تأثیر مقدار و زمان مصرف نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی بادام رقم مامائی (*Prunus dulcis Mill.*)"Mamaei"

محمود محمدی[1]

استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال و بختیاری؛ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شهرکرد، ایران؛
m.mohamadi@areeo.ac.ir

دریافت: **95/2/27** و پذیرش: **95/12/2**

چکیده

به منظور بررسی تأثیر میزان و زمان مصرف نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی بادام، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به مدت سه سال بر روی درختان بادام رقم مامایی (*Prunus dulcis*) انجام شد. فاکتورهای این آزمایش شامل نیتروژن در چهار سطح (N_1= 150، N_2=300، N_3= 450 و N_4=600 گرم نیتروژن خالص از منبع نیترات آمونیم برای هر درخت) و زمان‌های مختلف مصرف: T_1: مصرف یک‌مرتبه، T_2: مصرف در دو قسط، T_3 : مصرف در سه قسط و T_4: مصرف در چهار قسط بود. نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال بر وزن 100 عدد میوه، قطر تنه درخت، درصد تشکیل اولیه و نهایی میوه و عملکرد درخت تفاوت معنی‌دار ایجاد نمود. اثر مقدار مصرف نیتروژن بر صفات مورد مطالعه معنی‌دار شد. بیشترین میزان وزن 100 عدد میوه، عملکرد درخت، وزن 100 عدد مغز، درصد تشکیل اولیه و نهایی میوه و درصد پروتئین برای هر درخت به ترتیب به مقدار 403/6 گرم، 3/78 کیلوگرم، 120/5 گرم، 34، 23 و 20/7 درصد از تیمار N_3 حاصل شد. حداکثر طول شاخه، قطر شاخه و قطر درخت به‌ترتیب به میزان 31/5، 0/92 و 7/8 میلیمتر از تیمار N_4 حاصل شد. زمان‌های مختلف مصرف باعث تفاوت معنی‌دار در در صفات مورد مطالعه شد. حداکثر صفات مطالعه شده از تیمار T_3 حاصل شد. اثر متقابل میزان در زمان مصرف نیتروژن بر وزن 100 عدد میوه، وزن 100 عدد مغز، قطر تنه درخت و درصد پروتئین مغز معنی‌دار شد. بیشترین مقادیر این صفات از تیمار N_3T_3 حاصل شد. با توجه به نتایج این آزمایش، تیمار N_3T_3 برای افزایش عملکرد کمی و کیفی بادام در مناطق بادام‌کاری استان چهارمحال و بختیاری و مناطق با شرایط خاک و اقلیم مشابه پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: درصد تشکیل میوه، پروتئین و عملکرد

[1]. نویسنده مسؤل، آدرس: شهرکرد، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، صندوق پستی: 415

مقدمه

نیتروژن از عناصر غذایی ضروری و از عناصر محدود کننده رشد و تولید می‌باشد. مقدار و زمان مناسب مصرف نیتروژن از فاکتورهای مؤثر در مدیریت مصرف نیتروژن می‌باشند. بر خلاف گیاهان یک‌ساله، تأمین نیتروژن در بادام وابسته به دو بخش عمده درون‌زاد[1] و برون‌زاد[2] می‌باشد (بی و همکاران، 2004؛ میلارد و گرلت، 2010). بخش درون‌زاد بخشی از نیتروژن مورد نیاز درخت می‌باشد که در اندام‌های دایمی درخت مانند چوب، تنه، پوست و ریشه ذخیره شده است و در موقع نیاز درخت بازجذب می‌شوند و بخش برون‌زاد بخشی که در طول فصل رشد جذب درخت می‌شود (بی و همکاران، 2004؛ کوک و ویه، 2005؛ میلارد و گرلت، 2010). در اوایل بهار زمانی که جذب خاکی نیتروژن به‌واسطه فاکتورهای محیطی و فاکتورهای محدود کننده رشد ریشه محدود است، بخش ذخیره‌ای نقش اساسی در تغذیه درخت ایفا می‌کند (باسیلی و همکاران، 2007؛ نتو و همکاران، 2008؛ میلارد و گرلت، 2010). با پیشرفت و گذشت فصل رشد جذب خاکی نیتروژن نقش مهمی در تأمین نیاز تغذیه‌ای درخت ایفا می‌کند (بی و همکاران، 2004؛ نتو و همکاران، 2008؛ میلارد و گرلت، 2010). تحقیقات وینبام و همکاران (1984) نشان داد، درصد تخلیه سالیانه نیتروژن[3] در درختان بادام رقم Nonpariel، 50 درصد می‌باشد. بررسی‌های زهو و همکاران (2007) نشان می‌دهد ذخیره نیتروژن قبل از برداشت میوه به افزایش منابع ذخیره نیتروژن و انتقال آن به اندام‌های رویشی در فصل رویشی جدید کمک می‌کند.

همچنین نیتروژن نشاندار ذخیره شده در ریشه‌ها و تنه درخت در فصل بهار برای حفظ رشد جدید در مرحله تمام گل مورد استفاده قرار می‌گیرند. در تحقیقات محمد و همکاران (2015) جذب نیتروژن در فصل خواب و انتقال آن به شاخه‌های بادام گزارش شده است. نمودار رشد ریشه، الگوی رشد درخت و میوه بادام نشان می‌دهد، زمان‌های خاصی وجود دارد که مصرف نیتروژن در آنها از کارآیی بالاتری برخوردار می‌باشد (دول، 2014). بررسی‌های بی و همکاران (2004) نشان می‌دهد مصرف نیتروژن در فصل بهار باعث بهبود رشد و توسعه گیاه می‌شود.

همچنین نیلسون و همکاران (2001) گزارش نمودند کوددهی آغازین در ابتدای فصل بهار منجربه افزایش مقدار گل‌ها، برگ‌های اسپوری و رشد سرشاخه‌ها در سال گلدهی می‌شود. بیشترین تأثیر نیتروژن روی رشد رویشی، تولید میوه و میزان پروتئین می‌باشد (مارشنر 2012؛ زاراتاوالدس و همکاران، 2015). بادام نیاز بالایی به نیتروژن دارد و با برداشت 1000 کیلوگرم مغز 75-50 کیلوگرم نیتروژن برداشت می‌شود که در برآورد کل جذب نیتروژن، بایستی مقدار جذب از طریق برگ‌ها، شاخه‌ها، ریشه و تنه درخت را به برداشت از طریق مغز اضافه نمود (محمد و همکاران، 2015). نتایج پژوهش مایک و کستر (1997) درخصوص نیاز تغذیه‌ای درخت بادام نشان می‌دهد، یک هکتار باغ بادام با عملکرد بالا، 110 کیلو گرم یا بیشتر نیتروژن خالص به صورت محصول (مغز، پوسته سخت و پوسته سبز) و رشد رویشی (برگ و اندام هوایی) از خاک خارج می‌کند. مرجانی و رهنمون (1378) گزارش نمودند مصرف 600 گرم کود نیتروژنه در دو قسط (نیمی در اسفند و نیم دیگر 45 روز بعد در اواخر اردیبهشت ماه) منجربه حداکثر عملکرد و رشد سر شاخه‌های درختان بادام رقم آذر شد. میر و همکاران (1997) گزارش نمودند برای بدست آوردن عملکرد مطلوب در بادام، سالیانه نیاز به مصرف 280-225 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص است. زاراتاوالدس و همکاران (2015) گزارش نمودند بیشترین عملکرد مغز، تعداد میوه، شاخص سطح برگ و غلظت عناصر غذایی از مصرف 300 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص در هکتار بدست آمد.

