اثر نوع تسطیح کننده بر شاخص های تسطیح زمین، عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب گندم درمنطقه خوزستان

شاهین انصاری دوست[1]، حمداله اسکندری[2*] و محمود چگنی[3]

تاریخ دریافت: 91/2/17 تاریخ پذیرش: 91/8/1

1- گروه علمی کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران
2- استادیار گروه علمی کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران
3- کارشناس جهاد کشاورزی شهرستان شوش
*نویسنده مسئول E-mail: ehamdollah@gmail.com

چکیده

در شرایط کنونی در اکثر نقاط کشور عمل تسطیح بیشتر با تکیه بر مهارت راننده انجام می‌گیرد و در نتیجه تسطیح دقیقی بدست نمی‌آید. بنابراین، استفاده از تکنولوژی مناسب جهت تسطیح بهتر زمین ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش اثر دو نوع تسطیح کننده‌ی زمین شامل تسطیح کننده‌ی لیزری و تسطیح کننده‌ی مرسوم بر شاخص تسطیح زمین، ضریب یکنواختی زمین، حجم آب مصرفی، عملکرد دانه گندم و کارآیی مصرف آب مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش در سال زراعی 88-1387 در مزرعه ای واقع در شمال شهرستان اهواز انجام گرفت. با توجه به ماهیت طرح نیاز به کرتهایی با سطح وسیع بود تا تاثیر تفاوت در میزان ناهمواریهای زمین بر روی فاکتورهای مورد اندازه گیری مشخص شود. لذا، آزمایش در 14 کرت 1 هکتاری (7 تکرار برای هر تیمار) اجرا شد. با این حال، برای محاسبه حجم آب آبیاری، هر کرت به قطعات 100×20 متری تقسیم شد. نتایج نشان داد که بجز عملکرد دانه، سایر فاکتورهای اندازه گیری شده تحت تاثیر نوع تسطیح کننده قرار گرفتند. به طوری که تسطیح کننده‌ی لیزری در مقایسه با تسطیح کننده‌ی مرسوم باعث کاهش زمان آبیاری به میزان 35 درصد شد. کاهش زمان آبیاری نشان دهنده‌ی کاهش تلفات آبیاری می‌باشد. شاخص تسطیح و ضریب یکنواختی زمین بدست آمده در تسطیح لیزری نسبت به تسطیح کننده‌ی مرسوم به ترتیب به عدد صفر و یک نزدیکتربود که نشان دهنده‌ی برتری تسطیح کننده لیزری در تسطیح زمین در مقایسه با تسطیح کننده‌ی مرسوم است. در نهایت، با توجه به شاخص های فنی مورد ارزیابی، استفاده از تسطیح کننده‌ی لیزری جهت تسطیح زمین توصیه می‌شود.

واژه های کلیدی : تسطیح، تسطیح کننده‌ی لیزری، تسطیح کننده‌ی مرسوم، کارآیی مصرف آب، گندم.

Effect of Leveler Type on Leveling Index, Grain Yield and Water Use Efficiency of Wheat in Khuzestan Province

Sh Andari-Dust[1], H Eskandari[2*] and M Chegeni[3]

Received: May 6, 2012 Accepted: October 22, 2012
[1]Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran
[2]Assist Prof of Agriculture department, Payame Noor University, Tehran, Iran
[3] Jahade-Agriculture of Shoush, Shoush, Iran
*Corresponding Author: E-mail: ehamdollah@gmail.com

