نهمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی
(مکانیک بیوسیستم) و مکانیزاسیون
پردیس کشاورزی و منابع‌طبیعی دانشگاه تهران
۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۹۴ - کرج

طراحی، ساخت و ارزیابی سطح-خاک ورز دوبل تیغه مورب به منظور استفاده در خاک ورزی حفاظتی و افزایش راندمان انرژی

محمودرضا سالار[۱*]، علی اسحق بیگی[۲]، عباس همت[۲]، هدی کارگرپور[۳]

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه شیراز، دانشکده کشاورزی، بخش مهندسی مکانیک بیوسیستم

۲- عضو هیئت علمی، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده کشاورزی، بخش مکانیک ماشینهای کشاورزی

۳- دانشجوی دکتری، دانشگاه تربیت مدرس تهران، دانشکده کشاورزی، بخش مهندسی مکانیک بیوسیستم

ایمیل مکاتبه کننده: msalar_kalej@yahoo.com

چکیده

کاهش مقاومت کششی ابزارهای خاک ورز، یکی از جنبه های مهم عملیات خاک ورزی می باشد و با توجه به خصوصیات خاص ساختمان گاوآهن کج ساق، در تحقیق حاضر دو نوع ابزار سطح-خاک ورز دوبل تیغه مورب رو به جلو و رو به عقب با زاویه تمایل ۱۰ درجه و زاویه حمله ۷/۵ درجه ساخته شد و عملکرد آن با یک واحد خاک ورز قلمی بالدار تجاری موجود در دو سطح رطوبت خاک ۰/۷ و ۰/۹ حد خمیری مورد مقایسه قرار گرفت. مقاومت کششی ابزار، سطح بهم خورده خاک، مقاومت ویژه و میزان بقایای مانده در سطح خاک اندازه گیری شدند. نتایج نشان داد که نوع خاک ورز بر همه متغیرهای مورد اندازه گیری تاثیر معنی داری داشت. رطوبت خاک بر مقاومت کششی و مقاومت ویژه خاک ورز شاهد معنی دار بود در حالیکه بر هیچ کدام از متغیرهای آزمایشی سطح- خاک ورزها تاثیر معنی داری نداشت. میزان بقایای مانده روی سطح خاک در هر دو نوع سطح-خاک ورز بیشتر از قلمی بالدار بود لذا ابزار سطح-خاک ورز با باقی گذاردن بیشتر بقایا در سطح خاک، می تواند خاک را بهتر در مقابل فرسایش محافظت کند. از طرفی مقاومت ویژه سطح-خاک ورز دوبل به طور معنی داری کمتر می باشد و باعث افزایش راندمان انرژی می شود.

واژه‌های کلیدی: "خاک ورزی حفاظتی"، "سطح-خاک ورز"، "کج ساق"، "مقاومت ویژه".

مقدمه

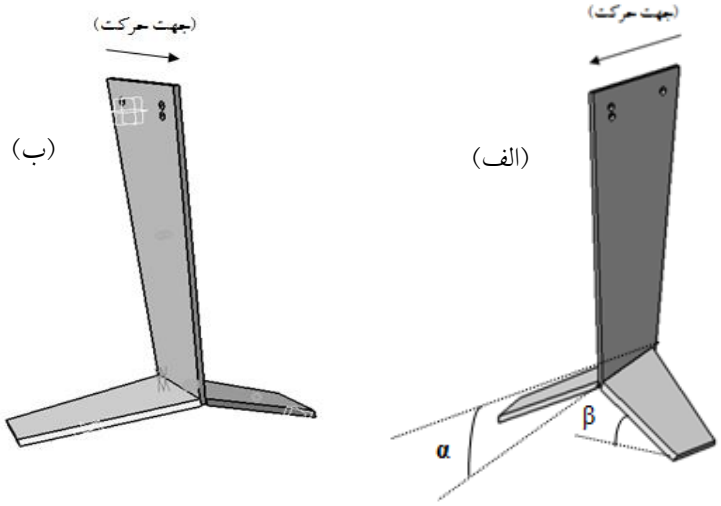
در مناطق خشک و نیمه خشک، حفظ رطوبت خاک بسیار مهم می باشد. سیستم خاک ورزی حفاظتی عمدتا تحت شرایط خشک، نیمه خشک و کشت های دیم توسعه و تکامل یافته اند. خاک ورزی حفاظتی می تواند نسبت به خاک ورزی مرسوم حداقل ۵۰ درصد فرسایش خاک را کاهش دهد زیرا پوشاندن حداقل ۳۰ درصد از سطح خاک بوسیله بقایای گیاهی از نتایج اهداف خاک ورزی حفاظتی می باشد (Temesgen et al., 2009). از آنجا که مصرف سوخت و قدرت تراکتور عاملی

