اثر نیتروژن و الگوهای کشت بر صفات مورفولوژیک و شاخص‌های رشد در کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان

سید نادر موسویان[*1] و سیدعلیرضا سیدمحمدی[2]

1) مربی گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران .
2) باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

*** نویسنده مسئول:** Nader_mosavian@yahoo.com

تاریخ دریافت: 93/07/02 **تاریخ پذیرش: 93/10/06**

چکیده

به منظور ارزیابی اثر سطوح مختلف نیتروژن و الگوهای کشت بر تولید ماده خشک و شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد، در زراعت مخلوط ذرت و آفتابگردان آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال 1391 در مزرعه پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی شوشتر انجام شد. تیمار کود نیتروژن از منبع اوره در سه سطح 50، 100 و 150 کیلوگرم در هکتار به‌عنوان عامل اصلی و نسبت‌های مخلوط ذرت و آفتابگردان (100 درصد خالص ذرت، 75 درصد ذرت و 25 درصد آفتابگردان، 50 درصد ذرت و 50 درصد آفتابگردان، 25 درصد ذرت و 75 درصد آفتابگردان و 100 درصد آفتابگردان) به‌عنوان کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. الگوی کشت مخلوط به روش جایگزینی بود. نتایج نشان داد میزان نیتروژن تا سطح 150 کیلوگرم در هکتار به‌طور معنی‌داری سبب افزایش صفات ارتفاع بوته و وزن تر کل ذرت و آفتابگردان شد. الگوی کشت، ارتفاع بوته ذرت و وزن تر کل ذرت و آفتابگردان را تحت تأثیر قرار داد. بیش‌ترین وزن خشک کل، ارتفاع و وزن تر ذرت و شاخص سطح برگ و وزن تر آفتابگردان در الگوی کشت دوم حاصل شد. سرعت رشد گیاه، سرعت رشد نسبی و میزان جذب خالص در هر گیاه از الگوی عمومی این شاخص‌ها پیروی و بهترین حالت را در 150 کیلوگرم نیتروژن داشتند. بالاترین مقدار نسبت برابری زمین در حالت 25 درصد ذرت + 75 درصد آفتابگردان و 150 کیلوگرم در هکتار نیتروژن به میزان 1/16 به‌دست آمد. به‌طوری‌که کشت مخلوط 16 درصد نسبت به کشت خالص افزایش عملکرد نشان داد.

واژه‌های کلیدی: آفتابگردان، زراعت مخلوط، ذرت و روش جایگزینی.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-07]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.7.4]

مقدمه

کشت مخلوط در سطح وسیعی از کشورهای پیشرفته و نیز در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه مناطق حاره رایج است (Baumann *et al*., 2002). زراعت مخلوط یعنی کشت بیش از یک گیاه در یک قطعه زمین در یک سال زراعی به‌ترتیبی که یک گیاه در بیش‌تر دوره رویش خود در مجاورت گیاه دیگر باشد. البته لزومی ندارد که این گیاهان هم‌زمان کشت و برداشت شوند بلکه می‌توان یک گیاه را هم‌زمان و یا مدتی پس از گیاه اول کشت نمود و هم‌زمان یا بعد از آن برداشت کرد (خواجه‌پور، 1370). کشاورزان جزء در بعضی کشورها به علت محدودیت منابع زمین و عملکرد کم محصولات در مضیقه هستند، تحقیقات مقدماتی نشان داده که یک راه ممکن برای افزایش عملکرد در این مزارع زراعت مخلوط می‌باشد (Anwarhan, 1984). سیستم چند کشتی، یکی از مؤلفه‌های تشکیل دهنده و مؤثر کشاورزی پایدار است. امروزه سیستم‌های چند کشتی به دلیل تنوع زیاد و ثبات بیولوژیکی به مقدار زیاد مورد توجه اکولوژیست‌ها می‌باشد. با توجه به شرایط اقلیمی گوناگون در کشور ما، تحقیقات در زمینه سیستم‌های چند کشتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. ذرت و آفتابگردان در شرایط خوزستان از پتانسیل عملکرد بالایی برخوردار هستند. سودمندی کشت مخلوط این دو گیاه در برخی تحقیقات گزارش شده است (خواجه‌پور، 1370). تحقیقات نشان می‌دهد که برتری بیولوژیک زراعت مخلوط نتیجه استفاده کامل‌تر از منابع رشد است. اجزای مخلوط ممکن است از نظر استفاده از منابع رشد تفاوت داشته باشند، چنان‌چه وقتی با همدیگر کشت شوند استفاده مؤثری را از نور، آب و مواد غذایی نسبت به وقتی‌که به‌طور جداگانه کشت شده‌اند خواهند نمود. رقابت علف‌های هرز به دلیل ترکیبی از گونه‌های گیاهی که دو آشیان اکولوژیک و یا بیش‌تر را در مزرعه اشغال می‌کند کم‌تر می‌شود، برتری بیولوژیک زراعت مخلوط به کشت خالص وقتی است که رقابت بین گونه‌ای برای منابع رشد نسبت به رقابت درون گونه‌ای کم‌تر باشد (Macfaden and Weil Ray,1991). رحیمیان‌مشهدی و همکاران (1371) گزارش نمودند کشت مخلوط آفتابگردان و ذرت نه فقط هیچ مزیتی نسبت به عملکرد هر یک از آن‌ها در کشت خالص نداشت بلکه افزایش عملکرد یکی از گیاهان زراعی در هر یک از این دو تیمار نتوانست کاهش عملکرد گیاه زراعی دیگر را دقیقاً جبران کند. Massingname و همکاران (2005) با مطالعه سطوح مختلف نیتروژن در کشت مخلوط آفتابگردان و ذرت نشان دادند که نیتروژن دو گونه اثر معنی‌داری در زیست‌توده داشتند اما برهمکنش این دو معنی‌دار نبود، زیست‌توده در ذرت بیش‌تر از آفتابگردان بود در هر دو محصول تولید ماده خشک با به کار بردن 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش یافت. به نظر می‌رسد با توجه به اهمیت گرایش به سیستم‌های کشاورزی پایدار و هم‌چنین اهمیت بالای ذرت و آفتابگردان در تأمین نیاز غذایی بشر و دام، بررسی امکان کشت مخلوط این دو گیاه و هم‌چنین اثر عوامل مدیریتی مانند کود نیتروژن از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشد. نیتروژن به‌عنوان یک عنصر پر مصرف و به لحاظ وظایفی که در

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-07]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.7.4]

