود سرک (اوره)	
			نوع	مقدار #	زمان	مقدار #
			اوره	۵۰	۸۵/۱۱/۲۴	۷۵
۱	ان. ۸۰-۱۹	۱۰/۱۵	سوپر فسفات تریپل	۱۰۰	۸۵/۱۲/۱۷	۷۰
			سولفات پتاسیم	۱۲۵	۸۶/۱/۱۷	۵۰
			اوره	۵۰	۸۵/۱۲/۳	۱۰۰
۲	کوهدشت	۱۰/۱۰	فسفات آمونیم	۱۰۰	۸۵/۱۲/۲۵	۵۰*
			سولفات پتاسیم	۱۰۰	۸۶/۱/۲۰	۵۰
			اوره	۵۰	۸۵/۱۱/۱۵	۱۰۰
۳	کوهدشت	۱۰/۱۱	فسفات آمونیم	۱۵۰	۸۵/۱۲/۸	۷۵
			سولفات پتاسیم	۱۰۰	۸۶/۱/۱۸	۷۵
			اوره	۵۰	۸۵/۱۱/۲۷	۱۰۰
۴	کوهدشت	۱۰/۵	فسفات آمونیم	۵۰	۸۶/۱/۲۴	۱۰۰
			سولفات پتاسیم	۱۰۰		
			اوره	۵۰	۸۵/۱۱/۲۷	۱۰۰
۵	کوهدشت	۱۰/۴	فسفات آمونیم	۵۰	۸۶/۱/۲۴	۱۰۰
			سولفات پتاسیم	۱۰۰		
			اوره	۵۰		
۶	کوهدشت	۱۰/۱۱	فسفات آمونیم	۱۰۰	۸۵/۱۲/۲۴	۱۵۰
			سولفات پتاسیم	۱۰۰		
			اوره	۵۰	۸۵/۱۱/۲۴	۷۵
۷	ان. ۸۰-۱۹	۱۰/۱۵	سوپر فسفات تریپل	۱۰۰	۸۵/۱۲/۱۷	۷۰
			سولفات پتاسیم	۱۲۵	۸۶/۱/۱۷	۵۰
					۸۵/۱۲/۳	۷۵
۹	ان. ۸۰-۱۹	۱۰/۱۶	ماکرو (کامل)	۲۵۰	۸۵/۱۲/۱۷	۷۵
					۸۶/۱/۴	۷۵ <sup>δ</sup>
			اوره	۵۰	۸۵/۱۲	۱۰۰
۱۰	زاگرس	۱۰/۱۴	فسفات آمونیم	۱۰۰	۸۶/۱/۵	۱۰۰
			ماکرو (کامل)	۵۰		
			فسفات آمونیم	۱۰۰	۸۵/۱۲/۱۰	۱۰۰
۱۱	کوهدشت	۱۰/۲۳	سولفات پتاسیم	۵۰	۸۶/۱/۸	۷۵
			ماکرو (کامل)	۲۰۰		
			ماکرو (کامل)	۲۰۰	اوره	۲۵۰
۱۲	شیرودی	۱۰/۱۴	سوپر فسفات تریپل	۱۲۵	کلرور پتاسیم	۱۰۰

# کیلوگرم در هکتار. \* همراه با ۵۰ کیلو گرم پتاس در هکتار. <sup>δ</sup> نیترات آمونیوم.

ادامهٔ جدول ۱.

مزرعه	رقم گندم	کاشت (۱۳۸۵)	کود پایه		کود سرک (اوره)	
			نوع	مقدار #	زمان	مقدار #
۱۳	زاگرس	۱۰/۲۷	دی آمونیوم فسفات	۱۵۰	۸۵/۱۱/۲۷	۷۵
			سولفور	۱۰۰	۸۵/۱۲/۱۲	۱۲۵
					۸۶/۱/۱۷	۵۰
۱۴	زاگرس	۱۰/۲۵	اوره	۵۰	۸۵/۱۲/۵	۱۰۰
			دی آمونیوم فسفات	۱۰۰	۸۵/۱۲/۲۰	۷۵
			کلرور پتاسیم	۲۰۰	۸۶/۱/۱۷	۱۰۰
۱۵	ان. ۱۹-۸۰	۱۰/۱۵	دی آمونیوم فسفات	۱۵۰	۸۵/۱۲/۱۷	۷۵
					۸۶/۱/۱۰	۱۰۰
			اوره	۵۰	۸۵/۱۲/۵	۱۰۰
۱۶	زاگرس	۱۰/۲۵	دی آمونیوم فسفات	۱۰۰	۸۵/۱۲/۲۰	۷۵
			کلرور پتاسیم	۲۰۰	۸۶/۱/۱۷	۱۰۰
					۸۵/۱۲/۳	۱۵۰
۱۷	ان. ۱۹-۸۰	۱۰/۳۰	دی آمونیوم فسفات	۱۵۰	۸۵/۱۲/۱۷	۷۵
					۸۶/۱/۱۰	۱۰۰

# کیلوگرم در هکتار.

نمونه‌برداری از مزارع برای اندازه‌گیری عملکرد مادهٔ خشک و مقدار نیتروژن در مادهٔ خشک گیاهی در طول فصل رشد در ۶ مرحله شامل ابتدای پنجه‌زنی، میانهٔ پنجه‌زنی، ساقه رفتن، آبستنی (دوکی شدن)، گرده‌افشانی و رسیدگی برداشت با چهار تکرار انجام شد. در هر نوبت و در هر مزرعه، ابتدا برای تعیین تراکم بوته، تعداد بوته در کوآدراتی به ابعاد یک متر شمارش می‌شد، سپس، با انتخاب ۱۵ تا ۲۰ بوته به‌طور تصادفی مرحلهٔ نمو بر اساس روش زادوکس تعیین و در نهایت بوته‌هایی که در کودرات قرار داشتند برای اندازه‌گیری عملکرد مادهٔ خشک و مقدار نیتروژن از سطح خاک بریده و به آزمایشگاه منتقل می‌شدند. در آزمایشگاه پس از تعیین وزن تر، زیر نمونه‌ای تهیه و برای تعیین وزن خشک به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۶۸ درجه سانتی‌گراد قرار می‌گرفت. پس از توزین نمونه‌های خشک شده، درصد رطوبت نمونه‌ها و عملکرد مادهٔ خشک در هکتار محاسبه می‌شد.

