دومین سمینار راهکارهای بهبود و اصلاح سامانه‌های آبیاری سطحی
۲ خرداد ماه ۱۳۸۷

بهبود راندمان‌های آبیاری سطحی با تسطیح لیزری اراضی زراعی

منصور اسفندیاری بیات[۱]

چکیده

ناهمواری اراضی زراعی باعث کاهش قابل ملاحظه بازده کاربرد آب و بازده توزیع یکنواختی آب در داخل مزرعه می‌گردد. در اراضی ناهموار نقاط پست بیش از اندازه آبیاری و نقاط بلند کم آبیاری می‌شوند، آبیاری بیش از حد لزوم و آبیاری کم هر دو مضر بوده و باعث کاهش در عملکرد محصول می‌گردد. در اراضی ناهموار استفاده بهینه از نهاده‌های کشاورزی از قبیل آب، خاک، کودهای شیمیایی و ماشین‌آلات کشاورزی بعمل نمی‌آید، بنابراین تسطیح اراضی زراعی در ایران امری اجتناب ناپذیر می‌باشد. مطالعات نشان می دهد وزارت جهاد کشاورزی بنا به دلایلی ازقبیل کمبود ماشین آلات سنگین (از قبیل اسکریپر)، هزینه بالای تسطیح اراضی به روش متداول وکمبود نیروی متخصص تسطیح اراضی، موفقیت چندانی در تسطیح اراضی در ایران بدست نیاورده است. بکارگیری تکنولوژی لیزر درتسطیح اراضی یکی از چشمگیرترین پیشرفت‌ها درآبیاری سطحی محسوب می‌گردد. از تکنولوژی لیزر در تسطیح اراضی به طور وسیع در کشورهای توسعه یافته و کشورهای در حال توسعه در سه دهه گذشته استفاده می‌شود. همچنین دقت عملیات تسطیح در روش تسطیح مهندسی تا حدود زیادی به مهارت راننده بستگی دارد زیرا تصمیم‌گیری برای کنترل ارتفاع خاکبرداری و خاکریزی با چشم و به صورت مکانیکی انجام می‌گردد که این موضوع باعث کاهش دقت عملیات تسطیح در این روش می‌گردد. مطالعات نشان میدهد که خطای به میزان ۱۰۰ ± میلی متر در تسطیح مهندسی اجتناب ناپذیر می‌باشد. بنابراین انجام تسطیح دقیق (خطای کمتر از ۲۰± میلی متر) به وسیله روش مهندسی امکان پذیر نمی‌باشد. دقت عملیات تسطیح نقش بسزائی در بالا بردن راندمان کاربرد آب در مزرعه، راندمان یکنواختی توزیع آب در سطح مزرعه و افزایش کمی و کیفی عملکرد محصول دارد. در آبیاری سطحی امکان دست یابی به راندمان‌های بالا بدون انجام تسطیح

۱- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس

دقیق (لیزری) اراضی وجود ندارد. تسطیح لیزری مزایای فوق‌العاده‌ای نسبت به تسطیح مهندسی (روش متداول درایران) از قبیل عدم نیاز به ماشین آلات سنگین، استفاده از تراکتورهای معمولی کشاورزی، عدم نیاز به مهارت فنی درکاربران تکنولوژی، هزینه پایین عملیات تسطیح، دقت بسیار بالا و عدم فشردگی خاک دارد. در این مقاله به تشریح اجزاء مختلف یک واحد تسطیح لیزری و نحوی کارکرد آن پرداخته می‌شود.

کلمات کلیدی: آبیاری سطحی، تسطیح لیزری، راندمان‌های آبیاری.