محدود کننده است، برای یک تراکتور با اندازه مشخص، با کاهش مقاومت کششی در واحد عرض می توان اندازه ابزار و سرعت کار را افزایش داد که نتیجه آن افزایش نرخ کار و کاهش هزینه می باشد (Arvidsson and Hillerstrom, 2010). تحقیقات انجام شده در راستای رفع مشکلات مذکور، منجر به طراحی و ساخت ادوات جدیدی نظیر گاوآهن پارا و کج ساق گردیده است (Harrison, 1988). این ادوات با ساختار ویژه خود در عین این که خاک را زیر و رو نمی نمایند، ساختمان خاک را در هم شکسته و از طرفی نیاز به نیروی کششی کمتری دارند و بقایای گیاهی سطحی را حفظ می نمایند (Harrison, 1990). جعفری و همکاران (۱۳۸۷) با شبیه سازی گاوآهن کج ساق رو به عقب نشان دادند که مقاومت کششی تیغه رو به عقب کمتر از تیغه رو به جلو می باشد و کمینه مقاومت کششی در هر دو نوع کج ساق در زاویه حمله ۷/۵ درجه انفاق می افتد. حداکثر راندمان بر هم خوردگی خاک در کج ساق رو به جلو برخلاف کج ساق رو به عقب در زاویه حمله ۱۵ درجه اتفاق افتاد .

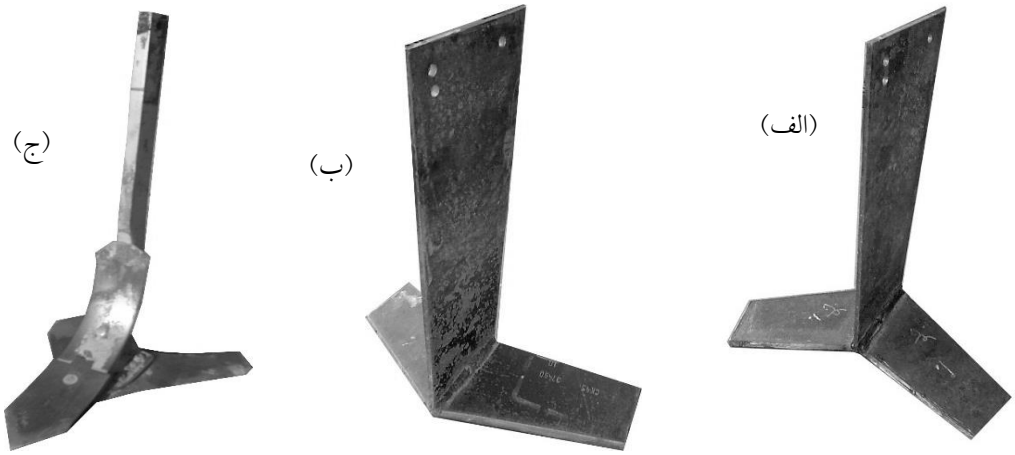
با توجه به خصوصیات خاص ساختمان گاوآهن کج ساق و کاهش مقاومت کششی در عملیات خاک ورزی، در تحقیق حاضر استفاده از ویژگی های ساختمانی گاوآهن کج ساق دوبل در کاهش مقاومت کششی، عملکرد آن در خاک ورزی حفاظتی در عمق سطحی ۰–۱۵ سانتی متر مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