فرآیندهای گیاهی دارد موجب افزایش عملکرد می‌شود. Duli Zhao و همکاران (2005) در آزمایشی نشان دادند که مقادیر کود نیتروژن موجب افزایش عملکرد ماده خشک علوفه سورگوم گردید. محمدآبادی و همکاران (1390) گزارش نمودند که بیش‌ترین عملکرد علوفه تر و خشک علوفه شنبلیله، مربوط به تیمار کود شیمیایی بود. به‌طورکلی، نقش نیتروژن در تغذیه گیاهان علوفه ای، هم به لحاظ دست‌یابی به حداکثر عملکرد و هم از نظر ویژگی‌های کیفی از قبیل میزان پروتئین علوفه، از اهمیتی دو چندان برخوردار است، هم‌چنین گزارش شده که کودهای نیتروژن دار باعث افزایش عملکرد و پروتئین خام می‌شوند (Aydin and Uzun, 2005). در این آزمایش کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان در سطوح مختلف نیتروژن مورد بررسی قرار گرفت تا ضمن مقایسه اثرات نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد دو گیاه در دو سیستم کشت مخلوط و کشت خالص، امکان بهبود بهره‌برداری از زمین ارزیابی گردد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی (1391-1390) در مزرعه آموزشی و تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر (خوزستان)، با عرض جغرافیایی 32 درجه و 30 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 48 درجه و 50 دقیقه شرقی انجام شد. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول 1 درج شده است. مقدار بذر 75 هزار بوته در هکتار برای هر دو گیاه در نظر گرفته شد (نادری، 1373). این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد، به‌طوری‌که تیمار کود نیتروژن از منبع اوره (شامل سه سطح N1=50، N2=100 وN3=150 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) به‌عنوان کرت اصلی و نسبت‌های مختلف کاشت به‌صورت جایگزینی شامل صفر: 100، 75:25، 50:50، 25:75 و 100: صفر درصد ذرت و آفتابگردان) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. کود نیتروژن در سه مرحله (یک سوم در هنگام کاشت، یک سوم در مرحله 3 تا 5 برگی و یک سوم در مرحله ظهور گل‌آذین ذرت) در نظر گرفته شد.

جدول 1: نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعهٔ آزمایشی

عمق خاک (سانتی‌متر)	بافت خاک	شوری خاک (میلی‌مو بر سانتی‌متر)	pH	مواد آلی (درصد)	عناصر غذایی		
					نیتروژن کل	فسفر	پتاس
					درصد	پی‌پی‌ام	پی‌پی‌ام
0-30	لومی-رسی	4/2	7/6	0/1	0/06	12/5	130

هر کرت فرعی از 6 ردیف به طول 6 متر و به فواصل 0/75 متر تشکیل یافته بود. چهار ردیف میانی برای محاسبه عملکرد نهایی در نظر گرفته شد. از این چهار ردیف میانی تعداد ردیف‌های ذرت و آفتابگردان بر اساس نسبت اختلاط تعیین گردید. به‌طوری‌که در نسبت اختلاط 50:50 به‌صورت یک در میان، یک ردیف ذرت و یک ردیف آفتابگردان در نظر گرفته شد (در مجموع دو ردیف ذرت و دو ردیف آفتابگردان) و یا اختلاط 25:75 یک ردیف به ذرت و سه ردیف به

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-07]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.7.4]

آفتابگردان و در نسبت 100: صفر چهار ردیف به آفتابگردان اختصاص یافت. برای از بین بردن اثر حاشیه‌ای دو ردیف کناری بسته به نوع اختلاط کرت و ردیف قبل از آن ذرت یا آفتابگردان باشد، تنظیم گردید. آبیاری بر حسب نیاز و به کمک سیفون انجام گرفت و برای جلوگیری از اختلاط احتمالی تیمارهای کودی مجاور و آبشوئی، به‌ترتیب فاصله بین کرت‌های فرعی، اصلی و بلوک‌ها 1/5 (دو ردیف)، 2/25 (سه ردیف) و 2 متر لحاظ گردید. هنگام تهیه زمین مقدار 100 کیلوگرم فسفر و 100 کیلوگرم پتاس خالص در هکتار به‌ترتیب از منابع کودی فسفات‌آمونیوم و سولفات‌پتاسیم به‌صورت قبل از کاشت به خاک داده شد.

ارقام مورد مطالعه در این آزمایش شامل هیبرید ذرت نسبتاً دیررس 704 با طول دوره رشد 120 روز و رقم نسبتاً دیررس رکورد آفتابگردان در نظر گرفته شد. هاشمی‌دزفولی و همکاران (1379) برای ارزیابی کشت مخلوط از شاخص‌های نسبت برابری زمین 1 و روش جایگزینی 2 استفاده گردید. برای محاسبه نسبت برابری زمین از رابطه 1 استفاده شد (مظاهری، 1373).

رابطه 1:
$$LER_{AB} = \frac{\text{عملکرد گونه A در کشت مخلوط}}{\text{عملکرد گونه A در تک‌کشتی}} + \frac{\text{عملکرد گونه B در کشت مخلوط}}{\text{عملکرد گونه B در تک‌کشتی}}$$

به منظور تعیین معادلات رشد در فواصل زمانی معین اقدام به چهار مرحله نمونه‌برداری قبل از برداشت انجام شد به این ترتیب که حدود 40 روز پس از کاشت و سپس با فواصل زمانی 20 روز یک‌بار 0/5 متر از هر خط (0/4 مترمربع) پس از حذف حاشیه برداشت گردید. در پلات‌های کشت خالص ذرت شش خط و در پلات‌های کشت خالص آفتابگردان شش خط برداشت شد. در هر مرحله از نمونه‌برداری پس از برداشت و تعیین وزن تر، گیاهان در مساحت برداشت شده دو نمونه جهت اندازه‌گیری سطح برگ و وزن خشک انتخاب و وزن تر آن‌ها تعیین شد. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل و سطح برگ آن‌ها با دستگاه اندازه‌گیری مدل دلتا تی تعیین گردید. هم‌چنین نمونه‌ای که جهت وزن خشک در نظر گرفته شده بود پس از قرار دادن در آون در دمای 75 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت خشک و توزین گردید (مظاهری، 1373). از وزن خشک و سطح برگ در محاسبه معادلات رشد گیاهان بر حسب درجه روز رشد استفاده شد. در مرحله برداشت نهایی نیز پس از توزین وزن تر گیاهان در کل سطح برداشت شده دو نمونه جهت تعیین وزن خشک و سطح برگ انتخاب گردید. معادلات برآورده ماده خشک تولیدی (DM) و شاخص سطح برگ (LAI) با استفاده از روش رگرسیون بین وزن خشک و شاخص سطح برگ اندازه‌گیری شد که در هر مرحله به‌عنوان متغیرهای وابسته و GDD به‌عنوان متغیر، طبق روابط زیر و پس از محاسبه ضرائب مربوطه تعیین گردید.