اسپارزا و همکاران (2001) مصرف 2/5 کیلوگرم نیتروژن برای هر درخت را گزارش نمودند. محمد و همکاران (2015) حداکثر عملکرد بادام را از مصرف 466 گرم نیتروژن خالص به صورت تقسیطی در زمان‌های مختلف شامل 20 درصد در نیمه فوریه، 30 درصد ابتدای آوریل، 30 درصد نیمه ژوئن و 20 درصد در سپتامبر بعد از برداشت محصول برای هر درخت گزارش نمودند. همچنین مصرف بیش از اندازه نیتروژن تا 600 گرم نیتروژن خالص باعث افزایش رشد رویشی می شود. مغز بادام دارای پروتئین بالائی می‌باشد و با افزایش نیتروژن میزان پروتئین مغز افزایش می‌یابد (دلین، 2004). از نقش‌های دیگر نیتروژن شرکت در تشکیل گل و میوه بادام می‌باشد (ویتزل و همکاران، 2005). یکی از تئوری‌های که در این مورد بکارگرفته می‌شود، رشد زیاد درختان دراویل میوه دهی می‌باشد. عدم تعادل بین میزان نیتروژن و کربوهیدراتها سبب ریزش گل‌ها می‌گردد. در این حالت گل‌هایی که روی درختان پر رشد قرار دارند در اثر کمبود کربوهیدرات قادر به تشکیل میوه نمی‌باشند (هیرما و همکاران، 2008). محمد و همکاران (2015)

---

1. *Endogenous Pool*
2. *Exogenous Pool*
3. Percent annual deplation

گزارش نمودند کمبود نیتروژن طی دوره گلدهی سبب تشدید ریزش گل‌ها شده و به شدت بر تولید محصول تأثیر می‌گذارد. همچنین افزایش نیتروژن در جوانه‌های گل قابلیت زنده ماندن تخمک، طول دوره گرده‌افشانی مؤثر و درصد تشکیل میوه را بالا می‌برد. کلرگیو و همکاران (2005) گزارش نمودند قدرت زنده‌مانی تخمک‌های درختان رشد کرده در خاک‌های غنی از نیتروژن بیشتر می‌باشد. پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد غلظت بالای نیتروژن در جوانه‌های گل منجر به تشکیل کیسه جنینی قویتری شده، عمر تخمک و زمان گرده‌افشانی مؤثر را افزایش می‌دهد. همچنین نیتروژن منجر به افزایش سطح برگ و درشت‌تر شدن میوه‌ها شده و همچنین سبب تأمین هیدرات‌کربن لازم برای رشد جوانه‌های تازه تشکیل یافته و نیز تأمین پروتئین مورد نیاز دانه گرده جهت حرکت در طول لوله گرده ورسیدن به تخمک و انجام لقاح می‌شود (ویتزل و همکاران، 2005؛ آتاسی و همکاران، 2013؛ محمد و همکاران، 2015). با افزایش جذب نیتروژن مقدار کلروفیل برگی افزایش پیدا می‌کند و منجر به جذب نور و فتوسنتز بیشتر در گیاه می‌شود (مارشنر و همکاران، 2012؛ آتاسی و همکاران، 2013). با افزایش نیتروژن سطوح پلی‌آمین در گیاه افزایش پیدا نموده که این پلی‌آمین‌ها در تقسیم سلولی و تغییرات مورفولوژیکی از قبیل دانه گرده و طویل شدن لوله گرده مؤثر می‌باشند (ویتزل و همکاران، 2005).

در برنامه کوددهی بادام برآورد مقدار عناصر غذایی ذخیره شده، مقدار باز جذب و انتقال مجدد آنها مهم می‌باشد. لذا در مدیریت مصرف نیتروژن، باید مقدار قابل توجهی نیتروژن برای حمایت از گل‌ها در ابتدای فصل رشد، کاهش رقابت شکوفه‌ها و توسعه میوه تدارک دید. از این رو با توجه به الگوی رشد میوه و نمودار رشد ریشه بادام مصرف کود نیتروژنی باید منطبق با نیاز نیتروژنی، مراحل رشد رویشی، فعالیت ریشه، میزان پائین جذب در ابتدای فصل، عملکرد مورد انتظار و تجمع مواد غذایی در اندام‌های دایمی و برگ‌ها و بصورت تقسیطی باشد. درختان بادام در خاک‌هایی با بافت لومی یکدست و با عمق زیاد بیشترین محصول را تولید می‌کنند. این خاک ها ترکیبی بهینه از نفوذپذیری همراه با حفظ آب و تهویه را دارا هستند. (مایک ، 1996). استان چهارمحال و بختیاری با سطحی معادل 16412 هکتار یکی از مراکز عمده تولید بادام در کشور می‌باشد (آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی، 1394). بررسی‌های به‌عمل آمده در باغ‌های استان نشان می‌دهد خاک اکثر باغ‌های بادام آهکی با بافت نسبتاً سبک و فقیراز مواد آلی می‌باشند. همچنین، مصرف کودهای دامی در آنها به میزان کافی نبوده، به‌طوری‌که کمبود نیتروژن در اغلب آنها مشهود می‌باشد (کیانی و همکاران، 1382و مرشدی و همکاران، 1378). باتوجه به نیاز بالای بادام به نیتروژن، دمای پایین و غیر فعال بودن ریشه در اوایل فصل و شستشو و از دست رفتن نیتروژن باقیمانده در خاک، می‌توان با مدیریت دقیق و صحیح مصرف نیتروژن کود را در مرحله‌ای که درخت دارای یک مجموعه ریشه فعال برای جذب است در اختیار آن گذاشت. این کار علاوه بر کاهش مصرف کود، از آلوده-شدن محیط زیست جلوگیری نموده و بر عملکرد کمی وکیفی محصول و درآمد باغداران می‌افزاید. لذا این پژوهش با هدف مدیریت مصرف نیتروژن در بادام در زمان و مقدار مناسب، جهت افزایش عملکرد کمی و کیفی بادام انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی با چهار سطح مصرف کود نیتروژنی و چهار زمان مختلف مصرف، در سه تکرار به مدت سه سال (1393-1390) بر روی درختان بادام رقم مامائی پیوند شده روی پایه‌های بذری بادام تلخ (10 ساله) در بادامستان خیریه امامیه شهرستان سامان با 1970 متر ارتفاع از سطح دریا، میانگین بارندگی سالیانه 303 میلی-متر، میانگین تبخیر سالیانه 2575 میلی‌متر و مختصات جغرافیایی 32 درجه و32 دقیقه عرض شمالی و 50 درجه و 57 دقیقه طول شرقی انجام شد. فاکتورهای این آزمایش عبارت بودند از فاکتور اول مقدار مصرف نیتروژن شامل (N_1= 150، N_2=300 ، N_3= 450 وN_4=600 گرم نیتروژن خالص) از منبع نیترات آمونیم حاوی 34 درصد نیتروژن برای هر درخت و فاکتور دوم زمان مصرف نیتروژن شامل: T_1: پخش سطحی و مصرف یک‌مرتبه کود نیتروژنه در آغاز فصل رشد رویشی، T_2: مصرف تقسیطی نیتروژن در دو قسط (50 درصد کل کود مصرفی در آغاز رشد رویشی و 50 درصد کل کود مصرفی 15 روز بعد از اتمام گل در مرحلهٔ فندقی شدن)، T_3: مصرف تقسیطی نیتروژن در سه قسط (40 درصد کل کود مصرفی همزمان با آغاز رشد رویشی درخت ،40 درصد 15 روز بعد از اتمام گل و 20 درصد30 روز قبل از برداشت محصول) و T_4: مصرف تقسیطی نیتروژن در چهار قسط: (40 درصد کل کود مصرفی در آغاز رشد رویشی + 20 درصد 15 روز بعد از اتمام گل + 20 درصد 45 روز بعد از اتمام گل+ 20 درصد 30 روز قبل از برداشت محصول). تغذیه ترکیبی نیتروژن با آمونیم و نیترات به مصرف تکی آنها برتری دارد (مارشنر، 2012). نیترات آمونیم منبع آماده و