ابتدا اقدام به طراحی با استفاده از نرم افزار Catia- (شکل ۱) و ساخت دو دستگاه سطح- خاک ورز دوبل با تیغه های مورب رو به جلو و رو به عقب با مشخصات گاوآهن کج ساق منتهی با تیغه ای کوچکتر و با زاویه تمایل ۱۰ درجه و زاویه حمله ۷/۵ درجه در دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان شد و با عملکرد یک واحد خاک ورز قلمی بالدار تجاری موجود بعنوان شاهد مورد مقایسه قرار گرفت (شکل ۲). زوایا تمایل (β) و حمله (α) تیغه در شکل (۱) آورده شده است. سپس عملکرد ابزار های مورد نظر به صورت طرح کرت های خرد شده در قالب بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو سطح رطوبت خاک ۰/۷ و ۰/۹ حدخمیری (PL) خاک مورد بررسی قرار گرفت. مقاومت کششی، سطح بهم خورده خاک، مقاومت ویژه و مقدار بقایای گیاهی باقی مانده در سطح خاک بعنوان متغیرهای آزمایشی اندازه گیری شد. بافت خاک، سرعت پیشروی تراکتور، عمق کار ابزار خاک ورز (۱۵ سانتی متر) و مقدار بقایای موجود در تمام کرت ها ثابت در نظر گرفته شد. برخی از ویژگی های فیزیکی خاک مزرعه آزمایشی به منظور استفاده در آزمایش های اصلی قبل از عملیات خاک ورزی اندازه گیری شد که در جدول (۱) ارایه شده است.



شکل ۱- نمایی از سطح-خاک ورز (الف) رو به جلو و (ب)رو به عقب طراحی شده.



شکل ۲- نمایی از سطح-خاک ورز دوبل (الف) رو به جلو و (ب) رو به عقب ساخته شده و (ج) خاک ورز قلمی. بالدار(شاهد).

جدول ۱- برخی از ویژگی های فیزیکی خاک مزرعه مورد بررسی

بافت خاک	رس (%w/w)	شن (%w/w)	سیلت (%w/w)	حد خمیری (%w/w)	چگالی ظاهری خشک ($g\ cm^3$)
لوم رسی	۳۸	۲۰/۲	۴۱/۸	۲۰/۳	۱/۲۷

مقاومت کششی خاک ورز بوسیله یک دینامومتر مالبندی در حد فاصل دو تراکتور اندازه گیری شد. با حرکت تراکتور کشنده، مجموع مقاومت کششی ابزار مورد نظر اندازه گیری و مقاومت غلتشی تراکتور حامل در حالی که ابزار بیرون از خاک می باشد اندازه گیری شد. سرعت پیشروی تراکتور نیز با ثـابت نگه داشتن موقعیت گاز دستی تراکتور کشنده و انتخاب یک دنـده مناسب برای کلیـه کرت ها با توجه به شرایط مزرعه ثابت در نظر گرفتـه شد. عرض مقطع بهم خورده خاک، معیار مناسبی در تعیین فاصله بهینه دو تیغه متوالی روی یک شاسی می باشد، بدین ترتیب از هم پوشانـی زیاد دو تیغه مجاور جلوگیری شده و در مصرف انرژی صرفه جویی می گردد. برای محاسبه سطح مقطع بهم خورده خاک در هر کرت اقدام به حفر پروفیل عرضی گردید. مساحت مقطع ترسیمی بـا جمع مساحت ذوزنقـه های تشکیل شـده تعیین شد. بـا تقسیم مقاومت کششـی اندازه گیری شده در هر کرت بر سطح مقطع بهم خورده خاک، مقاومت ویژه محاسبه شد. بقایای گیاهی، خاک را از فرسایش آبی و بادی محافظت می کند ولی باقی گذاردن مقادیر زیاد آن در سطح خاک، عملیات کاشت بذر را دشوار می سازد. بمنظور اندازه گیری مقدار بقایای گیاهی باقی مانده در سطح خاک، از یک قاب با ابعاد ۰/۵×۰/۵ متر مربع به صورت تصادفی در هر کرت استفاده شد و از نسبت وزنی بقایای موجود در داخل قاب به مقدار بقایا قبل از خاک ورزی، درصد بقایای گیاهی مانده در سطح خا ک بدست آمد. برای کاهش خطای احتمالی، هر آزمایش سه بار تکرار و نتایج بدست آمده توسط نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

