تاثیر پارامتـــرهای ماشین های کشـــاورزی در پیش بینی فشـــردگی خاک و ارتباط آن با عملکرد محصول

مهدی غلامی[۱] _ مجید یزدانی بارفروشی[۲]
دانشگاه صنعتی اصفهان_گروه مکانیک ماشین های کشاورزی
m_gholami59@yahoo.com

چکیده

امروزه با افزایش جمعیت و لزوم تولید محصولات غذایی بیشتر، کشاورزی سنتی یک گام فراتر نهاده و وارد مرحلـه مکانیزاسـیون شده است. در کشاورزی مکانیـــزه استفاده از ماشین های کشـــاورزی غیـــرقابل انکار است. از طرف دیگر استفاده از این ماشیـن ها در دراز مدت باعث بوجود آمدن پدیده فشردگی در خاک می گردد. بررسی فشردگی و تراکم خاک های کشـاورزی بـه دلیـل تاثیر منفی آن در میزان رشد و نمو و عملکرد محصول اهمیت زیادی دارد و در دهه های اخیر بطور جدی مطـرح شـده اسـت و تلاش های فراوانی صورت گرفته تا اینکه راه های کاهش این اثرهای منفی ارزیابی و معرفی شود. در این مقاله تاثیر پارامتـــرهای قابل تنظیم ماشین های کشاورزی در بوجود آوردن فشردگی خاک و ارتباط آن با مدل رشد محصول بررسی می شود.

واژه های کلیدی: پارامترهای ماشین های کشاورزی- فشردگی و تراکم خاک - مدل رشد محصول

مقدمه:

خاک از مهمترین نهاده های کشاورزی و حساس ترین منبع توسعه کشاورزی پایدار می باشد که با افزایش سطح مکانیزاسـیون کشـاورزی در طی چند دهـه گذشته اثرات نامطلوب استفاده از ماشین های کشاورزی بر روی آن افزایش یافته است. بطوریکه کـاهش اثـرات مخـرب ماشین ها بر روی ساختمان خاک و حاصلخیزی آن و نیز میزان تولید محصول متخصصین امر را شـدیدا بـه چـاره جـویی واداشـته اسـت. آزمایش های مختلف نشان می دهد که خسارات وارد شده از طرف ادوات کشاورزی به ساختمان خاک به راحتی قابل جبـران نیسـت و بـه شدت بر روی عملکرد محصولات کشاورزی تاثیرگذار خواهد بود. در سالهای اخیر تحقیقات جدی در زمینه ارزیابی تاثیرات متقابل ماشـین و خاک شروع شده است که هنوز ادامه دارد. یکی از اثرهای نامطلوب ماشین های کشاورزی در مزارع فشرده کردن خاک است. در مـــزارع کشاورزی، فشـــردگی و تراکم بیش از حد خاک موجب افزایش مقاومت خاک، کـاهش هـوادهی و آبگـــذری، کـاهش رشـــد ریشـه و در نهـــایت کاهش محصـــول می شود. از آنجایی که ماشین ها در مزارع عامل اصلی فشردگی و تراکم خاک بـه شـمار مـی رونـد، افـزون بـر شرایط خاک کنترل پارامترهای قابل تنظیم ماشین های کشاورزی(فشار باد تایرها، وزن ماشین، سرعت پیشـــروی، میزان تـردد و لغـزش تایـرها) اهمیت ویـــژه ای می یابد.

در این مقاله سعی شده است که وضعیت فشـردگی و تراکم خاک و اثر منفی آن بر رشـد محصـولات در اثـر پارامتـــرهای قابـل تنظـیم ماشین های کشاورزی بررسی شود.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک ماشین های کشاورزی دانشگاه تهران

مدلسازی فشردگی خاک در زیر ماشین های کشاورزی :

اولین مرحله در رابطه با فشردگی خاک زراعی با مدل های رشد محصول، مدلسازی فشردگی خاک در زیر ماشین های کشاورزی است. پروسه مدلسازی خاک در زیر ماشین کشاورزی وسیله ای برای ارزیابی فواید و مضرات فشردگی و تراکم خاک می باشد. مراحل متشکله در یک مدل شبیه سازی فشردگی در خاک عبارتند از:

۱- مدلسازی نیروی سطحی مکانیکی اعمالی از طرف ماشین
۲- نشان دادن روابط تنش_کرنش خاک
۳- شناسایی تنش هایی که باعث ایجاد فشردگی خاک می شوند.

