

اثر کودهای سبز و معدنی بر میزان حاصلخیزی خاک، ضریب استهلاک نوری و عملکرد دانه‌ی گندم رقم چمران

عادل مدحج^{1*} و عبدالرحیم محمدی پور²

1- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شوشتر، گروه زراعت، شوشتر، ایران.

2- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد دزفول، گروه زراعت، دزفول، ایران.

* مسئول مکاتبات؛ پست الکترونیک: a.modhej@khouzestan.srbiau.ac.ir

(تاریخ دریافت: 91/7/12؛ تاریخ پذیرش: 92/3/9)

چکیده

به منظور بررسی اثر تاریخ کاشت ماش به عنوان کود سبز و سطوح مختلف کود فسفر و نیتروژن بر ضریب استهلاک نوری و عملکرد دانه‌ی گندم رقم چمران این آزمایش در سال زراعی 90-1389 به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصافی با سه تکرار در شهرستان دزفول اجرا شد. دو تاریخ کاشت کود سبز ماش شامل 10 تیرماه و 20 مردادماه به همراه کرت آیش به عنوان کرت اصلی در نظر گرفته شدند. سه سطح کود نیتروژن (صفر، 60 و 120 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و سه سطح کود فسفر (صفر، 45 و 90 کیلوگرم فسفر خالص در هکتار) به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که کاشت ماش به عنوان کود سبز باعث افزایش میزان مواد آلی و عناصر معدنی موجود در خاک شد. بیشترین ضریب استهلاک نوری گندم به تیمار تاریخ کاشت ماش در 10 تیرماه اختصاص داشت. افزایش نیتروژن باعث افزایش معنی دار ضریب استهلاک نوری شد. استهلاک بیشتر نور توسط سایه انداز گندم در سطوح بالای نیتروژن به دلیل افزایش شاخص سطح برگ بود. کشت کود سبز ماش در تاریخ‌های 10 تیرماه و 20 مردادماه باعث افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار آیش به میزان 15/3 و 3/1 درصد شد. بیشترین عملکرد دانه به ترکیب تیماری 120 کیلوگرم نیتروژن و 90 کیلوگرم فسفر در تاریخ کاشت کود سبز دهم تیرماه تعلق داشت. به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که کاشت ماش جهت استفاده به عنوان کود سبز در تاریخ 10 تیرماه باعث افزایش عملکرد دانه‌ی گندم نسبت به شرایط آیش شد. به نظر می‌رسد، استفاده از کودهای سبز و معدنی به طور همزمان باعث افزایش جذب کودهای معدنی، استفاده‌ی بیشتر گندم از عناصر غذایی موجود در کودهای سبز و افزایش میزان جذب تابش برای متابولیسم این عناصر شد.

واژه‌های کلیدی: کودهای شیمیایی، ضریب استهلاک نوری، ماش

مقدمه

کود سبز به عنوان یک ترمیم کننده خاک و یک منبع غذایی ارزشمند برای گیاه محسوب می‌شود (9، 24). این کود نقش مهمی در تنظیم تناوب برای نظام‌های کشاورزی به ویژه ارگانیک دارد. کود سبز به حفظ نیتروژن و سایر عناصر غذایی و در برخی موارد به تجمع آن در خاک کمک می‌کند و هدرروی عناصر در نتیجه‌ی آبشویی را کاهش می‌دهد (14). اگرچه بخش عمده‌ای از پژوهش‌های مربوط به کود سبز، تنها بر میزان و نحوه‌ی تثبیت نیتروژن توسط آن‌ها متمرکز شده‌اند، اما نتایج برخی دیگر از پژوهش‌ها نشان می‌دهند که در هنگام استفاده از این کودها،

میزان فسفر خاک نیز افزایش می‌یابد (5). کودهای سبز ممکن است از طریق سازوکارهای مختلف باعث افزایش میزان فسفر قابل دسترس برای گیاه زراعی بعدی شوند. این کودها از طریق جذب فسفر باقی مانده از کودهای شیمیایی، آن را به فرم قابل مصرف برای گیاه بعدی تبدیل می‌کنند. برخی از گونه‌های بقولات نظیر یونجه، شبدر قرمز، لوپن و... قادرند بیش از سایر گیاهان زراعی فسفر جذب کنند (2). فسفر موجود در ترکیبات آلی گیاهان سبز، فرم قابل جذب و تغییرپذیر را برای گیاه بعدی فراهم می‌کند. فسفر آلی از طریق فرایند معدنی شدن به تدریج به فسفر معدنی تبدیل شده و توسط گیاه زراعی بعدی جذب می‌گردد (5، 26، 27). تجادا و همکاران (25) با بررسی اثر برخی گیاهان خانواده ی بقولات به عنوان کود سبز بر ویژگی‌های کیفی و بیولوژیک خاک گزارش دادند کودهای سبز باعث افزایش درصد مواد آلی، بیوماس ریزجانداران، دهیدروژناز و اوره‌آز خاک نسبت به تیمار شاهد بدون کود می‌شوند. سینگ و همکاران (21) نتیجه گرفتند کشت لگوم‌ها به عنوان کود سبز باعث افزایش میزان عناصر غذایی قابل دسترس گندم و میزان مواد آلی خاک می‌گردد. ناپدو (19) بیان نمود تامین 75 درصد از نیاز گندم از طریق کود شیمیایی اوره و 25 درصد آن توسط کود سبز، بیشترین عملکرد دانه را به همراه داشت. شاه و همکاران (22) در یک پژوهش چند ساله گزارش دادند، کشت متناوب گیاهان خانواده ی بقولات به عنوان کود سبز با گندم به همراه استفاده از کود شیمیایی نیتروژن باعث افزایش کارایی جذب این عنصر غذایی می‌گردد.