Abstract

In most part of our country, field leveling is performed based on operator's skills resulted in imprecise leveling. Therefore utilizing new field leveling technologies is in high importance. In the current research, effects of two leveler types including conventional leveler and laser leveler were evaluated on leveling Index, leveling uniformity coefficient, grain yield and water use efficiency of wheat. The field experiment was conducted in 2008-2009 growing season in the North of Ahwaz. Regarding the nature of experimental design, large plots were needed to determine the effects of inequality of field on evaluated factors. Thus the experiment was carried out by 14 plots of 10000 m^2 (seven replications for each treatment). However, every plot was divided into parts of 20 × 100 m^2 to determine the volume of irrigation water. The results showed that except gain yield, all factors were affected by the type of leveler where using laser leveler reduced the time needed for irrigation up to 35% suggesting the reducing water casualties. Leveling index and leveling uniformity coefficient were near to zero and one respectively, which showed the superiority of laser leveler in comparison with traditional leveler. Regarding evaluated technical factors, laser leveler can be recommended for field leveling.

Key words: Conventional leveler, laser leveler, leveling, water use efficiency, wheat.

مقدمه

یکی از عوامل اصلی محدود کننده تولید در سیستم های کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک کمبود منابع آبی است که محدوده‌ی تامین سایر منابع و همچنین کارآیی مصرف آنها را نیز متاثر می‌سازد (کنان و همکاران 2007) به طوری که آبیاری ناکافی منجر به کاهش تولید محصول می‌گردد. در روشهای آبیاری سنتی به دلیل ناصاف بودن بستر کشت، کشاورزان به میزانی از آب استفاده می‌کنند که علاوه بر مرطوب شدن تمام قسمتهای خاک، لایه‌ای از آب نیز سطح مزرعه را بپوشاند. این امر تلفات آب آبیاری را به دنبال دارد. در حالی که جهت بدست آوردن حداکثر محصول

در واحد سطح، استفاده کارآمد از آب آبیاری و جلوگیری از تلفات آن ضروری است. به عبارت دیگر، دستیابی به حداکثر عملکرد نیازمند مدیریت مناسب آب آبیاری است.

تسطیح به عنوان یکی از اجزای مهم و موثر در مدیریت آب مزرعه، با حذف دقیق بلندی‌ها و فرورفتگیهای زمین و ایجاد شیب مناسب در جهت آبیاری، مقدار آب آبیاری را مصرفی کاهش داده و در نهایت موجب افزایش راندمان آبیاری می‌شود. در مناطقی که از آبیاری سطحی استفاده می‌شود، تسطیح یکی از ضروری ترین عملیات برای زراعت محسوب می‌شود. نفوذ آب در مزارع تسطیح شده یکنواخت و بسیار موثر می‌باشد. به علاوه، امکان جاری شدن آب و فرسایش خاک را به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد (منصوری راد 1379). والکر (1989) گزارش داد که طراحی نامناسب مزرعه و ناهمواری آن باعث هدرروی مقادیر قابل توجهی از آب آبیاری می‌شود به طوری که اگر اختلاف ارتفاع بین بلندترین و پست ترین نقطه در یک مزرعه کشت برنج به طور متوسط 160میلی متر باشد، در یک مزرعه ناهموار100-80 میلی متر آب باید ذخیره گردد تا تمام سطح مزرعه از آب پوشیده شود و این مقدار برابر 10 درصد کل آبی است که برای رشد محصول برنج لازم است. آسیف و همکاران (2003) نیز نتیجه گرفتند که زمین‌هایی که با دقت کم تسطیح شده و دارای ناهمواری می‌باشند حدود 30 درصد از آب آبیاری را تلف می‌کنند.

تسطیح اراضی کشاورزی با استفاده از ماشین تسطیح زمین و یا اسکریپر صورت می‌گیرد. این ماشینها در سالهای اخیر به سامانه لیزری مجهز شده-اند و با نام تسطیح کننده لیزری اراضی شناخته می-شوند (زراعتکاری فرد 1383). لاندن (1999) معرفی تسطیح کننده‌های لیزری را به عنوان یک تحول تدریجی در بخش تسطیح دانست و اعلام کرد که استفاده از این نوع ادوات در تسطیح اراضی، سبب کاهش آب مصرفی به میزان 30-20 درصد می‌شود. آنگر (1990) نیز گزارش داد استفاده از تکنولوژی لیزر، اهداف تسطیح زمین شامل کاهش فرسایش، افزایش ظرفیت نگهداری آب و کاهش رواناب را بهبود می‌بخشد. اسفندیاری (1383) نتیجه گرفت در مزارعی که تسطیح لیزری شده‌اند نسبت به مزارع تسطیح نشده، مدت زمان آبیاری و میزان آب مصرفی به ترتیب به میزان 45/4 و 54/4 درصد کاهش پیدا کرد.