به سهولت قابل جذب برای درختان میوه می‌باشد و از قابلیت حل بالایی در آب برخوردار است و دارای هر دو نوع یون قابل جذب نیترات و آمونیم می‌باشد. (ملکوتی، 1384). انتخاب سطوح و مقادیر مختلف مصرف نیتروژن بر مبنای الگوی رشد میوه، نمودار رشد ریشه، نیاز نیتروژنی، میزان جذب نیتروژن، مراحل رشد رویشی، فعالیت ریشه، جذب کم نیتروژن در ابتدای فصل رشد، عملکرد مورد انتظار، تجمع مواد غذایی در برگ‌ها، اندامهای دایمی و ذخیره‌ای و نتایج تحقیقات داخلی و خارجی از قبیل نتایج تحقیقات مرجانی و رهنمون (1378)، کیانی و همکاران (1382)، وینبام و همکاران (1984)، مایک و کستر (1997)، میر و همکاران (1997)، اسپارزا و همکاران (2001)، محمد و همکاران (2015)، بی و همکاران (2004)، نیلسون و همکاران (2001)، زاراتاوالدس و همکاران (2015) می‌باشد. در هر پلات آزمایشی تعداد 2 اصله درخت در دو ردیف در نظر گرفته شد که در مجموع 96 درخت در 6 ردیف 6 × 5 متری انتخاب شد. تعداد دو درخت در هر تکرار به‌عنوان یک تیمار و دو ردیف 16 درختی یعنی 32 درخت به‌عنوان یک یلوک در نظر گرفته شد. زمان‌های مصرف نیتروژن همزمان با آغاز رشد رویشی در دهه آخر اسفندماه قبل از بارندگی‌های بهاره، 15 روز بعد از اتمام گل در دهۀ آخر فروردین ماه، 45 روز بعد از اتمام گل دردهۀ آخر اردیبهشت یک ماه قبل از برداشت محصول در دهۀ اول مرداد و بلافاصله بعد از برداشت محصول در نیمه اول شهریورماه بود. زمان تمام گل به طور متوسط برای رقم مامایی در شرایط منطقه اجرای آزمایش، حدود پنجم تا هشتم فروردین ماه است. قبل از اجرای طرح نمونه برداری مرکب خاک از اعماق 30-0 و 60-30 سانتیمتری جهت تعیین برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و وضعیت عناصر غذایی انجام گرفت (امامی، 1375) (جدول شماره 1). آبیاری درختان با استفاده از روش آبیاری قطره ای با تعداد سه عدد قطره چکان با دبی 4 لیتر در ساعت برای هر درخت انجام شد. با توجه به عمق ریشه‌های فعال بادام که به‌طور معمول در عمق 90-40 سانتی‌متری از سطح زمین می‌باشند و با گذشت زمان و با گسترش ریشه در خاک‌های عمیق و با بافت خاک مناسب عمق توسعه ریشه‌های فعال افزایش پیدا می‌کند (برون، 2012)، تعداد سه چاله در ابتدای، یک سوم قسمت انتهایی سایه‌انداز هر درخت با قطر 50 و عمق حداقل 50 سانتیمتر در محل زیر قطره‌چکانها حفر گردید.

جدول 1- نتایج تجزیه‌های آزمایشگاهی خاک محل اجرای آزمایش

عمق	واکنش گل اشباع	قابلیت هدایت الکتریکی	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	منگنز	مس	بور	نیتروژن	کربن آلی	مواد خنثی شونده	کلاس بافت
cm	pH	$dS\ m^{-1}$	$mg\ kg^{-1}$									%	
0-30	7/80	0/85	13	235	2	2/36	3/56	0/38	0/48	0/076	0/54	17/50	Sandy Loam
31-60	7/71	0/81	10	210	1/90	1/29	5/20	0/35	0/82	0/055	0/36	16/25	Sandy Loam

مصرف عناصر غذایی مطابق توصیه‌های مؤسسه تحقیقات خاک وآب کشور (ملکوتی و غیبی، 1376). نیاز غذایی درخت و نتایج آزمون خاک انجام شد. فسفراز منبع سوپر فسفات تریپل به‌میزان 230 گرم، پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم به میزان 2 کیلوگرم، آهن از منبع سکوسترین آهن به میزان 150 گرم، روی، منگنز و مس از منبع سولفاته آنها به میزان 300، 500 و 200 گرم، بر از منبع اسید بوریک به میزان 300 گرم و 2 کیلوگرم گوگرد ازمنبع گوگرد پودری جهت کاهش موضعی pH خاک و رفع نیاز تغذیه‌ای درخت همراه با مواد آلی ازمنبع کود حیوانی پوسیده شده به میزان 20 کیلوگرم برای هر درخت پس از مخلوط نمودن در چاله‌ها اقدام شد. در طول فصل رشد مراقبت‌های لازم به‌عمل آمد و در پایان، محصول برداشت و نسبت به تعیین عملکرد کمی و خصوصیات کیفی میوه بادام شامل وزن میوه، وزن 100 عدد میوه و 100 عدد مغز اقدام شد. همچنین درصد تشکیل میوه، درصد پروتئین دانه، رشد قطری و طولی شاخه در طول فصل رشد جاری با استفاده از متر و رشد قطری درخت با استفاده از کولیس از ارتفاع 40 سانتیمتری بالای سطح زمین اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری درصد تشکیل میوه بر روی هر درخت چهار شاخه سالم در چهار جهت مختلف جغرافیایی به طول نیم متر و قطر 2/5-2 سانتیمتر انتخاب و در مرحله صورتی شدن و تورم جوانه ها تعداد

جوانه‌های گل قبل از مرحله باز شدن[1] و در فواصل زمانی 30 و 90 روز پس از مرحله تمام گل تعداد میوه‌ها بر روی شاخه‌های فوق شمارش و در نهایت شمارش میوه در مراحل 30 و 90 روز بعد از تمام گل به‌ترتیب به‌عنوان درصد تشکیل اولیه و نهایی میوه با استفاده از فرمول

درصد تشکیل میوه = تعداد میوه / تعداد جوانه‌های گل

منظور شد (مایک و کستر، 1997). پس از آماده سازی وآسیاب نمودن مغز، درصد پروتئین با اندازه‌گیری درصد نیتروژن موجود در مغز با استفاده از روش هضم تر و دستگاه کجلدال اندازه‌گیری و حاصلضرب آن در ضریب (5/7) محاسبه شد (هورویتز، 2002). در زمان برداشت، محصول هر پلات آزمایشی (2 درخت) جداگانه برداشت و پوست سبز[1] از میوه‌ها جدا شد. سپس میوه‌ها برای 3 الی 4 روز در فضای آزاد پهن گردیدند تا خشک شوند و نمونه خشک شده وزن گردید و نهایتاً عملکرد بر حسب کیلوگرم در هر درخت محاسبه شد. به منظور تعیین درصد مغز نیز تعداد 100 عدد میوه از میوه هایی که برداشت و خشک شده بودند انتخاب و وزن شدند. سپس مغز آنها را جدا نموده و توزین شدند. نهایتاً درصد مغز میوه در کلیه تیمارها محاسبه گردید. در نیمه اول تیر ماه نمونه برگی از 100 تعداد عدد برگ (برگ و دمبرگ) بالغ بادام شاخه های فصل رشد جاری درخت جهت اندازه گیری عناصر غذایی اندام هوایی برداشت شد (امامی، 1375). نتایج بدست آمده از پارامترهای اندازه‌گیری شده به‌وسیله نرم‌افزار آماری SAS و مقایسه میانگین ها با روش آزمون چند دامنه ای دانکن مورد تجزیه گرفت.

نتایج و بحث

اثر سال بر وزن 100 عدد میوه، قطر تنه درخت و درصد تشکیل اولیه میوه در سطح پنج درصد ($P\leq 0/05$) و بر عملکرد درخت و درصد تشکیل نهایی میوه در سطح یک درصد ($P\leq 0/01$) معنی‌دار شد و بر دیگر صفات مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول 2). بیشترین میزان وزن 100 عدد میوه، عملکرد درخت، افزایش طول شاخه و درصد تشکیل اولیه و نهایی میوه به ترتیب به میزان 380/6 گرم، 3/59 کیلوگرم، 28 میلیمتر، 30/5 و 20/9 درصد از سال اول آزمایش حاصل شد (جدول 3). از دلایل افزایش عملکرد در سال اول به دلیل وضعیت آب و هوایی مناسب‌تر و توزیع بارندگی‌های مناسب در بهار این سال می‌باشد. همچنین عملکرد بالا در سال اول منجربه کاهش برگ‌های اسپوری بارده در سال بعد می‌شود که نتیجه آن سال آوری نسبی[2] در بادام می‌باشد (هرما و همکاران، 2008؛ تامبسی و همکاران، 2011). حداکثر وزن100 عدد مغز و درصد پروتئین به‌ترتیب به میزان 115/45گرم و19/7 درصد از سال سوم آزمایش بدست آمد (جدول 3). گسترده‌تر و عمیق‌تر شدن سیستم ریشه‌ای در طول زمان اجرای آزمایش و جذب آب و مواد غذایی بهتر از پروفیل رطوبتی خاک از دلایل افزایش قطر تنه و شاخه در سال سوم آزمایش می‌باشد. اعمال سیستم چالکود و مصرف بهینه دیگر مواد غذایی منجربه گسترش و قویتر شدن ریشه شد. هر چه ریشه گسترش آن در خاک بیشتر باشد، جذب آب و عناصر غذایی افزایش می‌یابد. مقاومت گیاه در برابر کم آبی یکی دیگر از اثرات مفید سیستم ریشه ای قوی و گسترده تر است. سیستم ریشه‌ای گسترده‌تر باعث افزایش توان تولید درخت می گردد. این موضوع در گونه های درختی دیگر نیز گزارش گردیده است (اسمیت و همکاران، 2004؛ مایک و کستر، 1997؛ مرجانی و رهنمون، 1378).