[1] Land Equivalent Ratio
[2] Replacement Series Technique

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-07]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.7.4]

رابطه 2: $DM= polynomial (a+bx+cx^2+dx^3)$

رابطه 3: $LAI= polynomial (a+bx+cx^2+dx^3)$

هم‌چنین سرعت رشد نسبی با استفاده از رابطه 4 محاسبه شد (سرمدنیا وکوچکی، 1368):

رابطه 4: $RGR=1/DM (\Delta DM /10 GDD)$

سرعت رشد محصول نیز از حاصل‌ضرب مقدار ماده خشک برآورد شده در سرعت رشد نسبی طبق رابطه 5 محاسبه گردید (سرمدنیا وکوچکی، 1368):

رابطه 5: $CGR= DM\times RGR$

در نهایت نمودارهای تغییرات فصلی ماده خشک، شاخص سطح برگ و سرعت رشد نسبی و محصول برحسب 50 درجه افزایش درجه روز ترسیم گردید. در برآورد معادلات رشد از شاخص دمایی درجه روز رشد (GDD) استفاده شد. به منظور بیان مدل رشد و نمو گیاه بر مبنای تجمع حرارتی ابتدا دمای روز رشد بر طبق رابطه 6 زیر برای هر روز محاسبه و سپس برای تمام روزهای یک مرحله از رشد گیاه جمع می‌گردند (سرمدنیا وکوچکی، 1368):

رابطه 6: $M= [(T_{max}+T_{min})/2]-T_B$

در این فرمول، GDD=M= درجه روز رشد، Tmax= حداکثر دمای روزانه، Tmin= حداقل دمای روزانه و Tb= دمای پایه می‌باشد. از آن‌جایی که رشد گیاه در خارج از دو حد حرارتی رشد متوقف می‌شود دمای پایه در حدی منظور می‌گردد که گیاه در کم‌تر از آن رشدی نخواهد داشت. در مواردی که حداکثر دمای روزانه بیش‌تر از حد مطلوب گیاه مورد مطلوب نظر باشد دمای مطلوب و در موردی که دمای حداقل روزانه کم‌تر از دمای پایه باشد به جای آن دمای پایه قرار داده می‌شود (کریمی، 1372). در این محاسبات بر اساس منابع مورد مطالعه، دماهایی که پایین‌تر از دمای پایه برای ذرت و آفتابگردان یعنی 10 درجه سانتی‌گراد بود برابر 10 و دماهای بالاتر از 30 درجه نیز برابر با 30 در نظر گرفته شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

صفات اندازه‌گیری شده

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نیتروژن بر وزن تر در سطح احتمال یک درصد و بر ارتفاع بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، ولی بر تعداد برگ در بوته و تعداد گره در بوته ذرت اثری نداشت (جدول 2). چون در این آزمایش سطوح عامل نیتروژن به‌طور یکسان تغییر یافته، SS عامل نیتروژن با استفاده از جدول ضرایب چند جمله‌ای متعامد به

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-07]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.7.4]

اجزای خطی و درجه دوم تفکیک گردید. F محاسبه شده نشان داد که جزء خطی در هر دو مورد ارتفاع بوته و وزن تر کل ذرت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. هم‌چنین افزایش این دو صفت به‌طور معنی‌داری با افزایش مقدار نیتروژن رابطه خطی داشت. اثر درجه دوم در تجزیه واریانس این دو صفت، غیر معنی‌دار شد، یعنی علاوه بر وجود رابطه خطی، ارتباط درجه دومی بین این دو صفت و مقدار نیتروژن وجود نداشت. بنابراین زیاد شدن این دو صفت برای هر مقدار افزایش کود تدریجی و ثابت است. این نتایج با یافته‌های نبوی و مظاهری (1377) مطابقت داشت. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته ذرت در 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد و با 50 و 100 کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری داشت (شکل 2). بنابراین افزایش میزان کود نیتروژن از 50 کیلو به سمت 150 کیلوگرم در هکتار باعث افزایش ارتفاع بوته ذرت گردید. بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع بوته ذرت در الگوهای مختلف کشت به‌ترتیب به الگوهای کشت S2 و S4 اختصاص داشت و تفاوت بین این دو تیمار معنی‌دار بود (شکل 1). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین الگوهای کشت S2 و S5 تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول 2). در آفتابگردان تفاوت صفت ارتفاع بوته برای الگوهای کشت غیر معنی‌دار ولی برای سطوح مختلف کود نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، هم‌چنین برهمکنش این دو تیمار غیرمعنی‌دار بود (جدول 2). مقایسه میانگین ارتفاع بوته آفتابگردان برای سطوح مختلف کود نیتروژن نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین ارتفاع بوته به‌ترتیب به مقادیر کودی 150 و 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختصاص داشت (شکل 7). نتایج این تحقیق در مورد وزن تر ذرت نشان داد که بیش‌ترین وزن تر کل ذرت در سطح 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد که با سطح 50 کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری داشت ولی اختلاف آن با سطح 100 کیلوگرم معنی‌دار نبوده است (شکل 4). بیش‌ترین وزن تر کل ذرت به الگوهای کشت S2 و S5 و کم‌ترین وزن تر کل به الگوی کشت S4 اختصاص داشت (شکل 3). نتایج نشان داد که بین الگوهای کشت S2 و S5 تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول3). نتایج مشابهی توسط هاشمی‌دزفولی وهمکاران (1379) و نبوی و مظاهری (1377) گزارش گردیده است.

تجزیه واریانس وزن تر کل آفتابگردان نشان داد که تیمار نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد اثری معنی‌داری بر وزن تر کل آفتابگردان داشت (جدول 2). بیش‌ترین وزن تر کل آفتابگردان سطح 150 کیلوگرم نیتروژن به‌دست آمد، با این حال این سطح تنها با سطح 50 کیلوگرم تفاوت معنی‌داری داشت (شکل 6). هم‌چنین الگوی کشت بر وزن تر کل گیاه آفتابگردان اثر معنی‌داری را نشان داد (جدول 3). بین الگوهای کشت، در میزان وزن تر کل آفتابگردان تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد مشاهده شد، بیش‌ترین وزن تر کل آفتابگردان به الگوهای کشت S2 و S1 و کم‌ترین وزن تر کل به الگوی کشت S4 اختصاص داشت (شکل 5). تفکیک SS عامل نیتروژن به اجزاء خطی و درجه دوم نشان داد که جزء خطی در مورد وزن تر کل آفتابگردان در سطح احتمال یک درصد و در ارتفاع بوته در سطح احتمال پنج درصد

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-07]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.7.4]

معنی‌دار است، یعنی با افزایش میزان نیتروژن مقدار عملکرد و ارتفاع بوته در گیاه آفتابگردان به‌طور خطی افزایش می‌یابد (جدول 3). این نتایج با یافته‌های نبوی و مظاهری (1377) مطابقت داشت.