استفاده از کودهای شیمیایی در سال‌های اخیر به شکل عمده افزایش یافته است. این کودها در حجم کم و با هزینه ی کمتر نسبت به کودهای دامی مورد استفاده قرار گرفته و بنابراین تمایل زیادی برای استفاد از آنها وجود دارد. با این وجود، مصرف کودهای شیمیایی اثر مفیدی بر ویژگی‌های خاک ندارند. کشت گیاهان زراعی تثبیت کننده ی نیتروژن علاوه بر تامین بخشی از نیاز غذایی گیاه زراعی بعدی باعث افزایش مواد آلی خاک و بهبود وضعیت شیمیایی و فیزیکی آن می‌شود (23، 24، 26). نیتروژن موجود در بقایای کود سبز از طریق فرآیندهای تجزیه به تدریج آزاد شده و مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد. در این شرایط کارایی استفاده از نیتروژن توسط گیاه زراعی بعدی، افزایش یافته و میزان شستشوی عناصر غذایی به ویژه نیتروژن در مقایسه با کودهای معدنی کاهش می‌یابد (6). گویال و همکاران (11) گزارش دادند که حفظ مواد آلی خاک از طریق افزایش بقایای گیاهی در آن امکان‌پذیر است. مندال و همکاران (17) نتیجه گرفتند که در هنگام استفاده از کود سبز ماش، بهبود ساختمان خاک، افزایش میزان مواد آلی و میزان نیتروژن موجود در خاک باعث افزایش میزان عملکرد دانه‌ی گندم شد.

بهبود ویژگی‌های خاک و افزایش کارایی جذب عناصر غذایی در هنگام استفاده از کود سبز منجر به بهبود پوشش سایه انداز گیاهی، استفاده کارآمد از تابش و افزایش متابولیسم کربن می‌گردد. توانایی بالایی در بهره گیری از تابش خورشیدی، می‌تواند پایداری نظام‌های تولید را تا حد زیادی تضمین کند. یکی از شیوه‌های ارزیابی کارکرد گیاهان، اندازه گیری مقدار نور دریافتی توسط گیاه و محاسبه کارایی تبدیل آن به ماده خشک است (3). برخی مطالعات نشان می‌دهند که در هنگام استفاده کارآمد و متوازن از عناصر غذایی به ویژه نیتروژن، میزان جذب نور در سایه انداز گیاه بهبود می‌یابد (8).

اگرچه استفاده از کودهای سبز در تامین عناصر غذایی و بهبود ویژگی‌های خاک موثر است اما باید توجه داشت که این کودها قادر به تامین تمامی نیاز غذایی گیاه نیستند. بنابراین به نظر می‌رسد تلفیق این کودها با مقادیر کاهش یافته ی کودهای معدنی، علاوه بر رفع نیاز غذایی گیاه، باعث افزایش مواد آلی خاک و کیفیت فیزیکی و شیمیایی آن گردد. گیاه ماش (*Vigna radiata*) یکی از گیاهان زراعی خانواده ی بقولات است که قادر به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن بوده و در برخی مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری به عنوان کود سبز کشت می‌شود. در رابطه با تاثیر کشت این گیاه به عنوان کود سبز و همچنین برهمکنش آن با سطوح مختلف نیتروژن و فسفر معدنی بر ویژگی‌های خاک و همچنین عملکرد و اجزای عملکرد دانه‌ی گندم پژوهش‌های محدودی در سطح کشور و استان خوزستان انجام شده است. تحقیق حاضر به منظور ارزیابی اثر تاریخ کاشت ماش به عنوان کود سبز و سطوح مختلف کود فسفر و نیتروژن بر ویژگی‌های تغذیه‌ای گیاه در خاک، استهلاک نور در سایه انداز و عملکرد دانه‌ی گندم رقم چمران در

شرایط محیطی دزفول اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی 90-1389 در شش کیلومتری جنوب شهرستان دزفول اجرا گردید. محل آزمایش در عرض جغرافیایی 32 درجه و 34 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 48 درجه و 31 دقیقه شرقی واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا در حدود 143 متر است. اقلیم این منطقه گرم و خشک با زمستان‌های معتدل و تابستان‌های گرم و خشک است. پژوهش حاضر به صورت آزمایش اسپلیت پلات فاکتوریل با سه تکرار اجرا شد. دو تاریخ کاشت کود سبز ماش رقم عمرانی (10 تیرماه و 20 مردادماه) به همراه آیش به عنوان کرت اصلی بودند و در کرت‌های فرعی، سه سطح کود نیتروژن (صفر، 60 و 120 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) به عنوان فاکتور اول و سه سطح کود فسفر (صفر، 45 و 90 کیلوگرم فسفر P_2O_5 در هکتار) به عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شد. عملیات تهیه ی زمین برای کشت ماش شامل شخم عمیق، دو دیسک عمود بر هم و ماله بود. ماش در مرحله گلدهی توسط شخم به خاک برگردانده شده و توسط چنگک دوار به خوبی خرد و با خاک مخلوط گردید.

عملیات تهیه ی زمین گندم (رقم چمران) شامل شخم عمیق، دو دیسک عمود بر هم و ماله بود. مقدار بذر گندم کشت شده بر اساس توصیه‌های مراکز تحقیقاتی با تراکم 400 بذر در متر مربع تعیین گردید. گندم در تاریخ 15 آذرماه کشت شد. میزان بذر مصرفی ماش 100 کیلوگرم در هکتار بود. کودهای نیتروژن از منبع اوره (46 درصد نیتروژن خالص) و فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل (46 درصد P_2O_5) بر حسب میزان تیمار کودی به خاک اضافه شد. یک دوم کود نیتروژن و تمام کود فسفر به صورت پایه بعد از دیسک اول در مزرعه توزیع و توسط دیسک دوم با خاک مخلوط گردید. بقیه کود نیتروژن در هر تیمار کودی در مرحله ساقه رفتن (یک دوم) به صورت سرک مصرف شد.