برای محاسبه NNI مزارع به غلظت‌های بحرانی نیتروژن احتیاج می‌باشد. از این جهت، با استفاده از داده‌های عملکرد ماده خشک و رابطه (۲) یعنی  $N_{ct} = 5/35 DM^{-0/442}$  (جاستس و همکاران، ۱۹۹۴) غلظت‌های بحرانی نیتروژن برای مراحل مختلف نمو هر یک از مزارع محاسبه شد. سپس، NNI برای هر مرحله نمونه‌برداری و هر یک از مزارع از رابطه (۳) یعنی  $NNI = N_t / N_{ct}$  به دست آمد. تمامی تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم افزار آماری SAS و ترسیم کلیه نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

### نتایج و بحث

در ابتدای پنجه‌زنی کمترین عملکرد ماده خشک ۰/۱۱ تن در هکتار، بیشترین عملکرد ماده خشک ۲/۱۵ تن در هکتار و میانگین عملکرد ماده خشک ۰/۳۸ تن در هکتار بود (جدول ۲). در واقع، عملکرد ماده خشک مزارع (به استثنای مزارع ۵) در این مرحله بین ۱۲۰ و ۶۶۰ کیلوگرم در هکتار قرار داشت (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). همچنین، در دومین نمونه‌برداری که در میانه دوره پنجه‌زنی انجام شد کمترین عملکرد ماده خشک ۰/۳۸ تن در هکتار، بیشترین عملکرد ماده خشک ۲/۶۴ تن در هکتار و میانگین عملکرد ماده خشک ۱/۱۰ تن در هکتار بود (جدول ۲). البته با صرف نظر از مزرعه ۵ و ۱۰، عملکرد ماده خشک مزارع در مرحله دوم در دامنه ۰/۴۹ و ۱/۴۰ تن در هکتار قرار داشت. از این‌رو، در این دو مرحله غلظت بحرانی همه مزارع، به استثنای مزارع یاد شده (مزرعه ۵ در اولین و مزارع ۵ و ۱۰ در دومین نمونه‌برداری)، ۴/۴ درصد (جاستس و همکاران، ۱۹۹۴؛ لیمایر و همکاران، ۲۰۰۵؛ گیسلوم و بوتلت، ۲۰۰۹) در نظر گرفته شد. دلیل ثابت ماندن غلظت بحرانی نیتروژن در ابتدای فصل رشد تا رسیدن عملکرد ماده خشک به ۱/۵۵ تن در هکتار این است که در این دوره هنوز اتفاقاتی همچون سایه‌اندازی، پیر شدن برگ‌ها، ریزش برگ‌ها و تشکیل اندام‌هایی با غلظت نیتروژن کمتر مانند ساقه که به کاهش میانگین غلظت نیتروژن در بوته‌ها منجر می‌شوند رخ نداده‌اند (لیمایر و همکاران، ۱۹۹۱؛ لیمایر و همکاران، ۱۹۹۲؛ لیمایر و گاستال، ۱۹۹۷) به بیان دیگر در این مرحله برای این‌که بیشینه ماده خشک در مزارع تولید شود باید غلظت N در بافت‌های گیاهی حداقل ۴/۴ درصد (غلظت بحرانی) باشد در حالی که غلظت نیتروژن در بوته‌های گندم در مزارع مورد بررسی در مرحله اول ۲/۳۰ تا ۳/۶۰ و به‌طور متوسط ۳/۰۹ درصد و در مرحله دوم ۱/۶۰ تا ۳/۲۰ و به‌طور متوسط ۲/۵۶ درصد بود (جدول ۲).



جدول ۲- کمینه، حداکثر و میانگین عملکرد ماده خشک، غلظت واقعی نیتروژن، غلظت بحرانی نیتروژن و شاخص تغذیه نیتروژن در شانزده مزرعه گندم مورد مطالعه در مراحل مختلف نمو.

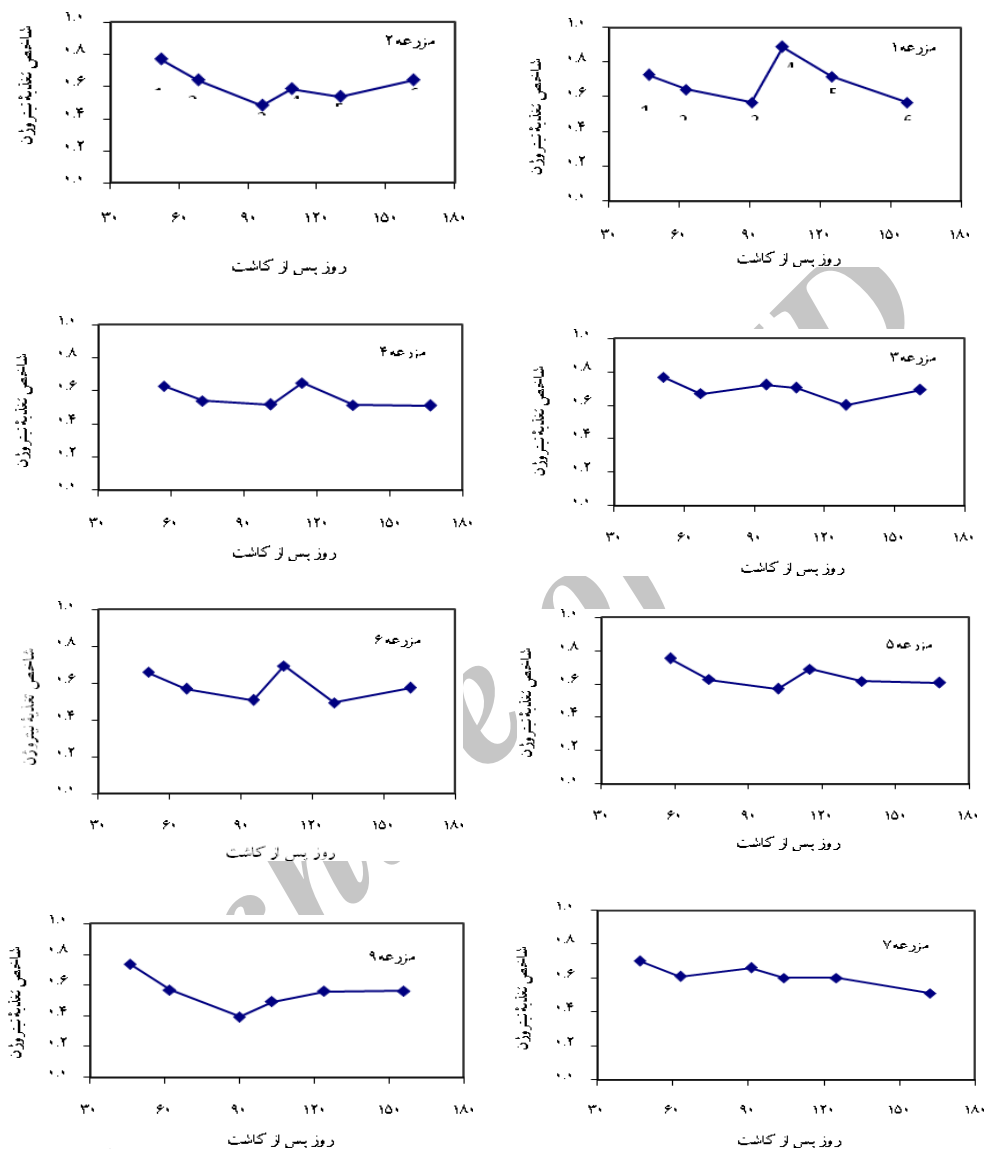
مرحله رشد	عملکرد ماده خشک #			غلظت واقعی نیتروژن (درصد)			غلظت بحرانی نیتروژن (درصد)			شاخص تغذیه نیتروژن	
	کمینه	بیشینه	میانگین	کمینه	بیشینه	میانگین	کمینه	بیشینه	میانگین	بیشینه	میانگین
ابتدای پنجه‌زنی	۰/۱۱	۲/۱۵	۰/۳۸	۲/۳۰	۳/۶۰	۳/۰۹	۳/۸۲	۴/۴	۴/۳۸	۰/۸۲	۰/۷۱
میانه پنجه‌زنی	۰/۳۸	۲/۶۴	۱/۱۰	۱/۶۰	۳/۲	۲/۶۰	۳/۴۸	۴/۴	۴/۳۳	۰/۸۲	۰/۵۹
ساقه رفتن	۲/۲۵	۹/۴۸	۴/۲۷	۱/۱۰	۲/۲۰	۱/۶۲	۱/۹۸	۳/۷۴	۲/۸۸	۰/۸۳	۰/۵۷
آبستنی	۳/۱۹	۱۰/۱۷	۷/۰۲	۰/۸۰	۲/۲۰	۱/۵۶	۱/۹۲	۳/۲۰	۲/۳۲	۱/۰۵	۰/۶۸
آبکی شدن دانه	۵/۳۲	۱۳/۶۲	۱۰/۱۰	۰/۸۰	۲/۰۰	۱/۱۴	۱/۶۸	۲/۵۵	۱/۹۵	۰/۹۷	۰/۵۹
رسیدگی برداشت	۷/۶۳	۱۶/۴۶	۱۲/۵۱	۰/۸۰	۱/۶۰	۱/۰۸	۱/۴۸	۲/۱۸	۱/۷۷	۰/۸۹	۰/۶۱

