# مقایسه ماله‌های لیزری و مرسوم از نظر شاخص های فنی و عملکرد گندم در خوزستان

**الیاس دهقان[1] و آذرخش عزیزی[2]**

**1 و 2-اعضای هیأت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان. اهواز، صندوق پستی**3341-61335

elyas_dehghan@yahoo.com

**چکیده**

بسیاری از اراضی جنوب استان خوزستان ناهموار بوده و ماله های معمولی برای تسطیح دقیق آنها مناسب نیستند . با توجه به اثر ناهمواری سطح خاک بر درصد سبز شدن بذور، عملکرد گیاه و میزان مصرف آب، این پژوهش در سال 90-89 به منظور مقایسه ماله‌های لیزری و مرسوم از نظر شاخ ص تسطیح (LI)، کارایی مصرف آب،درصد سبز شدن بذور و عملکرد دانه به روش آزمونtجفت نشده در دو مزرعه در شمال اهواز با شدت ناهمواری متفاوت اجرا شد . نتایج نشان داد که شاخص تسطیح برای ماله لیزری در هر دو مزرعه برابر 1.4 سانتی‌متر و برای ماله مرسوم در مزرعه یک و دو بترتیب برابر 3.5 و 2.7 سانتی‌متر بود که نشان دهنده دقت خوب تسطیح لیزری و دقت پایین ماله مرسوم بود.از نظر درصد سبز شدن بذور و عملکرد دانه، تفاوت بین تسطیح لیزری و معمولی در سطح 1٪ معنی دار بود و بیشترین درصد سبز شدن بذور و عملکرد دانه از ماله لیزری بدست آمد. در مزارع با ناهمواری زیاد، ماله لیزری در مقایسه با ماله مرسوم باعث حدود 29٪ افزایش در عملکرد دانه، 33٪ کاهش مصرف آب و 67٪ افزایش در کارایی مصرف آب شده و قابل توصیه است، اما در مزارع با ناهمواری کم، استفاده از ماله مرسوم مناسب بوده و کاربرد ماله لیزری ضرورتی ندارد.

**کلمات کلیدی: شاخص تسطیح، کارآیی مصرف آب، گندم، ماله لیزری، ماله مرسوم**

**مقدمه**

شدت ناهمواری بسیاری از اراضی مناطق جنوبی استان خوزستان به گونه ای است که تسطیح آنها با ماله های معمولی امکانپذیر نبوده و یا بسیار مشکل است. ناهمواری و تسطیح نامناسب اراضی از جمله عوامل مهم و اصلی در هدر رفتن آب در آبیاری سطحی می باشد. ناهمواری سطح خاک با ایجاد غیریکنواختی در آبیاری و ایجاد سطوحی از آب ماندگی و آب نخوردگی باعث افزایش میزان مصرف آب و کاهش در درصد سبز شدن بذور و عملکرد گیاه می‌شود. در اثر انجام عملیات خ اک ورزی، خاک جابجا شده و به تدریج هموار بودن سطح آن از بین می رود. در چنین شرایطی کشاورزان حسب ضرورت اقدام به تسطیح نسبی زمین با ماله های مرسوم و هرچند سال یکبار تسطیح اساسی با اسکریپر یا گریدر می نمایند. در آبیاری غرقابی اراضی ناهموار، کشاورزان حجم زیادی از آب به کرت‌ها یا نوارهای آبیاری وارد می کنند تا آب بر قسمت های بلند مزرعه نیز سوار شده و بذور جوانه بزنند . در این حالت علاوه بر مصرف بیش از حد آب، ایجاد حالت ماندابی در سطوح گود و آب نخوردن سطوح بلند باعث از بین رفتن بذور و بوته ها و نهایتاً کاهش عملکرد می‌شود. مطالعات انجام شده در مناطق جنوبی استان خوزستان مانند دشت آزادگان نشان داد که در بسیاری از مزارع منطقه شیب معینی در یک راستا وجود ندارد و معمولا پستی و بلندی‌های موجود در مزرعه، با توجه به شیوه‌های مرسوم خاک‌ورزی، فراوان بوده و موجب دشواری مدیریت آبیاری می‌گردد و مقادیر قابل توجهی از آب آبیاری به دلیل طراحی نامناسب مزرعه و ناهمواری نامتعارف خاک به هدر

می‌رود. این بررسی‌ها نشان داده است که در زمین های کشاورزان گاه اختلاف سطح نقاطی در نزدیکی هم به حدود 25 سانتی‌متر می‌رسد[آبسالان و همکاران، 1389].