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر مقدار مصرف نیتروژن بر صفات مورد مطالعه در سطح یک درصد ($P\leq 0/01$) و بر افزایش قطر شاخه در سطح پنج درصد ($P\leq 0/05$) معنی‌دار شد (جدول 2). بیشترین میزان وزن 100 عدد میوه، عملکرد درخت، وزن 100 عدد مغز، درصد تشکیل اولیه و نهایی میوه به ترتیب به مقدار 403/6 گرم، 3/78 کیلوگرم، 120/5 گرم، 34 و 23 درصد از تیمار N_3 حاصل شد. درصد افزایش وزن 100 عدد میوه، عملکرد درخت، وزن 100 عدد مغز، درصد تشکیل اولیه و نهایی میوه و درصد پروتین در تیمار N_3 نسبت به تیمار N_1 به‌ترتیب به میزان 18، 26، 11/5، 30، 31 و 22 درصد شد. با افزایش میزان نیتروژن تا تیمار N_3 به‌طور معمول رشد درخت و وزن 100 عدد مغز افزایش پیدا نمود. حداکثر طول شاخه، قطر شاخه و قطر درخت به‌ترتیب به میزان 31/5، 0/92 و 7/8 میلیمتر از تیمار N_4 حاصل شد که با تیمار N_3 به‌جز قطر شاخه تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند. درصد افزایش طول شاخه، قطر شاخه و قطر درخت در تیمار N_4 نسبت به تیمار N_1 به ترتیب به میزان 38، 19/5و 10 درصد شد (جدول 3). بیشترین درصد پروتئین مغز از تیمار N_3 به میزان 20/7 درصد بدست آمد که با تیمار N_4 با 20/6 درصد پروتئین تفاوت معنی‌داری نشان نداد و نسبت به تیمار شاهد 23 درصد افزایش را نشان داد. در این آزمایش روند افزایشی

[1] Popcorn

[2] Alternate bearing

صفات مورد مطالعه تا تیمارN_3 مشاهده شد و از تیمار N_3 به N_4 روند کاهشی بود. این نتایج با نتایج تحقیقات مرجانی و رهنمون، 1378؛ وینبام و همکاران، 1984؛ میر و همکاران، 1997؛ مایک و کستر 1997؛ رفت و دجونگ، 2011؛ زاراتاوالدس و همکاران، 2015 و محمد و همکاران، 2015 مطابقت دارد. پاسخ درخت به مصرف نیتروژن در تیمار N_3 به دلیل پائین بودن مواد آلی خاک، کم بودن میزان نیتروژن خاک، سبک بودن بافت خاک و برآورده شدن نیازهای غذایی بادام می‌باشد.

جدول 2- نتایج تجزیه واریانس مرکب تأثیر مقادیر و زمان‌های مختلف مصرف نیتروژن بر صفات مطالعه شده در بادام

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		وزن 100 عدد میوه	عملکرد درخت	وزن 100 عدد مغز	طول شاخه	قطر شاخه	قطر تنه درخت	درصد تشکیل اولیه	درصد تشکیل نهایی	پروتئین مغز
سال	2	1360*	4/18**	340^{ns}	17/6^{ns}	0/03^{ns}	1/7*	58/2*	72/3**	3/66^{ns}
تکرار در سال	6	233^{ns}	0/85**	281/5*	67/7*	0/03^{ns}	0/76^{ns}	35/3*	19/8*	1/32^{ns}
مقدار (A)	3	22878**	3/67**	1/85**	627/7**	0/16*	4/4**	439**	173/8**	100**
سال در مقدار	6	289^{ns}	0/84**	110^{ns}	20/8^{ns}	0/003^{ns}	0/19^{ns}	29^{ns}	19/7*	0/45^{ns}
زمان (B)	3	13566**	5/9**	2961**	610/8**	0/13*	3/5**	346**	152/9**	162**
سال در زمان	6	621^{ns}	0/42*	88/7^{ns}	11/23^{ns}	0/007^{ns}	0/23^{ns}	17/8^{ns}	10/36^{ns}	0/89^{ns}
مقدار در زمان (B×A)	9	2378**	0/18^{ns}	502/8**	10/34^{ns}	0/03^{ns}	2/33**	14/5^{ns}	5/2^{ns}	11/95**
زمان x مقدار x سال	18	414^{ns}	0/19^{ns}	70/64^{ns}	10/2^{ns}	0/003^{ns}	0/08^{ns}	4/6^{ns}	3/5^{ns}	0/18^{ns}
خطا	90	303	0/12	119	25/4	0/03	0/5	15	7/1	1/68
کل	143									
ضریب تغییرات		9/6	10/4	9/6	13/5	14/6	9/4	12	13/3	6/5

^{ns} و * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح 5 و 1 درصد

با مصرف بیشتر نیتروژن در تیمار N_4 رشد رویشی درخت افزایش یافت و روند کاهشی در صفات غیر رویشی مورد آزمایش مشاهده شد. کمبود نیتروژن منجربه افزایش وزن پوسته چوبی، کاهش وزن میوه و وزن مغز می‌شود (مایک و کستر 1997؛ رفت و دجونگ، 2011؛ زاراتاوالدس و همکاران، 2015). نیتروژن از عناصر مؤثر در افزایش پروتئین مغز می‌باشد. این عنصر نقش مهمی در ساخت واحدهای سازنده پروتئین (اسیدهای آمینه) دارد (مارشنر، 2012). با افزایش جذب نیتروژن در تیمار N_3 و N_4 میزان پروتئین مغز افزایش پیدا کرد. جذب نیتروژن به‌وسیله درخت متأثر از فاکتورهای محیطی از قبیل درجه حرارت، بافت خاک و رطوبت است (مارشنر، 2012). در اوایل فصل رشد که درجه حرارت پائین است و ریشه‌های درخت از فعالیت قابل توجهی برخوردار نیستند، ترکیبی از درجه حرارت و مرحله رشدی درخت، قابلیت جذب و استفاده از نیتروژن راتحت تأثیر قرار می‌دهند. با افزایش نیتروژن رشد درخت و عملکرد هسته افزایش پیدا می‌کند (محمد و همکاران، 2015). با افزایش میزان نیتروژن، ذخیره نیتروژن در گیاه به‌دلیل افزایش در ماده خشک و زیست توده و غلظت نیتروژن موجود در اندام‌های دایمی درخت افزایش پیدا می‌کند. میلارد و همکاران، 1995). محمد و همکاران، 2015 گزارش نمودند کمبود نیتروژن طی دوره گلدهی سبب تشدید ریزش گلها شده و به شدت بر تولید محصول تاثیر می‌گذارد. افزایش میزان نیتروژن جوانه‌های گل قابلیت زنده ماندن تخمک، طول دوره گرده افشانی مؤثر و درصد تشکیل میوه را بالا می‌برد (ویتزل و همکاران، 2005؛ آتاسی و همکاران، 2013؛ محمد و همکاران 2015). از دلایل افزایش وزن 100 عدد مغز افزایش تعداد میوه در درخت و افزایش درصد مغز با افزایش مصرف نیتروژن می‌باشد. عملکرد درخت متأثر از تعداد میوه‌ها در درخت و وزن مغز می‌باشد (لامپینن و همکاران، 2011). اما تعداد میوه مهمترین فاکتور تعیین کننده عملکرد می‌باشد (ریدل و همکاران، 2004). افزایش

وزن مغز و درصد مغز با مصرف نیتروژن در نتایج تحقیقات گری و گارت (1998) نیزگزارش شده است. با افزایش مصرف نیتروژن عملکرد افزایش پیدا می‌کند و وزن تک میوه کاهش می‌یابد. اثر مشابه کاهش وزن میوه با افزایش عملکرد در پسته (گانس و همکاران، 2010) و سیب (نیلسون و همکاران، 2009) گزارش شده است. در دیگر گونه‌های درختی مانند گلابی و هلو افزایش وزن میوه نتیجه افزایش در ذخیره نیتروژن است (سانز و همکاران، 1997). در تولید دانه گرده در درختان میوه و کیفیت میوه علاوه بر عوامل ژنتیکی، شرایط آب و هوایی و شرایط محیطی از قبیل خاک، مؤثر می‌باشند (مایک و کستر؛ بی و همکاران، 2004؛ نتو و همکاران، 2008). با افزایش جذب نیتروژن مقدار کلروفیل برگی افزایش پیدا می‌کند و منجر به جذب نور و فتوسنتز بیشتر در گیاه می‌شود (مارشنر، 2012؛ آتاسی و همکاران، 2013). همچنین سطوح پلی‌آمین در گیاه با افزایش نیتروژن افزایش پیدا کرده که این پلی‌آمینها در تقسیم سلولی و تغییرات مورفولوژیکی از قبیل دانه گرده و طویل شدن لوله گرده مؤثر می‌باشند (ویتزل و همکاران، 2005).