# تن در هکتار.

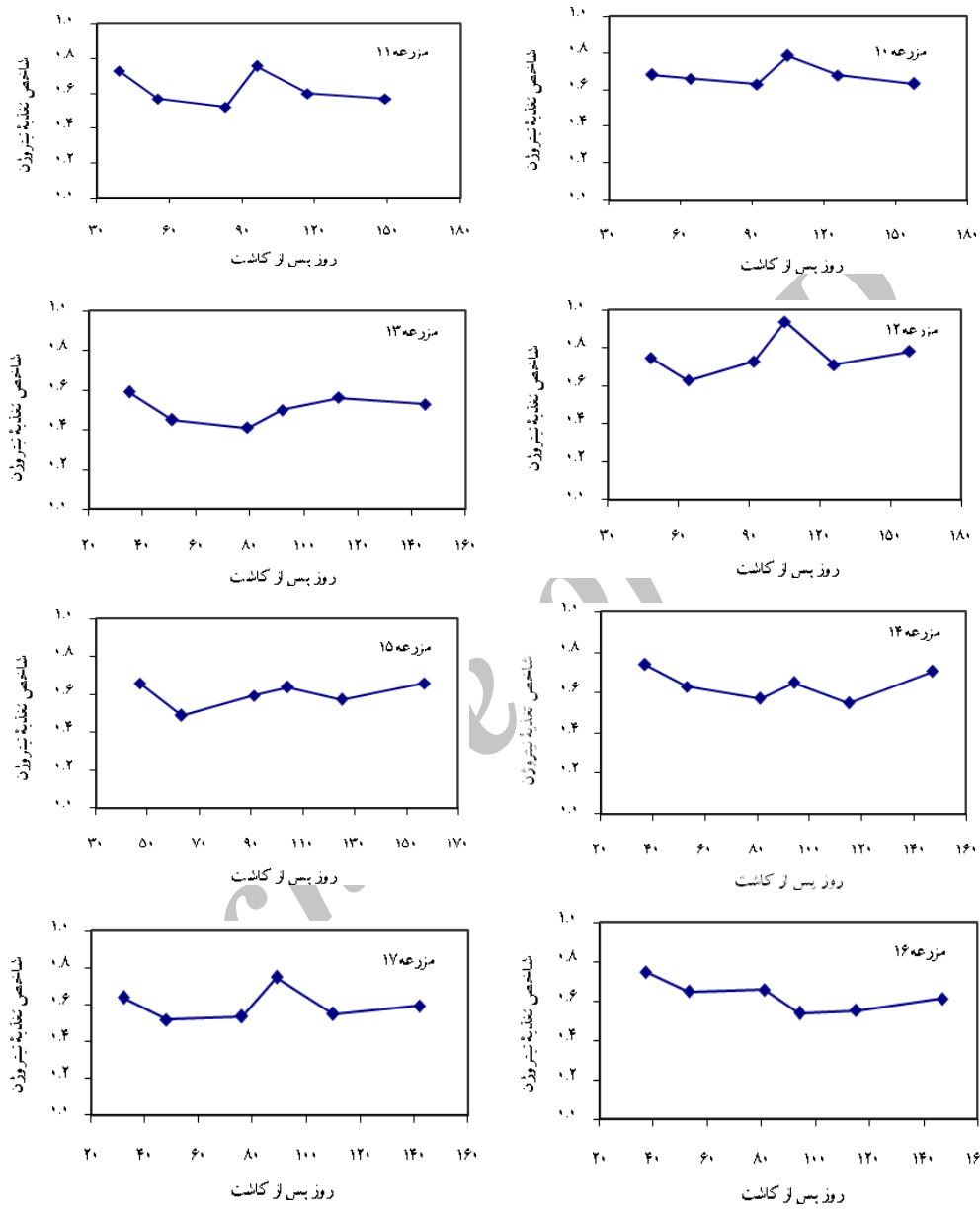
بخشنده (۲۰۱۱) غلظت نیتروژن در برگ‌های سبز گندم را ۳/۵ درصد گزارش کردند. همچنین، مداح یزدی (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای که در گرگان انجام داد غلظت نیتروژن در برگ‌های سبز دو رقم گندم تجن و زاگرس در مرحله پنجه‌زنی را ۳/۷ درصد گزارش کرد که از مقدار به‌دست آمده در این مطالعه بیشتر است اما کمتر از غلظت بحرانی است. البته ایشان غلظت نیتروژن در برگ و نه کل بوته را گزارش کرد ولی چون در این مرحله بخش عمده ماده خشک را برگ‌ها تشکیل می‌دهند انتظار می‌رود غلظت نیتروژن برگ بسیار نزدیک به غلظت کل بوته باشد. از آنجایی که در این دو مرحله غلظت واقعی نیتروژن در بوته به‌طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از غلظت بحرانی بود، NNI (نسبت غلظت واقعی به غلظت بحرانی) در ابتدا و میانه پنجه‌زنی در تمام مزارع با عدد یک که نشانگر وضعیت تغذیه نیتروژنی بهینه است فاصله زیادی داشت (شکل ۱)؛ در مرحله شروع پنجه‌زنی NNI بین ۰/۵۲ و ۰/۸۲ قرار داشت و مقدار میانگین آن ۰/۷۱ بود (جدول ۲). این بیشترین مقدار میانگین NNI در طول فصل رشد بود. در میانه پنجه‌زنی، مقادیر کمینه، بیشینه و میانگین NNI به ترتیب ۰/۳۶، ۰/۸۲ و ۰/۵۹ بود که بیانگر کاهش NNI نسبت به مرحله اول است. کوچک‌تر بودن NNI در مرحله میانه پنجه‌زنی در مقایسه با ابتدای پنجه‌زنی را می‌توان به این ترتیب توجیه کرد که؛ در این مرحله میانگین عملکرد ماده خشک مزارع به میزان ۰/۷۲ تن در هکتار افزایش یافت که نتیجه افزایش در تعداد برگ و پنجه در بوته بود. این مقدار افزایش در عملکرد ماده خشک بدون تردید با رقیق شدن نسبی نیتروژن در گیاه همراه خواهد بود (مقادیر غلظت واقعی این مطلب را تأیید می‌کنند). با این حال، به دلیل اینکه عملکردها در بیشتر نمونه‌ها (۱۴ مزرعه از ۱۶ مزرعه) کمتر یا بسیار نزدیک به ۱/۵۵ تن در هکتار بود، غلظت