اثر رطوبت خاک بر صفت های اندازه گیری شده معنی دار نبود اما اثر نوع ابزار خاک ورز بر صفات اندازه گیری شده معنی دار شد. اثر نوع خاک ورز بر مقاومت کششی در سطح احتمال ۰/۱ درصد معنی دار شد. جدول مقایسه میانگین نشان داد که مقاومت کششی در سطح-خاک ورزها به طور معنی داری کمتر از گاوآهن قلمی بالدار بود (جدول ۲). تفاوت معنی داری بین سطح-خاک ورزهای رو به جلو و رو به عقب در همه صفات اندازه گیری شده مشاهده نشد (جدول ۲)، برخلاف نتایج تحقیق جعفری و همکاران (۱۳۸۷)، سطح خاک ورزها گوه خاکی بسیار کوچکی ایجاد می کنند. سطح-خاک‌ورز رو به جلو گوه خاکی ایجاد نمی کند و از طرفی دوبل بودن این ابزار باعث ایجاد تفاوت در نوع گسیختگی خاک و نتایج بدست آمده با کج ساق های منفرد شده است. همسطح بودن باله ها با تیغه قلمی و اصطکاک زیاد بین باله ها و خاک در گاوآهن قلمی بالدار موجب افزایش مقاومت کششی و مقاومت ویژه و در نهایت کاهش راندمان انرژی خاک ورزی می شود .

سطح بر هم خوردگی خاک در گاوآهن قلمی بالدار به طور معنی داری بیشتر از سطح-خاک ورزها بود (جدول ۲). می‌توان با افزایش زاویه حمله تیغه سطح-خاک‌ورز سطح مقطع بهم خوردگی خاک را افزایش داد (Durairaj and Balasubramanian, 1997; Majidi and Raoufat, 1997) و (سعید فیروزی، ۱۳۷۵) ولی با افزایش زاویه حمله مقاومت کششی ابزار نیز افزایش می‌یابد (Aluko and Seig, 2000; Godwin, 2007; Majidi and Raoufat, 1997; McKyes and Maswaure, 1997; Payne and

(Tanner, 1959; Sánchez-Giron et al, 2005) و (جعفری و همکاران، ۱۳۸۷) که باعث افزایش مقاومت ویژه و کاهش راندمان انرژی می‌شود.

مقاومت ویژه خاک‌ورز قلمی بالدار به طور معنی داری بیشتر از سطح-خاک‌ورزها می‌باشد (جدول ۲). با استفاده از سطح-خاک‌ورزها می‌توان بازده انرژی را به میزان قابل توجهی افزایش داد .

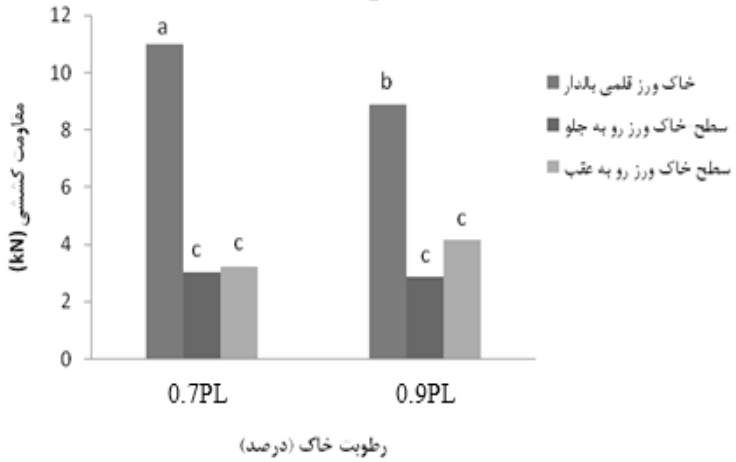
نوع خاک‌ورز بر میزان بقایای مانده در سطح خاک تاثیر معنی داری داشت. خاک‌ورز قلمی بالدار حداقل وجود بقایا روی سطح خاک برای خاک‌ورزی حفاظتی را رعایت کرده است ولی در مناطقی که با فرسایش بادی و آبی این مقدار کم می‌باشد و از طرفی میزان بقایای مانده روی سطح خاک در سطح-خاک‌ورز رو به عقب مانع از عملیات بعدی خاک-ورزی و کاشت می‌شود (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر نوع خاک ورز بر صفات اندازه گیری شده.