به طورکلی غلظت بالای نیتروژن در جوانه‌های گل منجربه تشکیل کیسه جنینی قویتری شده، عمر تخمک و زمان گرده‌افشانی مؤثر را افزایش می‌دهد. نیتروژن منجربه افزایش سطح برگ و درشت‌تر شدن میوه‌ها شده و همچنین سبب تأمین هیدرات‌کربن لازم برای رشد جوانه-های تازه تشکیل یافته و تأمین پروتئین مورد نیاز دانه گرده جهت حرکت در طول لوله گرده ورسیدن به تخمک و انجام لقاح و افزایش درصد تشکیل میوه می‌شود (کیانی و ملکوتی، 1380؛ هرما و همکاران، 2008). نتایج جدول تجزیه واریانس مرکب نشان داد زمان‌های مختلف مصرف نیتروژن باعث تفاوت معنی‌دار در سطح یک درصد ($P \leq 0/01$) در صفات مورد مطالعه شد (جدول 2). بیشترین وزن 100 عدد میوه، 100 عدد مغز و عملکرد درخت از تیمار T_3 به ترتیب به میزان 397/4، 122/03 گرم و 3/8 کیلوگرم حاصل شد که منجر به افزایش 13، 23 و 19 درصدی نسبت به تیمار T_1 شد. حداکثر میزان افزایش طول شاخه، قطر شاخه و قطر درخت از تیمار T_3 به‌ترتیب به‌میزان 31/8، 0/9 و 7/7 میلیمتر به دست آمد که نسبت به تیمار T_1 افزایش 33/5، 6 و 6/5 را نشان داد. حداکثر درصد اولیه و نهایی تشکیل میوه از تیمار T_3 به-ترتیب به‌میزان 32/4 و 22 درصد به دست آمد که نسبت به تیمار T_1، 29/6 و 28/5 درصد افزایش را نشان داد. بیشترین میزان پروتئین مغز از تیمار T_3 به میزان 22/28 درصد حاصل شد که نسبت به تیمار T_1، 29 درصد افزایش را نشان داد. افزایش صفات مورد بررسی این آزمایش با مدیریت تقسیطی نیتروژن در تیمار T_3 با نتایج تحقیقات مرجانی ورهنمون (1378)؛ کیانی و ملکوتی، 1382؛ وینبام و همکاران (1987)، گویهونگ و همکاران (2004)؛ اسمیت و همکاران (2004) مطابقت دارد. نتیجه حاصل از مصرف تقسیطی در این تحقیق مبنی بر استفاده درخت، هم از نیتروژن ذخیره شده و هم از نیتروژن مصرفی به صورت کود می باشد. در مقایسه مصرف تقسیطی کود نیتروژنی علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف کود، نیتروژن در مرحله‌ای از رشد که درخت به آن نیاز دارد و دارای ریشه‌های فعال برای جذب نیتروژن می‌باشد در اختیار درخت قرار می‌گیرد. بررسی الگوی رشد میوه بادام، نشان می‌دهد که میوه‌های بادام یک مرحله رشد سریع را به دنبال مرحله تمام گل شروع می‌کنندکه طول این دوره 75-70 روز بوده و رشد میوه بادام در این مرحله بصورت بزرگ شدن حجم ظاهری پوسته است. این دوره مصادف با زمانی است که مقدار زیادی نیتروژن توسط میوه نابالغ بادام جذب شده و برای توسعه و بلوغ میوه بکار برده می‌گردد. این نیتروژن در پریکارپ (پوسته سبز[1] + پوسته چوبی[2]) میوه بادام تجمع یافته و بعداً در مرحله بلوغ میوه به جنین منتقل شده و در آن تجمع می‌یابد (نتو و همکاران، 2008؛ میلارد و گرلت، 2010).

بنابراین تامین نیتروژن در طول مراحل اولیه رشد میوه بادام از اهمیت خاصی برخورداراست. بررسی نمودار رشد ریشه بادام نشان می‌دهد که ریشه بادام دارای دو نقطه اوج رشد و فعالیت می‌باشد، یکی در ماه فوریه همزمان با آغاز فعالیت رویشی درخت و دیگری از ماه جولای شروع و بسته به اقلیم منطقه تا ماه آگوست ادامه دارد (براون، 2012؛ دول، 2014). در بین این دو نقطه اوج رشد ریشه به دلیل رقابت قسمت هوایی درخت برای فتوسنتز و رشد میوه و ساقه کاهش می‌یابد. بررسی چرخه نیتروژن نشان می‌دهد نیاز درخت به نیتروژن از اوایل فصل رشد تا ماه جولای افزایش و از جولای به بعد کاهش می‌یابد که تقریباً با نمودار جذب سالیانه نیتروژن هماهنگ است (براون، 2012؛ دول، 2014). آغاز فعالیت رویشی وابسته به نیتروژن ذخیره شده می باشد که با گذشت زمان از نقش نیتروژن ذخیره شده کاسته و بر نقش نیتروژن مصرفی افزوده می‌گردد. مقایسه این چرخه با الگوی رشد درخت نشان می‌دهد در زمان‌های حداکثر رشد ریشه نیاز درخت به نیتروژن بیشتر می‌باشد. میزان

[1] Hull

[2] Shell

نیتروژن ذخیره شده ای که برای رشد برگ‌ها و ساقه‌های جدید درخت مورد استفاده قرار می‌گیرد به میزان نیتروژن ذخیره شده در درخت بستگی دارد. بنابراین برای تأمین نیاز درخت بایستی کود را در زمان‌های مختلف و با توجه به نیاز درخت در اختیار آن قرار داد، تا بتوان حداکثر و عملکرد حاصل شود. با اعمال مصرف تقسیطی کود نیاز درخت در طول فصل رشد تأمین شده و علاوه بر افزایش تولید از هدر رفت سرمایه و شستشوی نیتروژن و مسائل جانبی از قبیل آلودگی زیست محیطی جلوگیری به عمل می‌آید. در بین اثرات متقابل اثر سال در مقدار مصرف بر عملکرد درخت در سطح یک درصد ($P \leq 0/01$) و بر درصد تشکیل میوه در سطح پنج درصد ($P \leq 0/05$) معنی‌دار شد و بر دیگر صفات تأثیر معنی‌دار نداشت (جدول 2). حداکثر عملکرد درخت به میزان 4/43 کیلوگرم از سال اول و تیمار R_3 و حداقل به میزان 2/74 کیلوگرم از سال دوم و تیمار R_1 بدست آمد. حداکثر درصد تشکیل نهایی میوه به میزان 24/12 درصد از سال اول و تیمار R_3 و حداقل به میزان 17 درصد از سال دوم و تیمار R_1 حاصل شد. همچنین اثر متقابل سال در زمان مصرف نیتروژن فقط بر عملکرد درخت در سطح پنج درصد ($P \leq 0/05$) تأثیر معنی‌دار داشت (جدول 2). حداکثر عملکرد درخت به میزان 4/20 کیلوگرم از سال اول و تیمار زمان T_3 و حداقل به میزان 2/75 کیلوگرم از سال دوم و تیمار زمان T_1 بدست آمد. اثر متقابل میزان در زمان در سال بر تمامی صفات مورد بررسی تأثیر معنی‌داری ($P \geq 0/05$) نداشت.