نظر به اینکه میزان آب مصرف شده در مزرعه تحت تاثیر تسطیح زمین قرار می‌گیرد در این پژوهش کوشش شده است ضمن بررسی اثر روش‌های مرسوم و لیزری بر میزان تسطیح زمین، امکان کاهش میزان مصرف آب آبیاری در مزارع گندم و همچنین افزایش عملکرد دانه این گیاه زراعی مهم به صورت کمی تعیین شود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی 88-1387 در مزرعه ای واقع در شمال شهرستان اهواز با عرض جغرافیایی 31 درجه و 24 دقیقه و طول جغرافیایی 48 درجه و 49 دقیقه انجام شد. متوسط بارندگی سالانه 213 میلی متر و اقلیم منطقه گرم و خشک با متوسط دمای سالانه 25 درجه سانتی گراد است. بافت خاک مزرعه محل آزمایش لوم-رسی و pH آن 7 می‌باشد.

در این آزمایش، دو تیمار تسطیح زمین به روش معمولی (با استفاده از تسطیح کننده ی مرسوم ساخت شرکت دقت کشت شیراز) و تسطیح زمین به روش لیزری (با استفاده از تسطیح کننده ی لیزری ساخت شرکت میسکین آمریکا) در 7 تکرار مورد مقایسه قرار گرفتند. مشخصات تسطیح کننده‌های مورد استفاده در آزمایش در جدول یک درج شده است. ابعاد هر کرت،

یک هکتار در نظر گرفته شد چرا که با توجه به ماهیت طرح، نیاز به کرتهایی با سطح وسیع بود تا تاثیر تفاوت در میزان ناهمواریهای زمین بر روی عوامل مورد ارزیابی مشخص گردد. بنابراین، آزمایش شامل 14 کرت یک هکتاری بود. پس از تهیه کرت ها و اعمال تیمارهای تسطیح، زمین به زیر کشت گندم (رقم چمران) رفت. عملیات مربوط به کشت بذر، داشت و برداشت گندم مطابق آنچه که در منطقه انجام می‌شود اعمال شد.

جدول 1- مشخصات تسطیح کننده‌های مورد استفاده در آزمایش.

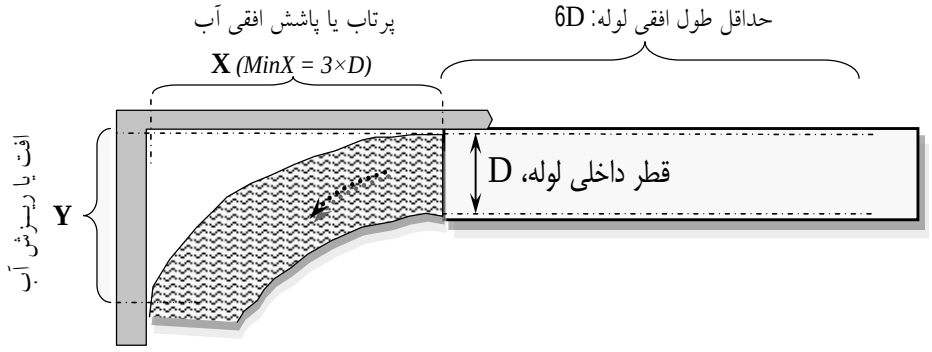
	تسطیح کننده لیزری	تسطیح کننده ی مرسوم
عرض دستگاه (متر)	4	6
حداقل نیروی مورد نیاز برای کشش (اسب بخار)	140	145
راندمان کاری در یک هکتار (ساعت)	8	1
سرعت دستگاه (کیلومتر در ساعت)	4	6
قیمت دستگاه (ریال)	200.000.000	30.000.000
هزینه یک هکتار (ریال)	600.000	100.000
نوع کشنده	تراکتور والترا	تراکتور والترا