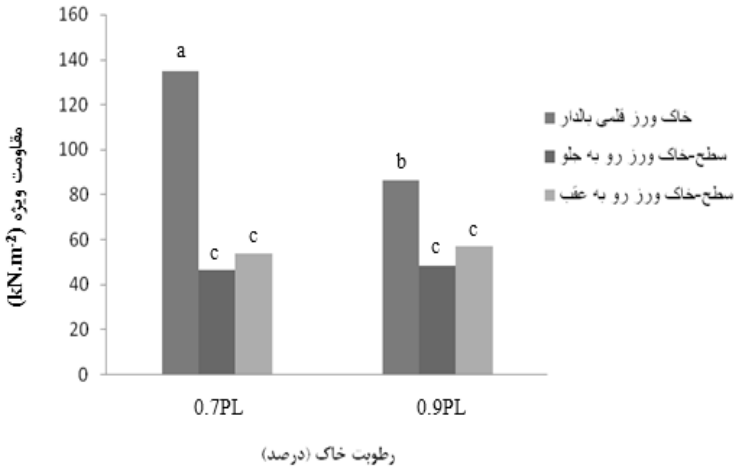
نوع خاک ورز	مقاومت کششی (kN)	سطح بر هم خوردگی خاک (cm^2)	مقاومت ویژه ($kN\ m^{-2}$)	بقایای مانده در سطح خاک (٪)
قلمی بالدار	۹/۹۳^a	۹۳۲/۳^a	۱۰۶/۵۱^a	۴۳/۵^b
سطح-خاک ورز رو به جلو	۲/۹۶^b	۶۴۴^b	۴۵/۹۶^b	۶۷/۶^a
سطح-خاک ورز رو به عقب	۳/۷^b	۶۸۱/۶۷^b	۵۴/۲۷^b	۸۱/۵^a

میانگین های هر عامل آزمایشی که دارای حروف لاتین مشابه هستند، فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد هستند.

اثر متقابل رطوبت خاک و نوع خاک‌ورز بر مقاومت کششی و مقاومت ویژه ابزار در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد (جدول ۲). نتایج نشان داد که با کاهش رطوبت خاک، مقاومت کششی و مقاومت ویژه خاک‌ورز قلمی بالدار به طور معنی داری افزایش یافت ولی در سطح-خاک ورزها تغییر معنی داری مشاهده نشد (شکل۴ و ۵). این نتایج بیانگر آنست که مکانیسم گسیختگی در خاک‌ورز قلمی بالدار و سطح-خاک ورز متفاوت می باشد. مشاهدات نشان داد که خاک ورز شاهد خاک را به سمت جلو هل داده و باعث ایجاد گوه خاکی در جلوی ابزار می شود که موثر از نیروی سربار خاک می باشد. با کاهش رطوبت خاک، نیروی سربار و همچنین نیروی اصطکاک افزایش یافته که باعث افزایش مقاومت کششی و مقاومت ویژه شده است، ولی در سطح-خاک ورزها گسیختگی در جهت عمود بر مسیر پیشروی ابزار که نیروی کمتری در مقابل آن می باشد صورت گرفت. در واقع گسیختگی خاک در سطح-خاک ورز و خاک ورز قلمی بالدار به ترتیب از نوع گسیختگی دو بعدی و سه بعدی می باشد.



شکل ۴- اثر متقابل رطوبت خاک و نوع خاک‌ورز بر مقاومت کششی.



شکل ۵- اثر متقابل رطوبت خاک و نوع خاک‌ورز بر مقاومت ویژه.

نتیجه‌گیری

۱- در سطح- خاک ورزها، بهم خوردگی خاک در اثر بلند و رها کردن توده خاک توسط رویه بالایی تیغه (ایجاد گسیختگی کششی) و نیز ایجاد گسیختگی دو بعدی برشی از لبه های کناری تیغه ها (در جهت عمود بر مسیر حرکت) حاصل گردید. در خاک ورز شاهد، گسیختگی سه بعدی خاک در راستای حرکت وجود داشت که باعث افزایش مقاومت کششی، سطح بهم خوردگی خاک و مقاومت ویژه شده است.

۲- تاثیر کاهش رطوبت خاک بر افزایش مقاومت کششی، مقاومت ویژه خاک ورز قلمی بالدار (تیمار شاهد) معنی دار بود در حالیکه بر هیچ کدام از متغیرهای آزمایشی سطح- خاک ورزها تاثیر معنی دار نداشت.

۳- بقایای باقی مانده توسط خاک ورز شاهد به طور معنی داری کمتر از تیمارهای سطح- خاک ورز بود. بطور میانگین حدود ۷۰ درصد بقایای گیاهی در سطح خاک در خاک ورزی با سطح- خاک ورز باقی ماند در حالیکه میانگین بقایای مانده در سطح خاک در خاک ورز شاهد ۴۳/۵ درصد بود.