روابط ساده ای موجود می باشند که بصورت تجربی بدست آمده اند و تنش های سطحی را با پارامترهای ساده قابل اندازه گیری پیش بینی می کنند.[۵]

تاثیر فشار باد تایرهای ماشین های کشاورزی در پیش بینی فشردگی خاک :

مطالعات فراوانی برای ارتباط بین بارهای وارده از طرف ماشین های کشاورزی و تنش وارد بر خاک زراعی انجام شده است. بخاطر هندسه پیچیده تایرها بدست آوردن رابطه ای که برای یک دامنه وسیعی از خاک و انواع تایرها و شرایط عملکرد ماشین پذیرفته شود مشکل است.

Kuipers و ***Koolen*** درسال **۱۹۸۳** یک روش ساده برای تخمین زدن فشار تماسی متوسط نسبت به فشار باد پیشنهاد کردند:

$$P_m = kP_{iz}$$

در این رابطه K ضریبی است که با توجه به تعداد تردد تایر روی خاک تعیین می گردد. میزان تغییرات ضریب K از **۱/۱** برای **۴** تا **۶** بار عبور تا **۱/۲۵** برای **۱۶** بار عبور می‌باشد.

معادله بالا از اندازه گیری یک تایر انعطاف پذیر برروی یک سطح غیر قابل انعطاف در زیر بار استاتیکی بدست آمده و نمی تواند برای تغییرات درخاک زراعی و شرایط بار گذاری دینامیکی که معمولا در مزرعه با آن مواجه هستیم مورد استفاده قرار گیرد.[۵]

Sohne درسال **۱۹۸۵** تخمین زد که ماکزیمم فشار تماسی برای یک تایر تراکتور بدون آجهای بلند ۱/۴ تا ۲ ضربدر متوسط فشار اندازه گیری شده با تاکتیک بالا می باشد.

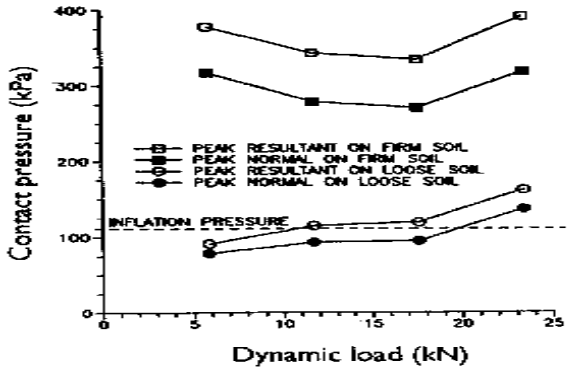
بر اساس اندازه گیری تنش با مبدل های جاگذاری شده روی تایرها، ***Shone*** و ***Steine*** در سال **۱۹۷۹** رابطه زیر را برای تخمین فشار تماسی بر سطح خاک (P_{ave}) بدست آوردند:

$$P_{ave} = 2.677 + 0.575IPR + 0.011DL - 0.016d$$

که IPR فشار باد لاستیک برحسب (bar)؛ DL نیروی دینامیکی برحسب (KN)؛ d قطر بیرونی تایر بر حسب (cm) می باشند.[۵]

دریک مطالعه وابسته، ***Burt*** و همکارانش در سال **۱۹۹۰** تعیین کردند که فشار تماسی متوسط نزدیک به فشار باد تایرها می باشد. آزمایش اطلاعات این تحقیق منجر به این نتیجه گیری شد که بطور کلی فشار باد تایر یک شاخص مناسب برای فشار متوسط تماسی بین تایر و خاک برای شرایط خاک شنی است.

برای شرایط خاک های سخت، نیز فشار متوسط تماسی سه برابر فشار باد تایرمی باشد(نمودار زیر). این تخمین برای انواع خاک ها و بارهای دینامیکی ثابت است. [۵]



نکته قابل توجه دیگر که ***Shone*** در سال **۱۹۸۵**گرفت این بود که در خاکهای نرم فشار زیر آجها ممکن است از **۱** تـا **۲** برابـر فشـار زیـر یک تایر صاف تغییرکند، درصورتیکه در خاکهای سفت این فشار ممکن است **۳** تا **۴** برابر فشار زیر یک تایر صاف باشد. [۵]
با توجه به تحقیقات اشاره شده بالا در ارتباط با فشار تماسی با فشردگی خاک، کاهش فشار میـانگین تماسـی تـایر_خـاک باعـث کـاهش فشردگی خاک زیرین مزرعه می شود که آن نیز باعث افزایش عملکرد محصول به علت ریشه دوانی بهتر، هوادهی و نفـوذ آب مناسـب تـر خواهد شد.