برای مقایسه اثر نوع تسطیح کننده بر میزان آب مصرفی، حجم آب آبیاری (V) با استفاده از رابطه زیر اندازه گیری شد (برای این کار هر کرت به 5 قطعه 20×100 متری تقسیم شد)(حسن و همکاران 1980):

$$V = Q.\ t$$

$$Q = 0.022C\ A\frac{X}{\sqrt{Y}}$$

در این رابطه Q دبی جریان بر حسب لیتر بر ثانیه، t مدت زمانی که آب آبیاری به انتهای کرت ها می‌رسد، C ضریب تصحیح دبی، A سطح مقطع آب درون لوله، X مقدار پاشش افقی آب بر حسب سانتی متر و Y مقدار افت یا ریزش آب بر حسب سانتی متر می‌باشد (شکل 1).



شکل 1- تصویر شماتیک از نحوه خروج آب از لوله ای که آب را به درون کرت وارد می‌کند.

سطح مقطع آب درون لوله نیز با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (حسن و همکاران 1980):

$$A=\frac{D^2}{8}(q-\sin q)$$

در این رابطه D قطر لوله خارجی بر حسب سانتی متر و θ زاویه پایینی اتصال بالاترین نقاط آب درون پمپ و مرکز پمپ می‌باشد که با استفاده از رابطه زیر بدست آمد (حسن و همکاران 1980):

$$q = 2ArcCos(\frac{r-d}{r})$$

در رابطه فوق A ارتفاع آب درون لوله خروجی و r شعاع لوله خروجی بر حسب سانتی متر می‌باشد.

دو پارامتر شاخص تسطیح (LI) و ضریب یکنواختی زمین (LUC) نیز طبق روابط ذیل محاسبه شدند (پال و همکاران 2003):

$$LI = \frac{\sum | DLi - ALi |}{N}$$

$$LUC = \left(1 - \frac{\sum | DLi - ALi |}{\sum DLi}\right)$$

که در آنها، DLi عمق برش (یا پر شدن) قبل از تسطیح درنقطه i (سانتیمتر)، ALi عمق برش (یا پر شدن) بعد از تسطیح نقطه i (سانتیمتر) و N تعداد نقاط شبکه برداشت نمونه می‌باشد. حداقل میزان L_i صفر است که بیانگر دقیق بودن تسطیح می‌باشد. همچنین LUC بین صفر و یک بوده که هر چه عدد آن بالاتر باشد بیانگر دقیق بودن تسطیح می‌باشد (آنگر، 1990).

در تمامی تیمارها قبل از ورود ادوات به زمین، لولر لیزری در حالت کنترل دستی و در نقاط شبکه‌بندی روی زمین قرار داده شد تا اختلاف ارتفاع بین نقاط بدست آید. سپس داده ها با توجه به فاصله های 20 متری برداشت شدند. داده‌ها به نرم افزار تسطیح وارد شده و میزان برداشت و پر کردن در هر نقطه دریافت گردید. این داده‌ها به عنوان داده‌های نظری (Dli) در نظر گرفته شدند که پس از عملیات تسطیح، مجدداً همین عمل را تکرار نموده تا داده‌های واقعی مربوط به میزان بریدن (یا پر شدن) (Ali) بدست آید.

