

## WPŁYW UGNIATAJĄCEGO DZIAŁANIA KÓŁ W RÓŻNYM STOPNIU OCIĄŻONEGO CIĄGNIKA NA WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE GLEBY ORAZ NA WZROST, ROZWÓJ I PLON NIEKTÓRYCH ROŚLIN UPRAWNYCH

*Jan Kozicz*

Wyższa Szkoła Rolnicza, Poznań

Rozwój mechanizacji rolnictwa, jaki obserwujemy w kraju, spowodował wprowadzenie na pola dużej ilości ciężkich maszyn rolniczych. Stawia to przed nauką i techniką różnorodne nowe problemy, które dotychczas nie są dostatecznie wyjaśnione. Jednym z najistotniejszych — to problem oddziaływania kół ciągników i maszyn towarzyszących na glebę, a także na wzrost, rozwój i plon roślin.

Wyniki dotychczasowych badań, zarówno krajowych, jak i zagranicznych, wskazują na daleko idące zmiany właściwości fizycznych w ugniecionej kołami glebie. Jednak wpływ tych zmian na plon roślin nie jest jednoznacznie określony. Jedni autorzy w swoich badaniach stwierdzają spadek plonu, drudzy dość znaczny wzrost. Istniejące różnice w uzyskiwanych wynikach doświadczeń i poważne rozbieżności w odniesieniu do ustalenia całokształtu przyczyn, wpływających na wzrost, rozwój i plon roślin wynikają stąd, że badania przeprowadzane są zwykle w warunkach polowych i dotyczą przy tym tylko dwóch wariantów: gleby nieugniecionej i ugniecionej kołami maszyn o jednakowych naciskach jednostkowych.

Aby wyjaśnić to zagadnienie, konieczne potrzebne są konkretne dane liczbowe odnośnie granicznego stanu ugniecenia gleby, dopuszczalnego z punktu widzenia potrzeb rozwojowych najczęściej uprawianych roślin.

W celu wyjaśnienia nakreślonych wyżej zagadnień, przeprowadzono w latach 1965–1967 badania w Katedrze Mechanizacji Rolnictwa przy WSR w Poznaniu, zmierzające do wyjaśnienia zależności między stopniem zmiany niektórych właściwości fizycznych gleby a rośliną uprawną. Dążono również do ustalenia wartości granicznej porowatości i pojemności powietrznej gleby, przy obniżeniu których występuje zahamowanie wzrostu i rozwoju, prowadzące do spadku plonu roślin uprawnych. Badania zostały przeprowadzone na dwu roślinach zbożowych: owsie i pszenicy jarej oraz na burakach pastewnych w ciągu trzech lat, przy pięciu powtórzeniach

każdego z siedmiu obiektów. Typem gleby, na której przeprowadzono doświadczenia według klasyfikacji PTG był piasek gliniasty lekki.

Do ugniatania gleby użyto ciągnika Ursus C-325 o różnym obciążeniu statycznym kół (tab. 1) Obciążenie przyjęto jako najczęściej występujące z maszynami uprawowymi i pielęgnacyjnymi przy pracach w polu.

T a b e l a 1. Parametry ciągnika i obciążenie statyczne kół

Lp.	Ciężar ciągnika (kG)	Obciążenie statyczne kół (kG)		Wymiary opon (w calach)	
		tylnych	przednich	tylnych	przednich
1 ×	1506	490	263		
2 ×	1763	561,5	320		
3 ×	2095	698,5	349		
4 ×	2320	846	314	10-28	6-16
5 ×	2320 × 3	846 × 3	314 × 3		
6 ×	2320 × 3	846 × 10	314 × 10		

Z właściwości fizycznych gleby oznaczano: porowatość ogólną kapilarną i niekapilarną, pojemność powietrzną, ciężar objętościowy oraz wilgotność objętościową i wagową na trzech głębokościach.

#### ZMIANY WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH GLEBY POD WPŁYWEM UGNIATANIA KOŁAMI CIĄGNIKA

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono spadek porowatości ogólnej i areacyjnej oraz pojemności powietrznej, natomiast wzrost ciężaru objętościowego i wilgotności objętościowej w miarę wzrostu obciążenia ciągnika (tab. 2). Szczególnie interesująco przedstawia się porównanie stosunku pojemności powietrznej do wilgotności objętościowej gleby ugniecionej kołami ciągnika. Okazuje się, że stosunek ten w miarę wzrostu ob-

T a b e l a 2. Zależność niektórych właściwości fizycznych gleby w śladach kół ciągnika od obciążenia statycznego tych kół

Lp.	Obciążenie statyczne kół (kG)	Porowatość ogólna (%)	Pojemność powietrzna (%)	Ciężar objętościowy (g/cm <sup>3</sup> )	Wilgotność objętościowa (%)
1 ×	Bez ugniecenia	49,15	34,03	1,36	15,12
2 ×	753	42,15	25,73	1,57	16,42
3 ×	881	40,74	23,66	1,58	17,08
4 ×	1047	38,56	21,34	1,64	17,22
5 ×	1160	37,08	19,33	1,68	17,75
6 ×	1160 × 3	36,34	16,71	1,70	18,63
7 ×	1160 × 10	33,36	13,35	1,78	20,01

ciężenia ciągnika zmniejsza się na niekorzyść pojemności powietrznej. W tym zapewne leży przyczyna zahamowania wzrostu roślin w śladach kół maszyn i ciągników rolniczych.