اثر متقابل میزان در زمان مصرف نیتروژن بر وزن 100 عدد میوه، وزن 100 عدد مغز، افزایش قطر تنه درخت و درصد پروتئین مغز در سطح یک درصد ($P \leq 0/01$) تفاوت معنی‌دار نشان داد (جدول 2). مطابق نتایج جدول 4 بیشترین وزن 100 عدد میوه از تیمارN_3T_3 به‌میزان 419 گرم حاصل شد که نسبت به تیمار N_1T_1 با 304 گرم وزن، 38 درصد افزایش را نشان داد. حداکثر وزن 100 عدد مغز به‌میزان 133/4 گرم از تیمار N_3T_3 حاصل شد که نسبت به تیمار N_1T_1، 30 درصد افزایش را نشان داد. بیشترین میزان رشد قطرتنه درخت از تیمار N_4T_3 به‌میزان 8/37 میلیمتر بدست آمد که نسبت به تیمار N_1T_1 با 6/62 میلیمتر قطر، 26/5 درصد افزایش را نشان داد. همچنین حداکثر درصد پروتئین مغز از تیمار N_3T_3 به‌میزان 24/4 درصد بدست آمد که نسبت به تیمار N_1T_1 78 درصد افزایش نشان داد. با وجود معنی‌دار نشدن اثر میزان در زمان مصرف بر دیگر صفات مورد مطالعه ولی حداکثر مقدار این صفات از تیمار N_3T_3 حاصل شد. در مدیریت و برنامه کوددهی، نیتروژن بایستی به میزان و زمان مناسب مطابق با نیازهای غذایی و مراحل رشدی در اختیار درخت قرار گیرد. مدیریت کود نیتروژن از اهمیت زیادی برخوردار است زیرا بسیاری از عوامل محیطی و تولیدی بر نیاز و تقاضای بادام به نیتروژن تأثیر می‌گذارند. جهت افزایش تولید، جذب نیتروژن در مرحله گلدهی افزایش می‌یابد زیرا تعداد گل و وزن میوه متأثر از جذب نیتروژن می‌باشند. بنابراین برای افزایش عملکرد کمی و کیفی بادام با توجه به پایین بودن مواد آلی خاک، سبک بودن بافت خاک و شیبدار بودن اراضی باغ‌های بادام در استان چهارمحال و بختیاری لازم است نیتروژن را در مراحل حساس که منطبق با بیشترین نیاز گیاه است، مصرف نمود.

بررسی تغییرات عناصر غذایی طی سه سال آزمایش

اثر سال بر غلظت پتاسیم و منگنز در سطح 5 درصد ($P \leq 0/01$) ، غلظت روی و مس در سطح یک درصد ($P \leq 0/01$) معنی‌دارشد (جدول5). حداکثر میزان عناصر غذایی به‌جز پتاسیم و روی از سال اول آزمایش به دست آمد (جدول 6)، که این ناشی از در دسترس بودن عناصرغذایی در این سال و عدم حالت آنتاگونیسمی عناصر با یکدیگر می‌باشد. اثر مقدار مصرف نیتروژن بر غلظت نیتروژن و پتاسیم اندام هوایی در سطح یک درصد ($P \leq 0/01$) و فسفر در سطح پنج درصد ($P \leq 0/05$) معنی دار شد (جدول 5). بیشترین میزان نیتروژن و پتاسیم اندام هوایی به ترتیب به میزان 2/47 و 1/52 درصد از تیمارN_3 بدست آمد که نسبت به تیمار شاهد (N_1) افزایش 137 و 38 درصدی را نشان داد و با تیمار N_4 در یک گروه آماری مشترک قرار گرفتند و تفاوت معنی‌دار نشان ندادند. حداکثر میزان فسفر به میزان 0/43 درصد از تیمارN_4 حاصل شد که با تیمار N_3 تفاوت معنی‌داری نشان نداد و 65/5 درصد افزایش نسبت به نیمار شاهد نشان داد (جدول 6). اثر مقدار مصرف نیتروژن بر غلظت عناصر غذایی میکرو تأثیر معنی‌دار نداشت (جدول 5). با این وجود حداکثر غلظت عناصر غذایی از تیمارهای N_3 و N_4 بدست آمد (جدول 6) با افزایش مصرف نیتروژن از سطح N_1 تا سطح N_3 و N_4رشد درخت زیاد شده و نیاز درخت به دیگر عناصر غذایی بیشتر و متعاقب آن جذب و غلظت فسفر، پتاسیم و دیگر عناصر غذایی در اندام هوایی برگ افزایش پیدا می‌کند. این نتایج با نتایج تحقیقات مرجانی و رهنمون (1378)، کیانی و همکاران (1382)، وینبام و همکاران (1984)، مایک و کستر (1997)، میر و همکاران (1997)، اسپارزا و همکاران (2001)، محمد و همکاران (2015) و زاراتاوالدس و همکاران (2015) مطابقت دارد.

جدول 4- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای مقادیر و زمان‌های مختلف مصرف نیتروژن بر میزان صفات مطالعه شده

پروتئین مغز	تشکیل نهایی میوه	تشکیل اولیه میوه	قطر تنه درخت	قطر شاخه	طول شاخه	وزن 100 عدد مغز	عملکرد درخت	وزن 100 عدد میوه	
درصد	درصد	درصد	میلیمتر	میلیمتر	سانتیمتر	گرم	کیلوگرم	گرم	
13/7g	14/73a	21/4a	6/62bc	0/74a	19/54a	102/4de	2/5a	304i	N1T1
17/3f	18a	26a	7/53abc	0/77a	20/98a	106/5cde	2/81a	332/7h	N1T2
19/5ef	19/03a	28a	7/22abc	0/77a	27/23a	116/2abcde	3/41a	377/3cdefg	N1T3
17/8ef	19/63a	28/2a	7/05abc	0/8a	23/61a	106/7cde	3/26a	356fgh	N1T4
17/3f	16/94a	26a	6/35c	0/78a	20/18a	97/72e	2/81a	348/4gh	N2T1
18/4ef	19/05a	29/7a	6/71bc	0/76a	24/98a	97/76e	3a	354/3fgh	N2T2
22/2bc	22/12a	33/1a	7/97ab	0/9a	28/84a	126/1abc	3/81a	404/5abcd	N2T3
19/7de	23/12ac	32a	7/98ab	0/72a	28/45a	119/2abcd	3/53a	408abc	N2T4
17/7ef	20/28a	29/5a	3/93ab	0/75a	25/86a	100/5de	3/15a	386/3bcdef	N3T1
18/9ef	23/22a	34a	7/88ab	0/95a	30/11a	117/2abcde	3/88a	412/4ab	N3T2
24/4a	25/16a	37/2a	7/88ab	1/05a	35/7a	133/4a	4/3a	419a	N3T3
21/9bcd	23/55a	34/3a	7/47abc	0/94a	34/47a	131/3ab	3/76a	397abcde	N3T4
20/1cde	16/63a	23a	7/71ab	0/77a	24/55a	110/6bcde	2/93a	369/4efg	N4T1
19/9de	20a	29/2a	7/14abc	0/83a	29/47a	111bcde	3/23a	380/8bcdefg	N4T2
22/9ab	21/81a	31/2a	8/37a	0/91a	35/51a	112/4bcde	3/71a	389abcde	N4T3
19/2ef	18/76a	25/7a	7/84ab	0/79a	33/68a	119/1abcd	3/43a	373/8defg	N4T4

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد آزمون چند دامنه‌ای دانکن است. N مقادیر مختلف مصرف نیتروژن (N_1 : 150، N_2: 300، N_3 : 450، N_4 : 600، گرم نیتروژن خالص از منبع نیترات آمونیم)، T زمانهای مختلف مصرف (T_1: مصرف یکدفعه نیتروژن، T_2: مصرف در دو قسط، T_3: مصرف در سه قسط و T_4: مصرف تقسیطی در چهار قسط)

جدول 5- نتایج تجزیه واریانس مرکب تأثیر مقادیر و زمان‌های مختلف مصرف نیتروژن بر غلظت عناصر غذایی اندام هوایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	منگنز	مس
سال	2	0/10	0/007	0/8**	1575	206*	9805**	714*
تکرار در سال	6	0/40	0/006	0/06	10407	177	398	657
مقدار (A)	3	0/22**	0/01*	0/01**	1897	3/7	20	49
سال در مقدار	6	0/20	0/006*	0/005	1158	16	106	90
زمان (B)	3	0/30**	0/007*	0/11**	2352**	29	683**	152
سال در زمان	6	0/200	0/001	0/01	375	3/3	30	26
مقدار در زمان (A×B)	9	0/20**	0/003*	0/01**	1055	41	73*	85
زمان × مقدار × سال	18	0/50	0/001	0/01	818	21	114	120
خطا	90	0/20	0/002	0/01	999	28	97	109
کل	143							
ضریب تغییرات		6/3	11	10/2	10/4	8/6	9/2	7/8

ns و * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح 5 و 1 درصد

اثر زمان مصرف نیتروژن بر غلظت نیتروژن، پتاسیم، آهن و منگنز در سطح یک درصد ($P \leq 0/01$) و بر غلظت فسفر در سطح پنج درصد ($P \leq 0/05$) معنی‌دار شد (جدول 5). بیشترین میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌ترتیب به‌میزان 2/42 ، 0/42 و 1/64 درصد از تیمار T_3 حاصل شد که با تیمار T_4 در یک گروه آماری مشترک