برخی ویژگی‌های خاک نظیر میزان مواد آلی، فسفر، نیتروژن، پتاسیم، اسیدیتته و وضعیت بافت خاک اندازه گیری شدند (جدول 1). نمونه برداری از خاک محل آزمایش پیش از کشت گیاه ماش و از دو عمق 0-30 و 30-60 سانتی متر انجام شد.

جدول 1- برخی از ویژگی‌های خاک محل آزمایش

بافت خاک	بافت خاک			پتاسیم قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم خاک خشک)	فسفر قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم خاک خشک)	مواد آلی (درصد)	pH	EC (دسی زیمنس بر متر)	عمق نمونه (سانتی‌متر)
	رسی (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)						
لومی رسی	38	36	26	188	6,8	0,64	7,1	1,0	0-30
سیلتی رسی	42	40	18	121	2,8	0,43	7,6	0,7	30-60

زیست توده ی ماش پیش از اختلاط با خاک، به وسیله ی قاب چهارگوش $0,5 \times 0,5$ متری نمونه برداری و پس از خشک کردن توزین شد. نمونه‌های خشک شده پس از توزین مجدداً به کرت‌ها افزوده شدند. به منظور ارزیابی ضریب استهلاک نوری سایه انداز (k) از دستگاه Sunscan مدل Delta-T S3S1 استفاده شد. ضریب استهلاک نوری سایه‌انداز از طریق اندازه‌گیری تابش فعال فتوسنتزی در پایین سایه انداز (PAR_t)، تابش فعال فتوسنتزی در بیرون

سایه انداز (PAR_i) و شاخص سطح برگ در مرحله ی گرده افشانی، با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (15):

$$k = \frac{-\ln \frac{PAR_t}{PAR_i}}{LAI}$$

وزن دانه‌ها از چهار نمونه 250 بذری محاسبه شد. شاخص برداشت با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$HI = \frac{GY}{BY} \cdot 100$$

در این معادله HI، BY و GY به ترتیب شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه هستند. داده‌ها با استفاده از برنامه آماری SAS تجزیه واریانس شدند و مقایسه میانگین‌ها به وسیله آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال خطای پنج درصد انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های خاک

نتایج مربوط به میزان مواد آلی خاک و عناصر فسفر، پتاسیم و نیتروژن خاک پس از برگرداندن کود سبز و پیش از کاشت گندم در جدول 2 ارائه شده است. کاشت ماش به عنوان کود سبز باعث افزایش جزیی میزان مواد آلی و عناصر معدنی موجود در خاک شد. گویال و همکاران (11) گزارش دادند که حفظ مواد آلی خاک از طریق افزایش بقایای گیاهی در آن امکان‌پذیر است. مندال و همکاران (17) نتیجه گرفتند که در هنگام استفاده از کود سبز ماش، بهبود ساختمان خاک، افزایش میزان مواد آلی و میزان نیتروژن موجود در خاک باعث افزایش میزان عملکرد دانه‌ی گندم شد. کاشت ماش در تاریخ 10 تیرماه، طول دوره رشد این گیاه تا رسیدن به مرحله استفاده به عنوان کود سبز افزایش یافته و این عامل تا حدودی منجر به افزایش زیست توده گیاه در هنگام برگرداندن در خاک شد (جدول 3). از سوی دیگر مرحله گلدهی در تاریخ کاشت زودهنگام ماش، زودتر رخ داد و بنابراین در این تاریخ کاشت، فاصله زمانی بین استفاده از کود سبز و کاشت گندم بیشتر بود. به نظر می‌رسد این عامل باعث شد فرصت کافی جهت تجزیه مواد آلی و آزاد سازی عناصر غذایی در این تیمار فراهم آید. بلاک‌شو و آلبرا (1) گزارش دادند که پس از سه هفته از اختلاط اندام‌های رویشی ماش به عنوان کود سبز میزان مواد آلی، فسفر و نیتروژن خاک افزایش یافت.

ضریب استهلاک نوری

نتایج نشان داد که اثر تیمار کود سبز، کود فسفر و برهمکنش فسفر، نیتروژن و کود سبز بر ضریب استهلاک نوری معنی دار نبود و اثر تیمارهای کود نیتروژن بر این صفت در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی دار شد (جدول 4). بیشترین ضریب استهلاک نوری گندم به تیمار تاریخ کاشت ماش در 10 تیرماه اختصاص داشت (جدول 5).

افزایش نیتروژن باعث افزایش معنی دار ضریب استهلاک نوری شد. استهلاک بیشتر نور در سطوح بالای نیتروژن به دلیل افزایش شاخص سطح برگ بود (جدول 5). درسر و همکاران (8) گزارش دادند افزایش میزان نیتروژن باعث افزایش توسعه برگ‌ها شده و از این طریق افزایش دریافت تابش و متابولیسم کربن را به دنبال دارد.

جدول 2- برخی از ویژگی‌های خاک محل آزمایش در تیمارهای کاشت ماش به عنوان کود سبز و آیش در مرحله پیش از کاشت گندم

عمق نمونه برداری (سانتی متر)	مواد آلی (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم خاک خشک)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم خاک خشک)	نیترژن کل (میلی گرم در کیلوگرم خاک خشک)
آیش				
0-30	0/6	7/0	159	620
30-60	0/34	4/2	86	380
تاریخ کاشت 10 تیر				
0-30	0/7	7/5	178	680
30-60	0/36	4/0	77	500
تاریخ کاشت 20 مرداد				
0-30	0/7	8/0	140	660
30-60	0/34	3/5	69	460

جدول 3- وزن زیست توده تر و خشک ماش در تاریخ‌های مختلف کاشت

تاریخ‌های کاشت	وزن خشک ماش (گرم در متر مربع)	وزن تر ماش (گرم در متر مربع)
10 تیرماه	833	4135
20 مرداد	811	4045