مقدمه

بخش کشاورزی جایگاه مهمی‌در اقتصاد ملی ایران دارد، به طوریکه ۲۷ درصد تولید ناخالص ملی و ۲۳ درصد نیروی کار کشور را تشکیل می‌دهد. بخاطر شرایط خاص اقلیمی‌حاکم بر کشور که خشکی و پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارشها واقعیت گریز ناپذیر آن می‌باشد، بخش اعظم تولیدات کشاورزی متکی به استفاده از آب آبیاری می‌باشد. آب آبیاری مهمترین نهاده در بخش کشاورزی می‌باشد به طوریکه ۹۵ درصد آب استحصالی در کشور به بخش فوق اختصاص دارد. مطالعات نشان می‌دهد که متاسفانه بازده آبیاری در بخش کشاورزی ۳۰ درصد می‌باشد، به عبارت دیگر از ۹۰ میلیارد مترمکعب آب که در اختیار این بخش قرار می‌گیرد فقط ۲۷ میلیارد مترمکعب آب مورد استفاده گیاه قرار گرفته و مابقی یعنی ۶۳ میلیارد مترمکعب آن به صورت تلفات از دسترس گیاه خارج می‌گردد. در ایران سالیانه حدود ۷ میلیون هکتار به کشت آبی اختصاص دارد که ۹۵ درصد آن به روش آبیاری سطحی - سنتی آبیاری می‌گردد. مهمترین دلایل پایین بودن بازده آبیاری در ایران عبارتند از(اسفندیاری، ۱۳۸۳):

- ناهمواری اراضی زراعی (عدم تسطیح دقیق اراضی زراعی)
- خاکی و غیر فنی بودن مسیر انتقال و توزیع آب
- عدم برنامه‌ریزی آبیاری در مزارع توسط زارعین
- عدم طراحی و مدیریت علمی‌سیستمهای آبیاری

ناهمواری اراضی زراعی باعث کاهش قابل ملاحظه بازده کاربرد آب و بازده توزیع یکنواختی آب در داخل مزرعه می‌گردد. در اراضی ناهموار نقاط پست بیش از اندازه آبیاری و نقاط بلند کم آبیاری می‌شوند، آبیاری بیش از حد لزوم و آبیاری کم هر دو مضر بوده و باعث کاهش در عملکرد محصول می‌گردد. در اراضی ناهموار استفاده بهینه از نهاده‌های کشاورزی خصوصاً از آب و خاک بعمل نمی‌آید، بنابراین تسطیح دقیق اراضی زراعی در ایران امری اجتناب ناپذیر می‌باشد.

از طرفی در سال ۱۴۰۵ جمعیت کشور به ۱۰۰ میلیون نفر می‌رسد و نیاز غذایی ۱/۵ برابر نیاز فعلی خواهد شد. با توجه به محدودیت جدی کمی و کیفی آب امکان توسعه اراضی زیر کشت جهت تولید غذای مورد نیاز کشور در سال ۱۴۰۵ وجود نخواهد داشت. تنها راه ممکن، افزایش بهره‌وری نهاده‌های کشاورزی و

نتیجتاً افزایش عملکرد محصول در واحد سطح می‌باشد. به دلیل ناهمواری اراضی زراعی، بستر مناسب کشت جهت افزایش بهره وری نهاده‌های کشاورزی خصوصا آب و خاک بوجود نیامده است. برای تهیه یک بستر مناسب کشت، اراضی زراعی بایستی تسطیح لیزری (دقیق) گردند. تسطیح لیزری اراضی زراعی مزایای زیادی دارد که اهم آنها در ذیل آورده می شود (وزارت غذا، کشاورزی و دام کشور پاکستان، ۱۹۹۶).

- افزایش بازده کاربرد آب و بازده توزیع آب در مزرعه،
- افزایش کمی و کیفی عملکرد محصول،
- فراهم نمودن بستر مناسب برای انجام کشاورزی حفاظتی (خاک ورزی حفاظتی)،
- راحت و آسان شدن عملیات آبیاری و کاهش هزینه آن،
- -کاهش فرسایش سطحی اراضی زراعی،
- افزایش سطح اراضی زراعی به دلیل حذف پشته‌های اضافی و کانال‌های آبیاری،
- جلوگیری از شور و ماندابی شدن اراضی زراعی،
- کاهش اثرات شوری خاک و آب بر روی عملکرد محصول،
- کاهش آلودگی منابع آبهای زیرزمینی و سطحی و حفظ محیط زیست،
- افزایش بازده عملیات مکانیزاسیون و کاهش استهلاک ماشین آلات کشاورزی،
- کاهش تلفات برداشت محصول توسط دستگاه کمباین،
- کاهش سبز شدن علفهای هرز در مزرعه و کاهش هزینه مبارزه با آن ،
- کاهش هزینه عملیات کاشت، داشت و برداشت،
- تامین آرامش روحی کشاورز.