بحرانی نیتروژن برای بیشتر مزارع همانند مرحله اول ۴/۴ درصد در نظر گرفته شد. در نتیجه به دلیل ثابت ماندن مخرج کسر و کوچک‌تر شدن صورت آن، NNI در مرحله دوم نسبت به مرحله اول کوچک‌تر شد. البته عوامل دیگری مانند کاهش نیتروژن قابل دسترس گیاه نیز می‌توانند در این اتفاق مؤثر باشند.

در سومین نمونه‌برداری، در تمام مزارع به تقریب تمام بوته‌ها به ساقه رفته بودند و نزدیک به دو گره در ساقه اصلی دیده می‌شد به استثنای مزرعه ۱۷ که در آن ۶۰ درصد از بوته‌ها به ساقه رفته بودند. عملکرد ماده خشک مزارع مورد بررسی و تکرارها در این مرحله بین ۲/۲۵ و ۹/۴۸ تن در هکتار متغیر بود و میانگین عملکرد ماده خشک مزارع مورد مطالعه به ۴/۰۴ تن در هکتار رسید (جدول ۲). نتایج اندازه‌گیری نیتروژن نمونه‌ها کاهش قابل توجهی برابر با یک درصد در غلظت واقعی نیتروژن ماده خشک گیاهی را نشان داد. به طوری که از میانگین ۲/۵۶ درصد مرحله پیشین به ۱/۶۲ درصد کاهش پیدا کرد. مقادیر کمینه و بیشینه غلظت واقعی نیتروژن در ماده خشک گیاهی نیز به ترتیب با ۱/۵ و ۱ درصد کاهش به ۱/۱۰ و ۲/۲۰ درصد کاهش یافت. در مورد غلظت بحرانی نیتروژن نیز کاهش چشمگیری اتفاق افتاد؛ میانگین و کمینه غلظت بحرانی نیتروژن با حدود ۱/۵ درصد کاهش به ترتیب به ۲/۸۸ و ۱/۹۸ درصد و بیشینه غلظت بحرانی نیتروژن با ۰/۷ درصد کاهش به ۳/۷۴ درصد تنزل پیدا کرد (جدول ۲). به طور کلی، نتایج این مطالعه بیانگر کاهش غلظت واقعی و بحرانی نیتروژن با پیشرفت نمو گیاه و افزایش ماده خشک بود، اما بیشترین کاهش نسبت به مرحله پیشین در همین مرحله اتفاق افتاد که گیاه از مرحله پنجه‌زنی گذشته و وارد مرحله طویل شدن ساقه شد. کاهش سهم برگ‌ها (اندامی غنی از N) از کل ماده خشک گیاهی و افزایش سهم ساقه (دارای غلظت بسیار کمتر N نسبت به برگ) به عنوان دلیل عمده کاهش غلظت نیتروژن قابل ذکر است. سلطانی و همکاران (۲۰۰۶) غلظت نیتروژن در برگ‌های سبز جوان نخود را ۵ و در ساقه‌های سبز جوان را ۳ درصد گزارش کردند که بیانگر اختلافی برابر با ۲ درصد بین این برگ و ساقه در مرحله جوانی است. بخشنده (۲۰۱۱) طی مطالعه‌ای با اندازه‌گیری غلظت نیتروژن در اندام‌های گندم، غلظت نیتروژن در برگ‌های سبز را ۳/۵ و در ساقه‌های سبز را ۱/۳ درصد گزارش کردند. لیمایر و گاستال (۱۹۹۷) نیز بر تفاوت قابل توجه غلظت N در بافت‌های متابولیکی مانند پهنک برگ با بافت‌های ساختمانی همچون ساقه تأکید کرده‌اند. از آنجایی که درصد کاهش غلظت واقعی نیتروژن در ماده خشک گیاهی (صورت کسر NNI) در این مرحله نسبت به مرحله پیشین فقط به طور جزئی بیشتر از غلظت بحرانی (مخرج کسر) بود، NNI با ۰/۰۲ کاهش در این مرحله به ۰/۵۷ رسید که بیانگر ادامه وضعیت نامطلوب تغذیه نیتروژنی مزارع گندم می‌باشد.



شکل ۱- شاخص تغذیه نیتروژن در مراحل مختلف نمو در مزارع مورد مطالعه. نقاط از چپ به راست مربوط به مراحل نمونه برداری ۱ تا ۶ می باشند.



ادامه شکل ۱.