قرار گرفت و تفاوت معنی‌داری را نشان نداد و نسبت به تیمار شاهد (T_1) افزایش 30، 52 و 21 درصدی را نشان داد. حداکثر میزان آهن و منگنز نیز از تیمار T_3 به‌ترتیب به‌میزان 157/4 و 66 میلی‌گرم در کیلوگرم بدست آمد که افزایش 19/5 و 11/5 درصدی نسبت به تیمار شاهد نشان داد. با وجود معنی‌دار نشدن اثر زمان مصرف نیتروژن بر غلظت روی و مس اندام هوایی، بیشترین میزان روی و مس نیز از تیمار T_3 حاصل شد (جدول 6). افزایش غلظت عناصر غذایی اندام هوایی با مصرف تقسیطی نیتروژن در تیمار T_3 (مصرف نیتروژن در 3 نوبت) با نتایج تحقیقات مرجانی ورهنمون(1378)، کیانی و ملکوتی، 1382؛وینبام و همکاران (1987)، نیلسون وهمکاران (2001)، اسمیت و همکاران (2004)، بی و همکاران (2004)، محمد و همکاران (2015) مطابقت دارد. این مصرف تقسیطی هماهنگ با نیاز غذایی درخت، نمودار رشد ریشه، الگوی رشد درخت و میوه بادام می‌باشد. اثر متقابل مقدار در زمان مصرف نیتروژن بر غلظت نیتروژن، و پتاسیم در سطح یک درصد ($P \leq 0/01$) و بر غلظت فسفر و منگنز در سطح پنج درصد ($P \leq 0/05$) تفاوت معنی‌دار نشان داد (جدول 5). بیشترین غلظت عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم و منگنز به‌ترتیب به‌میزان 2/54، 0/44، 1/58 درصد و 66 میلی‌گرم در کیلوگرم از تیمار N_3T_3 حاصل شد. همچنین در مورد دیگر عناصر غذایی حداکثر غلظت عناصر غذایی از تیمارهای N_3T_3 و N_4T_4 و کمترین غلظت ازتیمارهای N_1T_1 و N_2T_1 بدست آمد. این نتایج با نتایج تحقیقات مرجانی و رهنمون (1378)، کیانی و همکاران (1382)، وینبام و همکاران (1984)، مایک و کستر (1997)، محمد و همکاران (2015) مطابقت دارد.

جدول 6- مقایسه میانگین تأثیر مقادیر و زمان‌های مختلف مصرف نیتروژن بر غلظت عناصر غذایی اندام هوایی

	تیمار	نیتروژن	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	منگنز	مس
		درصد			میلی‌گرم در کیلوگرم			
	اول	2/39a	0/42 a	1/07c	156/3a	19/4b	76a	28/8a
سال	دوم	2/36a	0/4ab	1/24b	152a	22/8a	59/4 b	22/9b
	سوم	2/38 a	0/39 b	1/32a	150/4a	23/2a	47/6c	21/6b
	N_1	1/8c	0/26bc	1/10c	142/4a	21/5a	60/3a	23/6a
مقدار	N_2	2/27b	0/33 b	1/15c	148/4a	21/9a	61/2a	23/5a
	N_3	2/47a	0/41 a	1/52a	158/4a	21/8a	62a	24/7a
	N_4	2/39a	0/43 a	1/45b	153/4a	22a	a60/6	26a
	T_1	1/84c	0/27bc	1/14c	132c	20/8a	59/2bc	24/6a
	T_2	2/10b	0/34b	1/2c	151/6b	21/3a	62/8ab	27a
زمان	T_3	2/42 a	0/42a	1/64a	157/4a	22/1a	66a	24a
	T_4	2/37 a	0/41a	1/38b	155/8a	22/9a	56c	22a

در هر ستون و هر ردیف میانگین‌هایی که در هر قسمت حداقل در یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال 5 درصد می‌باشند. N مقادیر مختلف مصرف نیتروژن (N_1 : 150، N_2: 300، N_3 : 450، N_4 : 600، گرم نیتروژن خالص از منبع نیترات آمونیم)، T زمان‌های مختلف مصرف (T_1: مصرف یکدفعه نیتروژن، T_2: مصرف در دو قسط، T_3: مصرف در سه قسط و T_4: مصرف تقسیطی در چهار قسط)

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد با افزایش میزان نیتروژن پارامترهای اندازه‌گیری شده افزایش یافتند که این روند افزایش تا تیمارN_3 مشاهده شد و از N_3 به N_4 این روند مشاهده نگردید. همچنین زمان مصرف نیتروژن بر اکثر صفات اندازه‌گیری شده تأثیر معنی‌دار داشت به‌طوری‌که بیشترین صفات از تیمار T_3 (مصرف نیتروژن در 3 نوبت) حاصل گردید. مصرف بیش از حد نیتروژن در باغ‌های بادام استان چهارمحال و بختیاری که اغلب دارای بافت‌های نسبتاً سبک و شنی هستند می‌تواند باعث آبشویی آن و انتقال به منابع آب زیردست و آلودگی‌های زیست محیطی شود. بنابراین تیمار N_3T_3 به عنوان مناسب ترین تیمار برای فرمول کوددهی نیتروژنی در باغ‌های منطقه و مناطق با شرایط خاک و اقلیم مشابه پیشنهاد می‌شود.

فهرست منابع:

1. امامی، ع. (1375). روش های تجزیه گیاه. جلد اول. موسسه تحقیقات آب و خاک. نشریه شماره 982.
2. دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی. 1394. آمارنامه کشاورزی. جلد سوم: محصولات باغبانی، وزارت جهادکشاورزی، معاونت برنامه‌ریزی و اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. www://amar.maj.ir. تهران، ایران.
3. کیانی، ش.، م.ج. ملکوتی و ک، میرزا شاهی 1382. تأثیر روش کوددهی بر شاخصهای رشد رویشی و عملکرد درختان بادام، مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران. رشت.ایران.
4. مرجانی، ح. و ح.، رهنمون. 1378. بررسی اثرات نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر روی درختان بادام. گزارش نهایی مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان شرقی، تبریز، ایران، 15 صفحه.
5. ملکوتی، م.ج. (1384) کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران "چاپ سوم با بازنگری کامل" شورای عالی سیاستگزاری توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی انتشارات سنا. 472 صفحه
6. ملکوتی، م. ج. و م. ن. غیبی. 1376. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی محصولات استراتژیک و توصیه صحیح کودی در کشور. نشر آموزش کشاورزی، 56 صفحه.
7. Atasaya, A., H. Akgu, K. Ucguna, and B. San. 2013. Nitrogen fertilization affected the pollen production and quality in apple cultivars ‘‘Jerseymac’’ and ‘‘Golden Delicious’’. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B –J. Soil and Plant Sci. 63(5): 460–465.
8. Basile, B., D.R. Bryla, M.L. Salsman, J. Marsal, C. Cirillo, R.S. Johnson, and T.M. Dejong, 2007. Growth patterns and morphology of fine roots of size-controlling and invigoratingpeach rootstocks. J. Tree Phys. 27:231–241.
9. Bayazit, S., O. Caliskan, and B. Imrak. 2011. Comparison of pollen production and quality characteristics of cultivated and wild almond species. Chilean J. Agric Res. 71:536–541.
10. Bayazit, S., B. Imrak, and O. Caliskan. 2012. Determination of pollen production and quality attributes of some almond cultivars (*Prunus dulcis*) and selected wild almond (*Amygdalus orientalis*) genotypes. Int J. Agric Biol. 14: 425–429.
11. BI, G., C.F. Scagel, and L.H. Fuchigami. 2004. Effects of spring soil nitrogen application on nitrogen remobilization uptake, and partitioning for new growth in almond nursery plants. J. Hort Sci and Biot. 79 (3): 431–436.
12. Brown, P. 2012. Managing nutrients efficiently. Growing opportunity. Australian almond conference.
13. Clergue, B., B. Amiaud, F. Pervanchon, F. Lasserre-Joulin, S. Plantureux. 2005. Biodiversity: function and assessment in agricultural areas. A review. J. Agro Sust Dev. 25:1– 15.
14. Cooke, J.E.K. and M. Weih, 2005. Nitrogen storage and seasonal nitrogen cycling in Populus: bridging molecular physiology and ecophysiology. J. New Phy. 167:19–30.
15. Delin, S. 2004. Within-field variations in grain protein content – relationships to yield and soil nitrogen and consistency in maps between years. J. Precis Agric. 5(6): 565–577.
16. Doll, D. 2014. Almond orchard nitrogen and potassium nutrition. University of California, Agriculture and Natural resources. Southern San Joaquin valley almond symposium.
17. Esparza, G., T.M. DeJong, and S.A. Weinbaum. 2001. Effects of irrigation deprivation during the harvest period on nonstructural carbohydrate and nitrogen contents of dormant, mature almond trees. J. Tree Phy. 21:1081–1086.