برداشت نهایی با توجه به علائم رسیدگی گیاه یعنی پژمرده شدن برگ ها و رسیدن رطوبت دانه ها به 14 درصد (زند و لعلی نیا 1389) صورت پذیرفت. در این مرحله، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای، از ردیف های میانی تعداد 5 نقطه به طور تصادفی انتخاب و با استفاده از یک قاب 1×1 متر عملکرد دانه در واحد سطح برای هر تیمار تعیین شد. در پایان، کارآیی مصرف آب از تقسیم عملکرد دانه بر میزان آب مصرفی در طول دوره رشد محاسبه گردید.

داده های مربوط به فاکتورهای اندازه گیری شده توسط آزمون T-Student و با استفاده از نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

نتایج

نتایج نشان داد که میزان آب مصرفی به طور معنی داری تحت تاثیر نوع تسطیح کننده قرار گرفت (جدول 2) به طوری که استفاده از تسطیح کننده‌ی لیزری حجم آب آبیاری را به طور قابل ملاحظه‌ای (35 درصد) کاهش داد. همچنین نوع تسطیح کننده زمان لازم برای رسیدن آب به انتهای کرت (زمان آبیاری) را تحت تاثیر قرار داد. به طوری که میانگین زمان پر شدن قطعات 2000 متر مربعی در تسطیح کننده‌ی لیزری و مرسوم به ترتیب 4/42 و 7/16 دقیقه بود که نشان دهنده‌ی کاهش 35 درصدی زمان لازم برای آبیاری توسط تسطیح کننده‌ی لیزری بود.

جدول2- تاثیر نوع تسطیح کننده بر حجم آب مصرفی (1000 متر مکعب در هکتار).

تیمار	درجه آزادی	حجم آب مصرفی	خطای استاندارد	انحراف معیار
تسطیح کننده مرسوم	6	16/75	0/34	0/13
تسطیح کننده لیزری	6	10/81	0/28	0/11

T-Value = 32/36 ** ** معنی دار در سطح احتمال یک درصد

شاخص تسطیح زمین و ضریب یکنواختی زمین نیز به طور معنی داری تحت تاثیر نوع تسطیح کننده قرار گرفتند (جدول 3 و 4). شاخص تسطیح بدست آمده در تسطیح لیزری نسبت به تسطیح مرسوم به عدد صفر نزدیکتر است. به عبارت دیگر استفاده از تسطیح کننده‌ی لیزری شاخص تسطیح را به طور معنی داری در مقایسه با تسطیح کننده‌ی مرسوم کاهش داد (جدول 3) . اختلاف معنی داری در سطح یک درصد بین تسطیح کننده‌ی لیزری و مرسوم از نظر تاثیر بر ضریب یکنواختی زمین وجود داشت به طوری که ضریب یکنواختی زمین در لولر لیزری به عدد یک نزدیکتر بود که نشان دهنده‌ی دقت بیشتر تسطیح کننده ی لیزری در تسطیح زمین است (جدول4).

جدول3- تاثیر نوع تسطیح کننده بر شاخص تسطیح زمین.

تیمار	درجه آزادی	شاخص تسطیح زمین	خطای استاندارد	انحراف معیار
تسطیح کننده مرسوم	6	12/61	0/69	0/39
تسطیح کننده لیزری	6	2/56	0/24	0/10

T-Value = 24/81 ** ** معنی دار در سطح احتمال یک درصد

جدول4- تاثیر نوع تسطیح کننده بر ضریب یکنواختی زمین.

تیمار	درجه آزادی	ضریب یکنواختی زمین	خطای استاندارد	انحراف معیار
تسطیح کننده مرسوم	6	0/84	0/011	0/005
تسطیح کننده لیزری	6	0/97	0/002	0/0009

T-Value = 22/68 ** ** معنی دار در سطح احتمال یک درصد

اختلاف معنی داری بین تسطیح کننده‌ی لیزری و مرسوم از نظر تاثیر بر عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) وجود نداشت (جدول 5) اما نوع تسطیح کننده بر میزان کارآیی مصرف آب گندم به طور معنی داری اثر گذار بود به طوری که کارآیی مصرف آب با بکارگیری تسطیح کننده‌ی لیزری

بهبود یافت (جدول 6). به عبارت دیگر، در عملکرد دانه یکسان، استفاده از تسطیح کننده‌ی لیزری در مقایسه با تسطیح کننده‌ی مرسوم باعث کاهش حجم آب مصرفی به میزان 37 درصد می‌شود.