Wiadomo, że ilość tlenu w powietrzu glebowym (pojemność powietrzna aktualna) strukturalnej gleby wystarcza zaledwie na kilka dni korzeniom większości roślin uprawnych. Jeżeli ugniecie się glebę kołami ciągnika, to zawartość powietrza zmniejszy się (spadek pojemności powietrznej) i wystarczy go na krótszy okres czasu. Intensywność wymiany gazowej w tym wypadku powinna wzrosnąć. Okazuje się jednak, że pojemność powietrzna gleby nie tylko zapewnia określoną ilość tlenu, ale wpływa również na proces wymiany gazowej między glebą a atmosferą. Między pojemnością powietrzną a intensywnością wymiany gazowej istnieje prosta zależność. Spadek jej obniża proces przewietrzania gleby, który warunkuje dopływ tlenu. Można wobec powyższego sądzić, że w ugniecionej kołami glebie występuje niedobór tlenu. Tlen, jak wiadomo, jest jednym z ważniejszych czynników wpływających na funkcje fizjologiczne korzeni. Wniosek ten potwierdziła analiza korzeni, których ciężar od trzeciej kombinacji w miarę ugniecenia gleby spada, korzenie przy tym grubieją, ulegają silnemu skręceniu, stają się ciemne, co jest typowym objawem ich rozwoju przy braku tlenu (tab. 5).

Z wyników badań innych autorów wiadomo, że pojemność powietrzna aktualna zależy od porowatości niekapilarnej (areacyjnej) i wilgotności aktualnej gleby. Należy więc przypuszczać, że pod wpływem koła zmniejsza się w glebie objętość porów niekapilarnych, a wzrasta objętość porów kapilarnych. Wyniki naszych badań (tab. 3) potwierdzają ten wniosek. Dane zawarte w tablicy wskazują, że w miarę wzrostu ugniecenia gleby jej porowatość kapilarna wzrasta, niekapilarna maleje.

W doniesieniach o wynikach badań nad stosunkami powietrzno-wod-

Tabela 3. Rozkład porowatości w ugniecionej ciągnikiem glebie o różnym obciążeniu statycznym kół

Lp.	Porowatość (% objętości)			Stosunek porowatości kapilarnej do niekapilarnej
	ogólna	kapilarna	niekapilarna	
1 ×	48,89	23,52	25,38	1: 1,08
2 ×	42,15	27,98	14,17	1: 1,98
3 ×	40,74	28,66	12,08	1: 2,38
4 ×	38,56	30,20	8,36	1: 3,61
5 ×	37,08	30,91	6,17	1: 5,00
6 ×	36,34	31,32	5,02	1: 6,24
7 ×	33,36	31,94	1,41	1: 22,65

nymi gleby autorzy (Nitzsch, Domsch) podają, jako czynnik charakteryzujący optimum struktury gleby, stosunek porowatości kapilarnej do niekapilarnej. Według Nitzscha stosunek ten w sprawnej roli powinien wynosić jak 1 : 2. Wyniki uzyskane z badań ugniatanej kołami ciągnika gleby (tab. 3) są zbliżone.

Gwałtowny spadek omawianego stosunku w ugniecionej glebie wskazuje więc, że jej struktura i tekstura ulegają niekorzystnym zmianom. Równocześnie w warstwie bezpośredniego styku koła, przenoszącego moment obrotowy i gleby, następuje mechaniczne niszczenie gruzełków i agregatów glebowych, co jak wiadomo, powoduje zanik struktury gleby. Niska zawartość powietrza, które bezpośrednio działa na strukturę gleby prowadzi do utworzenia się skorupy. Ponieważ wymiana gazowa między glebą i atmosferą przebiega głównie w drodze dyfuzji przez powierzchnię gleby, stan jej (obecność skorupy) utrudnia wymianę gazową w całej warstwie gleby.

#### WPLYW UGNIECENIA GLEBY KOŁAMI CIĄGNIKA NA WZROST, ROZWÓJ I PLONY ROŚLIN

##### ROŚLINY ZBOŻOWE

Wyniki doświadczeń wykazały, że w miarę wzrostu stopnia ugniecenia gleby wzrost, rozwój i plony roślin ulegają różnicowaniu. Wyższy stopień ugniecenia gleby wywołuje wcześniejsze (o 1–2 dni) wschody dzięki lepszemu podsiąkaniu wody, na skutek różnicowania zawartości porów kapilarnych w poszczególnych wariantach ugniecionej gleby. Początkowy stan lepszego wzrostu trwał tylko do czasu strzelania w źdźbło, potem nastąpiło zahamowanie wzrostu i to tym większe, im ugniecenie było silniejsze. Zahamowanie wzrostu i rozwoju roślin znalazło odbicie w plonie ziarna i słomy (tab. 4).

Stwierdzono, że obniżenie porowatości ogólnej z 49,15% do 40,74%, a pojemności powietrznej z 34,03% do 23,66% spowodowało istotnie lepszy rozwój masy korzeniowej i nadziemnej, a tym samym wyższe plony ziarna i słomy owsa oraz pszenicy jarej; dalsze jednak obniżenie tych wskaźników odbiło się już niekorzystnie na obu zbożach. Analiza wariancji przy zastosowaniu testu Duncana wykazała istotność w plonie masy roślinnej w zależności od obciążenia statycznego kół ciągnika, a więc od stopnia ugniecenia i zmniejszenia porowatości i pojemności powietrznej gleby.

Najwyższe istotnie plony ziarna i słomy obu zbóż uzyskano na poletkach ugniecionych ciągnikiem o obciążeniu statycznym koła tylnego 561,5 kG i przedniego — 320 kG. Przy większym ugnieceniu plon był już istotnie niższy. Szczególnie wysokie straty wystąpiły w dwóch ostatnich obiektach. Można więc sądzić, że średnia porowatość ogólna gleby ok. 40,74% i 23,66% pojemności powietrznej są graniczne dla owsa i pszenicy jarej.