جدول 4- نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات عملکرد دانه گندم و صفات وابسته به آن در تیمارهای مورد مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		سنبله در مترمربع	دانه در سنبله	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	شاخص برداشت	شاخص سطح برگ در مرحله گرده افشانی	ضریب استهلاک نوری
تکرار	2	278	3/71	0/33	32155	98758	98/61	0/49	0/52
کود سبز	2	21395*	28/60*	9/03 ^{ns}	41247*	121080*	49/30 ^{ns}	0/93 ^{ns}	0/04 ^{ns}
خطای a	4	10105	17/86	10/64	1910	42681	54/35	2/93	0/01
نیترژن	2	62768**	149/08*	4/70 ^{ns}	87749**	247356**	32/79*	1/34*	0/26*
فسفر	2	22570**	11/34 ^{ns}	4/33 ^{ns}	17592**	10202**	1/12 ^{ns}	0/03 ^{ns}	0/00 ^{ns}
کود سبز×نیترژن	4	1245 ^{ns}	19/79 ^{ns}	0/74 ^{ns}	8022 ^{ns}	55053 ^{ns}	27/06 ^{ns}	0/34 ^{ns}	0/01 ^{ns}
کود سبز×فسفر	4	1319 ^{ns}	2/38 ^{ns}	1/03 ^{ns}	1025 ^{ns}	5120**	51/37*	0/20 ^{ns}	0/01 ^{ns}
فسفر×نیترژن	4	4724 ^{ns}	4/53 ^{ns}	5/09 ^{ns}	792 ^{ns}	6176*	19/63 ^{ns}	0/34 ^{ns}	0/01 ^{ns}
کود سبز×نیترژن×فسفر	8	815*	0/51*	2/21 ^{ns}	1480**	2443*	8/45 ^{ns}	0/67 ^{ns}	0/07 ^{ns}
خطا	48	4077	6/94	3/56	3900	13143	17/56	0/47	0/08

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی داری، معنی دار در سطوح احتمال خطای پنج درصد و یک درصد

جدول 5- مقایسه میانگین عملکرد دانه گندم و صفات وابسته به آن در تیمارهای مورد مطالعه

تیمارها	سنبله در مترمربع	دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد		شاخص برداشت (درصد)	سطح برگ در مرحله گرده افشانی	ضریب استهلاک نوری	تاریخ کاشت ماش
				عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع)				
									آیش
	392 ^b	19/8 ^b	38 ^a	404 ^b	763 ^b	46 ^a	2/5 ^a	0/85 ^a	10 تیرماه
	449 ^a	21/8 ^a	39 ^a	477 ^a	897 ^a	49 ^a	3/0 ^a	0/93 ^a	20 مردادماه
	422 ^b	21/3 ^{ab}	38 ^a	417 ^b	825 ^{ab}	49 ^a	2/6 ^a	0/86 ^a	نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)
	371 ^c	18/5 ^c	37 ^a	369 ^b	740 ^b	46 ^b	2/6 ^b	0/77 ^b	صفر
	427 ^b	21/3 ^b	38 ^a	449 ^a	813 ^b	50 ^a	2/7 ^b	0/93 ^a	60
	467 ^a	23/1 ^a	39 ^a	480 ^a	930 ^a	48 ^{ab}	3/0 ^a	0/95 ^a	120
									فسفر (کیلوگرم در هکتار)
	391 ^b	20 ^a	38 ^a	405 ^a	808 ^a	46 ^a	2/7 ^a	0/87 ^a	صفر
	424 ^{ab}	21 ^a	38 ^a	437 ^a	830 ^a	49 ^a	2/7 ^a	0/89 ^a	45
	449 ^a	22 ^a	39 ^a	456 ^a	847 ^a	50 ^a	2/8 ^a	0/89 ^a	90

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

عملکرد دانه و صفات وابسته به آن

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه و صفات وابسته به آن در جدول شماره‌ی چهار ارائه شده است. نتایج نشان داد که اثر تیمار کود سبز و برهمکنش فسفر، نیتروژن و کود سبز بر تعداد سنبله در متر مربع در سطح احتمال پنج درصد و اثر تیمارهای کود فسفر و نیتروژن بر این صفت در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود.

بیشترین و کمترین تعداد سنبله در واحد سطح به ترتیب به تاریخ کشت ماش در دهم تیرماه و آیش اختصاص داشت (جدول 5). تعداد سنبله در تاریخ‌های کاشت دهم تیرماه و 20 مردادماه نسبت به تیمار آیش به ترتیب 14/5 و 7 درصد بیشتر بود. افزایش نیتروژن و فسفر، تعداد سنبله گندم در واحد سطح را به طور معنی دار افزایش داد. با مصرف 120 کیلوگرم نیتروژن و 90 کیلوگرم فسفر در هکتار، تعداد سنبله نسبت کرت شاهد بدون کود به ترتیب 20 و 13 درصد افزایش یافت. این نتایج با گزارش مینارد و جفروی (16) و جلتو و همکاران (10) مبنی بر افزایش تعداد سنبله در واحد سطح با افزایش مقدار نیتروژن مطابقت داشت.

کامبرتو و بوک (4) و حسین و همکاران (13) گزارش دادند کمبود نیتروژن از طریق کاهش تعداد پنجه‌های بارور و بقای این پنجه‌ها باعث کاهش تعداد سنبله در واحد سطح شد. بررسی اثر برهمکنش تیمارها نشان داد که بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح به ترکیب تیماری 120 کیلوگرم نیتروژن و 90 کیلوگرم فسفر در تاریخ کاشت کود سبز دهم تیرماه اختصاص داشت (جدول 6). تفاوت این تیمار با تیمار 120 کیلوگرم نیتروژن + 45 کیلوگرم فسفر در تاریخ کاشت کود سبز دهم تیرماه معنی دار نبود. تعداد سنبله در ترکیب کودهای معدنی 120 کیلوگرم نیتروژن و 90 کیلوگرم فسفر در تاریخ کاشت دهم تیرماه در حدود 11/2 درصد بیشتر از این ترکیب تیماری در شرایط آیش بود.