چهارمین مرحله از نمونه‌برداری‌ها ۱۴ روز پس از مرحله سوم انجام شد. در زمان نمونه‌برداری، بوته‌ها در مزارع مورد مطالعه به لحاظ نمودی در مرحله گسترش برگ پرچم تا میانه دوره آبستنی قرار داشتند به استثنای مزرعه ۵ که از مرحله آبستنی به تازگی عبور کرده و به ابتدای مرحله ظهور گل آذین رسیده بود. در این دوره ۱۴ روزه میانگین عملکرد ماده خشک در کل مزارع از ۴/۲۷ به ۷/۰۳ تن در هکتار افزایش یافت که بیانگر افزایشی به میزان حدود ۲/۷ تن در هکتار است. عملکرد ماده خشک در مزارع مورد مطالعه و تکرارها بین ۳/۱۹ و ۱۰/۱۷ تن در هکتار متغیر بود (جدول ۲). برخلاف ماده خشک که داده‌ها بیانگر روند افزایشی پرشتاب آن به‌ویژه از مرحله ساقه رفتن به بعد بودند، در مورد غلظت واقعی نیتروژن تغییر محسوس و قابل اعتنایی در این مرحله نسبت به مرحله قبلی اتفاق نیفتاد؛ مقادیر کمینه، بیشینه و میانگین غلظت واقعی نیتروژن در ماده خشک گیاهی در این مرحله به ترتیب ۰/۸، ۲/۲۰ و ۱/۵۶ درصد بود (جدول ۲) که کاهشی برابر با ۰/۳ درصد در کمینه غلظت واقعی نیتروژن نسبت به مرحله پیش را نشان می‌دهد. با این حال، در مورد غلظت بحرانی نیتروژن روند کاهشی که از مرحله ساقه‌رفتن آغاز شده بود با سرعتی کندتر ادامه یافت و میانگین غلظت بحرانی از ۲/۸۸ به ۲/۳۲ درصد کاهش یافت (جدول ۲). عدم تغییر غلظت واقعی نیتروژن در ماده خشک گیاهی و کاهش غلظت بحرانی نیتروژن در این مرحله نسبت به مرحله ساقه‌رفتن موجب شد NNI به میزان ۰/۱۱ بهبود یافته و از ۰/۵۷ به ۰/۶۸ برسد. با این حال، این مقدار NNI نشان‌دهنده وضعیت بهینه تغذیه نیتروژنی نمی‌باشد. شاید بتوان بهبود نسبی NNI در بیشتر مزارع در این مرحله (شکل ۱) را به مصرف کود نیتروژنی سرک در بیشتر مزارع مورد مطالعه در فاصله بین این نمونه‌برداری و نمونه‌برداری قبلی ذکر کرد.

پنجمین مرحله از نمونه‌برداری‌ها به‌طور متوسط ۱۲۴ روز پس از کاشت و ۲۱ روز پس از مرحله چهارم انجام شد. در زمان نمونه‌برداری، بوته‌ها در تمام مزارع مورد مطالعه به لحاظ نمودی مرحله گرده افشانی را پشت سر گذاشته و وارد مرحله آبکی شدن (رسیدگی آبکی) دانه شده بودند به استثنای مزرعه ۵ که از مرحله آبکی شدن دانه به تازگی عبور کرده و در آستانه ورود به مرحله شیرگی شدن دانه قرار داشت. عملکرد ماده خشک در مزارع مورد مطالعه بین ۵/۳۲ و ۱۳/۶۲ تن در هکتار و میانگین عملکرد ماده خشک در کل مزارع ۱۰/۱۰ تن در هکتار بود (جدول ۲) که بیانگر افزایش ماده خشک به میزان حدود ۳ تن در هکتار در این دوره تقریباً ۲۱ روزه است. در این مرحله نسبت به مرحله قبلی، کمینه غلظت واقعی نیتروژن در ماده خشک گیاهی بدون تغییر ماند، و بیشینه و میانگین غلظت واقعی

نیترژن به ترتیب با ۰/۲ و ۰/۴۲ درصد کاهش به ۲/۰۰ و ۱/۱۴ درصد رسیدند. هم‌چنان که انتظار می‌رفت روند کاهشی غلظت بحرانی نیترژن ادامه یافت و میانگین غلظت بحرانی از ۲/۳۲ به ۱/۹۵ درصد کاهش پیدا کرد (جدول ۲). با توجه به این‌که نسبت به مرحله قبلی، درصد کاهش غلظت واقعی نیترژن در ماده خشک گیاهی بیشتر از بحرانی بود، NNI حدود ۰/۰۹ کاهش یافت و از ۰/۶۸ به ۰/۵۹ رسید. شاید بتوان کاهش کمینه غلظت نیترژن تا پیش از این مرحله و ثابت ماندن آن از این مرحله به بعد را به افزایش سهم ساقه از کل ماده خشک به‌عنوان یک ساختار فقیر از نظر نیترژن تا پیش از این مرحله و توقف طولی شدن ساقه از این مرحله (گرده‌افشانی) به بعد نسبت داد.

مرحله ششم نمونه‌برداری از مزارع به‌طور متوسط ۱۵۶ روز پس از کاشت و ۳۲ روز پس از مرحله پنجم انجام شد. در زمان نمونه‌برداری بوته‌ها در تمام مزارع در مرحله رسیدگی برداشت قرار داشتند. در این زمان، عملکرد ماده خشک در مزارع مورد مطالعه و تکرارها بین ۷/۶۳ و ۱۶/۴۶ تن در هکتار متغیر، و میانگین عملکرد ماده خشک در کل مزارع و تکرارها ۱۲/۵۱ تن در هکتار بود (جدول ۲). البته با توجه به این‌که رسیدگی فیزیولوژیک حدود ۱۰ تا ۱۵ روز پیش از رسیدگی برداشت اتفاق افتاده بود و پس از رسیدگی فیزیولوژیک سرعت رشد (افزایش عملکرد ماده خشک) تقریباً صفر می‌شود می‌توان طول این دوره از نظر افزایش عملکرد ماده خشک را ۱۷ تا ۲۲ روز، و نه ۳۲ روز، در نظر گرفت. در این مرحله، کمینه غلظت واقعی نیترژن در ماده خشک گیاهی همچون مرحله قبلی ثابت ماند، بیشینه غلظت واقعی نیترژن با ۰/۴۰ درصد کاهش به ۱/۶۰ درصد رسید. میانگین غلظت واقعی نیترژن نیز تقریباً بدون تغییر ماند. با این حال، مقادیر کمینه، بیشینه و میانگین غلظت بحرانی نیترژن به ترتیب ۱/۴۸، ۲/۱۸ و ۱/۷۷ درصد بود که بیانگر کاهشی حدود ۰/۲ درصد در مقادیر کمینه و میانگین غلظت بحرانی نیترژن و ۰/۴ درصد در مقدار بیشینه غلظت بحرانی نیترژن می‌باشد. این نتایج همچنین اختلاف قابل توجه مقادیر غلظت واقعی (وضعیت موجود) و بحرانی (وضعیت مطلوب) را نشان می‌دهد. به هر حال، با توجه به اینکه نسبت به مرحله قبل میزان کاهش غلظت واقعی نیترژن اندکی کمتر از میزان کاهش غلظت بحرانی بود NNI به‌طور جزئی افزایش یافت و به ۰/۶۱ رسید.