تاثیر میـــزان تردد و وزن ماشین های کشاورزی در پیش بینی فشردگی خاک زراعی :

در آزمایش صحرایی که در مزعه نمونه دانشگاه فردوسی مشهد با شرایط مناسب کشت جو در آن منطقه انجام گرفت تاثیر میزان تـردد و وزن تراکتور بر روی عملکرد محصول بررسی شد.
در این آزمایش دو تراکتور پرکاربرد منطقه یعنی مسی فرگوسـن ۲۸۵ و جانـدیر ۳۱۴۰ بـا شـرایط مشـابه (فشـار بـاد مناسـب و سـرعت پیشروی یکسان) در یکبار عبور، سه بار عبور و شش بار عبور در کرت های آماده شده قبل از کشت مورد آزمایش قرار گرفتند.
بعد از رشد محصول میزان عملکرد آن در رد تایرها بررسی شد و نتایج زیر بدست آمد:

نوع تراکتور و میزان تردد	عملکرد محصول (gr/m^2)
T_1C_1	۱۹۰۶
$T_1 C_2$	۱۹۹۰/۲
$T_1 C_3$	۲۱۱۰
$T_2 C_1$	۳۱۱۴/۸
$T_2 C_2$	۲۹۸۵/۸۶
$T_2 C_3$	۲۷۱۵/۸

نمونه	نوع تراکتور	وزن محور عقب(KN)[۲]
T_1	مسی فرگوسن ۲۸۵	۲۵/۸۴
T_2	جاندیر ۳۱۴۰	۳۵/۶۹

C_1	یکبار عبور
C_2	سه بار عبور
C_3	شش بار عبور

همانطوری که از جدول نتایج بالا مشاهده می شود عملکرد محصول با شرایط در نظر گرفته شـده در آزمـایش بـه میـزان تـردد و وزن ماشین نیز وابسته است. بکارگیری تراکتورها و ادوات سنگین و افزایش میزان تردد آنهـا حتـی در تردددهـای کـم نیـز موجـب کـاهش عملکرد محصول شده است، ولی بهره گیری از تراکتورهای سبک وزن در تردددهای کم موجب کاهش عملکـرد محصـول نمـی گـردد و حتی افزایش عملکرد نیز داشتیم.

تاثیر سرعت پیشـــروی ماشین های کشـاورزی در پیش بینی فشردگی خاک :

یکی دیگر از پارامترهای مربوط به ماشین های کشاورزی که در میزان فشردگی خاک زراعی تاثیرگذار است سرعت پیشروی وسیله می باشد.
اگر سرعت پیشروی کم باشد برای انتقال حداکثر توان، نیروی بسیار زیادی روی خاک مورد نیاز است که باعث فشردگی خاک و صـرف نیروی زمین گیرایی می شود. برعکس در سرعت پیشروی بالا برای انتقال حداکثر توان، نیروی کمتر روی خاک وارد می گردد و نیروی زمین گیرایی کمتری مورد نیاز است. پس برای کاهش فشردگی خاک بایستی سرعت کار را بالاتر انتخاب کرد. از طرفی نیز محـدودیت

نیروی کشش مالبندی را داریم، یعنی با افزایش سرعت کار نیروی مقاوم کششی ادوات افـزایش مـی یابـد و نیـروی کششـی مالبنـدی تراکتور جوابگوی آن نخواهد بود که این مشکل بیشتر برای ادوات خاکورزی مطرح است.[۱]
پس سرعت پیشروی وسیله کشاورزی در حین عملیات بایستی در محدوده سرعت توصیه شده تنظیم گردد که این عامل باعث کـاهش فشـردگی خاک و در نتیجه افزایش عملکرد محصول می شود.

تاثیر لغزش تایرهای ماشین های کشاورزی در میزان فشردگی وتراکم خاک های زراعی :