تسطیح دقیق از اجزای مهم در مدیریت آب در مزرعه بوده و سبب می شود که توزیع آب به آسانی انجام شده و بازده آبیاری افزایش یابد . تسطیح دقیق با حذف بلندی ها و فرورفتگی های زمین، بازده آبیاری را بخصوص در زمین‌هایی که با کمبود آب مواجه هستند، افزایش می‌دهد[Anonymous, 1997]. در سطوح ناهموار، تجمع نمک در نقاط بلند ناهمواری ها از یک طرف و از طرف دیگر آبشویی مواد غذایی و خارج شدن آن از دسترس گیاه در نقاط گود، باعث کاهش عملکرد محصول می شود [Landon, 1999]. هرچند ماله‌های دقیق لیزری در مقایسه با ماله‌های معمولی دارای محدودیت هایی مانند نیاز به هزینه بالا برای خرید تراکتور و تجهیزات لیزری، نیاز به تراکتورهای نسبتاً سنگین، نیاز به کاربر ورزیده و با تجربه برای نصب، راه اندازی، سرویس و نگهداری سیستم لیزر و رانندگی تراکتور بوده و کاربرد آن در اراضی کوچک و دارای شکل هندسی نامنظم مشک ل است، اما مزایای آن بسیار زیاد است.

تسطیح لیزری باعث افزایش پایداری محصول و کاهش قدرت علف های هرز [Rickman, 2002]، افزایش تقریبی 3 تا 5 درصد در سطح مفید قابل کشت مزرعه با کاهش در تعداد نهرها و مرزهای مورد نیاز [ Choudhary et al., 2002]، بهبود یکنواختی رسید گی محصول، افزایش راندمان کاربرد آب تا 50٪، افزایش در عملکرد گیاه (گندم 15٪، نیشکر 42٪، برنج 61٪ و پنبه 66٪)، آسان کردن مدیریت در مناطق شور، کاهش مشکل علف های هرز و افزایش در کارایی کنترل علف های هرز می‌شود [Jat et al., 2006]. این روش تسطیح از یک طرف باعث صرفه‌جویی در مصرف آب، مواد معدنی، کودها و سموم شیمیایی شده و از طرف دیگر باعث افزایش در عملکرد محصول و ظرفیت محیطی می شود [Jat et al., 2006]. همچنین تسطیح دقیق در خاک های متأثر از شوری، به توزیع نمک محلول کمک می‌کند [Khan, 1986].

جت و همکاران [Jat et al., 2006] گزارش دادند که در مزارعی که توسط ماله های لیزری تسطیح شده اند، اجرای سیستم های بی خاک‌ورزی، کشت روی پشته ها و کشت بذور در سطح (بدون جوی و پشته ) به‌طور معنی‌داری بهبود می یابد. آصف و همکاران [Asif et al., 2003] با مقایسه ماله های لیزری و مرسوم در منطقه پنجاب پاکستان گزارش دادند که هر چند افزایش عملکرد گندم در روش تسطیح لیزری نسبت به روش تسطیح با ماله معمولی معنی‌دار نبود، اما تسطیح لیزری نسبت به تسطیح معمولی و بدون تسطیح به ترتیب باعث 29 و 98 درصد افزایش در بازده مصرف آب[1] و 15 و 47 درصد کاهش در عمق آبیاری[2] گردید.

تحقیقات انجام شده در مناطق آتارپرادش، پنجاب و هاریانا ی هند نشان داد که در سیستم گندم- برنج بهره‌دهی محصول در تسطیح دقیق لیزری نسبت به تسطیح معمولی به ترتیب به میزان 10، 11 و 19 درصد افزایش یافت. همچنین در این مناطق به میزان 23، 25 و30 درصد در مصرف آب صرف‌جویی شد [ Jat et al., 2003].