بر اساس تحقیقات انجام گرفته در کشور پاکستان توسط محمد آصف و همکاران (۲۰۰۳) تاثیر تسطیح لیزری و مهندسی بر کارآیی آبیاری ومیزان عملکرد گندم مورد بررسی قرار گرفته. بر اساس نتایج بدست آمده در تحقیق فوق تسطیح لیزری باعث افزایش عملکرد گندم در واحد سطح به میزان ۲۸ و ۱۱ در صد به ترتیب نسبت به تیمار شاهد (قطعه زراعی تسطیح نشده) و تیمار تسطیح مهندسی شده است. همچنین در تیمار تسطیح لیزری کل مدت زمان آبیاری و کل عمق آب آبیاری داده شده به محصول به میزان ۴۷ و ۱۵ درصد به ترتیب نسبت به تیمار شاهد و تیمار تسطیح مهندسی کاهش پیدا کرده است. بازده مصرف آب (میزان محصول تولید شده به ازای مصرف هر متر مکعب آب) در تیمار تسطیح لیزری به میزان ۹۸/۷ و ۲۹/۳۶ در صد به ترتیب نسبت به تیمار شاهد و تیمار تسطیح مهندسی افزایش یافته است.

حسن عثمان (۲۰۰۲) تاثیر روش آبیاری سطحی مدرن (اراضی تسطیح لیزری شده + لوله هیدروفلوم) و آبیاری سطحی – سنتی (که توسط رارعین انجام می‌گیرد) را بر روی افزایش بازده آبیاری، عملکرد محصول و بازده مصرف آب را در محصولات گندم، پنبه، ذرت و برنج را در کشور مصر در طول دو فصل زراعی ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ بررسی نمود. نتایج تحقیقات ایشان نشان میدهدکه در محصولات گندم، پنبه،

ذرت و برنج، بازده آبیاری، عملکرد محصول و بازده مصرف آب در آبیاری سطحی مدرن به ترتیب ۳۰٪، ۶۵٪، ۱۳۷٪ و ۳۰٪، ۶۱٪، ۱۲۹٪ و ۱۴٪، ۱۱۶٪، ۱۵۴٪ و ۲۰٪، ۵۴٪، ۷۹٪ نسبت به آبیاری سطحی – سنتی افزایش یافته.

همچنین بر اساس تحقیقات انجام گرفته در کشور پاکستان توسط کالون و همکاران (۲۰۰۲)، سازمان مدیریت آب در مزرعه در کشور پاکستان (۲۰۰۲) و عالم و همکاران (۲۰۰۳) تسطیح لیزری اراضی باعث صرفه جویی آب به میزان ۲۵ درصد و افزایش عملکرد گندم به میزان ۲۰ تا ۳۵ در صد در مزارع شده است. به گزارش ریکمن (۲۰۰۳) بررسی تاثیر تسطیح بر عملکرد محصول برنج در کشور کامبوج طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۱۹۹۹ نشان داد که عمل تسطیح باعث افزایش عملکرد محصول برنج به میزان ۲۴ درصد می‌گردد. همچنین رابطه معنی‌داری بین میزان یکنواختی شیب زمین و عملکرد محصول به دست آمد و تسطیح مناسب زمین باعث افزایش سطح زیر کشت و کاهش زمان فعالیت‌های مزرعه‌ای نظیر کاشت و برداشت گردید. تسطیح لیزری یک مزرعه ۱۳ هکتاری در سروستان در استان فارس در سال ۸۳ باعث افزایش عملکرد گندم به میزان ۳۰ در صد و کاهش زمان آبیاری خاک آب به میزان ۶۰ در صد و سایر آبیاریها به میزان ۲۰ در صد گردید. همچنین تسطیح لیزری باعث یکنواختی توزیع آب در سطح مزرعه، یکنواختی رشد گندم در سطح مزرعه، یکنواختی اندازه دانه گندمها و عملکرد در سطح مزرعه، راحتی حرکت کمباین و کاهش تلفات به زیر ۱ در صد و راحت و آسان شدن عملیات آبیاری گردید (گزارش موسسه تحقیقات فنی مهندسی). آنجر (۱۹۹۰) اهداف تسطیح را کم کردن فرسایش، افزایش ظرفیت نگهداری آب جهت استفاده گیاه، کاهش رواناب سطحی، کاهش سرعت رواناب ونرسیدن به آستانه فرسایش، بهبود شرایط کشت و کاهش رسوب در رواناب وافزایش تولید محصول ذکر کرده است. مطالعات پینگالی (۱۹۹۲) نشان می‌دهد تسطیح اراضی باعث افزایش یکنواختی توزیع آب در مزرعه می‌گردد که این مسئله می‌تواند باعث کنترل علف‌های هرز شده و عملکرد را افزایش دهد.