۴- سطح خاک ورز رو به جلو با کاهش مقاومت کششی و مقاومت ویژه (نه به طور معنی داری نسبت به نوع رو به جلو) عملکرد بهتری دارد.

منابع و مآخذ

۱- جعفری، ر. توکلی هشچین، ت. رئوفت، م. ح. ۱۳۸۷. طراحی، ساخت و ارزیابی طرح بهینه گاوآهن کج ساق به منظور افزایش راندمان مصرف انرژی. مجموعه مقالات پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین های کشاورزی و مکانیزاسیون. کد مقاله ۷۵.

۲- فیروزی، س. ۱۳۷۵. بررسی مقاومت کششی گاوآهن عمیق Dual benteg plow و تعیین اثرات آن بر خصوصیات فیزیکی خاک، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.

3- Aluko O. B. & Seig, D. A. 2000. An experimental investigation of the characteristics of and conditions for brittle fracture in two-dimensional soil cutting. Soil and Tillage Research. Vol 57, 143-157.

4- Arvidsson, J. & Hillerstrom, O. 2010. Specific draught, soil fragmentation and straw incorporation for different tine and share types. Soil and Tillage Research. Vol 110 (1), 154-160.

5- Durairaj C. D. & Balasubramanian, M. 1997. Influence of tool angles and speed on the soil reactions of a bentleg plough in two soils. Soil and Tillage Research. Vol 44, 137-150.

6- Godwin, R. J. 2007. A review of the effect of implement geometry on soil failure and implement forces. Soil and Tillage Research. Vol 97 (2), 331-340.

7- Harrison, H. P. 1988. Soil reacting forces for a bentleg plow. Transaction of ASAE. Vol 31(1), 47-51.

8- Harrison, H. P. 1990. Soil reacting forces for two tapered bentleg plows, Transaction of ASAE. Vol 33 (5), 1473-1476.

9- Majidi Iraj, H. & Raoufat, M. H. 1997. Power requirement of a bentleg plow and its effects on soil physical conditions. Iran Journal of Agricultural Research. Vol 16 (1), 1-16.

10- McKyes, E. & Maswaure, J. 1997. Effect of design parameters of flat tillage tools on loosening of a clay soil. Soil and Tillage Research. Vol 43 (3-4), 195-204.

11- Payne, P. C. J. & Tanner, D. W. 1959. The relationship between rake angle and the performance of simple cultivation implements. Journal of Agricultural Engineering Research. Vol 4 (4), 312-325.

12- Sánchez-Giron, V. Ramirez, J. J. Litago, J. J. & Hernanz, J. L. 2005. Effect of soil compaction and water content on the resulting forces acting on three seed drill furrow openers. Soil and Tillage Research. Vol 81 (1), 25-37.

13- Temesgen, M. Hoogmoed, W. B. Rockstrom, J. & Savenije, H. H. G. 2009. Conservation tillage implements and systems for small holder farmers in semi-arid Ethiopia. Soil and Tillage Research. Vol 104 (1), 185-191.

Design, Development and Evaluation of Dual Bent Blade Subsurface for Using in Conservation Tillage and Increasing Energy Efficiency

Abstract

Decreasing draft force of tillage tools is always one of the important concepts in tillage operation, and according to structure properties of bent leg plow, in this research, two types of upward and backward dual bent blade subsurface tools with bend angle of 10° and rake angle of 7.5° was developed and compared with a commercial winged chisel in two moisture content of 0.7 and 0.9 PL. Draft force, soil distribution area, specific draft and amount of residues remaining on soil surface were determined. The results showed that the tillage type had a significant effect on all measured variables. The soil moisture effect was significant on draft force and specific draft of control tillage tool, while it was not significant on any of measured variables of subsurface tillage tools. The amount of remained residues on soil surface was more in both types of subsurfaces than winged chisel. So, subsurface tillage tools could protect the soil against erosion by remaining more residues on the soil surface. On the other hand, specific draft of dual bent blade subsurface tillage tools were significantly less than control tillage tool that led to increase in energy efficiency.

Keywords: “Conservation tillage”, “Subsurface tillage”, “Bent leg plow”, “Specific draft”.