T a b e l a 4. Średni ciężar ziarna i słomy oraz straty i zwyczajki za trzy lata doświadczeń

Roślina	Ciężar w g/poletko		Straty i zwyczajki w %	
	słoma	ziarno	słoma	ziarno
Owies	238,58	145,07	00,00	00,00
	247,69	151,28	+4,25	+4,28
	251,53	153,74	+5,87	+5,98
	213,03	135,31	-10,33	-6,73
	194,75	129,00	-18,03	-11,08
	182,47	121,47	-23,24	-16,27
	161,13	105,15	-32,18	-27,52
	Pszenica jara	210,13	145,46	00,00
218,55		157,00	+4,01	+7,95
229,55		165,67	+9,24	+13,80
189,52		138,95	-9,81	-4,48
177,64		152,49	-15,46	-8,92
86,47		69,54	-58,54	-52,19
78,61		65,49	-62,59	-54,98

Rozmieszczenie korzeni w poszczególnych warstwach ulegało zmianie w zależności od stopnia ugniecenia gleby. Na poletkach z glebą w większym stopniu ugniecioną korzenie rozwijały się przeważnie w wierzchnich warstwach gleby, natomiast na poletkach o mniejszym ugnieceniu ich rozmieszczenie przebiegało bardziej równomiernie. Średnica korzeni wzrastała w miarę wzrostu ugniecenia gleby. Dla owsa różnica między pierwszą i ostatnią kombinacją wynosiła 52,7%, dla pszenicy 51,6% (tab. 5).

#### BURAKI PASTEWNE

Wschody buraków były nierównomierne, wcześniejsze — zaobserwowano na poletkach w większym stopniu ugniecionych. Po upływie ok. dwóch tygodni wzrost wyrównał się. W trzecim tygodniu wegetacji wzrost roślin w poszczególnych wariantach ugniecenia gleby ponownie zaczął się różnicować. Nastąpiło wyraźne zahamowanie wzrostu i rozwoju roślin, szczególnie w trzech ostatnich kombinacjach. Największe różnice we wzroście i rozwoju roślin między poszczególnymi wariantami ugniecenia gleby zaobserwowano w 90 dniu wegetacji. Taki stan roślin utrzymał się do okresu dojrzałości. Średni ciężar korzeni i liści buraków zamieszczono w tab. 6.

Jak widać z zestawionych wyników, najwyższy plon korzeni i liści otrzymano z kombinacji pierwszej i drugiej, najmniejszy z kombinacji ostatniej. W celu uzyskania wyraźniejszego działania ugniecenia gleby w poszczególnych stopniach, zestawiono w tab. 6 średnie straty plonów w odniesieniu do trzech lat doświadczeń. Z zestawień tych można odczytać również, że najsilniej na plon buraków, szczególnie korzeni, działa ugnie-

cenie gleby w ostatniej kombinacji. W ślad za ciężarem korzeni i liści maleje ich długość. Kształt przy tym dwóch ostatnich kombinacji wyraźnie odbiega od normalnego wyglądu.

Analiza wariancji przy zastosowaniu testu Duncana wykazała istotność różnic w plonie buraków pastewnych na poziomie 1<sup>0</sup>%. Można więc było ustalić graniczną porowatość ogólną gleby dla buraków pastewnych na 42,15<sup>0</sup>% i 25,73<sup>0</sup>% pojemności powietrznej.

Wpływ różnego stopnia ugniecenia gleby na wzrost, rozwój i plony owsa, pszenicy jarej i buraków pastewnych kształtował się odmiennie w poszczególnych latach doświadczeń. Na podstawie wykonanych w niniejszej pracy badań stwierdzono:

1. Odmiennie reagowanie na ugniecenie gleby przez buraki pastewne i rośliny zbożowe (owies i pszenica jara w kolejnych fazach ich wzrostu).

2. W warunkach przeprowadzonego doświadczenia polowego, na piasku gliniastym lekkim, graniczna porowatość ogólna dla owsa i pszenicy jarej wynosiła 40,74<sup>0</sup>%, a graniczna pojemność powietrzna 23,66<sup>0</sup>%, dla buraków pastewnych odpowiednio — 42,15<sup>0</sup>% i 25,73<sup>0</sup>%. Spadek tych wskaźników

T a b e l a 5. Wpływ różnego stopnia ugniecenia gleby na średnicę korzeni

Lp.	Obciążenie statyczne koła przedniego i tylnego ciągnika kG	Średnica korzeni (mm)	
		owies	pszenica jara
1	Bez ugniecenia	0,22	0,20
2	753,0	0,24	0,22
3	881,5	0,25	0,23
4	1047,5	0,25	0,30
5	1160,0	0,30	0,33
6	1160 × 3	0,33	0,33
7	1160 × 10	0,41	0,36

T a b e l a 6. Średni plon buraków pastewnych w kg z poletka za trzy lata doświadczeń

Lp.	Ciężar (kg)		Zwyżki i straty (%)	
	korzenie	liście	korzenie	liście
1	57,75	21,84	00,00	00,00
2	57,86	20,78	+0,19	-4,85
3	53,37	17,91	-7,58	-17,99
4	45,19	15,30	-21,74	-29,94
5	41,63	12,60	-27,91	-42,31
6	23,93	9,74	-58,56	-55,40
7	14,64	7,62	-74,65	-65,11

do ich wartości granicznych dla owsa i pszenicy zachodził przy przejeździe ciągnika, u którego obciążenie statyczne koła przedniego wynosiło 320 kG, tylnego — 561,5 kG, przy wymiarach ogumienia: 6–16 i 10–28 cali. Dla buraków pastewnych analogiczny stan następował przy obciążeniu statycznym kół (o tych samych wymiarach ogumienia): przedniego — 263 kG i tylnego 490 kG.