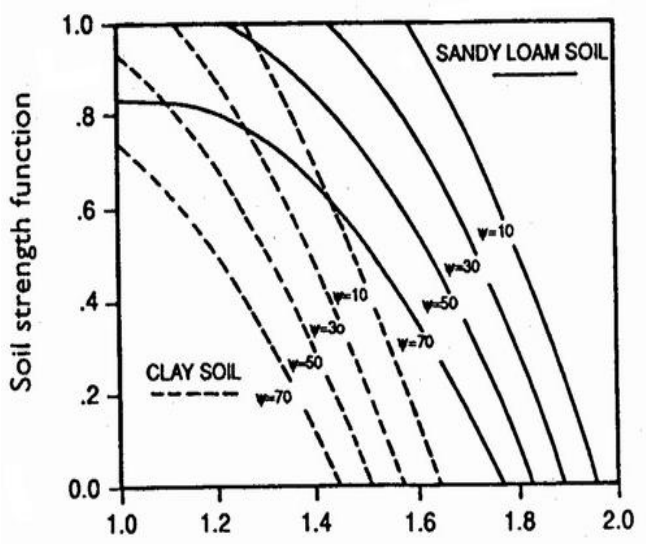
فشار سطحی و نیروی برشی اصلی ترین علت تراکم خاک هستند. لغزش یا بکسوات تایرها به دلیل ایجاد تـنش هـای برشـی در خـاک عامل مهم در تراکم و تخریب ساختمان خاک های زراعی بشمار می رود. آزمایش ها نشان می دهد که لغـزش بـین ۲۵ تـا ۳۵ درصـد بیشترین میزان فشردگی در خاک را بدنبال دارد. در حالیکه لغزش معادل ۱۶ درصد مناسب ترین لغزش تایر است که در آن عـلاوه بـر کاهش فشردگی، بازده کششی تراکتور نیز حداکثر می باشد. البته لغزش کمتر از این میزان لطمه چندانی در ترددهـای کـم بـه خـاک نمی زند ولی موجب کاهش بازده کششی تراکتور می شود. [۴]
برای کاهش اثر منفی بکسوات تایرها باید از تایرهایی با سطح تماس بیشتر و تراکتورها و ادوات بـا وزن مناسـب جهـت انجـام کارهـای مختلف زراعی استفاده کرد.

رابطه مدل های فشردگی خاک با مدل های رشد محصولات :

بعد از بررسی تاثیر چند پارامتر قابل تنظیم ماشین های کشاورزی بر روی فشردگی خاک در این قسمت رابطه فشردگی خاک بـا مـدل های رشد محصول بررسی می گردد. در بسیاری از مدل های رشد گیاه، جـرم مخصـوص ظـاهری خـاک بـه عنوان نماینده متغییرتاثیرات فشردگی خاک روی رشد محصول در نظر گرفته می شود.
در این مدل ها، تاثیر چگالی ظاهری افزایش یافته بر اثر فشردگی خاک با کاهش رشـد ریشـه و نیزکـاهش هـدایت هیـدرولیکی خـاک شبیه سازی شده است. کاهش رشد ریشه بیشتر بخاطر افزایشی است که در مقاومت نفوذ خاک (مقاومت خاک) براثر افزایش درچگالی ظاهری خاک می باشد.
روابط آماری پارامترهای رشد ریشه (گسترش، عمق نفوذ و ...) به عنوان تابعی از مقاومـت نفـوذ خـاک، و روابـط بـین مقاومـت نفـوذ و چگالی ظاهری خاک، یک مکانیزم جهت انطباق رشد ریشه در پاسخ به فشردگی خاک فراهم کرده است.
Clapp و*Shaffer* در سال ۱۹۸۷ مقاومت خاک را بعنوان تابعی از چگالی ظاهری (ρ_b) با رابطه زیر بیان کردند:

$$f = -1.095 + 0.1084\times10^{-1}\psi + 0.9735\times10^{-5}\psi^2 + 4.636\rho_b - 2.044\rho_b^2$$

ψ پتانسیل ماتـــریک می باشد که بین ۰ تا *70kpa*- متغیر است.
شکل زیر نمایش گرافیـــکی معـــادله بالا برای دو نـوع خاک می باشد. [۵]



تاثیرات فشردگی بر روی رشد ریشه با توجه به معادله بوسیله ضرب کردن مقدار حداقل f در مقدار رشد ریشـه در یـک حالـت مرجـع (یعنی وقتی که فاکتورهای فیزیک و ترکیب خاک، رشد ریشه را محدود نسازند) شبیه سازی می شود.

Reddy و همکارانش در سال ۱۹۸۷ از شبیه سازی مدل فشردگی خاک برای محصول پنبه استفاده کردند.
تاثیر فشردگی خاک بر روی رشد ریشه در این مدل از طریق محاسبه مقاومت ظاهری خاک با ظرفیت آب خاک و جرم مخصوص ظاهری آن ارزیابی و برآورد شده است.
مقاومت ظاهری خاک از طریق رابطه زیر با رشد ریشه در ارتباط می باشد:

$$RG = 104.6 - 35.3PR$$

که RG درصد رشد ریشه در ارتباط با رشد آزادانه آن و PR مقاومت نفوذ خاک (Pa) می باشد.
این رابطه برای پنبه در دامنه وسیعی از انواع خاک معتبر می باشد. [۵]
جدول زیر نیز اثر فشردگی خاک بر میزان تولید دو محصول را در یک تحقیق انجام گرفته نشان می دهد. [۳]