اثر تاریخ کاشت کود سبز و برهمکنش تیمارها بر تعداد سنبله در سطح احتمال خطای پنج درصد و اثر

نیترژن بر این صفت در سطح احتمال خطای یک درصد معنی دار بود. اثر کود فسفر بر تعداد سنبلچه در سنبله معنی دار نبود (جدول 4). نتایج نشان داد که افزایش نیترژن و فسفر باعث افزایش تعداد سنبلچه در سنبله شد (جدول 5). داروینکل (7) گزارش داد افزایش میزان نیترژن از طریق افزایش سطح فتوسنتز کننده در گندم باعث افزایش تامین مواد فتوسنتزی مورد نیاز رشد سنبله شده و این واکنش، افزایش تولید سنبلچه در سنبله را به همراه داشت. اثر تاریخ کاشت کود سبز، نیترژن و برهمکنش تیمارها بر تعداد دانه در سنبلچه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود در حالی که اثر تیمار فسفر بر این صفت معنی دار نبود (جدول 4). افزایش میزان نیترژن باعث افزایش معنی دار تعداد دانه در سنبلچه شد.

پلتون و پلتون (20) نتیجه گرفتند که با کاهش میزان نیترژن، تعداد گلچه‌های بارور در هر سنبلچه به طور معنی‌دار کاهش یافت، در این پژوهش‌ها، کاهش تعداد دانه در هر سنبلچه به دلیل افزایش تعداد گلچه‌های عقیم صورت گرفت. تاریخ کاشت کود سبز دهم تیرماه و تیمار آیش به ترتیب بیشترین و کمترین میانگین تعداد دانه در سنبلچه را به خود اختصاص دادند (جدول 5).

بیشترین تعداد دانه در سنبله در تاریخ کاشت 10 تیرماه کود سبز به دست آمد (جدول 5). کاشت کود سبز در تاریخ‌های دهم تیرماه و 20 مردادماه، تعداد دانه در سنبله را نسبت به تیمار آیش به ترتیب $9/1$ و هفت درصد افزایش داد. افزایش کود نیترژن باعث افزایش معنی دار تعداد دانه در سنبله شد. بطوری که تعداد دانه در تیمارهای 60 و 120 کیلوگرم نیترژن در هکتار به ترتیب $11/9$ و $20/6$ درصد افزایش یافت. به نظر می‌رسد افزایش تعداد دانه در سنبله در تیمار 120 کیلوگرم نیترژن در هکتار به دلیل افزایش صفات تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبلچه صورت گرفت. این نتایج با گزارش مدحج و همکاران (18) مطابقت داشت.

اگرچه اثر کود فسفر بر تعداد دانه معنی دار نبود اما مصرف 90 کیلوگرم فسفر در هکتار باعث افزایش تعداد در سنبله به میزان 9 درصد شد. بیشترین تعداد دانه در سنبله به ترکیب تیماری 120 کیلوگرم نیترژن + 90 کیلوگرم فسفر در تاریخ کاشت 10 تیرماه اختصاص داشت (جدول 6). تفاوت این تیمار با 120 کیلوگرم نیترژن + 45 کیلوگرم فسفر در تاریخ کاشت کود سبز دهم تیرماه معنی دار نبود.

کمترین تعداد دانه در سنبله به سطوح پایین کود معدنی در شرایط آیش اختصاص داشت. بیشترین تعداد دانه در سنبلچه به ترکیب تیماری 120 کیلوگرم نیترژن و 90 کیلوگرم فسفر در تاریخ کاشت کود سبز دهم تیرماه اختصاص داشت (جدول 6).

اثر تیمارها بر وزن هزار دانه معنی دار نبود (جدول 4). اثر کود سبز و برهمکنش تیمارهای آزمایشی بر عملکرد دانه در سطح احتمال خطای پنج درصد و اثر تیمارهای فسفر و نیترژن بر این صفت در سطح احتمال خطای یک درصد معنی دار بود (جدول 4). کشت کود سبز ماش در تاریخ‌های دهم تیرماه و 20 مردادماه باعث افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار آیش به میزان $15/3$ و $3/1$ درصد شد (جدول 5).

تاخیر در تاریخ کاشت کود سبز ماش باعث کاهش تأثیر سودمند آن در عملکرد دانه شد. افزایش عملکرد دانه در این تیمار به دلیل افزایش تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله بود. سینگ و همکاران (21) گزارش دادند کشت لگوم‌ها به عنوان کود سبز از طریق افزایش میزان عناصر غذایی قابل دسترس و میزان مواد آلی خاک باعث افزایش عملکرد دانه‌ی گندم شد. مصرف 60 و 120 کیلوگرم نیترژن در هکتار، میانگین عملکرد دانه نسبت به کرت بدون کود به ترتیب $15/3$ و $23/1$ درصد افزایش داد. افزایش عملکرد دانه در تیمارهای 45 و 90 کیلوگرم فسفر در هکتار نسبت به کرت بدون فسفر به ترتیب $7/3$ و $11/2$ درصد بود. افزایش میزان فسفر اثر معنی داری بر میانگین عملکرد دانه نداشت. به طوری که تحقیقات هارمن و همکاران (12) نیز نشان دادند که با افزایش میزان فسفر خاک، عملکرد دانه‌ی گندم تغییر معنی داری نکرد. میانگین عملکرد دانه تیمار 120 کیلوگرم در تیمار کشت کود سبز در تاریخ دهم تیرماه نسبت به تیمار 120 کیلوگرم در شرایط آیش، $15/9$ درصد بیشتر بود.