روش‌های انجام تسطیح اراضی

از روش‌های تسطیح مهندسی و لیزری در تسطیح اراضی زراعی استفاده می‌شود. در ایران از روش مهندسی (استفاده از دستگاه اسکریپر خود کششی) در تسطیح اراضی استفاده می‌شود. مطالعات نشان می‌دهد که وزارت جهاد کشاورزی بنا به دلایلی از قبیل کمبود ماشین آلات سنگین (از قبیل اسکریپر)، هزینه بالای تسطیح و کمبود نیروی متخصص موفقیت چندانی در تسطیح اراضی در ایران بدست نیاورده است. همچنین دقت عملیات تسطیح در روش تسطیح مهندسی تا حدود زیادی به مهارت راننده بستگی دارد زیرا تصمیم‌گیری برای کنترل ارتفاع خاکبرداری و خاکریزی با چشم و به صورت مکانیکی انجام می‌گردد که این موضوع باعث کاهش دقت عملیات تسطیح در این روش می‌گردد. مطالعات نشان می‌دهد که خطای به میزان ۱۰۰ ± میلی متر در تسطیح مهندسی اجتناب ناپذیر می‌باشد (واکر، ۱۹۸۹). بنابراین، انجام تسطیح دقیق (خطای کمتر از۲۰± میلی متر) به وسیله روش مهندسی امکان پذیر نمی‌باشد. دقت عملیات تسطیح

نقش بسزائی در بالا بردن راندمان کاربرد آب در مزرعه، راندمان یکنواختی توزیع آب در سطح مزرعه و افزایش کمی و کیفی عملکرد محصول دارد. در آبیاری سطحی امکان دست یابی به راندمان‌های بالا بدون انجام تسطیح دقیق اراضی وجود ندارد (کلمنز، ۲۰۰۰). ریکمن (۲۰۰۳) در تحقیقات خود یک رابطه معنی‌داری بین دقت عملیات تسطیح و عملکرد محصول به دست آورد ($y = 0.026x+3.48, R^2 = 0.66$). نتایج تحقیقات ایشان نشان می‌دهد که میزان افزایش عملکرد محصول وابسته به میزان دقت عملیات تسطیح می‌باشد. تحقیقات در حال انجام پروفسور فست و همکاران (۲۰۰۵) در ایالت میسوری امریکا نشان می‌دهد که میزان عملکرد محصول وابسته شدید به میزان یکنواختی توپوگرافی اراضی می‌باشد. در مزارعی که اراضی دارای یک توپوگرافی یکنواخت (دارای تسطیح دقیق) می‌باشد، میزان عملکرد محصول تا ۳ برابر نسبت به مزارعی که دارای اراضی با یک توپوگرافی غیر یکنواخت بوده افزایش نشان می‌دهد.

تسطیح لیزری

از فن‌آوری لیزر در تسطیح اراضی زراعی به صورت وسیع در کشورهای پیشرفته و کشورهای در حال توسعه در سه دهه گذشته استفاده شده است (اسفندیاری، ۱۳۸۳)(نگاره ۱). بکارگیری فن‌آوری لیزر در تسطیح اراضی زراعی یکی از مهمترین پیشرفت‌ها در آبیاری سطحی محسوب می‌گردد (واکر، ۱۹۸۹). انجام تسطیح دقیق (خطای کمتر از ۲۰± میلی متر) به وسیله تسطیح لیزری امکان پذیر می‌باشد (لندن، ۱۹۹۵ و واکر، ۱۹۸۹)، زیرا ارتفاع خاکبرداری و خاکریزی با یک سیستم الکترونیکی - لیزری کنترل می‌گردد (آصف و همکاران، ۲۰۰۳).