نوع محصول	نوع خاک	میزان محصول در خاک غیر فشرده (t/ha)	میزان محصول در خاک فشرده (t/ha)	درصد کاهش محصول
گندم	رس	۵/۷۷	۴/۰۹	۲۹/۱۱
	شنی	۷/۷۵	۳/۲۳	۵۸/۳
جو	رس	۵/۳۲	۲/۹۶	۴۴/۳
	شنی	۳/۴۹	۱/۷۷	۴۹/۳
	لومی رسی	۳/۱۴	۱/۵۱	۵۱/۹

نتایج و پیشنهادات :

نگهداری خاک در حالت فیزیکی مطلوب یکی از جنبه های حفاظتی آن محسوب می شود که بستگی زیادی به کاربرد صحیح ماشین های کشاورزی و مدیریت شرایط خاک دارد.
امروزه اکثر روش های رایج در مدیریت زراعی که از انبوه ماشین های کشاورزی برای رسیدن به تولید بیشتر استفاده می کنند، اغلب با مشکل فشردگی خاک مواجه هستند.
شرایط خاک از جمله رطوبت، بافت، استحکام خاکدانه ها و همچنین شرایط و پارامترهای ماشین های کشاورزی در صورت عدم مدیریت درست می توانند از جمله عوامل مهم در ایجاد فشردگی خاک های زراعی باشند.
برای حل مشکل فشردگی خاک روش های مختلفی وجود دارد که می توان به کنترل فاکتورهای تاثیرگذار خاک و پارامترهای موثر ماشین های کشاورزی مرتبط با فشردگی و تراکم خاک زراعی از جمله فشار باد تایرها، میانگین فشار تماسی تایر_خاک، میزان تردد و لغزش تایرها اشاره کرد.
کاهش فشار میانگین سطح تماس باعث کاهش فشردگی خاک شده که آن هم باعث افزایش محصول به علت ریشه دوانی مناسب گیاه خواهد شد. بنابراین بهترین راه کنترل فشردگی خاک، افزایش سطح تماس تایر_خاک می باشد. این کار به روش های مختلف صورت می گیرد که می توان به کم کردن فشار باد تایرها تا حد استاندارد توصیه شده، افزایش اندازه و نیز تعداد تایرها اشاره کرد. همچنین استفاده از سیستم زمین گیرایی زنجیری بسیار مناسب می باشد، چون بیشترین مقدار تراکم بوجود آمده در سطح خاک ناشی از عبور تایرهای لاستیکی بادی می باشد. [۴]
محدود کردن رفت و آمد ماشین ها در مزارع بخصوص ماشین های سنگین نیز بعنوان یک راه حل دیگر جهت کاهش فشردگی خاک پیشنهاد می شود.
افزایش سرعت پیشروی تا حد ممکن و کنترل میزان بکسوات تایرها تا میزان ۱۶ درصد می توانند در کاهش فشردگی و تراکم خاک های زراعی موثر باشند. باید توجه داشت که این صدمات وقتی خاک در شرایط نامناسب باشد به مراتب بیشتر خواهد بود.
بنابراین برای عملکرد بیشتر محصول باید به موارد بالا در کنترل تراکم خاک دقت کرد. در این باره لازم است اطلاعات بیشتر و جامع تری به کشاورزان زحمتکش داده شود که بخشی از این وظیفه سنگین بر عهده کارشناسان و متخصصان امر ماشین های کشاورزی می باشد.

منـــابع :

۱- دیزجی ح.، مینایی س.، افکاری سیاح ا.ح.، (۱۳۸۲)، تاثیر پارامترهای ماشین های کشـاورزی بـر فشـردگی خـاک، مجموعـه مقالات اولین کنفرانس دانشجویی مهندسی ماشین های کشاورزی

۲- شاکر م.، لغوی م.، (۱۳۸۲)، اصلاح عملکرد کششی سه نوع تراکتور متداول در ایران، مجموعـه مقـــالات اولـین کنفـــرانس دانشجویی مهندســـی ماشین های کشاورزی

۳- خاکورزی و پدیده فشردگی خاک در کشاورزی، مجله آب ماشین خاک، شماره ۱۹ و ۲۰

4- L. Goulteuy et. Al. (1982), Effect of subsoil compaction on corn yields, trans. of ASAE, 82, 2503-2563

5- S. L. Gupta, R. L. Raper, (1994), Prediction of soil compaction under vehicles, Elsevier Science