عملکرد بیولوژیک در تیمارهای استفاده از کود سبز به طور معنی دار نسبت به تیمار آیش افزایش یافت (جدول 4). به نحوی که کاشت ماش به عنوان کود سبز در تاریخ‌های دهم تیرماه و 20 مردادماه، به ترتیب باعث افزایش عملکرد بیولوژیکی به میزان 15 و 7/5 درصد نسبت به شرایط آیش شد (جدول 5).

جدول 6- مقایسه میانگین برهمکنش تیمارهای مورد مطالعه بر عملکرد دانه گندم و صفات وابسته به آن

تیمارها	سنبله در مترمربع	دانه در سنبله	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	عملکرد بیولوژیکی (گرم در مترمربع)	شاخص برداشت (درصد)	شاخص سطح برگ در مرحله گرده افشانی	ضریب استهلاک نوری
آیش								
N ₁ P ₁ *	232 ^{de}	17 ^{fg}	36 ^a	297 ^f	696 ^{de}	39 ^a	2,4 ^a	0,80 ^a
N ₁ P ₂	383 ^{cde}	16 ^g	38 ^a	312 ^{ef}	648 ^e	44 ^a	2,8 ^a	0,68 ^a
N ₁ P ₃	403 ^{abcde}	18 ^{efg}	39 ^a	405 ^{bcd}	759 ^{cde}	49 ^a	2,4 ^a	0,82 ^a
N ₂ P ₁	411 ^{abcde}	22 ^{abcde}	39 ^a	437 ^{abcde}	872 ^{bcd}	46 ^a	2,8 ^a	0,85 ^a
N ₂ P ₂	457 ^{abc}	22 ^{abcde}	37 ^a	460 ^{abcde}	806 ^{cde}	51 ^a	2,7 ^a	0,95 ^a
N ₂ P ₃	446 ^{abcd}	22 ^{abcde}	37 ^a	457 ^{abcde}	825 ^{bcd}	51 ^a	2,4 ^a	0,93 ^a
N ₃ P ₁	450 ^{abcde}	23 ^{abcde}	39 ^a	441 ^{abcde}	900 ^{abcde}	45 ^a	2,5 ^a	0,93 ^a
N ₃ P ₂	458 ^{abc}	24 ^{abcd}	38 ^a	467 ^{abcde}	956 ^{abcd}	45 ^a	2,5 ^a	0,95 ^a
N ₃ P ₃	473 ^{abc}	25 ^a	38 ^a	474 ^{abcd}	961 ^{abcd}	45 ^a	3,2 ^a	0,80 ^a
10 تیرماه								
N ₁ P ₁	325 ^{de}	19 ^{cdefg}	37 ^a	361 ^{def}	763 ^{cde}	44 ^a	3,3 ^a	0,65 ^a
N ₁ P ₂	383 ^{cde}	19 ^{cdefg}	40 ^a	408 ^{bcd}	792 ^{cde}	47 ^a	2,6 ^a	0,79 ^a
N ₁ P ₃	474 ^{abc}	20 ^{def}	38 ^a	424 ^{bcd}	802 ^{cde}	50 ^a	2,2 ^a	0,97 ^a
N ₂ P ₁	440 ^{abcd}	22 ^{abcde}	40 ^a	430 ^{abcde}	802 ^{cde}	50 ^a	2,3 ^a	0,98 ^a
N ₂ P ₂	425 ^{abcd}	23 ^{abcde}	39 ^a	498 ^{abcd}	835 ^{bcd}	52 ^a	2,3 ^a	0,98 ^a
N ₂ P ₃	470 ^{abc}	22 ^{abcde}	39 ^a	516 ^{abcd}	843 ^{bcd}	52 ^a	3,4 ^a	0,83 ^a
N ₃ P ₁	472 ^{abc}	21 ^{bcd}	39 ^a	529 ^{abc}	1000 ^{abc}	47 ^a	3,2 ^a	0,87 ^a
N ₃ P ₂	520 ^{ab}	24 ^{abcd}	39 ^a	533 ^{ab}	1079 ^{ab}	50 ^a	3,6 ^a	0,96 ^a
N ₃ P ₃	533 ^a	25 ^a	40 ^a	579 ^a	1142 ^a	47 ^a	3,7 ^a	0,98 ^a
20 مردادماه								
N ₁ P ₁	291 ^e	18 ^{efg}	36 ^a	369 ^{def}	693 ^{de}	48 ^a	2,4 ^a	0,83 ^a
N ₁ P ₂	361 ^{cde}	19 ^{cdef}	37 ^a	377 ^{cdef}	779 ^{cde}	44 ^a	2,7 ^a	0,73 ^a
N ₁ P ₃	394 ^{bcde}	20 ^{def}	38 ^a	372 ^{def}	732 ^{de}	47 ^a	2,4 ^a	0,60 ^a
N ₂ P ₁	380 ^{cde}	19 ^{cdefg}	37 ^a	377 ^{cdef}	792 ^{cde}	44 ^a	2,4 ^a	0,95 ^a
N ₂ P ₂	401 ^{bcde}	19 ^{cdefg}	37 ^a	428 ^{abcde}	795 ^{cde}	50 ^a	2,7 ^a	0,73 ^a
N ₂ P ₃	411 ^{abcde}	20 ^{def}	40 ^a	441 ^{abcde}	749 ^{cde}	52 ^a	2,7 ^a	0,98 ^a
N ₃ P ₁	430 ^{abcd}	20 ^{def}	38 ^a	409 ^{bcd}	737 ^{cde}	50 ^a	2,7 ^a	0,91 ^a
N ₃ P ₂	430 ^{abcd}	22 ^{abcde}	38 ^a	431 ^{abcde}	784 ^{cde}	50 ^a	3,0 ^a	0,88 ^a
N ₃ P ₃	436 ^{abcd}	22 ^{abcde}	39 ^a	436 ^{abcde}	802 ^{cde}	50 ^a	3,6 ^a	0,98 ^a

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

* N و P به ترتیب تیمارهای نیتروژن و فسفر

با افزایش میزان نیتروژن به 60 و 120 کیلوگرم در هکتار، عملکرد بیولوژیک به ترتیب 18/9 و 28/4 درصد افزایش یافت. تفاوت دو تیمار 60 و 120 کیلوگرم نیتروژن در هکتار معنی دار بود. تفاوت اثر فسفر بر عملکرد بیولوژیک گندم معنی دار نبود.

