

Jan Kozicz

Instytut Mechanizacji Rolnictwa Akademii Rolniczej w Poznaniu

Ugniatanie gleb mechanizmami jezdny agregatów przy uprawie roślin zbożowych i okopowych

Wstęp

Ugniecenie gleb mechanizmami jezdny agregatów prowadzi do zmian właściwości fizycznych i biochemicznych gleb [4, 10, 11, 12, 17, 21, 26], niżki plonu roślin [4, 8, 13, 16, 17, 19, 22, 23, 24], wzrostu nakładów energii na uprawę ugniecionych gleb [5, 8, 21, 25, 26, 27].

Stopień ugniecenia gleb zależy od czynników glebowych: składu granulometrycznego, wilgotności i porowatości gleb [10, 12, 21, 25, 27] oraz od czynników technicznych: obciążenia osi ciągników i maszyn [1, 13, 15, 17, 24, 27, 29], a także ilości przejazdów agregatów po polu [1, 2, 5, 13, 18, 21, 29, 33].

Skutki ugniecenia warstwy ornej gleb są krótkotrwałe, natomiast skutki ugniecenia podglebia są długotrwałe. Alakukku i Elanen [1] stwierdzili wpływ ugniecenia podglebia na plony roślin w szóstym, a Etona i Hakansson [13] – w jedenastym roku badań. Hakansson [15] na podstawie opracowań ostatnich wyników badań nad zasięgiem i skutkiem ugniecenia podglebia przypuszcza, że jego ugniecenie może być nieodwracalne i prowadzić do stałej niżki plonów. Likwidacja ugniecenia podglebia przez głębokie spulchnianie jest nieskuteczna i energochłonna [15, 16], dlatego Hakansson [15] i inni autorzy badań [4, 5, 12, 13, 16, 33] – jako prawidłową strategię zachowania sprawności gleby – wskazują ograniczenie ruchu agregatów po polu, a nie likwidację ugniecenia podglebia.

Problem ruchu agregatów po polu w aspekcie oddziaływania mechanizmów jezdnych na glebę w ostatnim dziesięcioleciu stał się jednym z głównych kierunków badań [2, 8, 12, 13, 18, 25, 29, 30, 32, 33]. W Polsce problem ten nie jest rozpoznany w zakresie umożliwiającym opracowanie zaleceń ograniczenia ruchu agregatów po polu i w konsekwencji ograniczenie ugniecenia gleb mechanizmami jezdny agregatów.

Cel i metody badań

Celem badań było określenie intensywności ruchu agregatów po polu w aspekcie oddziaływania mechanizmów jezdnych na glebę przy uprawie roślin w regionie Wielkopolski.

Intensywność ruchu agregatów po polu określono takimi wskaźnikami, jak:

- sumaryczna powierzchnia śladów kół na polu wynikająca z iloczynu długości drogi przejazdów roboczych i jałowych agregatów i sumarycznej szerokości śladów kół;
- wielokrotność ugniecenia powierzchni pola jako stosunek sumarycznej powierzchni śladów kół do powierzchni pola;
- natężenie ruchu agregatów po polu jako iloczyn masy agregatów i przejechanego dystansu przypadającego na hektar powierzchni pola;
- wielokrotność nakładania się śladów kół na siebie;
- powierzchnie pola w procentach n -krotnie poddane działaniu kół.

Wskaźniki wielokrotności nakładania się śladów kół na siebie i powierzchnie pól n -krotnie ugniecione w procentach określono metodą grafoanalityczną. Metoda ta sprowadza się do podzielenia histogramu na cztery ćwiartki (rys. 1, 2 i 3), których kolejność jest liczona od lewej górnej (pierwsza ćwiartka) w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara.

W pierwszej ćwiartce w odpowiedniej skali naniesiono diagramy śladów kół w poszczególnych operacjach technologicznych składających się na technologię uprawy określonej rośliny. Rzutując pionowo diagramy śladów kół uzyskano w drugiej ćwiartce nomogramy wielokrotności nakładania się śladów kół na siebie. Rzutując z kolei te ostatnie nomogramy poziomo uzyskano w czwartej ćwiartce nomogramy n -krotnego ugniecenia powierzchni pola w procentach.

Intensywność ruchu agregatów po polu zależy od ilości operacji technologicznych wykonywanych przy uprawie rośliny, kształtu i wymiarów pola, kinematyki agregatów na polu, szerokości roboczej agregatów, rozstawy kół ciągników i maszyn, szerokości ogumienia kół, masy ciągników.

Dane do określenia wskaźników intensywności ruchu agregatów po polu zebrano w 1994 i 1995 r. z 46 gospodarstw rolniczych regionu Wielkopolski, drogą ankietyzacji gospodarstw, wywiadów, inwentaryzacji sprzętu i pomiarów. Pomimo zróżnicowania powierzchni gruntów ornych (od 4,6 ha do 98 ha) struktura zasiewów, płodozmiany, technologie uprawy roślin, klasy ciągników i sprzęt towarzyszący w 82% gospodarstw były podobne. Różnice występowały w powierzchni pól, stosunku długości do szerokości pól, kinematyce ruchu agregatów na polu, liczbie operacji technologicznych: nawożenia pogłównego, ochrony roślin, uprawy międzyrzędowej. W 33 gospodarstwach stosowane technologie można zakwalifikować do technologii intensywnych (klasycznych), w 8 gospodarstwach do technologii uproszczonych i w 5 gospodarstwach do technologii uproszczonych bezorkowych, w tym w dwóch

gospodarstwach pod niektóre rośliny nie stosuje się orek od 4 lat. W związku z tym intensywność ruchu agregatów po polu określono dla intensywnych technologii, uprawy roślin z niezbędnymi zabiegami nawożenia pogłównego, ochrony roślin i uprawy międzyrzędowej.