نگاره ۱- یک واحد تسطیح لولر لیزری مدل رینولدز ساخت کشور امریکا.

یک واحد تسطیح لیزری شامل ۴ قسمت اصلی می‌باشد

۱- دستگاه مولد اشعه لیزر(نگاره ۲)

۲- سنسور اشعه لیزر(نگاره ۳)

۳- جعبه کنترل الکترونیکی (نگاره ۴)

۴- تراکتور وباکت تسطیح (نگاره ۵)

دستگاه مولد اشعه لیزر (نگاره ۲) دارای یک منبع تولید اشعه لیزر که توسط یک باطری کار می‌کند می‌باشد. مولد اشعه لیزر با یک سرعت نسبتاً بالا حول محور عمود برسطح مزرعه می‌چرخد، بنابراین اشعه تولیدی لیزر درحال چرخش تشکیل یک صفحه لیزری دربالای مزرعه می‌دهد که این صفحه لیزری می‌تواند به عنوان مرجع تسطیح مورد استفاده قرار گیرد. مولدهای گوناگون تولید اشعه لیزر که به مکانیسم تنظیم خودکار مجهز می‌باشند، قادرند که صفحه لیزری تولیدی را به شیب‌های دلخواه طولی و عرضی تجهیز نمایند. صفحه لیزری مرجع یک فاکتور بسیار مفید در عملیات تسطیح است زیرا با حرکت زمین تحت تاثیر قرار نمی‌گیرد، به نقشه‌برداری زمین برای تعیین نقاط بالا و پایین و به کار گرفتن کارگر فنی برای تخمین مقدار خاکبرداری‌ها و خاکریزی‌ها نیاز ندارد. فاصله بین اشعه لیزر و سطح زمین طوری تعریف شده‌اند که میزان انحراف از این فاصله همان میزان خاکبرداری یا خاکریزی در هر نقطه می‌باشد. در تسطیح لیزری نیاز به محاسبات مهندسی میزان خاکبرداری و خاکریزی متداول در روش تسطیح مهندسی نمی‌باشد. هزینه در تسطیح لیزری براساس اجاره تجهیزات درهر ساعت برآورد می‌گردد. دستگاه مولد لیزر روی یک سه پایه دریک گوشه مزرعه در ارتفاعی قرار داده می شود که هیچ مانعی برسرراه اشعه تولیدی در سطح مزرعه وجود نداشته باشد.

نگاره ۲- دستگاه مولد اشعه لیزر.

اشعه لیزر متصاعد شده از دستگاه مولد لیزر توسط یک سنسور نوری (نگاره ۳) که روی دستگاه باکت تسطیح نصب شده است، دریافت می‌شود. سنسور نوری از یکسری آشکارسازها که بطور عمودی روی هم قرار گرفته‌اند، تشکیل شده است، بطوریکه با بالا وپایین شدن باکت تسطیح بر اثر حرکت روی زمین ناهموار، اشعه لیزر توسط آشکارسازهای واقع در بالا و پایین آشکارساز وسط دریافت می‌شود. اطلاعات دریافت شده توسط آشکارسازها به جعبه کنترل که در کابین تراکتور نصب شده است (نگاره ۴) منتقل می‌شود و جعبه کنترل، هیدرولیک تراکتور را وادار به بالا و پایین آوردن تیغه باکت تسطیح می‌نماید و این عمل تا زمانی که اشعه لیزر به آشکارساز وسط برخورد نماید ادامه می‌یابد. بدین روش دستگاه سنسور که روی باکت تسطیح نصب شده است به طور پیوسته توسط صفحه لیزر مسیر دهی می‌شود وبه دنبال آن سیستم هیدرولیک تراکتور به طور اتوماتیک باکت تسطیح را کنترل می‌نماید. لازم به ذکر است که حساسیت سیستم لیزری حداقل ۱۰ تا ۵۰ برابر دقیق تر از قضاوت چشمی و کنترل دستی هیدرولیک تراکتور توسط راننده تراکتور می‌باشد، در نتیجه تسطیح به روش لیزری بسیار دقیق تر ازسایر روش‌ها می‌باشد. برای استفاده از سیستم لیزری در تسطیح اراضی نیاز به مهارت فنی کاربر نمی‌باشد، این امر موجب شده که زارعین بتوانند براحتی از این تکنولوژی در تسطیح اراضی استفاده نمایند.