جدول 2: تجزیه واریانس (تعداد برگ در بوته، ارتفاع بوته، وزن تر کل و تعداد گره در بوته ذرت)

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارزش F			
		تعداد برگ در بوته	ارتفاع بوته	وزن تر کل	تعداد گره در بوته
تکرار	3	/41 ns	2/17 ns	2/93 *	/52 ns
نیتروژن (A)	2	2/16 ns	4/44 *	4/59 **	/46 ns
خطی	1		13/23 **	14/23 **	
درجه دوم	1		1/31	2/23	
خطای a	6	1/56	2/11	/23	/65
الگوی کشت (B)	3	/52 ns	3/70*	2/20*	/46 ns
برهمکنش (AB)	6	/09ns	/48ns	/12 ns	/11ns
خطای b	27	1/89	2/98	/65	/81

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

جدول 3: تجزیه واریانس (تعداد برگ در بوته، ارتفاع بوته، وزن تر کل و تعداد گره در بوته آفتابگردان)

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارزش F			
		تعداد برگ در بوته	ارتفاع بوته	وزن تر کل	تعداد گره در بوته
تکرار	3	3/01*	/66 ns	2/02 ns	1/82 ns
نیتروژن (A)	2	2/44ns	4/10*	2/55 *	1/77 ns
خطی	1		10/21*	16/28 **	
درجه دوم	1		1/24	1/01	
خطای a	6	1/28	2/34	/77	/63
الگوی کشت (B)	3	/55ns	/10ns	2/39*	/04 ns
برهمکنش (AB)	6	/19ns	/04ns	/25ns	/05ns
خطای b	27			/25	/89

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشد

رشد گیاه مجموعه‌ای از فرآیندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی خاص است که بر یکدیگر برهمکنش داشته و تحت اثر کلیه عوامل محیطی قرار می‌گیرند. شناخت و بررسی شاخص‌های رشد در تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر عملکرد و اجزاء آن از اهمیت زیادی برخوردار است و ثبات آن تعیین کننده مقدار ماده خشک تولیدی است و کل ماده خشک تولیدی معیاری از پتانسیل عملکرد است. روش‌هایی که برای تعیین اجزاء رشد محصول مورد استفاده قرار می‌گیرد تحت عنوان میزان شاخص‌های رشد معرفی می‌شوند. آنالیز رشد فاکتور مهمی در تجزیه و تحلیل کمی رشد و نمو گیاه و هم‌چنین تولید محصول است از این نظر اهمیت و کاربرد آن بوسیله Blackman (1919) مورد تأیید قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار نیتروژن بر ماده خشک ذرت و شاخص سطح برگ آفتابگردان در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 5). تیمار الگوی کشت بر ماده خشک ذرت و LAI آفتابگردان و در سطح احتمال پنج درصد اثر معنی‌داری داشت، تفکیک SS عامل نیتروژن برای ماده خشک تولیدی ذرت به اجزاء خطی و درجه دوم نشان داد که جزء

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-07]
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.7.4]

خطی درسطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 5). یعنی با افزایش میزان نیتروژن تجمع ماده خشک به‌طور خطی افزایش یافت.

شکل 8 نشان داد که بیش‌ترین ماده خشک تولیدی ذرت متعلق به سطح 150 کیلوگرم نیتروژن و کم‌ترین آن متعلق به سطح 50 کیلوگرم بود، این اختلاف از نظر آماری نیز معنی‌دار بود. این نتایج با یافته‌های صفی‌خانی و همکاران (1393) مطابقت داشت. کل ماده خشک تولیدی ذرت می‌تواند معیاری از پتانسیل عملکرد باشد (باقری و همکاران، 1391). شکل 10 نشان داد که بالاترین مقدار ماده خشک ذرت به آرایش S2 اختصاص داشت. روند افزایش ماده خشک طبق نمودارها تا 1400 درجه روز پس از کاشت ادامه داشته و ازاین مرحله به بعد تقریباً حالت ثابتی به خود گرفت و بعد از 1400 درجه روز رشد سیر نزولی پیدا کرد. شروع روند کاهشی تجمع ماده خشک در هر سه سطح ماده خشک مشابه و از حدود 1500 درجه روز شروع شد. این نتایج نشان می‌دهد که میزان نیتروژن مصرفی در زمان شروع ریزش برگ‌ها و انتقال مجدد مواد و بالاخره زمان رسیدگی اثر چندانی نداشت. نتایج تجزیه واریانس شاخص سطح برگ در هر دو گیاه نشان داد که در اثر تیمار نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود و اثر تیمار الگوی کشت بر شاخص سطح برگ آفتابگردان و ماده خشک کل اثر ذرت در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول 5). نتایج مشابهی توسط رحیمیان مشهدی و همکاران (1371) و Shafshak و همکاران (1986) گزارش گردیده است. در گیاه آفتابگردان، تفکیک SS تیمار نیتروژن به اثرات خطی و درجه دوم نیز حاکی است که رگرسیون خطی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، شاخص سطح برگ با افزایش میزان نیتروژن به‌صورت خطی افزایش یافت (جدول 5). شکل 9 نشان داد که شاخص سطح برگ آفتابگردان تا حدود 1400 درجه روز پس از کاشت افزایش یافته، سپس بعد از این مرحله با شروع زرد شدن و ریزش برگ‌ها مقدار آن کاهش داشت و بیش‌ترین مقدار LAI به نیتروژن 150 کیلوگرم در هکتار متعلق بود. نحوه تغییرات LAI در نمودارها دقیقاً با نحوه تغییرات ماده خشک تولیدی مطابقت داشت که نشان می‌دهد بالا بودن LAI در سطح 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، باعث افزایش ماده خشک شد. نتایج تحقیقات مختلف Demotes و همکاران (2004) نیز این مطلب را نشان داده است. شکل‌های 12 و 13 نشان دادند که سرعت رشد گیاه (CGR) در سطوح مختلف نیتروژن با توجه به این که روند رشد در هر گیاه مشابه بود، با این تفاوت که در مراحل ابتدای رشد آفتابگردان روند افزایشی CGR تا 1100 درجه روز رشد ادامه یافت، ولی از 1100 درجه روز رشد به بعد با کاهش شاخص سطح برگ سرعت رشد گیاه نیز سیر نزولی طی کرد تا اینکه حدود 1300 درجه روز رشد صفر و در GDDهای بیش‌تر از آن منفی شد، این بدان معنی است که در این هنگام میزان ماده خشک تولید شده در اثر تنفس و یا فتوسنتز، کم‌تر از مقدار ماده خشکی است که گیاه در اثر تنفس و یا ریزش برخی از اندام‌ها مثل برگ‌ها از دست می‌دهد. مطابق این نمودارها بیش‌ترین مقدار CGR در سطح

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-07]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.7.4]