به‌طور کلی، میانگین‌های عملکردهای ماده خشک به‌دست آمده در این مطالعه در مراحل مختلف نمو برای هر یک از مزارع و برای کل مزارع، و همچنین روند افزایش عملکردهای ماده خشک منطقی و با نتایج سایر مطالعات انجام شده در زمینه گندم در گرگان (برای مثال، مداح یزدی، ۲۰۰۶) قابل

مقایسه می‌باشد. با این حال، در هر یک از مراحل نمو بسته به مزرعه تکرار تغییرات زیادی در عملکرد ماده خشک مشاهده گردید (جدول ۲). که این تغییرات بین و درون مزرعه‌ای را می‌توان به عوامل مختلفی شامل عوامل مرتبط با ژتونپ، مدیریت و محیط نسبت داد. از جمله مهم‌ترین این عوامل می‌توان به اختلاف در زمان کاشت مزارع اشاره کرد، بین اولین و آخرین تاریخ کاشت ۲۶ روز فاصله وجود داشت. همچنین، نوع رقم گندم انتخاب شده برای کاشت، کیفیت و مقدار بذر مورد استفاده، روش کاشت، کیفیت بستر، نوع، مقدار، روش و زمان مصرف کودهای شیمیایی، پسماند نیتروژن در خاک در زمان کاشت و سایر ویژگی‌های خاک و بالاخره نوع محصول زراعی پیشین و انجام یا عدم انجام و دفعات آبیاری تکمیلی عوامل مهم دیگری هستند که تغییرات عملکرد ماده خشک در هر یک از مراحل نمو را می‌توان به آنها نسبت داد.

نتایج به دست آمده حاکی از فاصله قابل توجه بین وضعیت موجود مزارع گندم از نظر تغذیه نیتروژنی در تمام طول فصل رشد با وضعیت مطلوب است به طوری که در هیچ یک از شانزده مزرعه مورد مطالعه در هیچ یک از مقاطع فصل رشد، میانگین شاخص تغذیه نیتروژن به حد مطلوب (۱= NNI) نرسید (شکل ۱). بر اساس این نتایج، میانگین غلظت نیتروژن در ماده خشک مزارع مورد بررسی در طول فصل رشد (جدول ۲) به طور متوسط ۲۳ تا ۴۳ درصد کمتر از کمینه غلظت لازم برای دستیابی به بیشینه رشد (غلظت بحرانی) بود.

به طور کلی، این نتایج در مورد شاخص تغذیه نیتروژن در حالی به دست آمدند که روند تغییرات غلظت واقعی نیتروژن در هر یک از مزارع (جدول ۲) نشانگر کاهش منطقی غلظت نیتروژن در ماده خشک گیاهی با گذشت زمان و با افزایش تجمع ماده خشک بود؛ در همه مزارع، مطابق انتظار بیشترین غلظت نیتروژن مربوط به نمونه‌های گیاهی مرحله ابتدای پنجه‌زنی بود. در نمونه‌های مربوط به مرحله دوم (پنجه‌زنی کامل)، غلظت نیتروژن گیاهی نسبت به مرحله اول کاهش داشت اما با توجه به اینکه بوته‌ها هنوز در مرحله پنجه‌زنی بودند و ساختارهای کم- نیتروژن در گیاه تشکیل نشده بودند و بخش عمده ماده خشک را برگ‌ها تشکیل می‌دادند این کاهش چندان قابل توجه نبود. در مقابل، در نمونه‌های مربوط به مرحله بعد (طویل شدن ساقه)، غلظت واقعی نیتروژن به طور محسوسی کمتر بود چون وقتی این نمونه‌برداری انجام شد بوته‌ها به ساقه رفته بودند و ساختار جدیدی در گیاه تشکیل شده بود که غلظت نیتروژن در آن به مراتب از برگ، بافت غنی از نیتروژن، کمتر بود. در مراحل آبستنی و رسیدگی آبکی (مدت معدودی پس از پایان گرده‌افشانی) نیز غلظت نیتروژن در نمونه‌ها کاهش یافت که باز

مطابق انتظار شیب این کاهش کمتر از مرحله پیش بود (سلطانی و همکاران، ۲۰۰۵؛ کالوئین و یو، ۱۹۸۶؛ سلطانی و ترابی، ۲۰۰۹). در مجموع، روند کلی کاهش میانگین غلظت نیتروژن گیاهی در مزارع روندی منطقی به نظر می‌رسد. با این حال، در تمام مزارع مورد مطالعه، میانگین غلظت واقعی نیتروژن گیاه همواره با اختلافی قابل توجه کمتر از غلظت بحرانی (مطلوب) بود (جدول ۲).

شاید بهتر باشد برای روشن شدن علت کوچک بودن شاخص تغذیه نیتروژن و محدود کننده بودن نیتروژن برای دستیابی به رشد و عملکرد مطلوب، مقادیر مصرف نیتروژن کودی در مزارع مورد مطالعه و عملکرد دانه قابل تولید با در نظر گرفتن نیتروژن کودی مصرف شده و نیتروژن موجود در خاک بررسی شود؛ در مزارع مورد مطالعه، ۲۳ تا ۴۳ و به‌طور متوسط ۳۰ کیلوگرم نیتروژن کودی در هکتار به‌صورت پایه (پیش از کاشت)، ۸۱ تا ۱۵۰ و به‌طور متوسط ۱۰۳/۷ کیلوگرم نیتروژن کودی در هکتار به‌صورت سرک و در مجموع ۱۰۴ تا ۱۷۷ و به‌طور متوسط ۱۳۴ کیلوگرم نیتروژن کودی در هکتار به‌صورت پایه و سرک مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۱) که نشانگر تغییرات نسبتاً زیاد مصرف نیتروژن کودی در مزارع می‌باشد. چنانچه به نیتروژن افزوده شده به خاک از طریق مصرف کود، نیتروژن معدنی باقی مانده از زراعت‌های پیشین اضافه شود که به‌طور متوسط حدود ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود، مقدار متوسط کل نیتروژن معدنی خاک به ۱۹۴ کیلوگرم در هکتار می‌رسد. از سوی دیگر، بدون تردید مقداری نیتروژن قابل جذب گیاه نیز از طریق معدنی شدن به خاک افزوده شده است که این مقدار به عوامل مختلف به‌ویژه مقدار ماده آلی و عوامل محیطی بستگی دارد. چنانچه با توجه به میزان ماده آلی در خاک‌های مزارع مورد مطالعه (به‌طور متوسط حدود ۱/۷۵ درصد) مقدار نیتروژن ناشی از معدنی شدن ۵۵ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شود، مجموع نیتروژن معدنی خاک حدود ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار خواهد شد. در مقابل، بخشی از نیتروژن معدنی خاک به شکل‌های مختلف شامل آبشویی، تصعید، و تثبیت توسط کانی‌های رسی از دسترس گیاه خارج می‌شود و یا در نتیجه آلی شدن به‌صورت غیر قابل جذب درآید. نکته قابل توجه دیگر این است که راندمان بازیابی نیتروژن معدنی به نوع گیاه زراعی، روش کاربرد، زمان بندی مصرف، ویژگی‌های خاک و عوامل محیطی به‌ویژه وضعیت رطوبت خاک بستگی دارد و در شرایط مدیریت معمولی حدود ۵۰ درصد است و در بهترین وضعیت ممکن است به ۸۰ درصد برسد (یوان و همکاران، ۱۹۹۶). در مزارع مورد بررسی، کشاورزان بخشی از کود نیتروژنی را به‌صورت پایه و بخش عمده آن را طی دو تا سه نوبت به‌صورت سرک در فاصله پنجه‌زنی تا پیش از گرده افشانی استفاده کرده بودند. کود پایه به‌صورت