آگاروال و گل [Agarwal & Goel, 1981] با بررسی اثر دقت تسطیح زمین بر راندمان مصرف آب و عملکرد محصول نشان داد که با افزایش شاخص تسطیح به بیش از 2/5 سانتی‌متر، عملکرد دانه گندم بطور معنی داری کاهش می یابد. همچنین با افزایش شاخص تسطیح از 1/2 به 3/7 سانتی‌متر، مقدار مصرف آب و راندمان آبیاری بطور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد، لذا بطور کلی برای رسیدن به عملکرد بالا و مصرف آب مناسب با هزینه

1 -Water use efficiency
2- Applied water depth

معقول، این شاخص نبایستی از 3 بیشترباشد. خپر [Khepar et al., 1982] گزارش داد که با افزایش در مقدار شاخص تسطیح از 0.5 تا 2.82 سانتی‌متر، مقدار عملکرد گندم آبی به ازای هر واحد افزایش در مقدار این شاخص270 کیلوگرم بر هکتار کاهش یافت.

## مواد و روشها

این پژوهش در سال زراعی 90-89 در اراضی روستای الباجی واقع در 25 کیلومتری شمال اهواز اجرا شد . برای اجرای این تحقیق دو مزرعه با میزان ناهمواری متفاوت انتخاب شد (ملاک اولیه ی انتخاب مزارع وضعیت ظاهری ناهمواری های موجود در زمین بود . ناهمواری موجود در مزرعه اول زیاد و کاملاً مشهود بود و ناهمواری مزرعه دوم نیز کم و ظاهراً هموار به نظر می‌رسید) و در هر مزرعه یک قطعه دو هکتاری جدا و به دو قسمت تقسیم شد. در هر مزرعه، مساحت حدود یک هکتار به ماله لیزری و یک هکتار دیگر به ماله معمولی اختصاص یافت . در مزرعه یک به ناچار و به علت ناهمواری زیاد، در قطعه تحت تیمار ماله مرسوم دو بار ماله مرسوم استفاده شد، اما در مزرعه دو به علت همواری اولیه نسبتاً خوب، ماله مرسوم تنها یک بار مورد استفاده قرار گرفت . در همه سطوح آزمایشی،پس از تسطیح گندم چمران کشت شد . شاخص‌های مورد بررسی شامل شاخص تسطیح، زمان مورد نیاز، میزان و کارایی مصرف آب، درصد سبز شدن بذرها و عملکرد دانه بود . روش اجرای آزمایش بصورت آزمون tجفت نشده بوده و داده برداری درصد سبز شدن بذرها و عملکرد دانه از طریق کادراندازی تصادفی در 60 نقطه در سطح قطعات کشت شده برای هر تیمار در هر مزرعه انجام شد.

در هر کدام از سطوح تحت تیمارهای تسطیح لیزری و معمولی، ابتدا عملیات خاک ورزی شامل یک بار شخم‌برگردان به عمق20 سانتی‌متر و دوبار دیسک انجام و سپس وضعیت ناهمواری (توپوگرافی) زمین قبل و بعد از تسطیح اندازه‌گیری شد. برای این کار ابتدا سطوح هر کدام از قطعات به صورت10×10متر شبکه‌بندی شده، سپس ارتفاع هر کدام از نقاط شبکه بندی توسط فرستنده لیزر و گی رنده دستی لیزر تعیین و داده ها توسط نرم افزار اختصاصی AZ-level (نگارش شده توسط مجریان )آنالیز شد. با تعیین شیب های آب رسانی و آبیاری مناسب، عملیات تسطیح در قطعات مربوط به تیمار ماله های لیزری و معمولی هر دو مزرعه انجام شد . پس از تسطیح نیز برای ارزیابیِ دقت روش‌های تسطیح، در هر دو مزرعه دوباره عملیات نقشه برداری توسط فرستنده و گیرنده دستی لیزر در همان نقاطِ شبکه‌بندی شده انجام شد. روش اندازه گیری شاخص‌های مورد بررسی به شرح زیر بود:

**-شاخص تسطیح**[1] **(LI)** :

شاخص تسطیح از نظر ریاضی عبارت است از میانگین قدرمطلق انحرا ف ارتفاع نقاط پس از تسطیح (بلندتر یا گودتر بودن آنها ) نسبت به ارتفاعی که آن نقاط باید پس از تسطیح بر اساس محاسبات تئوریک داشته باشند . ارتفاع اولیه نقاط (قبل از تسطیح) و ثانویه (پس از تسطیح) به‌وسیله نقشه‌برداری معین شد. بر اساس تعریف جت و همکاران [Jat et al., 2006]شاخص تسطیح (LI) میزان همواری سطح زمین و تفاوت بین تراز مطلوب و تراز به دست آمده را نشان می دهد. حداقل میزان شاخص تسطیح (LI) صفر است و هر چه عدد آن به صفر نزدیکتر باشد بیانگر دقیق‌تر بودن تسطیح است.شاخص تسطیح با استفاده از رابطه 1 محاسبه شد:

$$LI = \frac{\sum_{i=1}^{N} |Ti - Pi|}{N} \quad (1)$$

1 -Level Index

که در آن:
LI= شاخص تسطیح (سانتی‌متر)، Ti= عمق برش یا پر شدن مورد نیاز محاسبه شده به صورت نظری در نقطه iام (سانتی‌متر)، Pi= عمق برش یا پر شدن انجام شده (موجود) پس از تسطیح در نقطه iام (سانتی‌متر) و N= تعداد نقاط نمونه برداری شبکه می‌باشد.

**-کارآیی مصرف آب:**

کارآیی مصرف آب برابر مقدار محصول تولیدی به ازای هر واحد آب مصرفی است (رابطه2).

$$WUE = \frac{Y}{V_i} \quad (2)$$

که در آن:
WUE=کارایی مصرف آب (کیلوگرم بر مترمکعب)، Vi= حجم آب آبیاری (مترمکعب بر هکتار) و Y= عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار) می‌باشد.

لازم به ذکر است که آب آبیاری مزارع از طریق یک موتور پمپ گریز از مرکز دیزلی که آب را از کانال اصلی به کانال بالادست مزارع منتقل می کرد، تامین شد. با توجه به این که پروژه در مزارع کشاورزان اجرا شده و تنظیم برنامه آبیاری تابع برنامه ریزی و نوبت بندی منطقه بود، امکان اعمال برنامه ریزی از پیش تعیین شده برای آبیاری مزارع وجود نداشت و زمان بندی آبیاری این قطعات تابع زمان بندی آبیاری کل مزارع کشاورزان بود . شاخص‌های آبیاری در هر یک از سطوح تیمارهای تسطیح لیزری و معمولی مزارع دوگانه در دو نوار اندازه گیری شد. قطع جریان ورود آب به نوار نیز بر اساس عرف منطقه، با رسیدن جبهه پیشروی به انتهای نوار انجام شد .

**-درصد سبز شدن بذور و عملکرد دانه:**

پس از تسطیح و در تمام قطعات آزمایشی و تحت شرایط یکسان، با استفاده از ماشین کمبینات گندم رقم چمران کشت شد. پس از استقرار بوته ها برای تعیین درصد سبز شدن بذرها (پس از استقرار گیاهچه ) و تعیین عملکرد دانه (در زمان رسیدگی)، تعداد60 نقطه تصادفی با انداختن کادر 1×1 مترمربعی معین و شاخص های بالا در درون آنها اندازه‌گیری شد و داده‌های به‌دست آمده به روش آزمون tجفت نشده مقایسه شدند. .

**نتایج و بحث**

با توجه به این که مزارع کشاورزان از نظر ناهمواری دارای شرایط متفاوتی هستند و شدت ناهمواری بر کارایی و عملکرد ماشین های تسطیح اثر می گذارد، برای اجرای این تحقیق دو مزرعه با ناهمواری متفاوت انتخاب شد که خلاصه اطلاعات مربوط به تسطیح قطعات در جدول 1 آورده شده.