150 کیلوگرم نیتروژن حاصل گردید که حدود 2/5 گرم بر مترمربع بر درجه روز رشد برای ذرت و حدود 2/83 گرم بر مترمربع بر درجه روز رشد برای آفتابگردان بود و کم‌ترین مقدار مربوط به سطح 50 کیلوگرم نیتروژن مشاهد شد. شکل‌های 14 و 15 سرعت رشد نسبی (RGR) هر دو گیاه را در سطوح مختلف نیتروژن نشان می‌دهند. میزان رشد نسبی در اوایل فصل رشد بالا بوده و به تدریج همراه با رشد گیاه و به دلیل افزایش سایه‌اندازی و هم‌چنین کاهش سلول‌های مریستمی نسبت به سلول‌های بالغ (سلول‌هایی که قادر به تقسیم نیستند) روند نزولی خطی نشان داد. سرعت رشد نسبی بسته به تغییرات وضعیت فتوسنتز و تنفس گیاه تغییر می‌یابد و به همین دلیل با گذشت زمان و در نتیجه رشد گیاه و افزایش مقدار تنفس در اواخر فصل رشد منفی می‌گردد به‌طوری‌که در این آزمایش مقدار آن پس از حدود 1500 درجه روز رشد برای هر دو گیاه ذرت آفتابگردان منفی گردید. بالاترین مقدار RGR هر دو گیاه در سطح 150 کیلوگرمی نیتروژن به‌دست آمد که برای ذرت در حدود 0/021 گرم بر گرم بر مترمربع بر GDD و مربوط به آرایش کشت S2 و برای آفتابگردان حدود 0/0026 گرم بر گرم بر مترمربع بر GDD و مربوط به آرایش S2 می‌باشد (شکل‌های 14 و 15). شکل‌های 16 و 17 نشان دادند که میزان جذب خالص (NAR) در هر دو گیاه و در سطوح نیتروژن از الگوی عمومی منحنی NAR پیروی می‌کند. سرعت جذب خالص در اوایل فصل رشد که حداقل سایه‌اندازی وجود دارد بیش‌ترین مقدار را داشت و سپس با گذشت زمان و رشد بیش‌تر گیاهان و در نتیجه سایه‌اندازی بیش‌تر مقدار آن کاهش می‌یافت تا اینکه در 1300 تا 1400 درجه روز رشد همراه با ریزش برگ‌ها و در نتیجه کاهش شاخص سطح برگ مقدار آن منفی شد. بیش‌ترین مقدار NAR در هر گیاه به سطح 150 کیلوگرم نیتروژن متعلق بود (شکل‌های 16 و17). این نتایج با یافته‌های باقری و همکاران (1391) و صفی‌خانی و همکاران (1393) مطابقت داشت.

نتایج آزمایش نشان داد که به جز تیمار 50 درصد ذرت و 50 درصد آفتابگردان و در سطح 50 کیلوگرم نیتروژن و تیمار 25 درصد آفتابگردان و 75 درصد ذرت در سطح 50 کیلوگرم نیتروژن، بقیه تیمارهای کشت مخلوط در تمام سطوح کودی بر تک‌کشتی برتری داشتند. حداکثر اضافه محصول (16 درصد نسبت به تک‌کشتی) در تیمار 75 درصد آفتابگردان و 25 درصد ذرت و با مصرف 150 کیلوگرم در هکتار نیتروژن (S2N3) به‌دست آمد که در این تیمار شاخص‌های LAI، CGR، RGR و NAR نیز بیش‌تر از سایر تیمارهای کشت مخلوط بود. با مصرف 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، حداقل اضافه محصول درتیمار S4 (75 درصد ذرت و 25 درصد آفتابگردان) حاصل شد که با افزایش نسبت آفتابگردان در مخلوط (25 درصد ذرت و 75 درصد آفتابگردان) چیرگی آفتابگردان موجب افزایش محصول حدود 9/3 درصد شد (جدول 4).

برای ارزیابی کشت مخلوط از نسبت برابر زمین (LER) که به وسیله بسیاری از محققان استفاده گردید (Anwarhan, 1984; Allen and Obura, 1983; Pal *et al*.,1988; Weil Ray and Macfaden, 1991). مقادیر LER محاسبه

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-07]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.7.4]

شده حاکی است که کم‌ترین مقدار LER مربوط به سطح 50 کیلوگرم نیتروژن و آرایش S4 می‌باشد (جدول 4). مقدار LER با افزایش مقدار نیتروژن زیادتر شد و در سطح 150 کیلوگرم و آرایش کشت مخلوط S2 به بالاترین مقدار یعنی 1/16 رسید یعنی در این حالت کشت مخلوط 16 درصد محصول بیش‌تری نسبت به کشت خالص تولید کرد است (جدول 4). افزایش LER با زیاد شدن مقادیر نیتروژن در دیگر آزمایشات نیز دیده شده است (Hibsch, 1983; Chowdhury and Rosario,1992). بالا بودن LER در اکثر الگوهای کشت مخلوط مؤید این نظر است که گیاهان در کشت مخلوط از عوامل محیطی بیش‌تر و بهتر استفاده می‌کنند (Weil Ray and Macfaden, 1991; Blackman, 1919). در کشت مخلوط 75 درصد آفتابگردان و 25 درصد ذرت و 50 کیلوگرم نیتروژن میزان عملکرد به‌دست آمده 3 درصد بیش از تک‌کشتی بود که با افزایش میزان نیتروژن تا حدود 150 کیلوگرم این برتری نیز افزایش یافت و چنین می‌توان استنباط نمود که در شرایط محیطی نامناسب و مناسب (از نظر میزان نیتروژن خاک) این روش کشت بر تک‌کشتی برتری دارد (جدول 4).

جدول 4: محاسبه نسبت برابری زمین LER در رابطه با مقدار ماده خشک تولیدی

آرایش مخلوط	مقادیر نیتروژن			میانگین LER در نسبت‌های مختلف کاشت
	N_1	N_2	N_3	
S_2	1/03	1/09	1/16	1/09
S_3	/93	1/02	1/11	1/02
S_4	/79	1/01	1/06	/95
میانگین LER در مقادیر مختلف نیتروژن	/91	1/04	1/11	

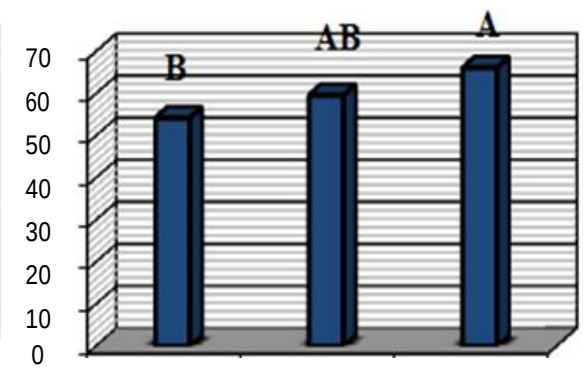
جدول 5: تجزیه واریانس ماده خشک و شاخص سطح برگ در دو گیاه آفتابگردان و ذرت

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارزش F			
		ذرت		آفتابگردان	
		TDM	LAI	TDM	LAI
تکرار	3	3/80*	1/10 ns	/85 ns	2/17 ns
نیتروژن (A)	2	3/07 *	1/22 ns	/41 ns	4/44 *
خطی	1	7/31*			12/36 *
درجه دوم	1	2/20*			2/01 *
خطای a	6	2/12	1/11	6/23	2/12
الگوی کشت (B)	3	3/55 *	/34 ns	/34ns	3/07 *
برهمکنش (AB)	6	/65ns	/27 ns	/13 ns	/13ns
خطای b	27	2/23	1/26	7/12	3/02

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

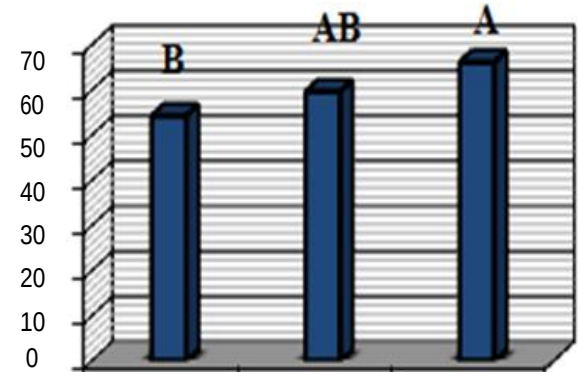
[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-07]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.7.4]