نگاره ۳- سنسور اشعه لیزر.

جعبه کنترل الکترونیکی عموماً دارای دو وضعیت عملیاتی می‌باشند. در وضعیت اول یا وضعیت مشاهده، هنگامی که راننده تراکتور، تراکتور و باکت تسطیح را روی زمین به حرکت در می‌آورد، پایه سنسور بطور خودکار مطابق با پستی و بلندی زمین به بالا و پایین حرکت می‌کند و مونیتور جعبه کنترل اطلاعات ارتفاع نقاط زمین را نشان می‌دهد تا راننده تراکتور بتواند میانگین ارتفاع‌ها و شیب زمین را تعیین کند. به عبارت

دیگر، سیستم مثل یک سیستم نقشه‌برداری خودکار، کار می‌کند. در این وضعیت عملیاتی تیغه باکت تسطیح در محل خودش ثابت نگه داشته می‌شود و تنها پایه سنسور حرکت می‌کند. در وضعیت دوم عملیاتی یا وضعیت انجام عملیات تسطیح موقعیت پایه سنسور روی پاکت تسطیح ثابت می‌ماند و تیغه باکت تسطیح با توجه به پستی و بلندی زمین بالا و پایین می‌شود. صفحه لیزر تولیدی توسط دستگاه مولد لیزر در یک فاصله مناسب از مرکز ثقل مزرعه قرار دارد و دارای شیب مورد نظر می‌باشد. با تنظیم ارتفاع پایه سنسور نسبت به صفحه لیزر و مرکز ثقل مزرعه عملیات خاکبرداری وخاکریزی به سادگی با حرکت تراکتور در مزرعه انجام می‌گیرد.

نگاره ۴- سیستم جعبه کنترل.

چهارمین عنصر سیستم تسطیح لیزری مجموعه باکت تسطیح و تراکتور می‌باشد (نگاره ۵). این تجهیزات معمولاً تراکتورهای کشاورزی معمولی استاندارد و باکت تسطیح معمولی هستند که در آنها سیستم‌های کنترلی و هیدرولیکی به کار کردن تحت نظارت کنترل کننده الکترونیکی _ تجهیز شده با ابزار فرستنده لیزری و سنسور اصلاح شده‌اند. تراکتور نیاز به این دارد که با دقت انتخاب شده باشد بطوریکه کم قدرت نباشد و سیستم هیدرولیکی آن به اندازه کافی قوی باشد تا با ارتعاشات لیزری در حرکت‌ها و تنظیم‌ها کار کند. با توجه به عرض کار باکت تسطیح می توان از تراکتورهای با قدرت ۶۰ تا ۵۰۰ اسب بخار استفاده نمود. برای مثال جهت کشیدن لولر به عرض کار ۲ متر نیاز به تراکتور با قدرت ۷۵ اسب بخار می‌باشد. باکت تسطیح متشکل از یک تیغه و یک مخزن می‌باشد. باکت تسطیح می‌تواند یک لولر ساده، با عرض کار متفاوت (از ۲ متر تا ۵ متر) یک باکت مخزن دار کوچک (دارای ۲ متر مکعب مخزن) و یا یک باکت متوسط (دارای ۶ متر مکعب مخزن) یا بزرگ (دارای بیش از ۱۰ مترمکعب مخزن) باشد. معمولاً حجم باکت‌ها از ۲ تا ۲۰ متر مکعب می‌تواند طراحی و ساخته شود. در اراضی که نیاز به تسطیح کم عمق می‌باشد می‌توان از باکت مخزن‌دار کوچک و یا لولر استفاده نمود و در اراضی که نیاز به تسطیح اساسی دارد می‌توان از باکت مخزن‌دار بزرگ یا متوسط استفاده نمود. نگاره‌های ۵ تا ۸ عملیات تسطیح لیزری اراضی توسط لولر لیزری رینولدز ساخت شرکت رینولدز در کشور امریکا و سایر دستگاه‌ها را در منطقه سروستان استان فارس نشان می‌دهد. نگاره‌های ۹ تا ۱۱ مزرعه تسطیح لیزری شده در منطقه سروستان و گندم کشت شده در آن را نشان می‌دهد.