**-شاخص تسطیح (LI)**

شاخص تسطیح برای برای ماله لیزری در مزارع یک و دو به ترتیب برابر 1/39 و 1/37سانتی‌متر بود، در حالی که برای دو بار ماله مرسوم در مزرعه یک (به دلیل ناهمواری بیشتر دو بار ماله مرسوم زده شد ) و یک بار ماله مرسوم در مزرعه دو به ترتیب برابر 3/46 و 2/66سانتی‌متر یا به ترتیب 2/5 و 1/9 برابر شاخص تسطیح با ماله لیزری بود (جدول 1). این نتایج نشان می دهد که ماله لیزری در شرایط متفاوت از میزان ناهمواری دارای دقت نسبتاً یکسان و قابل قبول در هموار کردن زمین است، در حالی که در ماله مرسوم با افزایش ناهمواری زمین و با وجود افزایش دفعات ماله زنی (دو بار)، میزان انحراف از سطح تراز مطلوب افزایش و دقت تسطیح کاهش می یابد.

**جدول 1- خلاصه اطلاعات مربوط به تسطیح قطعات مربوط به ماله مرسوم و لیزری**

| ویژگی (شاخص) | مزرعه یک | | مزرعه دو | |
|---|---|---|---|---|
| | ماله لیزری | ماله مرسوم (دو پاس) | ماله لیزری | ماله مرسوم (یک پاس) |
| شاخص تسطیح (LI) (cm) | 1/37 | 3/46 | 1/39 | 2/66 |
| نسبت خاک‌برداری به خاک‌ریزی | 1/25 | 1/25 | 1/25 | 1/25 |
| حجم خاک‌برداری ($m^3/ha$) | 205 | 192 | 156 | 140 |
| میانگین ارتفاع نقاط بلند (cm) | +4/0 | +3/2 | +3/1 | +2/4 |
| میانگین عمق نقاط گود (cm) | -3/5 | -3/8 | -2/5 | -2/7 |
| بیشینه ارتفاع نقاط بلند (cm) | +18/1 | +11/8 | +8/8 | +8/1 |
| بیشینه عمق نقاط گود (cm) | -10/3 | -11/5 | -10/8 | -9/4 |
| میانگین عملکرد دانه (kg/ha) | 2104 | 1635 | 2161 | 2252 |

در مزرعه یک با ناهمواری زیاد، افزایش مقدار شاخص تسطیح از 1/37سانتی‌متر در ماله لیزری به 3/46سانتی‌متر در ماله مرسوم، باعث کاهش معنی دار در عملکرد دانه شد (جدول1)، به‌طوری که به ازای هر واحد افزایش در مقدار شاخص تسطیح، عملکرد دانه به میزان 240 کیلوگرم بر هکتار کاهش یافت . این نتیجه با یافته‌های خپار و همکاران [Khepar et al., 1982] مبنی بر کاهش در عملکرد دانه به میزان 270 کیلوگرم بر هکتار به ازای هر یک واحد افزایش در شاخص تسطیح از 0/5 تا 2/82 سانتی‌متر و آگاروال و گل [Agarwal & Goel, 1981] مبنی بر کاهش معنی‌دار در عملکرد دانه گندم با افزایش شاخص تسطیح به بیش از 2/5سانتی‌متر، مطابقت دارد.

**-درصد سبز شدن بذور:**

مقایسه میانگین درصد سبز شدن بذور به روش آزمون t نشان داد که در مزرعه یک تفاوت بین روش های تسطیح لیزری و معمولی در سطح 1٪ معنی‌دار بود در حالی که در مزرعه دو این تفاوت معنی‌دار نبود. همچنین از نظر میانگین درصد سبز شدن بذور، تفاوت بین ماله لیزری در مزارع یک و دو معنی دار نبود اما تفاوت بین تسطیح معمولی مزارع یک و دو از این نظر در سطح 5٪ معنی‌دار بود (جدول 2).