3. Na piasku gliniastym lekkim straty plonów owsa, pszenicy jarej i buraków pastewnych nie pozostawały w korelacji z warunkami meteorologicznymi w czasie wegetacji roślin.

4. Straty w plonach, które jak wynikało z badań ponoszono z powodu ugniatania gleby kołami maszyn rolniczych, wskazują na konieczność stosowania w naszej praktyce rolniczej środków zaradczych. Badania wykazały, że najprostszym sposobem niedopuszczenia do przekroczenia granicznego ugniatania gleby kołami maszyn rolniczych jest zmniejszenie nacisków jednostkowych przez stosowanie szerszego ogumienia.

*Ян Козич*

#### ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ КОЛЕС В РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ НАГРУЖЕННОГО ТРАКТОРА НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ, А ТАКЖЕ НА РОСТ, РАЗВИТИЕ И УРОЖАЙ НЕКОТОРЫХ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

##### Резюме

Для трамбовки почвы 1965–1967 годах был избран трактор Урсус С-325 с различной статической нагрузкой колес. При нагрузке 349 и 698 кг были определены изменения физических свойств почвы уплотненной колесами трактора с тремя различными размерами резиновых шин на задних колесах.

На основании полученных результатов отмечено снижение общей и аэрационной пористости почвы, а также воздушной емкости при одновременном повышении капиллярной пористости, объемного веса и актуальной объемной влажности почвы, по мере роста нагрузки трактора.

Наблюдения и измерения показали, что с уплотнением почвы, рост, развитие и урожай растений подвергаются дифференциации. Более высокая степень уплотнения вызывает более ранние всходы и лучший рост зерновых культур до фазы стеблевания. В конце этой фазы, наоборот, происходит замедление роста растений в комбинациях с почвой сильнее уплотненной. Снижение общей пористости и воздушной емкости почвы вследствие уплотнения с 49,15% до 40,74% и с 34,03% до 25,73% в самом деле способствовало лучшему развитию корней и надземных частей, следовательно, высшим урожаям овса и яровой пшеницы на солому и зерно. Однако дальнейшее снижение пористости и воздушной емкости почвы влечет за собой значительный спад урожая. По мере повышения степени уплотнения почвы увеличивался диаметр корней. Эта разница составляла 52,7% для овса и 51,6% для пшеницы.

Кормовая свёкла сильнее реагирует на снижение пористости почвы, чем овес и пшеница, так как самый высокий её урожай был достигнут при общей пористости 42,15%. Дальнейшее снижение пористости почвы вызывает спад урожая.

Влияние различных степеней уплотнения почвы на рост, развитие и урожай овса, яровой пшеницы и свёклы по разному складывалось в зависимости от условий года. На основании всех проведенных опытов установлено следующее:

1. Реакция кормовой свёклы и зерновых культур — овса и яровой пшеницы — на уплотнение почвы в очередных фазах их роста, неодинакова.

2. В условиях полевого опыта, проведенного на лёгкой, глинисто-песчаной почве общая предельная пористость для овса и яровой пшеницы составляла 40,74%, а воздушная предельная емкость — 23,66%, для кормовой свёклы, соответственно: 42,15% и 25,73%. Снижение этих показателей до предельных величин выступает у овса и пшеницы после прохода трактора со статической нагрузкой переднего колеса 320 кг, заднего — 615, при размерах шин 6-16 и 10-28. У кормовой свёклы аналогичное состояние возникало после прохода трактора со статической нагрузкой переднего колеса 263 кг, заднего 490 кг, при тех же самых размерах шин.

3. На лёгком глинистом песке потери в урожае овса, яровой пшеницы и кормовой свёклы не были обусловлены причинами метеорологического порядка в течение вегетации растений.

4. Потери в урожае — как показали опыты — являлись следствием уплотнения почвы колесами сельскохозяйственных машин. Они указывают на необходимость принятия предохранительных мер в нашей сельскохозяйственной практике.

Из опытов следует, что простейший способ предотвратить превышение предела уплотнения почвы колесами сельскохозяйственных машин состоит в уменьшении удельных давлений путем применения более широких шин.

## EINFLUSS DES RÄDERDRUCKS EINES IN VERSCHIEDENEM GRADE BELASTETEN SCHLEPPERS AUF DIE PHYSIKALISCHEN BODENEIGENSCHAFTEN, DEN WUCHS, DIE ENTWICKLUNG UND DEN ERTRAG EINIGER KULTURPFLANZEN

### Z u s a m m e n f a s s u n g

Bei unseren Untersuchungen des auf Druck beanspruchten Bodens wurde im Zeitraum 1965–1967 der Traktor Ursus C–325 mit unterschiedlicher statischer Räderbelastung verwendet. Bei einer Belastung mit 349 und 698 kg sind Änderungen der physikalischen Eigenschaften des mit drei verschieden grossen, hinteren Räderreifen gedrückten Bodens bestimmt worden.

Auf Grund der Ergebnisse wurde mit steigender Belastung des Schleppers eine Minderung der Gesamt- und Aerationporosität wie auch der Luftkapazität des Bodens festgestellt, während die kapillare Porosität, das Volumgewicht und die voluminöse Feuchtigkeit des Bodens anstiegen.