جدول5- تاثیر نوع تسطیح کننده بر عملکرد دانه گندم (کیلوگرم در هکتار).

تیمار	درجه آزادی	عملکرد دانه	خطای استاندارد	انحراف معیار
تسطیح کننده مرسوم	6	0/84	0/011	0/005
تسطیح کننده لیزری	6	0/97	0/002	0/0009

T-Value = 0/55 ^{ns}

جدول6- تاثیر نوع تسطیح کننده بر کارآیی مصرف آب گندم (درصد)

تیمار	درجه آزادی	کارآیی مصرف آب	خطای استاندارد	انحراف معیار
تسطیح کننده مرسوم	6	24	0/01	0/005
تسطیح کننده لیزری	6	39	0/02	0/01

T-Value = 23/60 ** ** معنی دار در سطح احتمال یک درصد

بحث

حداقل مقدار شاخص تسطیح صفر است و هر چه به صفر نزدیک تر باشد، نشان دهنده‌ی دقیق بودن تسطیح است. کمتر بودن مقدار شاخص تسطیح در زمان استفاده از تسطیح کننده‌ی لیزری در مقایسه با تسطیح کننده‌ی مرسوم (جدول 3) نشان دهنده‌ی بهبود تسطیح زمین به میزان 4/9 برابر توسط تسطیح کننده‌ی لیزری می‌باشد. از طرف دیگر، مقدار ضریب یکنواختی زمین بین صفر و یک بوده که هر چه به عدد یک نزدیک تر باشد کارآیی بالاتر تسطیح کننده را در تسطیح زمین نشان می‌دهد. اختلاف تسطیح کننده‌ی لیزری و مرسوم از نظر ضریب یکنواختی زمین 13 درصد بود. اثرات برتری تسطیح کننده‌ی لیزری از نظر شاخص‌های تسطیح و ضریب یکنواختی زمین در حجم، زمان و کارآیی مصرف آب نمود پیدا می‌کند.

به عبارت دیگر کاهش ناهمواری های زمین که با تسطیح مناسب تر زمین حاصل می‌شود به کاهش حجم آب مصرفی کمک شایانی می‌کند. در این مورد آسیف و همکاران (2003) گزارش دادند که زمین‌هایی که با دقت کم تسطیح شده اند و دارای ناهمواری هستند حدود 30 درصد آب آبیاری را تلف می‌کنند که در نهایت منجر به افزایش حجم آب آبیاری می‌شود. لاندن (1999) نیز نتیجه گرفت که تسطیح لیزری مصرف آب را به میزان30-20 درصد کاهش می‌دهد. پال و همکاران (2003) گزارش دادند که با استفاده از تسطیح کننده‌ی لیزری می‌توان مصرف آب را به میزان 20-10 درصد کاهش داد. اگر چه نتایج پژوهش حاضر در خصوص تاثیر تسطیح زمین بر افزایش عملکرد دانه با یافته های سایر محققین (ریکمن و همکاران 1998، کالون و همکاران 2002، جت و همکاران 2006 و جت و همکاران 2009) مطابقت ندارد اما تاثیر مثبت مشاهده شده در