نگاره ۵- نمای مجموعه باکت تسطیح و تراکتور.

نگاره ۶- واحد تسطیح لولر لیزری رینولدز ساخت کشور آمریکا در حین اجرای عملیات تسطیح در منطقه سروستان.

نگاره ۷- واحد تسطیح لولر لیزری مسکین ساخت کشور آمریکا در حین اجرای عملیات تسطیح در منطقه سروستان.

نگاره ۸- واحد تسطیح اسکریپرلیزری ساخت کشور استرالیا در حین اجرای عملیات تسطیح در منطقه سروستان.

نگاره ۹- نمای مزرعه تسطیح لیزری شده در منطقه سروستان.

نگاره ۱۰- نمای مزرعه گندم تسطیح لیزری شده (مزرعه نگاره ۹) در منطقه سروستان.

نگاره ۱۱- نمای مزرعه گندم تسطیح لیزری شده از نزدیک (مزرعه نگاره ۹) در منطقه سروستان.

نتیجه‌گیری

جهت استفاده بهینه از نهاده‌های کشاورزی تسطیح دقیق اراضی زراعی امری اجتناب ناپذیر می‌باشد. درگذشته استفاده از روش مهندسی در تسطیح اراضی بنا به دلایل مختلف با موفقیت چندانی روبرو نبوده است. استفاده از تکنولوژی لیزر درتسطیح اراضی با توجه به مزایای آن نسبت به روش مهندسی می‌تواند گزینه‌ای مناسب جهت حل مشکل تسطیح دقیق اراضی در ایران باشد. با تسطیح دقیق اراضی می‌توان راندمان‌های آبیاری را در داخل مزرعه در آبیاری سطحی بطور چشمگیری افزایش داد.

منابع

۱. اسفندیاری بیات، م.، (۱۳۸۳). معرفی تکنولوژی تسطیح لیزری اراضی زراعی به کشاورزان ایران. کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، مقاله شماره ۵۵.

2. Alam, M.M., J.M. Asim and Z.I. Raza, (2003). Economic evaluation of resoure conservation technologies in rice-wheat cropping system. MREP Publication No.255(WAPDA, Pakistan).
3. Asif, M., M. Ahmed, A. Gafoor and Z. Aslam, (2003). Wheat productivity, land and water use efficiency by traditional and laser land-leveling techniques. Journal of Biological Sciences 3 (2): P. 141-146.

4. Clemmens, A.J. (2000). Measuring and improving irrigation system performance at the field level. Proceedings of National Conference and Exhibition on Irrigation, Melbourne, Australia, P. 190-199.
5. Kahlown, M.A., M.A. Gill and M. Ashraf, (2002). Evaluation of resource conservation technologies in Rice-wheat system of Pakistan. Pakistan Council of Research in Water Resources (PCRWR), Research Report-1, (PCRWR, Islamabad, Pakistan).
6. Landon, N.J., (1995). An investigation into the impact and applicability of laser land leveling in Pakistan. Thesis M.Sc., Univer. Southampton, UK.
7. MINISTRY OF FOOD, AGRICULTURE & LIVESTOCK, Government of Pakistan, (1996). Land Development, Precision Land Levelling and Level Border Design, Volume V.
8. OFWM, (2002). Impact assessment of resource conservation technologies(rice-wheat)DFID Project 1999-2002. (Directorate General Agriculture Water Management, Lahore, Pakistan).
9. Osman, H.El-B., (2002). Evaluation of surface irrigation using gated pipes techniques in field crops and old horticultural farm. Agric. Res. Center, MOA, Dokki, Cairo, Eygpt.
10. Pfost, D., A. Thompson and J. Henggeler, (2005). Annual Progress Report for Precision Agriculture and Surface Drainage. University of Missouri, USA.
11. Pingali, L. (1992). Sustaining Rice-Wheat production systems. Socio-economic and policy issuse.
12. Rickman, J.F. (2002). Manual for laser land leveling.Technical Bulletin, Indian Council of Agricultural Research, New Dehli,India.
13. Unger, P. (1990). Land leveling effects on soil texture, organic matter content, and aggregate stability. Journal of Soil and Water Conservation, 412-415.
14. Walker, W.R. (1989). Guidelines for designing and evaluating surface irrigation system. FAO, Rome, chapter 6, No. 45.