Auf Grund der Beobachtungen und Messungen wurde festgestellt, dass mit der Bodenverdichtung Unterschiede im Pflanzenwuchs und Pflanzenertrag auftreten. Der höhere Verdichtungsgrad des Bodens bringt einen früheren Auflauf und besseren Wuchs der Getreidepflanzen bis zur Bestockungsphase mit sich. Dagegen wird der Pflanzenwuchs am Ende dieser Phase in den Varianten mit stärker verdichtetem Boden gehemmt. Die Abnahme der gesamten Porosität und der Luftkapazität des Bodens infolge des Bodendrucks von 49,15% auf 40,7% und von 34,03% auf 25,73% hatte eine wirklich bessere Entwicklung der Wurzeln und der oberirdischen Pflanzenteile und damit auch höhere Stroh- und Kornerträge bei Hafer und Sommerweizen

zur Folge. Durch weitere Abnahme der Porosität und Luftkapazität wird eine Ertragsminderung unvermeidbar.

Mit der ansteigenden Bodenverdichtungsstufe nahm auch der Wurzeldurchmesser zu. Beim Hafer betrug diese Differenz 52,7% und beim Weizen 51,6%.

Der höchste Rübenenertrag wurde bei einer Gesamtporosität von 42,15% erreicht. Eine weitere Minderung der Bodenporosität verursachte eine Ertragsminderung.

Der Einfluss einer verschiedenen Bodenverdichtungsstufe auf den Wuchs, die Entwicklung und die Erträge des Hafers, Sommerweizens und der Futterrüben gestaltete sich in den einzelnen Versuchsjahren verschiedenartig.

Auf Grund der in vorliegender Arbeit beschriebenen Untersuchungen wurde folgendes festgestellt:

1. Futterrüben und Getreidearten: Hafer und Sommerweizen, reagieren auf Bodenverdichtung in ihren sukzessiven Wachstumsphasen unterschiedlich

2. Unter Verhältnissen eines auf leichtem, lehmigem Sand durchgeführten Versuchs betrug der Porositätsgrenzwert für Hafer und Sommerweizen 40,7% und die Luftkapazität 23,66%; für Zuckerrüben bestimmten wir diese Werte entsprechend mit 42,15 und 25,73%. Die Minderung dieser Kennziffern bis zu ihren Grenzwerten für Hafer und Sommerweizen trat bei einem Arbeitsgang des Schleppers auf, dessen Vorderräder mit 320 kg und seine Hinterräder mit 615 kg statisch belastet waren; Reifengrösse 6-16 und 10-28.

Bei Futterrüben trat ein analoger Zustand bei einer statischen Belastung der Vorderräder mit 263 und der Hinterräder mit 490 kg ein, bei denselben Reifengrössen

3. Auf leichtem, lehmigem Sand sind die Ertragsverluste bei Hafer, Sommerweizen und Futterrüben mit den meteorologischen Verhältnissen während der Vegetation nicht korreliert worden

4. Die infolge des Bodendrucks der Räder entstehenden Ertragsverluste beweisen, dass in unserer landwirtschaftlichen Praxis Gegenmassnahmen getroffen werden sollten. Aus den Untersuchungen ergibt sich, dass die einfachste Massnahme in der Anwendung einer breiteren Bereifung besteht; auf diese Weise kann der Druck gemindert werden.

## ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТАЮЩЕЙ СТЕПЕНИ МЕХАНИЗАЦИИ НА ДИНАМИКУ РОСТА И УРОЖАЙ РАСТЕНИЙ

*И. Б. Ревут*

Агрофизический Институт, Ленинград

Проблема эта очень важная и привлекает к себе внимание большого круга специалистов — земледелов, биологов, инженеров-механизаторов, овощеводов и других. Сложность проблемы состоит в том, что в самом понимании воздействия тракторов и машин на почву и на почвенные условия жизни растений пока нет единодушия. Упомянутое воздействие тесно зависит от влажности почвы. На сухую почву воздействие машин минимальное; оно возрастает по мере увлажнения почвы. Однако, при предельно высоком содержании влаги в почве влияние машин на почву снова минимальное. Столь же велика зависимость воздействия машин на почву от гранулометрического состава. Минимум воздействия отмечается на почвах грубо-зернистого состава и максимальное на тонкодисперсных почвах. Поэтому для определения интегрального воздействия тягачей и орудий на почву необходимо располагать достаточными материалами, при которых протекает эксперимент.

С другой стороны, в настоящее время нет достаточных оснований отстаивать точку зрения о том, что мы живем в эпоху нарастания степени механизации сельскохозяйственного производства. Отстаивание такой точки зрения равносильно утверждению, что в сельском хозяйстве нет прямо противоположной тенденции, направленной на минимальное применение машин и замены машин химическими средствами борьбы с сорной растительностью, равно как и вполне ясно выраженное стремление возможно большее число операций выполнить одним проходом агрегата, но упомянутые противоречивые положения могут быть достаточно полно и результативно рассмотрены при одновременном изучении в одном эксперименте почвенных условий жизни растений и при исследовании реакции растений на почвенные условия, создаваемые различными обработками. Для своевременного получения информации о почвенных условиях жизни растений предстоит создать систему экспресс методов получения информации. Важно, например,



получить возможность иметь непрерывную информацию о реакции растений на созданные обработкой условия для их роста, развития и формирования урожая. В связи со сказанным в данном сообщении мы коснемся и некоторых методических вопросов.

Современные тракторы и агрегаты для обработки почвы характеризуются, с одной стороны, высокой мощностью, с другой — высокой скоростью проведения работ. Если сравнительно недавно мощность тракторов не выходила за пределы 75–100 лошадиных сил, то в ближайшем будущем несомненно будет осуществлен переход к мощностям заметно более высоким (150–250 л.с.). Вместе с тем, даже при выполнении операций по основной обработке почвы, вероятно, скорости будут достигать 10–15 км/час. Прогресс в технике производства сельскохозяйственных работ вообще и особенно в технике обработки почвы будет иметь важное значение для условий жизни растений. Упомянем некоторые из них.