18. Eti S., S. Paydas, A.B. Kuden, N. Kaska, S. Kurnaz, M. Ilgın. 1996. Researchs on pollen viability, the ability to pollen germination, amounts of pollen and pollen tube growth of some selected almond types and Texas cultivar in Adana ecological condition. Turkish J. Agric. 20:521–527.
19. Gray, D. and H.E.G. Garrett, 1998. Nitrogen fertilization and aspects of fruit yield in a Missouri black walnut alley cropping practice. J. Agrof Syst. 44:333–344.
20. Guihong, B.I., C.F. Scagel, and L.H. Fuchigam. 2004. Effect of spring soil nitrogen application on nitrogen remobilization uptake, and partitioning for new growth in almond nursery plants. J. Hort Sci and Biotech. 79(3): 431–736
21. Gunes, N.T., Y. Okay, A.I. Koksal, and M. Koroglu, 2010. The effect of nitrogen and phosphorus fertilization on yield, some fruit characteristics, hormone concentrations, and alternate bearing in pistachio. Turkish J. of Agri and Fore. 34: 33–43.
22. Heerema, R.J., S.A. Weinbaum, F. Pernice, and T.M. Dejong, 2008. Spur survival and return bloom in almond (Prunus dulcis (Mill.) D.A.Webb) varied with spur fruit load, specific leaf weight, and leaf area. J. Hort Sci and Biotech. 83:274-281.
23. Horwitz, W. (2002). Official Methods of Analysis (17th ed.), Association of Official Analytical Chemists, Inc.: Gaithersburg, USA.
24. Lampinen, B.D., S. Tombesi, S.G. Metcalf, and T.M. DeJong, 2011. Spur behavior in almond trees: relationships between previous years spur leaf area, fruit bearing and mortality. J. Tree Physiol. 31: 700–706.
25. Marschner, P. 2012. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, Waltham, MA, USA.
26. Meyer, R.D., J. Deng, J.P. Edstrom, and S. cutter. 1997. Foliar nutrient (N, P, K, B) application effects on almond yield. J. Acta Horti. 470: 406–411.
27. Micke, W.C. 1996. Almond Production Manual. University of California, Davis, USA. pp: 289.
28. Micke, W.C., and D.E. kester. 1997. Almond growing in california.Acta Horticulture.470: 21–28.
29. Millard, P., G.H. Neilsen. 1989. The influence of nitrogen supply on the uptake and remobilization of stored n for the seasonal growth of apple-trees. Ann. Bot. 63 (3): 301–309.
30. Muhammad, S., B.L. Sanden, B.D. Lampinen, S. Saa, M.I. Siddiqui, D.R. Smart, A. Olivos, K.A. Shackel, T. DeJong, and P.H. Brown. 2015. Seasonal changes in nutrient content and concentrations in a mature deciduous tree species: Studies in almond (*Prunus dulcis* (Mill.)D. A. Webb). Eur. J. of Agr. 65: 52–68.
31. Neto, C., C. Carranca, J. Clemente, A. DeVarennes. 2008. Nitrogen distribution, remobilization and re-cycling in young orchard of non-bearing ‘‘Rocha’’ pear tree. J. Scientia Hortic. 118: 299–307.
32. Neilsen, D., P. Millard, L.C. Herbert, G.H. Nelsen, E.J. Hogue, P. Parchomchuk, and B.J. Zebarth. 2001. Remobilization and uptake of N by newly planted apple (*Malusdomestica*) trees in response to irrigation method and timing of N application. J. Tree Phys. 21: 513–21.
33. Neilsen, G.H., D. Neilsen, and L. Herbert, 2009. Nitrogen fertigation concentration and timing of application affect nitrogen nutrition, yield, firmness, and color of apples grown at high density. J. Hort sci. 44:1425–1431.
34. Reidel, E.J., P.H. Brown, R.A. Duncan, R.J. Heerema, and S.A. Weinbaum, 2004. Sensitivity of yield determinants to potassium deficiency in 'Nonpareil' almond (*Prunus dulcis* (Mill.) DA Webb). J. Hort Sci and Biot.79:906–910.
35. Rufat, J., T.M. DeJong. 2001. Estimating seasonal nitrogen dynamics in peach trees in response to nitrogen availability. J. Tree Physiol. 21 (15): 1133–1140.

36. Saenz, J.L., T.M. DeJong, and S.A. Weinbaum, 1997. Nitrogen stimulated increases in peach yields are associated with extended fruit development period and increased fruit sink capacity. J. of Hort Sci. 122: 772-777.
37. Smith, M.W., B.S. Cheary, and B.L. Carroll. 2004. Response of pecan to nitrogen rate and nitrogen application time. J. Hort Scie. 39(6): 1412–1415.
38. Tombesi, S., B.D. Lampinen, S. Metcalf, and T.M. DeJong. 2011. Relationships between spurand orchard-level fruit bearing in almond (*Prunus dulcis*). J. Tree Phys 31:1413-1421.
39. Weinbaum, S.A., I. Klein, F.E. Broad bent, W.C. Micke, and T.T. Muraoka. 1984. Effects of time of nitrogen application and soil texture on the availability of isotopically labeld fertilizer nitrogen to reproductive and vegetative tissue of mature almond trees. Ame. J. Hort Sci. 109:339–343.
40. Witzell, J., T. Kuusela, and T. Sarjala. 2005. Polyamine profiles of healthy and parasite-infected Vaccinium myrtillus plants under nitrogene enrichment. J. Chem Ecol. 31:561–675.
41. Zarata-Valdez, J.L., S. Muhammad, S. Saa, B.D. Lampinen and P.H. Brown. 2015. Light interception, leaf nitrogen and yield prediction in almonds: A case study. Euro. J. Agr. 66: 1–7.
42. Zhang, J., S. Bittman, D.E. Hunt, M.M. Schaber. 2007. Nitrogen status of pollen donor affects kernel set and yield components in corn. J. Plant Nutr. 30: 1205–1212.

Effect of Rate and Time of Nitrogen Application on Quantitative and Qualitative Yield of Almond (*Prunus dulcis*)

M. Mohammadi[1]

Assistant Professor, Chaharmahal and Bakhtiari Agricultural and Natural Resources Research and Education Center; Agricultural Research, Education and Extension Organization, Shahrekord, Iran ; E-mail: m.mohamadi@areeo.ac.ir

Received: May, 2016 , & Accepted: February, 2017

Abstract

A three-year study was carried out to evaluate the effects of different levels and times of nitrogen (N) application on qualitative and quantitative yield of almond (*Prunus dulcis* Mill.), cv."Mamai". The experiment used a factorial arrangement in a randomized complete block design, with three replications. The treatments of this research consisted of four rates of N (N1=150, N2=300, N3=450 and N4=600 gram net N per tree, from ammonium nitrate) and four times of N application (T1= one, T2= Two, T3= Three and T4= Four splits). The analysis of variance results revealed that the effect of year was significant on 100 fruit weight, tree diameter, initially and finally fruit set percentage, and tree yield. The effect of nitrogen rate application was significant on the studied parameters. The maximum rate of 100 fruit weight, tree yield, 100 kernel weight, initial and final fruit set percentage, and protein percentage were obtained from N3 and were, respectively, 403.6 g, 3.78 kg, 120.5 g, 34%, 23% and 7.20% . The maximum of branch length, branch diameter and tree diameter were, respectively, 31.5, 0.92, and 7.8 mm which were obtained in N4 treatment. Different times of N application showed a significant effect on the studied parameters. The maximum of these parameters were obtained from T3. The interaction effect of rate and time of application was significant on 100 fruit weight, 100 kernel weight, tree diameter, and protein percentage. The maximum of the studied parameters was obtained from N3T3. Considering the results of this experiment, the N3T3 treatment is suggested for almond orchards of Chaharmahal–va-Bakhtiari province and regions with the same soil and climate condition

Keywords: Fruit set percentage, Protein percent, Yield

[1]. Corresponding author: Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Shahrekoard. P.O.Box:415