زمینه بهبود کارآیی مصرف آب با بکارگیری تسطیح کننده‌ی لیزری به دلیل کاهش حجم آب مصرفی با نتایج این محققین هماهنگی دارد به طوری که جت و همکاران (2006) استفاده از تسطیح کننده‌ی لیزری را روشی جهت افزایش کارآیی استفاده از آب و همچنین یکی از تکنولوژی‌های پیشرو در حفاظت از منابع تولید معرفی کرده‌اند. کاهش 35 درصدی حجم آب مصرفی در نتیجه استفاده از تسطیح کننده‌ی لیزری در پژوهش حاضر با نتایج بدست آمده توسط سایر محققین همخوانی دارد (مازاچوفسکی و درپش 1984، دوبرمن و همکاران 1997 و ریکمن 2002). به طور کلی با توجه به مشکلات کمبود آب در کشور و نیاز به استفاده بهینه از این نهاده، استفاده از تسطیح کننده‌های لیزری جهت حصول اهداف تسطیح زمین توصیه می‌شود.

منابع مورد استفاده

زند ب و لعلی نیا ع الف. 1389. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه پیام نور. صفحه 46.

اسفندیاری س. 1383، معرفی تکنولوژی تسطیح لیزری اراضی به کشاورزان، کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، صفحه 28.

زراعتکاری م. 1383، طراحی، ساخت و ارزیابی یک ماشین تسطیح لیزری برای تراکتور 75 hp ، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مکانیک ماشینهای کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، صفحه 134.

منصوری راد د. 1379، تراکتورها و ماشینهای کشاورزی، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا همدان جلد اول، صفحه 570.

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

Doberman A, Goovaerts P and Neue HU. 1997. Scale-dependent correlations among soil properties in two tropical lowland rice fields. American Journal of Society and Soil Science. 44: 765-771.

Hassan VE, Irsaelson QW and Stringhom GE. 1980. Irrigation practices. john Wiley & Sons. Inc. 417pp.

Jat ML, Chandana P, Sharma SK, Gill MA and Gupta RK. 2006. Laser land leveling: Aprecursor technology for resource conservation. Rice-wheat consortium technical bulletin series7. Rice-wheat consortium for the indo-gangetic plains, NewDehli, India. Pp. 48.

Jat ML, Gathala MK, Ladha JK, Saharawat YS, Jat AS, Kumar V, Sharma SK, Kumar V and Gupta R. 2009. Evaluation of precision land leveling and double zero-till systems in the rice–wheat rotation: Water use, productivity, profitability and soil physical properties. Soil and Tillage Research. 105: 112-121.

Kahlown MA, Gill MA and Ashraf M. 2002. Evaluation of resource conservation technologies in rice–wheat system of Pakistan. PCRWR, Islamabad, Pakistan, Pakistan Council of Research in Water Resources (PCRWR), Research Report-I. 2002.

Kenan U, Kill F, Gencoglan C and Merdan H. 2007. Effect of irrigation frequency and amount on water use efficiency and yield of sesame under field condition. Field Crops Research 101: 249-254.

Landon NJ. 1999. An investigation into the impact and applicability of laser land leveling in Pakistan M.Sc thesis, University of Southampton. UK.

Mazuchowski JZ and Derpsch R. 1984. Guide to preparing the soil for mechanized annual crops. ACARPA. Curitipa, Brazil, pp. 65.

Pal SS, Jat ML and Subba A. 2003. Laser land leveling for improving water productivity in rice-wheat system. PDCSR Newsletter. New Delhi, India.

Rickman JF. 2002. Manual for laser land leveling. Rice–Wheat consortium technical bulletin Series 5. Rice–wheat consortium for the Indo-gangetic Plains, New Delhi, India, pp. 24.

Rickman JF, Bunna S and Sinath P. 1998. Agricultural engineering. In: Program report for 1998, International Rice Research Institute, Manila, Philippines, pp.142.

Unger P. 1990. Land leveling effects on soil texture, organic matter content, and aggregate stability. Journal of Soil and Water Conservation. 45: 412-415.

Walker WR. 1989. Guidelines for designing and evaluating surface irrigation system. FAO, Chapter 6, Rome. Italy.