Широко известно, что качество обработки почвы, величина её крошения зависит от природы почвообрабатывающего орудия и от влажности почвы. Для каждой почвы, в зависимости от её гранулометрического состава, существуют 2 характеристики: влажность оптимального крошения почвы (1) и влажность оптимального структурообразования (2). Первая относится к работе плуга; вторая имеет место при работе рыхлящих орудий (культиваторы, бороны и другие). Новые данные последних десятилетий состоят в том, что чем выше скорость обработки почвы, тем при более высокой влажности достигается лучшее крошение и структурообразование. Не трудно видеть, что при высоких скоростях обработки удается качественно обрабатывать почву с более высокой влажностью. В аридных условиях это очень важно, так как посев здесь следует проводить возможно раньше с целью наиболее полного использования запасов почвенной влаги.

Высокая мощность тракторов, в сущности, также способствует более полному использованию почвенной влаги. Если при выполнении работ тракторами малой мощности комплекс весенних работ приходилось выполнять двумя, а в некоторых случаях даже в 3–4 прохода трактора по полю, то сейчас используя сложный агрегат из машин на основе мощного трактора удается выполнить весь комплекс весенних работ, включая посев (посадку) и послепосевные операции (прикатывание, создание гребней и др.) одним проходом трактора. Разумеется, выигрыш здесь состоит не только в экономии моторесурсов и машиноресурсов, не только в сохранении горючего на лишнее движение тракторов по полю, и даже не только в замерном повышении производительности труда. Главное все же состоит в обеспечении лучших условий для роста и развития сельскохозяйственных растений. Семена поступают в почву значительно раньше, когда в почве еще сохраняет-

ся главный запас влаги, что способствует более энергичному прорастанию семян и опережающему его росту.

Необходимо также отметить еще один безусловно положительный эффект от поступления в сельское хозяйство достаточно мощных тракторов. Возможны случаи, когда такие эффекты не превращаются в действительность, но чаще всего все же эта возможность реализуется. Чем выше мощность трактора, тем шире захват обрабатывающих орудий и тем меньше отношение ширины колеи трактора (следа колес или трэков) к ширине захвата машин. Следовательно, уплотняющее действие трактора сказывается на незначительной части обрабатываемого поля.

Возрастающая степень механизации в наше время сочетается с редуцированными, сокращенными или минимальными обработками. Возможность исключения некоторых традиционных обработок является следствием ряда причин. Прежде все следует отметить, что практическая невозможность дальнейшего расширения площадей пашни в Европе вызывает тенденцию к повышению плодородия земель, находящихся в сельскохозяйственном обороте. Осуществляются мероприятия по дренажу, орошению, двухстороннему регулированию водного режима. Продолжается рост применения органических и минеральных удобрений, растет мощность пахотного слоя. Результатом этих воздействий является стабилизация плотности (объемного веса) почвы. Устраняется способность почвы к переуплотнению. Плотность почвы является важнейшей её характеристикой. В настоящее время, на основании весьма большого экспериментального материала, можно считать установленным, что уплотнение почвы после посева (посадки) до  $1,1-1,3 \text{ г/см}^3$  существенно не ухудшает почвенные условия жизни растений, т.е. её физико-механические характеристики, водный и воздушный режимы, а следовательно биофизические условия в почве. В связи с этим возник вопрос о необходимости и целесообразности многократных междурядных обработок почвы в течение периода вегетации пропашных культур (кукуруза, подсолнечник, сахарная свёкла, хлопчатник, картофель). Для названных сельскохозяйственных культур передовая техника предусматривала 4-6, а иногда 10-12 культиваций (рыхлений) за лето. При этом предполагалось, что рыхления улучшают почвенные условия жизни растений. Собранные теперь фактические данные в различных зонах нашей страны показали, что каждое рыхление вызывает потерю влаги в обрабатываемом слое, ведет к повреждению корневых систем растений и во многих случаях не обуславливает повышение урожая, а вызывает даже некоторое его снижение.

Типичные опыты по изучению эффективности минимальных обработок почвы обычно содержат следующие варианты: междурядные

обработки, принятые в данном районе на изучаемых почвах и для данной культуры (1); редуцированные обработки (2); редуцированные обработки, уничтожение сорных растений путем прополки (3); редуцированные обработки, уничтожение сорных растений с помощью гербицидов (4); нулевая обработка междурядий, уничтожение сорной растительности гербицидами. Опытов по такой схеме с разными культурами, на разных почвах уже проведено достаточно много. Пример данных, получаемых в таких опытах приведен в таб. 1.

Т а б л и ц а 1. Урожай картофеля (сорт Детскосельский) при различном числе междурядных обработок на дерново-подзолистой суглинистой почве

Варианты	Урожай ц/га M±	Коэффиц. достов.
Три междурядные обработки — рыхление, два окучивания (контроль)	234,3 ± 5,3	—
Две междурядные обработки (рыхление, окучивание), внесение метурина 4 кг/га	222,9 ± 5,3	1,6
Три междурядные обработки (рыхление, два окучивания), внесение метурина 4 кг/га	222,9 ± 11,1	2,5
Четыре междурядные обработки (два рыхления, два окучивания)	228,6 ± 11,2	1,4
Две междурядные обработки (рыхление, окучивание) ручная прополка	219,8 ± 8,4	1,8

Обобщая полученные данные можно заключить, что разработка технологии получения, налаживание производства и массовое применение гербицидов является необходимым, но не достаточным условием перехода к минимальным обработкам почвы. Не малое значение сыграли достижения в области физики почв, позволившие установить, что благоприятная для развития микроорганизмов и высших растений плотность почвы в течение всего вегетационного периода является одним из ведущих факторов, открывших возможность перехода к минимальным обработкам. Доказательством справедливости высказанного положения можно видеть из того, что для ряда почв сокращение числа обработок на основе применения гербицидов не позволяет получать достаточно высокие урожаи. К таким почвам относятся тяжелые суглинки и глинистые, микроагрегатные, малоокультуренные. На таких почвах, как подзолистые тяжелосуглинистые и глинистые, сероземы при борьбе с сорной растительностью с помощью гербицидов удается снизить количество междурядных обработок, но полностью отказаться от них не удастся без риска существенного снижения урожая.