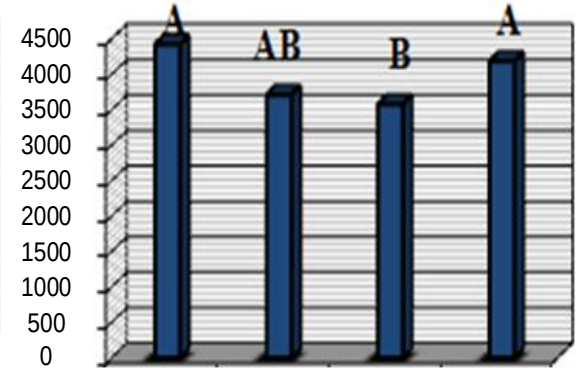
	N1	N2	N3
Mean	54	60	66

شکل 1: مقایسه میانگین ارتفاع ذرت در الگوهای کشت به روش دانکن (P< 0/05)



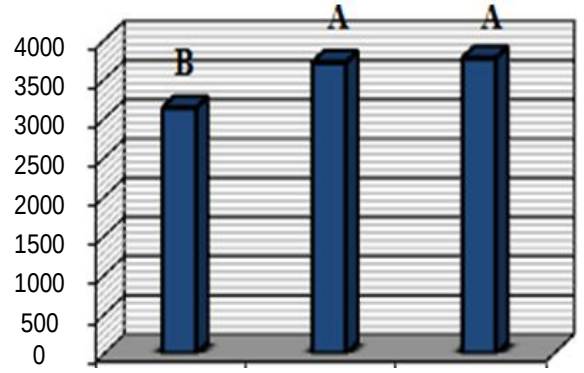
	N1	N2	N3
Mean	54	60	66

شکل 2: مقایسه میانگین ارتفاع ذرت در سطوح مختلف نیتروژن به روش دانکن (P< 0/05)



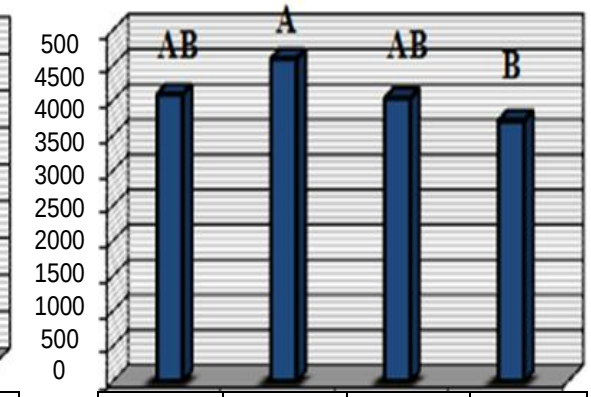
	S2	S3	S4	S5
Means	4423	3712	3580	4185

شکل 3: مقایسه میانگین وزن تر ذرت در الگوهای کشت به روش دانکن (P< 0/05)



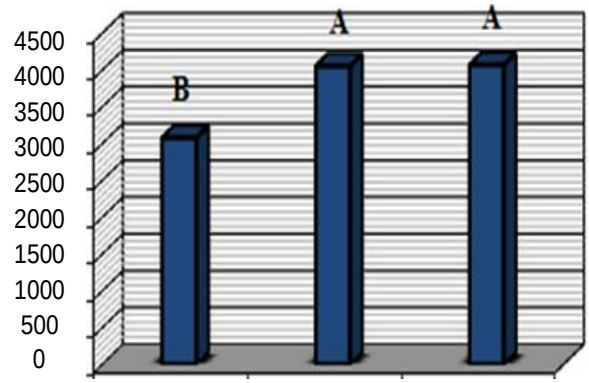
	N1	N2	N3
Mean	3134	3715	3771

شکل 4: مقایسه میانگین وزن تر ذرت در سطوح مختلف نیتروژن به روش دانکن (P< 0/05)



	S2	S3	S4	S5
Means	4423	3712	3580	4185

شکل 5: مقایسه میانگین وزن تر آفتابگردان در الگوهای کشت به روش دانکن (P< 0/05)

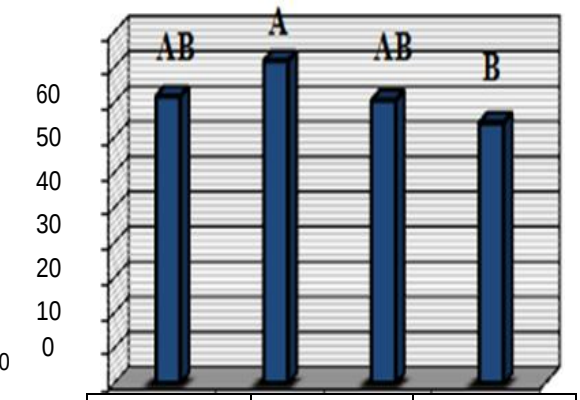


	N1	N2	N3
Mean	3134	3715	3771

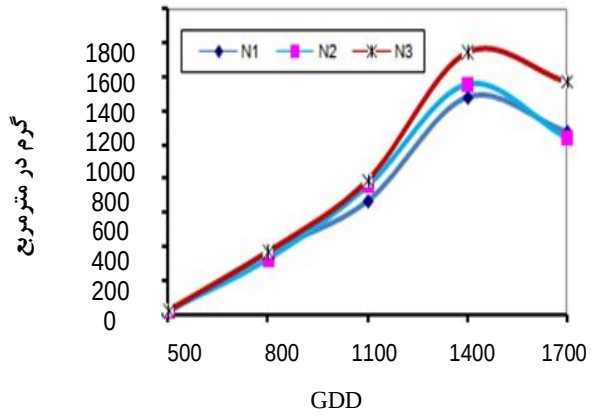
شکل 6: مقایسه میانگین وزن تر آفتابگردان در سطوح مختلف نیتروژن به روش دانکن(P< 0/05)

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-07]

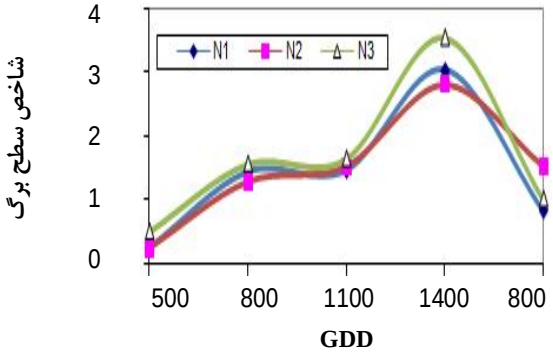
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.7.4]