پخش با کودپاش‌های سانتریفوژ و اختلاط با خاک به وسیله دیسک و کود سرک به کار رفت که نمی‌توان راندمان بازیابی بالایی را در این شرایط انتظار داشت. حال، اگر با توجه به موارد یاد شده، راندمان بازیابی نیتروژن در مزارع گندم منطقه ۵۰ درصد در نظر گرفته شود کل نیتروژن قابل بازیابی توسط گیاه زراعی حدود ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار خواهد بود. با لحاظ کردن غلظت نیتروژن ۲ درصد برای دانه و ۰/۶۵ درصد برای کاه و کلش، و شاخص برداشت ۴۰ درصد (داده‌ها نشان داده نشده‌اند) برای تولید تولید هر تن دانه حدود ۳۰ کیلوگرم بایستی توسط گیاه زراعی جذب شود. بنابراین، مقدار نیتروژن معدنی برای تولید حدود ۴/۵ تن دانه در هکتار کافی خواهد بود مشروط بر اینکه عامل محدودکننده‌تری وجود نداشته باشد، و این‌که در تعدادی از مزارع مورد مطالعه عملکرد دانه کمتر از این مقدار بوده به دلیل کمتر بودن نیتروژن مصرفی نسبت به میانگین و یا به دلیل وجود عوامل محدودکننده‌تر از نیتروژن برای رشد و عملکرد در مزرعه بوده است. نکته جالب اینکه این نتایج در حالی به دست آمدند که در تمام مزارع، مقدار نیتروژن کودی مصرفی توسط کشاورزان از مقدار توصیه شده به وسیله آزمایشگاه تجزیه خاک بیشتر بود؛ آزمایشگاه تجزیه خاک برای بیشتر مزارع (۱۳ مزرعه از ۱۶ مزرعه) مورد بررسی در این مطالعه مصرف ۱۵۰ کیلوگرم و برای ۲ مزرعه مصرف ۱۷۵ کیلوگرم و برای یک مزرعه ۲۵۰ کیلوگرم کود نیتروژنی از نوع اوره را توصیه کرده بود. به هر حال، این یک حقیقت بسیار مهم را در رابطه با تغذیه نیتروژنی مزارع گندم منطقه بازگو می‌کند و آن اینکه اساساً مقادیر مصرف نیتروژن کودی برای دستیابی به عملکردهای پتانسیل منطقه که توسط عوامل محیطی تعیین می‌شود (حدود ۶/۵ تن در هکتار) کافی نبوده و باید مورد تجدید نظر قرار گیرد. بدیهی است یافتن برنامه و مقادیر مناسب مستلزم انجام مطالعات تکمیلی گسترده است.

### سپاسگزاری

مایلم در اینجا سپاس صمیمانه خود را به همه کسانی تقدیم نمایم که ما را در انجام این پژوهش صمیمانه یاری نمودند؛ کشاورزان عزیزی که از انجام این مطالعه در مزارع شان با روی گشاده استقبال نمودند، آقای مهندس رحمان لاکتراش، کارشناس محترم طرح محوری گندم در مدیریت کشاورزی گرگان، آقای میثم رضایی، خانم عاطفه ضیایی، خانم رضوانه سرخیل و خانم اعظم معتضدیان دانشجویان سابق دانشگاه علوم کشاورزی گرگان و کارشناسان محترم آزمایشگاه تغذیه دام مرکز

تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان و آزمایشگاه اداره کل حفاظت محیط زیست گلستان که بدون کمک آنها انجام این مطالعه ممکن نبود.

### منابع

1. Agren, G.I. 1985a. Theory for growth of plants derived from the nitrogen productivity concept. *Physiol. Plant.* 64:17-28.
2. Agren, G.I. 1985b. Limit to plant production. *J. Theori. Biol.* 113:89-92.
3. Ali Ehyae, M., and Behbahanizadeh, A.A. 1993. Soil Chemical Analysis. Ministry of Agriculture, The Institute of Soil and Water, Publication No 893. (In Persian).
4. Bakhshandeh, E. 2011. Evaluating allometric relationships of wheat cultivars in Golestan province, M.Sc. thesis in Agronomy. Gorgan Univ. Agric. Sci. Natur. Resour. Iran. (In Persian).
5. Caloin, M., and Yu, O. 1986. Relationship between nitrogen dilution and growth kinetics in Graminae. *Agron.* 6:167-174.
6. Devienne-Barret, F., Justes, E., Machet, J.M., and Mary, B., 2000. Integrated control of nitrate uptake by crop growth rate and soil nitrate availability under field conditions. *Ann. Bot.* 86:995-1005.
7. Farruggia, A., Gastal, F., and Scholefield, D., 2004. Assessment of the nitrogen status of grassland. *Grass. For Sci.* 59:113-120.
8. Flenet, F., Guerif, M., Boiffin, J. Dorvillez, D. and Champolivier, L. 2006. The critical N dilution curve for linseed (*Linum usitatissimum* L.) is different from other C3 species. *Eur. J. Agron.* 24:367-373.
9. Gastal, F., and Lemaire, G., 2002. N uptake and distribution in crops: an agronomical and Ecophysiological perspective. *J. Exp. Bot.* 53:789-799.
10. Gislum, R., and Boelt, B. 2009. Validity of accessible critical nitrogen dilution curves in perennial ryegrass for seed production. *Field Crops Res.* 111:152-156.
11. Greenwood, D.J., Lemaire, G. Gosse, G., and Cruz, P. 1990. Decline in percentage N of C<sub>3</sub> and C<sub>4</sub> crops with increasing plant mass. *Ann. Bot.* 66: 425-436.
12. Justes, E., Jeuffroy, M.H., and Mary, B. 1997. The nitrogen requirement for major agricultural crops: wheat, barley and durum wheat. pp. 73-91. In: Lemaire, G., Editor, *Diagnosis on the Nitrogen Status in Crops*. Springer-Verlag, Heidelberg.
13. Justes, E., Mary, B., Meynard, J.M., Machet, J.M., and Thelier-Huches, L. 1994. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. *Ann. Bot.* 74:397-407.
14. Lemaire, G., Avice, J.C., Kim, T.H., and Ourry, A. 2005. Developmental changes in shoot N dynamics of lucerne (*Medicago sativa* L.) in relation to leaf growth dynamics as a function of plant density and hierarchical position within the canopy. *J. Exp. Bot.* 56:935-943.