Вместе с тем, на всех структурных черноземах, на почвах лёгкого механического состава, на высококультуренных почвах всех типов и механического состава отказ от междурядных обработок как правило

не вызывает осложнений. Борьба с сорной растительностью в этих случаях вполне успешно осуществляется с помощью гербицидов.

Современная агротехника знает достаточно других случаев минимализации обработок почвы. По некоторым из них, не связанных с применением гербицидов, но весьма эффективных мы приведем некоторые данные. Ниже приводятся теоретические положения разработанные в последние годы.

Процессы в пахотном слое почвы, протекающие в нем после последней механической обработки очень давно привлекали внимание ученых-земледелов всех стран мира. Во многих монографиях и учебных пособиях, как правило, упомянутые процессы рассматриваются по преимуществу с позиций господствующего в пахотном слое воздушного режима. Почва в этих высказываниях рассматривается как система, сопротивляющаяся газообмену с атмосферой. Следствием такого представления было рассмотрение в пределах пахотного слоя двух или

Т а б л и ц а 2. Крошение подзолистой суглинистой почвы, % к весу пробы<sup>1</sup>

Год	Обработка		Влажность при обработке*	Фракции, мм				
	осенняя	весенняя		150-100	100-50	50-10	10-0,25	0,25
1965	вспашка на 20 см	перепашка на 15 см + культивация + боронование	18,3	12,1	10,7	12,3	57,3	7,7
		фрезерование на 20 см	18,3	нет	нет	32,4	60,3	7,3
1965	не было	вспашка на 20 см + культивация + боронование	18,3	12,8	13,6	11,6	51,1	10,9
		фрезерование на 20 см	18,3	нет	нет	29,2	60,9	9,9
1966	не было	вспашка на 20 см + культивация + боронование	17,3	10,0	23,0	19,0	39,7	8,3
		фрезерование на 20 см	17,3	нет	нет	19,4	74,8	5,8

<sup>1</sup> Из работы Л. Д. Козловой — Сравнительная оценка качества обработки почвы разными орудиями. Сборн. „Теоретические вопросы обработки почвы”, гидрометеоиздат, 1968 г.

\* В % к весу сухой почвы.

более зон: верхней, где процессы газообмена с атмосферой обеспечена, получила обозначение как зона аэробных процессов; нижняя часть пахотного слоя рассматривалась как зона затрудненного газообмена или анаэробная зона. В верхней части, по мнению сторонников этой теории, протекают процессы разрушения почвенной структуры и падения плодородия; в нижней части протекают обратные процессы, т.е. процессы образования почвенной структуры и нарастания почвенного плодородия. Из этого представления вытекали важные следствия.

В частности, из нее непосредственно следовали выводы о необходимости ежегодной отвальной вспашки почвы, при которой в совершенстве достигалось: вынос более плодородной части пахотного слоя снизу вверх, а также перемещение вниз верхней менее плодородной части пахотного слоя. В настоящее время нет необходимости доказывать несостоятельность приведенной теории. Измерения газового состава почвенного воздуха с помощью современной аппаратуры позволило установить, что в почвах нормальной гидрологии, т.е. непереувлажненные содержание кислорода и углекислого газа весьма мало отклоняется от содержания этих газов в атмосферном воздухе. Это положение широко освещено в мировой литературе и не требует дополнительных доказательств.

Однако при этом остается не ясным каковы почвенные процессы в пахотном слое и соответствуют ли они описанной выше схеме.

В нашей лаборатории биофизики почв эти вопросы подвергались весьма тщательному исследованию и получены важные результаты. Ниже мы приводим краткое изложение.

Т а б л и ц а 3. Выделение углекислоты с поверхности почвы (мг/ч/м<sup>2</sup>) в зависимости от вариантов обработки почвы

Обработка почвы		СО <sub>2</sub> мг/ч/м <sup>2</sup>					
осенняя	весенняя						
Супесчаная почва							
1963	1964	10 VII	14 VII	16 VII	20 VII	24 VII	30 VII
ПКС-4-35	ПКС-4-35	242	292	271	347	411	366
	ФБН-0,9	278	331	317	407	467	459
Суглинистая почва							
1964	1965	2 VI	21 VII	23 VII	24 VII	29 VII	30 VII
ПКС-4-35	ПКС-4-35	105	213	173	147	138	148
ФБН-0,9	ФБН-0,9	145	250	186	168	192	176
ФБН-0,9	ФБН-0,9	—	270	238	196	235	238
1965	1966	16 VI	19 VI	13 VI	14 VI	23 VII	27 VII
не было	ПКС-4-35	124	215	253	235	270	194
	ФБН-0,9	230	245	280	287	327	247