**جدول 2- نتایج آزمون t برای مقایسه دو به دو تفاوت بین میانگین درصد سبز شدن بذرها در تیمارهای ماله لیزری و مرسوم در مزارع یک و دو**

| تیمار | درصد سبز شدن بذرها | ماله مرسوم مزرعه 1 | ماله لیزری مزرعه 1 | ماله مرسوم مزرعه 2 | کل مزرعه 2(لیزری+مرسوم) |
|---|---|---|---|---|---|
| ماله مرسوم مزرعه 1 | 37/5 | - | | | |
| ماله لیزری مزرعه 1 | 45/4 | $4/42^{**}$ | - | | |
| ماله مرسوم مزرعه 2 | 41/1 | $1/97^{*}$ | $-2/16^{*}$ | - | |
| ماله لیزری مزرعه 2 | 44/2 | $3/87^{**}$ | $-0/63^{ns}$ | $1/60^{ns}$ | - |
| کل مزرعه1 (لیزری+مرسوم) | 41/4 | - | - | - | $-0/90^{ns}$ |
| کل مزرعه 2(لیزری+مرسوم) | 42/6 | - | - | - | - |

* و** : به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح 5٪ و 1٪ n.s : تفاوت معنی‌دار نیست.

این نتایج نشان می دهد که در مزرعه یک به دلیل شدت ناهمواری اولیه زمین، حتی انجام دوبار تسطیح با ماله مرسوم ماله نتوانسته شرایط مطلوبی برای آبیاری، جوانه زنی بذور و استقرار گیاهچه فراهم نماید. 7/9٪ کاهش در تعداد بذرهای سبز شده در تیمار تسطیح با ماله مرسوم نسبت به تسطیح لیزری ناشی از سوار نشدن آب بر نقاط بلند مزرعه و کمبود رطوبت از یک طرف و از طرف دیگر خفگی و از بین رفتن بذور در اثر آب ماندگی در نقاط گود بوده است (شکل 2)، در حالی که در مزرعه دو به علت کم بودن ناهمواری های زمین، یک بار ماله مرسوم نیز همچون ماله لیزری توانسته است تسطیح مطلوبی برای سبز شدن بذورایجاد نماید.

(الف) ( ب)

**شکل 2-حرکت و پخش غیریکنواخت آب در زمین تسطیح شده با ماله مرسوم(الف) و پخش یکنواخت آب در زمین تسطیح شده با ماله لیزری(ب)**

**-عملکرد دانه:**

مقایسه میانگین تیمارها به روش آزمون t جفت نشده نشان داد که در مزرعه یک، از نظر عملکرد دانه، بین ماله‌های لیزری و مرسوم (معمولی) تفاوت بسیار معنی دار (در سطح 1٪) وجود داشت، اما تفاوت بین ماله های لیزری و مرسوم در مزرعه‌ی دو معنی‌دار نبود. همچنین تفاوت بین عملکرد دانه در تیمار تسطیح با ماله مرسوم در مزرعه دو با عملکرد دانه در تیمار تسطیح با ماله‌های لیزری مزارع یک و دو معنی‌دار نبود (جدول 3).

**جدول 3- نتایج آزمون t برای مقایسه دو به دو میانگین عملکرد دانه در تیمارهای ماله لیزری و مرسوم مزارع یک و دو**

| تیمار | عملکرد دانه(kg/ha) | ماله مرسوم مزرعه 1 | ماله لیزری مزرعه 1 | ماله مرسوم مزرعه 2 | کل مزرعه 2(لیزری+مرسوم) |
|---|---|---|---|---|---|
| ماله مرسوم مزرعه 1 | 1635 | - | | | |
| ماله لیزری مزرعه 1 | 2104 | $5/65^{**}$ | - | | |
| ماله مرسوم مزرعه 2 | 2252 | $5/71^{**}$ | $0/58^{ns}$ | - | |
| ماله لیزری مزرعه 2 | 2161 | $7/21^{**}$ | $1/61^{ns}$ | $0/91^{ns}$ | - |
| کل مزرعه1 (لیزری+مرسوم) | 1869 | - | - | - | $-4/93^{**}$ |
| کل مزرعه 2(لیزری+مرسوم) | 2207 | - | - | - | - |