15. Lemaire, G., and Gastal, F. 1997. N uptake and distribution in plant canopies. *In: Lemaire, G. (Ed.), Diagnosis of the Nitrogen Status in Crops.* Springer-Verlag Publishers, Heidelberg, pp. 3–43.
16. Lemaire, G., Gastal, F. and Sallette, J. 1989. Analysis of the effect of N nutrition on dry matter yield of a sward by reference to potential yield and optimum N content. *Proceedings XVI International Grassland Congress, Nice, France, 179-180.*
17. Lemaire, G., Jeuffroy, M.H., and Gastal, F. 2008. Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage; Theory and practices for crop N management. *Europ. J. Agron.* 28:614-524.
18. Lemaire, G., Khaity, M., Onillon, B., Allirand, J.M., Chartier, M., and Gosse, G. 1992. Dynamics of accumulation and partitioning of N leaves stems and roots of lucerne in a dense canopy. *Ann. Bot.* 70: 429–435.
19. Lemaire, G., and Meynard, J.M. 1997. Use of the Nitrogen Nutrition Index for analysis of agronomical data. pp. 45–55. *In: Lemaire, G. (Ed.), Diagnosis on the Nitrogen Status in Crops, Heidelberg, Springer-Verlag.*
20. Lemaire, G., Onillon, B., Gosse, G., Chartier, M., and Allirand, J.M. 1991. Nitrogen distribution within a lucerne canopy during regrowth: relation with light distribution. *Ann. Bot.* 68: 483-488.
21. Maddah Yazdi, V. 2006. The comparative physiology of growth, development and yield formation of wheat and chickpea. M.Sc. thesis in Agronomy. Gorgan Univ. Agric. Sci. Natur. Resour. Iran. (In Persian).
22. Puckridge, D.W., and Donald, C.M. 1967. Competition amongst wheat plants sown at a wide range of densities. *Aust. J. Agric. Res.* 18:193-221.
23. Sallette, J. 1982. The role of fertilizers in improving herbage quality and optimization of its utilization. *In: Proceeding of the 12<sup>th</sup> Congress of the International Potash Institute. Bern, Switzerland: 117-144.*
24. Saseendran, S., Nielsen, D.C. Ma, L. Ahuja, L.R. and Halvorson, A.D. 2004. Modeling nitrogen management effects on winter wheat production using RZWQM and CERES-wheat. *Agron. J.* 96: 615-630.
25. Soltani, A., and Torabi, B. 2009. Mathematical Modeling in Field Crop. Jihad Daneshgahi Mashhad Press. (In Persian).
26. Soltani, A., Robertson, M.J. and Mancshadi, A.M. 2006. Modeling chickpea growth and development: Nitrogen accumulation and use. *Field Crops Res.* 99: 24-34.
27. Soltani, A., Zeinal, E., Galeshi, S. and Latifi, N. 2005. The determining parameters of accumulation and distribution of nitrogen in chickpea. *Research Report. Vice presidency of Research and Technology, Gorgan Univ. Agric. Sci. Natur. Resour., Gorgan, Iran. (In Persian).*
28. Ziadi, N., Brassard, M., Belanger, G., Cambouris, A.N., Tremblay, N., Nolin, M.C., Claessens, A., and Parent, L.E. 2008. Critical nitrogen curve and nitrogen nutrition index for corn in eastern Canada. *Agron. J.* 100: 271-276.



## Evaluating Nitrogen Nutrition Index of Wheat (*Triticum aestivum* L.) Fields in Gorgan

E. Zeinali<sup>1</sup>, A. Soltani<sup>2</sup>, S. Galeshi<sup>2</sup> and S.A. Movahedi Naeeni<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Assistant Prof., <sup>2</sup> Professors and <sup>3</sup> Associate Prof., Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

### Abstract

There is no report on the nitrogen nutrition status of wheat fields using nitrogen nutrition index (the ratio of the total actual N to critical N concentration at any time course of the crop growth period) method in Iran. Hence, this study was carried out to evaluate the N nutrition status of 16 selected wheat fields in Gorgan during 2006-2007 growing season. Plant sampling were conducted in six growth stages during wheat growing season to determine dry matter yields, actual N concentration, critical N concentration and NNI. Soil samples were provided from 0 to 30 and 30 to 60 soil layers to determine some of physical and chemical characteristics, and NO<sup>3</sup>-N and NH<sup>4</sup>-N at the early season. Based on the obtained results, dry matter yields of fields were varied from 0.38 ton ha<sup>-1</sup> at the beginning tillering to 12.51 ton ha<sup>-1</sup> at the harvesting maturity. The mean of N concentrations (%) in plant dry matter were 3.09 at beginning tillering, 2.60 at complete tillering, 1.62 at stem elongation, 1.56 at boot stage, 1.14 at the beginning watery ripe stage and 1.08 at harvesting maturity. These results indicate that the most reduction in N concentration occurred in stem elongation stage, and that N concentration in plant dry matter decreased as plants developed. Actual N concentrations in dry matter were substantially less than critical N concentrations at all development stages; The means of critical N concentrations at above mentioned development stages were 4.38, 4.33, 2.88, 2.32, 1.95 and 1.72, respectively. Then, the means NNI for 16 wheat fields were very lower than optimum (NNI=1) at all development stages; 0.71 at beginning tillering, 0.59 at complete tillering, 0.57 at stem elongation, 0.68 at boot stage, 0.59 at the beginning watery ripe stage and 0.61 at harvesting maturity. Based on these findings, N nutrition status in studied wheat fields was unsuitable through growing season, and that N can be considered as one of the limiting factors for wheat growth and yield in these fields. Finally, the obtained results indicated that achieving potential yield of this region using current N management is impossible.

**Keywords:** Wheat; Nitrogen Nutrition Index; Critical N Concentration; Dry Matter Yield

---

\*Corresponding author; Email: e.zeinali@yahoo.com