Оказалось, что, действительно, после тщательного перемешивания пахотного слоя, через 2–3 месяца в нем проявляются легко улавливаемые признаки расчленения, дифференциации на части, отличающиеся по биологической активности и по плодородию. Этот важный факт был установлен при помощи комплексного метода исследования. Мы измеряли: скорость выделения  $\text{CO}_2$  из почвы ( $\text{мг/м}^2/\text{час}$ ); скорость разложения целлюлозной пленки на разных глубинах; содержание в данном слое почвы  $\text{O}_2$  и  $\text{CO}_2$ ; содержание в частях пахотного слоя нитратов; нитрификационную способность почвы и др. Наконец, производилась набивка сосудов почвой из разных частей пахотного слоя и ставился вегетационный опыт для определения плодородия почвы. Из многочисленных уже опытов было установлено, что верхние части пахотного слоя почвы обладают заметно более высокой биологической активностью и плодородием, чем нижние. Вслед за этим было установлено, что если сосуд заполнен хорошо перемешанной почвой, взятой из всего пахотного слоя, то плодородие и биологическая активность такой почвы достаточно высокая. Из этого последнего эксперимента был сделан, как нам кажется, важный вывод о целесообразности введения в практику новой технологии предпосевной и предпосадочной обработки почвы с помощью роторных орудий с активными рабочими органами (фрезы).

В таблицах 2, 3, 4 мы приводим некоторые результаты опытов.

Фрезерная обработка почвы оказалась высокоэффективной во всех известных нам опытах. Это видно из приводимых данных. Коротко эти преимущества могут быть изложены в следующем виде.

1. При работе фрезы достигается совершенное перемешивание обрабатываемого слоя почвы. При этом равномерно по всему слою распределяются нанесенные на поверхность органические и минеральные удобрения, а также растительные остатки.

2. При правильной работе фрезерного орудия наблюдается хорошее крошение почвы. При этом в обрабатываемом слое совсем нет глыб крупнее 50 мм. Вместе с тем, содержание мелкой (пылеватой) фракции 0,25 мм остается таким же, как и на контроле при плужной обработке.

Таким образом, пользуясь фрезой удастся достигнуть кондиционной обработки одним проходом орудия, в то время как при предпосадочной вспашке вслед за плугом необходимо применять один или две культивации для лучшего прошения пласта.

3. На участках с фрезерной обработкой в течение всего вегетационного периода наблюдается высокий уровень биологической активности почвы и высокое её плодородие. Это приводит к устойчивому повышению урожая. Так, урожай картофеля на участках обработанных фрезами на 40–60 ц/га выше, чем на контроле, при общем урожае в 25–35 т/га.

Т а б л и ц а 4. Урожай картофеля при разных способах обработок

Год проведения опыта	Варианты обработки почвы	Глубина обработки почвы, см	Урожай ц/га $M \pm$	Прибавка урожая к контролю ц/га
1	2	3	4	5
Супесчаная почва				
1964	ПКС-4-35 + культивация + боронование	15	337 $\pm 12,5$	
	ФБН-0,9	15	361 $\pm 16,2$	+24
	БДТ-2,2 + боронование	12-15	315 $\pm 19,2$	-22
	ПКС-4-35 + культивация + боронование	20	345 $\pm 18,4$	
	ФБН-0,9	20	419 $\pm 20,5$	+74
	ПВК-4-35 + культивация + боронование	20	331 $\pm 13,4$	-14
1965	ПКС-4-35 + культивация + боронование	15	343 $\pm 4,4$	
	ФБН-0,9	15	384 $\pm 1,4$	+41
	БДТ-2,2 + боронование	12-15	306 $\pm 2,6$	-37
	ПКС-4-35 + культивация + боронование	20	354 $\pm 1,7$	
	ФБН-0,9	20	407 $\pm 1,7$	+53
	ПВК-4-35 + культивация + боронование	27	354 $\pm 3,0$	
1966	ПКС-4-35 + культивация + боронование	20	220 $\pm 6,8$	
	ФБН-0,9	20	267 $\pm 5,7$	+47
	ПКС-4-35 + культивация + боронование	15	208 $\pm 1,9$	
	ФБН-0,9	15	254 $\pm 2,8$	+46
Суглинистая почва				
1966	ПКС-4-35 + культивация + боронование	20	204 $\pm 5,5$	
	ФБН-0,9	20	226 $\pm 2,6$	+22
	ПКС-4-35 + культивация + боронование	15	196 $\pm 9,1$	
	ФБН-0,9	15	220 $\pm 7,8$	+24

Вместе с тем, как уже упомянуто выше, фрезерная обработка по сравнению с плужной должна быть признана минимальной, так как она обеспечивает кондиционную обработку одним проходом трактора.

Однако следует указать, что фрезерная обработка не является единственным примером минимальной обработки почвы без применения гербицидов. В практике научных и опытных учреждений моей страны показаны многочисленные возможности отказа от традиционных способов и систем обработки почв, заменяя их редуцированными.

При обработке черных паров в аридных условиях с суровым ветровым режимом часто теперь отказываются от комплекса операций, ранее выполнявшихся в осеннее время. Начало обработки переносится на весну. Всю осень, зиму и весну поле занято пожнивными остатками и служит накопителем снега, защитой от ветровой эрозии, а затем и полем высокого урожая. На площади более 14 миллионов гектар в Сибири применяется специальная система земледелия, носящая название стерневой. При этом вся обработка и посев проводится специальными орудиями, позволяющими сохранить стерню в течение всего севооборота.

Наконец, известны многочисленные вполне успешные попытки создания комбинированных агрегатов для проведения всего комплекса весенних обработок почвы одним проходом трактора.

Из сказанного следует, что в наше время уже имеются вполне реальные возможности резкого сокращения количества ежегодных обработок или проходов трактора по полю, что естественно весьма благоприятно сказывается на почву и на почвенные условия жизни растений. Возрастающей степени механизации противостоит минимализация обработок почвы.