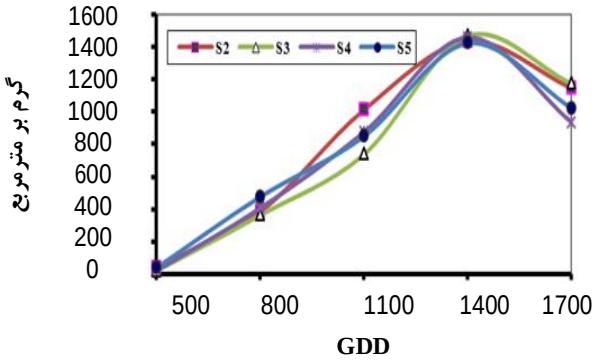
شکل 7: مقایسه میانگین ارتفاع آفتابگردان در سطوح مختلف نیتروژن به روش دانکن (P< 0/05)



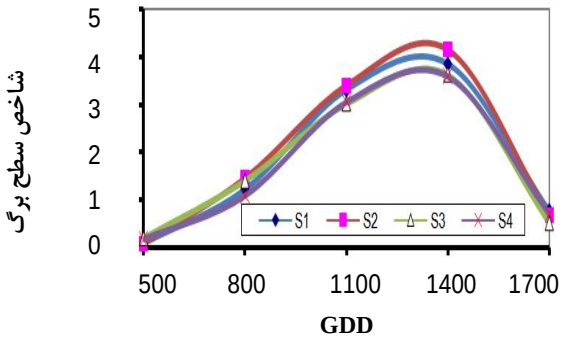
شکل 8: مقدار ماده خشک تولیدی ذرت در سطوح مختلف نیتروژن (میانگین پنج الگوی کشت)



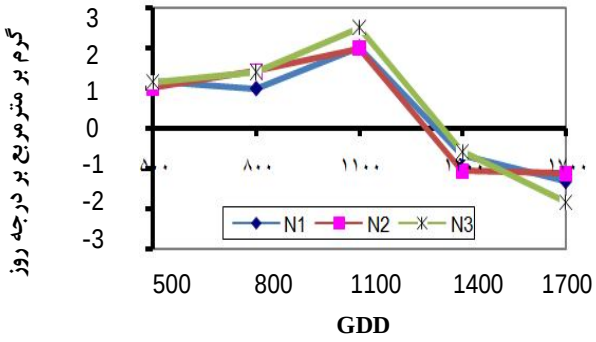
شکل 9: شاخص سطح برگ آفتابگردان در سطوح مختلف نیتروژن (میانگین پنج الگوی کشت)



شکل 10: مقدار ماده خشک تولیدی ذرت در الگوهای کشت (میانگین سه سطح نیتروژن)



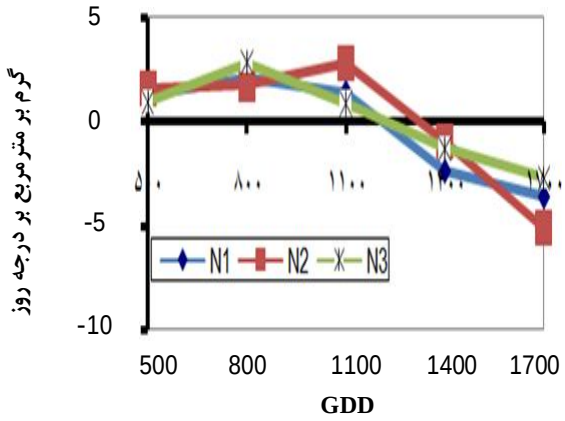
شکل 11: شاخص سطح برگ آفتابگردان در الگوهای کشت (میانگین سه سطح نیتروژن)



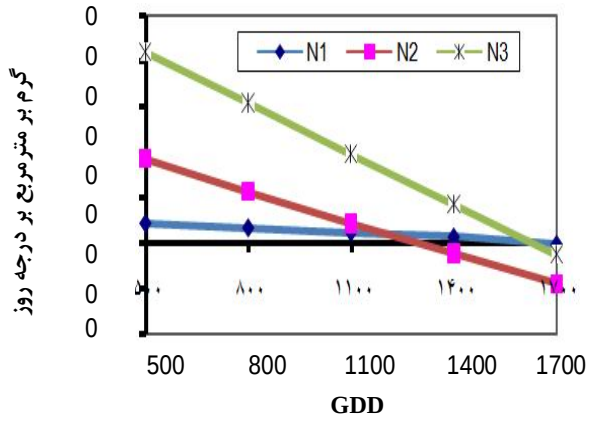
شکل 12: سرعت رشد گیاه (CGR) ذرت در سطوح مختلف نیتروژن (میانگین پنج الگوی کشت)

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-07]

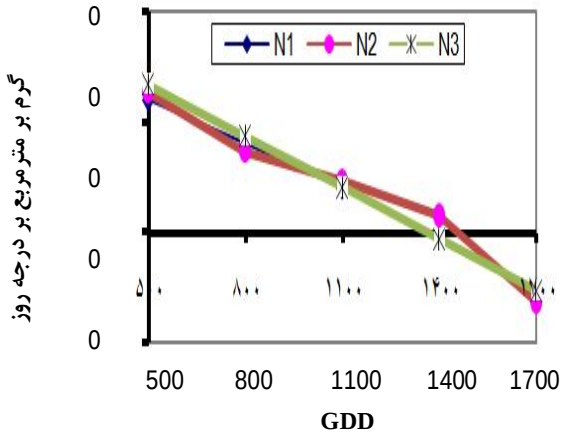
[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.7.4]



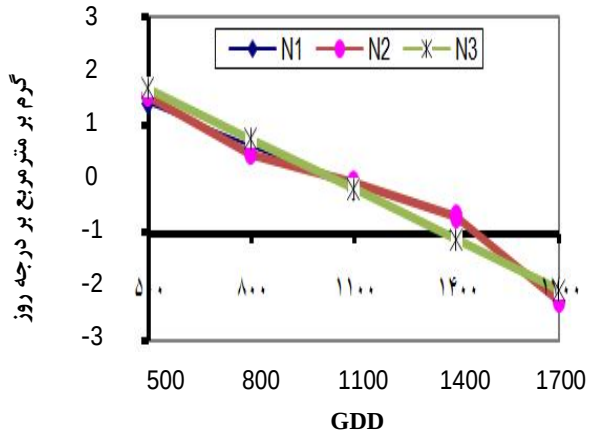
شکل 13: سرعت رشد گیاه (CGR) آفتابگردان در سطوح مختلف نیتروژن (میانگین پنج الگوی کشت)



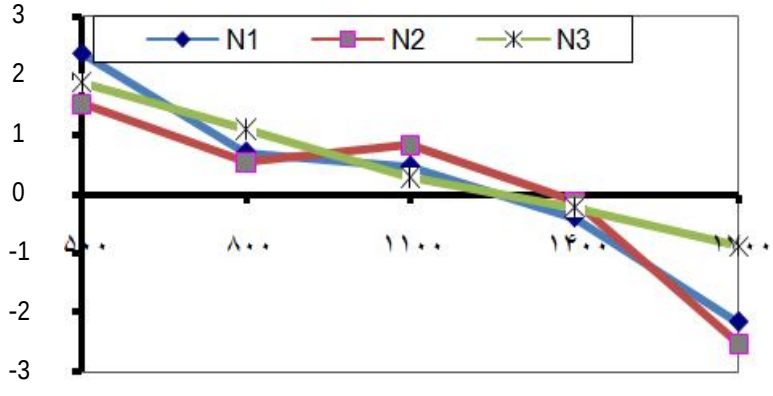
شکل 14: سرعت رشد نسبی (RGR) ذرت در سطوح مختلف نیتروژن (میانگین پنج الگوی کشت)