بررسی برهمکنش تیمارها نشان داد، در تیمار 120 کیلوگرم نیتروژن و 90 کیلوگرم فسفر و کاشت ماش در تاریخ 10 تیرماه، عملکرد بیولوژیک را نسبت به این ترکیب کودی در شرایط آیش، 22 درصد افزایش داد (جدول 6). در کرت شاهد بدون کود معدنی، کاشت ماش در تاریخ 20 مردادماه اثری بر عملکرد بیولوژیک نداشت در حالی که در تاریخ کاشت 10 تیرماه این صفت در حدود 9 درصد افزایش داشت. اثر کود سبز، کود فسفر و برهمکنش سه گانه تیمارها بر شاخص برداشت معنی دار نبود اما اثر کود نیتروژن بر این صفت در سطح احتمال خطای پنج درصد معنی دار شد (جدول 4). کمترین مقدار شاخص برداشت به تیمار بدون کود نیتروژن تعلق گرفت (جدول 5).

بیشترین عملکرد دانه به ترکیب تیماری 120 کیلوگرم نیتروژن و 90 کیلوگرم فسفر در تاریخ کاشت کود سبز دهم تیرماه اختصاص داشت (جدول 6). تفاوت این تیمار با تیمار 120 کیلوگرم نیتروژن و 45 کیلوگرم فسفر در این تاریخ کشت معنی دار نبود. نتایج نشان داد که با کشت کود سبز، میزان کود فسفر مصرفی کاهش یافت. کشت ماش به عنوان کود سبز در تاریخ دهم تیرماه باعث شد عملکرد دانه در تیمار کودی 120 کیلوگرم نیتروژن و 90 کیلوگرم فسفر در حدود 18/2 درصد نسبت به این ترکیب کودی در شرایط آیش، افزایش یابد. بررسی عملکرد دانه در تیمارهای شاهد بدون مصرف کودهای معدنی نشان داد کاشت ماش به عنوان کود سبز در تاریخهای 10 تیرماه و 20 مرداد ماه میانگین عملکرد دانه را نسبت به شرایط آیش 18/5 درصد افزایش داد. همچنین، عملکرد دانه تیمار 60 کیلوگرم نیتروژن و 45 کیلوگرم فسفر در هنگام استفاده از کود سبز (تاریخ کاشت 10 تیرماه) نسبت به تیمار 120 کیلوگرم نیتروژن و 90 کیلوگرم فسفر در هکتار در شرایط آیش بیشتر بود (جدول 6). وایواستاد و همکاران (26) اثر کودهای سبز و معدنی را بر میزان تولید گندم مطالعه کرده و نتیجه گرفتند در هنگام استفاده از گیاهان لگوم به عنوان کود سبز تفاوت عملکرد دانه‌ی گندم در مقایسه با کودهای معدنی معنی دار نبود. نایدیو (19) نیز نتیجه گرفت تا 75 درصد از نیاز گندم از طریق کوده شیمیایی اوره و 25 درصد آن توسط کود سبز، بیشترین عملکرد دانه را به همراه داشت. سودمندی استفاده از کود سبز در افزایش عملکرد دانه‌ی گندم در دیگر تحقیقات نیز به اثبات رسیده است (24، 27). نتایج تجزیه واریانس گام به گام نشان داد بیشترین سهم در عملکرد دانه به بیولوژیک و شاخص برداشت اختصاص داشت (جدول 7). بنابراین، در تیمارهایی که عملکرد بیولوژیک افزایش یافت و بخش بیشتری از عملکرد بیولوژیک به عملکرد دانه تعلق گرفت عملکرد دانه بیشتری تولید شد.

جدول 7- نتایج ضرایب رگرسیون گام به گام بین عملکرد دانه گندم و صفات وابسته به آن

صفات	ضریب رگرسیونی (R)	ضریب اصلاح شده
عملکرد بیولوژیک	0,48	0,47
عملکرد بیولوژیک + شاخص برداشت	0,98	0,98
عملکرد بیولوژیک + شاخص برداشت + تعداد سنبلچه در سنبله	0,99	0,99

نتیجه گیری

بطور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که کاشت ماش به عنوان کود سبز در تاریخ 10 تیرماه باعث افزایش عملکرد دانه‌ی گندم نسبت به شرایط آیش شد. همچنین مشخص شد که در هنگام استفاده از کود سبز، عملکرد دانه در تیمارهای کودی 60 کیلوگرم نیتروژن و 45 کیلوگرم فسفر در هکتار نسبت به تیمار 120 کیلوگرم نیتروژن و 90 کیلوگرم فسفر در هکتار در شرایط آیش بیشتر بود. افزایش عملکرد دانه در تیمارهای کود سبز نسبت به تیمار آیش به دلیل افزایش تعداد دانه در واحد سطح، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بود. به نظر می‌رسد استفاده از کودهای سبز و معدنی به طور همزمان باعث افزایش جذب کودهای معدنی، استفاده بیشتر گندم از عناصر غذایی موجود در کودهای سبز و افزایش میان جذب تابش برای متابولیسم این عناصر شد.