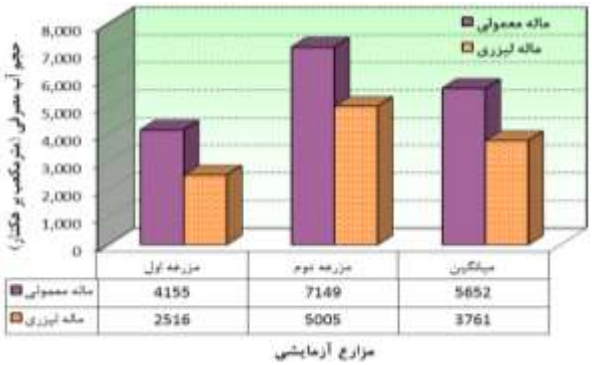
** : تفاوت معنی‌دار در سطح1٪ و n.s : تفاوت معنی‌دار نیست.

عملکرد دانه در سطوح تحت تیمار ماله لیزری در مزرعه یک با 2104 کیلوگرم بر هکتار نسبت به روش تسطیح با ماله مرسوم به میزان 29٪ افزایش نشان داد. این یافته با یافته‌های دیگر پژوهشگران مبنی بر افزایش در عملکرد گندم به میزان 15درصد [Jat et al., 2006] و 39 درصد در پاکستان [Asif et al., 2003] مطابقت

دارد. افزایش عملکرد دانه در تسطیح دقیق لیزری نسبت به مال ه مرسوم، ناشی از بهبود درصد جوانه زنی و رشد با افزایش در یکنواختی پخش آب آبیاری و لذا کاهش تنش رطوبتی بوده است (شکل . بطور کلی بهبود در عوامل بالا و افزایش عملکرد دانه در مزرعه یک، ناشی از کاهش مقدار شاخص تسطیح از 3/46 سانتی‌متر در ماله مرسوم به 1/37 سانتی‌متر در ماله لیزری بود (جدول 1).

**-میزان آب مصرفی**

میانگین حجم آب مصرف شده در واحد سطح در نوارهای تسطیح شده با ماله لیزری حدود 33٪ کمتر از نوارهای تسطیح شده با ماله مرسوم بود (شکل 3). این تفاوت در مزرعه یک بیشتر بوده و به 39٪ رسید که با نتایج تحقیقات جت و هم‌کاران [Jat et al., 2006] مطابقت دارد. از دلایل کاهش مصرف آب در تسطیح لیزری می توان به یکنواختی شیب، سرعت بیشتر حرکت آب در طول نوار و کاهش تلفات فرونشت در مزرعه اشاره کرد.




**شکل 3- میزان آب مصرفی در سطوح تسطیح شده با ماله‌های لیزری و مرسوم در مزارع دوگانه**

عمق آب نفوذ کرده به خاک در مزارع تسطیح شده با ماله مرسوم خیلی بیشتر از نیاز آبی گیاه بود . دلیل این امر، تجمع آب در نقاط گود و افزایش مدت زمان آبیاری در اثر تأخیر در زمان قطع جریان ورود آب به نوار برای پر شدنِ بیشتر نوار و آب خوردن سطوح بلند بود . کاهش حجم آ ب مصرف شده در مزارع تسطیح شده با ماله لیزری نیز به دلیل سهولت حرکت آب در طول نوار و کاهش زمان آبیاری و نیز کاهش تلفات فرونشت بوده است . لازم به ذکر است که افزایش تلفات فرونشت عمقی، زمان آبیاری مصرف آب در مزرعه دو نسبت به مزرعه یک در روش های تسطیح مشابه، طول بیشتر و شیب کمتر نوارهای آبیاری در مزرعه دو بود.