شکل 15: سرعت رشد نسبی (RGR) آفتابگردان در سطوح مختلف نیتروژن (میانگین پنج الگوی کشت)



شکل 16: سرعت جذب خالص (NAR) ذرت در سطوح مختلف نیتروژن (میانگین پنج الگوی کشت)



شکل 17: سرعت جذب خالص (NAR) آفتابگردان در سطوح مختلف نیتروژن (میانگین پنج الگوی کشت)

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-07]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.7.4]

نتیجه‌گیری

بیش‌ترین مقادیر مشاهده شده برای صفات مختلف در 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد و با 50 و 100 کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری داشت. بنابراین نتیجه این که افزایش میزان کود نیتروژن از 50 کیلوگرم به سمت 150 کیلوگرم در هکتار باعث بهبود صفات ذرت می‌گردد. هم‌چنین از جداول مقایسه میانگین این نتیجه قابل استخراج است که بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر برای صفات مختلف مورد آزمون و هم‌چنین شاخص‌های رشدی (TDM، LAI، RGR، CGR و NAR) در الگوهای مختلف کشت، به‌ترتیب زمانی حاصل خواهد شد که الگوهای کشت S2 و S4 اعمال شوند. بنابراین جهت دستیابی به بالاترین عملکرد و صفات مؤثر بر عملکرد و هم‌چنین بهبود شاخص‌های رشد، الگوی کشتی 75 درصد ذرت و 25 درصد آفتابگردان و هم‌چنین مصرف 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار توصیه می‌شود.

منابع

باقری، م.، فائزه زعفریان، ف.، اکبرپور، و.، اسدی، ق. و بیچرانلو، ب. 1391. ارزیابی شاخص‌های رشد سویا، ریحان رویشی و گاوزبان اروپایی در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی. 19 (3): 25-1.

خواجه‌پور، م. 1370. تولید نباتات صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان. 220ص .

رحیمیان‌مشهدی، ح ، پارسا، م. و حسینی، م. 1371. مطالعه عملکرد و اجزا آن در کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان و سویا. مجله دانش کشاورزی. 3 (4) : 140-126.

سرمدنیا، غ. و کوچکی، ع. 1368. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی مشهد. 467 ص.

صفی‌خانی، س.، چایی‌چی، م. و علی‌پور بابایی، ا. 1393. مطالعه اثر منابع کودی نیتروژن بر عملکرد علوفه شبدر برسیم در کشت مخلوط افزایشی با ریحان در شرایط اقلیمی کرج. نشریه بوم شناسی کشاورزی. 6 (2) :300-290.

کریمی، م. 1372. آنالیز شاخص‌های رشد بر اساس واحد گرمایی. مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران- دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، ایران. 241- 235.

محمدآبادی، ع. ا.، رضوانی مقدم، پ.، فلاحی، ج. و برومندرضا زاده، ز. 1390. بررسی تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر خصوصیات کمی وکیفی شنبلیله. مجله بوم شناسی. 3 (2): 257-249.

مظاهری، د. 1373. زراعت مخلوط- انتشارات دانشگاه تهران. 269 ص.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-07]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.7.4]

نادری، ا. 1373. بررسی اثرات کاشت بر عملکرد ارقام آفتابگردان درکشت تابستانه. چکیده مقالات سومین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران . دانشگاه تبریز، ایران. 146-142.

نبوی ،س .م، و مظاهری، د. 1377. تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن در زراعت مخلوط ذرت و سویا. مجله علوم کشاورزی ایران 29 (3): 467-455.

هاشمی‌دزفولی، ا.، ابدالی، ع. و سیادت، ع. 1379. تأثیر نسبت اختلاط و تاریخ کاشت بر روی عملکرد کمی و کیفی علوفه و دانه در کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان در منطقه اهواز. مجله علوم زراعی ایران. 2 (2): 15-1.

Allen, J.R. and Obura, R.K. 1983. Yield of corn, cowpea, and soybean under different intercropping system. Agronomy Journal 75: 1005-1010.

Anwarhan, H. 1984. Effect of population density and nitrogen application on the growth of corn and soybean planted as monoculture and intercrop contributions. Central Research Institute for Food Crops Bogart 73: 21-38.

Aydin, U. and Uzun, F. 2005. Nitrogen and phosphorus fertilization of rangelands affects yield, forage quality and the botanical composition European Journal Agronomy 23: 8-14.

Baumann, D.T., Bastians, L., Gaudian, I., Vanlar, H.H. and Kroff, M.J. 2002. Analyzing crop yield and plant quality in a intercropping system using an ecophysiological model for interplant competition. Agricultural Systems 173-203.

Blackman, V.H. 1919. The compound interest law and plant growth. Annual Botanical 33: 353-360.

Chowdhury, M.k. and Rosario, E.L. 1992. Phosphorus utilization efficiency as effected by component popululion rhizobial inoculation on applied nitrogen in maize/mungbean intercroping. Experimental Agriculture 28(3): 255-263.

Demotes, P., Mainard, S. and Jeuffroy, M. 2004. Effects of nitrogen and radiation on dry matter and nitrogen accumulation in the spike of winter wheat. Field Crop Research 87(3): 221-233.

Duli Zhao, K., Gopal Kakani, V. and Reddy, R. 2005. Nitrogen deficiency effects on plant growth, leaf photosynthesis and reflectance properties of sorghum. European Journal Agronomy 22: 391-403.

Hibsch, C.K., 1983. Principles of intercropping effects of nitrogen fertilitization, plant population and crop duration on equivalency ratios in intercrop versus monoculture comparisons. Field Crop Abstract 36: 70-75.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-07]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.7.4]

Massingname, A.M., Chapman, S.C. Hammer, G.I. and Fukai, S. 2005. Canopy architecture and nitrogen utilization for biomass production: the contrast between maize and sunflower. Australian society of Agronomy 65: 34-43.

Pal, U.R., Kalu, B.A., Norman, J.C. and Adedzwa, D.K. 1988. N and P fertilizer use in soybeen/ maize mixtrue. Journal Agronomy and crop science 160(2): 132-140.

Shafshak, S.E., Shoir, E.S., EL-Ahmer, B.A., Madkour, M.A. 1986. Studies on soybean and sunflower intercropping. Annals of Agricultural Science Moshtor 24: 1773-1793

Weil Ray, R. and Macfaden, M.E. 1991. Fertility and weed stress on performance of maize/soybean intercrop.Agronomy Journal 83: 717-729.

[Downloaded from cpj.ahvaz.iau.ir on 2026-10-07]

[DOR: 20.1001.1.2008403.1394.7.26.7.4]