منابع

1. **Belachew, T. and Abera, Y. 2011.** Effect of green manuring in combination with nitrogen on soil fertility and yield of bread wheat (*Triticum aestivum*) under double cropping system of Sinana-dinsho, Southeast Ethiopia. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 1(1): 1-11.
2. **Braun S. M. and Helmke, P. A. 1995.** White lupin utilizes soil phosphorus that is unavailable to soybean. *Plant Soil*, 176: 95–100.
3. **Cadersa, Y. and Govinden, N. 1999.** Relationship between canopy cover and light interception in potato in a tropical climate. *Food and Agricultural Research Council*, 14:137-144
4. **Camberato, J. J. and Bock, B. R. 1990.** Spring wheat response to enhanced ammonium supply: I. Dry matter and nitrogen content. *Agronomy Journal*, 82: 463-467.
5. **Cavigelli, M. and Thien, S. 2003.** Phosphorus Bioavailability Following Green Manure Crops. *Soil Science Society of America Journal*, 22:43-53.
6. **Cline, G. R. and Silvernail, A. F. 2002.** Effects of cover crops, nitrogen, and tillage on sweet corn. *Horticulture, Technology*, 12:118–125.
7. **Darvinkle, A. 1983.** Gar formation and grain. Ear of winter Wheat as affected by time of nitrogen supply. *Netherlands Journal Agriculture Science*, 31: 211-225.
8. **Dercer, M. F., Van, O., Schapendonk, A. H. C. M. and Rabbinge, R. 2000.** Dynamics of vertical leaf nitrogen distribution in a vegetative wheat canopy. Impact on Canopy Photosynthesis. *Annals of Botany*, 86: 821-831.
9. **Earey Cherr, C. 2004.** Improved use of green manure as a nitrogen source for sweet corn. Requirements for the Degree of Master of Science, University of Florida. 177 p.

10. **Geleto, T. , Tanner, D. G., Mamo, T. and Gebeyehu, G. 1995.** Response of rain fed bread and durum wheat to source level and timing of nitrogen fertilizer on two Ethiopian vertisole S. I. yield and yield components. Comm in Soil Science and Plant Analysis, 26: 1773-1794.
11. **Goyal, S., Chander, K., Mundra, M. C. and K. K. Kapoor. 1999.** Influence of inorganic fertilizers and organic amendments on soil organic matter and soil microbial properties under tropical conditions. Biology and Fertility of Soils, 29(2): 196-200.
12. **Harmsen, K., Sepherd, K. D. and Allan, A. Y. 1983.** Crop response to nitrogen and phosphorus in rainfed agriculture.p: 223-248. In:Nutrient balances and the need for fertilizers in semi-arid regions. Proceeding of 17th Colloquim. International Potash Institue Bern, Switzerland.
13. **Hussain, M. M., Ibrahim, S. A. and Zaitoon, M. I. 1984.** Effect of nitrogen levels on the growth, yield and mineral composition of wheat crop under different seed rates. Egypt Journal Science, 24(1):7-18.
14. **Lampkin, N. 1990.**Organic farming. Farming press, 220 p.
15. **Lindquist, J. L., Arkebauer, T. J., Walters, D. T., Cassman, K.G. and Dobermann, A. 2005.** Maize radiation use efficiency under optimal growth conditions. Agronomy Journal, 97: 72-78.
16. **Mainard, S. D. and Jeuffroy, M. H. 2001.** Partitioning of dry matter and nitrogen to the spike throughout the spike growth period in wheat crops subjected to nitrogen deficiency. Field Crops Research, 70: 153-165.
17. **Mandal, U. K., Singh, G., Victor, U. S. and Sharma, K. L. 2003.** Green manuring: its effect on soil properties and crop growth under rice-wheat cropping system. European Journal of Agronomy, 19: 225-237.
18. **Modhej, A., Naderi, A., Emam, Y., Ayneband, A. and Normohamadi, Gh. 2008.** Effects of post-anthesis heat stress and nitrogen levels on grain yield in wheat (T. durum and T. aestivum) genotypes. International Journal of Plant Production, 2: 257-267.
19. **Naidu, M. 1981.** Studies on the appropriate proportion of organic and chemical fertilizers. M.Sc. Thesis, Tamil Nadu Agriculture Univercity Coimbatore, India. 144 p.
20. **Peltonen, P. and Peltonen, J. 1995.** Floret set and abortion in oat and wheat under high and low nitrogen. European Journal Agronomy, 4: 253-262.
21. **Singh, Y., Singh, B. and Khind, C. S. 1992.** Nutrient transformations in soil amended with green manure. Advance in soil Science, 20: 237-309.
22. **Shah, Z., Rashid, A., Rahman, H. U., Latif, A. and Shah, A. 2011.** Rice and wheat yield in relation to biomass of green manure legumes. Sarhad Journal Agriculture, 27 (1): 73-84.

23. **Sharma, A. R. and Mitra, B. N. 1988.** Effect of green manuring and mineral fertilizer on growth and yield of crops in rice-based cropping system on acid lateritic soil. *Journal Agriculture Science*, 110: 605–608.
24. **Tadesse, Y. 1989.** Effect of green manure on soil fertility and grain yield of maize. *Sebil*, 2 (1-2): 26-28.
25. **Tejada, M., Gonzalez, J. L., Garcí'a-Martí'nez, A. M. and Parrado, J. 2007.** Effects of different green manures on soil biological properties and maize yield. *Bioresour Technology*, 99 (6):1758-67.
26. **Wivstad, M., Salomonsson, L. and Salomonsson, A. C. 1996.** Effect of green manure, organic fertilizers and urea on yield and grain quality of spring wheat. *Acta Agriculture Scandinavia Section B-Soil and Plant Science*, 46 (3): 169-177.
27. **Yeshanew, A. and Asegil, D. 1999.** The effect of green manuring and application of fertilizer on the yield of bread wheat at Adet in Northwestern Ethiopia. In: *The tenth regional wheat workshop for Eastern, Central and Southern Africa*. Addis Ababa, Ethiopia: 182-185.