**-کارایی مصرف آب:**

کارآیی مصرف آب در روش تسطیح لیزری نسبت به تسطیح معمولی حدود 67٪ افزایش یافته و از میانگین 0/34کیلوگرم بر متر مکعب در تسطیح با ماله مرسوم به 0/57 کیلوگرم بر متر مکعب در تسطیح لیرزی رسیده است(جدول 4)، که به دلیل افزایش در عملکرد محصول و کاهش در مقدار آب مصرفی در تسطیح لیزری بود . این نتایج با یافته‌های آصف و همکاران [Asif et al., 2003] و پال و همکاران [Pal et al., 2003] همسو است.

**جدول 4- کارآیی مصرف آب در مزارع آزمایشی**

| مزرعه | روش تسطیح | عملکرد محصول(kg) | آب مصرفی($m^3$) | کارآیی مصرف آب($kg/m^3$) |
|---|---|---|---|---|
| یک | ماله مرسوم | 1635 | 4155 | 0/39 |
| | ماله لیزری | 2104 | 2516 | 0/84 |
| دو | ماله مرسوم | 2252 | 7149 | 0/31 |
| | ماله لیزری | 2161 | 5005 | 0/43 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 0/34 | 5652 | 1944 | ماله مرسوم | میانگین دو |
| 0/57 | 3761 | 2133 | ماله لیزری | مزرعه |

## منابع

- آبسالان، ش.، ا. دهقان و م. ع. مشکوه (1389). تعیین و ارزیابی بهترین روش های مدیریتی برای افزایش کارایی مصرف آب در اراضی شور پایین دست حوزه کرخه . گزارش نهائی پروژه تحقیقاتی، مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی. کرج. 37 ص.

-Agarwal, M. C. and A. C. Goel. (1981). Effect of field levelling quality on irrigation efficiency and crop yield. Agricultural Water Management. Volume 4, Issue 4. Pages 457-464.

-Anonymous, (1997). Irrigation Agronomy. OFWM field manual. Federal water management cell. Ministry of food agricultural and livestock.

-Asif, M., M. Ahmad, A. Gafoor and Z. Aslam. (2003). Wheat productivity, land and water use efficiency by traditional and laser land leveling techniques. Journal of Biological Scinces. 3(2): 141-146.

-Choudhary, M.A., A. Mushtaq, M. Gill, A. Kahlown and P.R. Hobbs. (2002). Evaluation of resource conservation technologies in rice-wheat system of Pakistan. 25-27 September 2000, New Delhi, India. Rice-wheat Consortium Paper Series 14, New Delhi, India. Rice-wheat consortium for the Indo-Gangetic Plains. 148 pp.

-Jat, M.L., P. Chanda, R. Gupta, S.K. Sharma and M.A. Gill. (2006). Laser Land Leveling: A Precursor Technology for Resource Conservation. Rice-Wheat Consortium Technical Bulletin 7. New Delhi, India: Rice-Wheat Consortium for the Indo-Gangetic Plains. pp 48.

-Jat, M.L., Pal, S.S., Subba Rao, A.V.M. and Sharma, S.K. (2003). Improving resource use efficiency in wheat through laser land leveling in an ustochrept of Indo-Gangeticplain. In: National Seminar on Developments in Soil Science, 68th annual Convention of the Indian Society of Soil Science, November 4-8, 2003, CSAUAT, Kanpur (UP).

-Khan, B.M. (1986). Overview of water management in Pakistan. Proceedings of Regional seminar for SAARC member countries on farm water management. Govt. of Pakistan. P. 8.

-Khepar, S.D., Chaturvedi, M.C. and Sinha, B.K. (1982). Effect of precise leveling on the increase of crop yield and related economic decision. J. Agric. Engg. 19: 23–30.

-Landon, N. J. (1999). An investigation into the impact and applicability of laser land leveling in Pakistan. Thesis M. Sc., Univ. Southampton, UK.

-Pal, S. S., Jat, M. L. and Subba Rao, A. V. M. (2003). Laser land leveling for improving water productivity in rice-wheat system. PDCSR Newslatter.

-Rickman, J.F.( 2002). Manual for laser land leveling, Rice-wheat Consortium Technical Bulletin Series 5. New Delhi-12, India: Rice-wheat Consortium for the Indo-Gangetic Plains.