Wyniki badań i dyskusja

Ruch agregatów po polu w aspekcie ugniecenia gleb kołami agregatów przy uprawie roślin zbożowych (wskaźniki ruchu agregatów przy uprawie żyta i jęczmienia są zbliżone i wynoszą $\pm 7\%$ jak przy uprawie pszenicy ozimej) i okopowych należy uznać za wysoce intensywny. Sumaryczna powierzchnia śladów kół pięciokrotnie przewyższa powierzchnię pól przy uprawie zbóż i ośmiokrotnie przy uprawie okopowych (tab. 1).

Tabela 1. Wskaźniki ruchu agregatów po polu przy uprawie roślin

Rośliny	Długość drogi przejazdów agregatów po polu [km/ha]	Powierzchnia śladów kół agregatów [ha/ha]	Wielokrotność ugniecenia powierzchni pola	Natężenie ruchu agregatów po polu [Mgkm/ha]
Pszenica ozima	43,45	5,22	5,00	2535,31
Buraki cukrowe	71,80	8,04	8,00	4043,90
Ziemniaki	71,92	8,40	8,00	5343,66

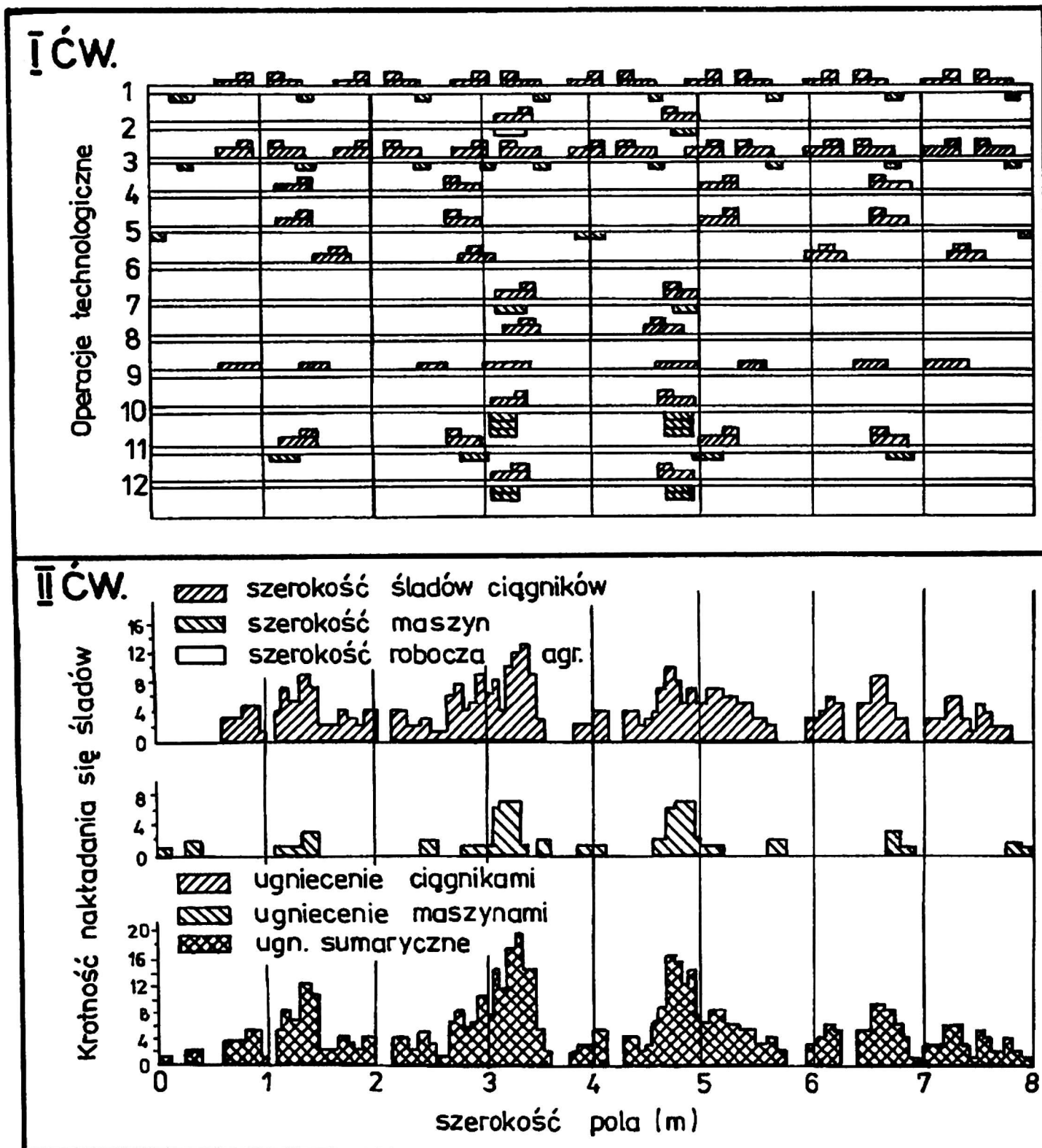
Źródło: badania własne.

Ze względu na wielokrotne przejazdy agregatów i ich zróżnicowaną szerokość roboczą następuje nakładanie się śladów kół na siebie (rys. 1, 2, 3, II ćwiartki histogramów). Powierzchnie pól w procentach poddane n -krotnemu działaniu kół obrazują nomogramy w II ćwiartce histogramów na rys. 1, 2, 3. W tabeli 2 zestawiono

Tabela 2. Wielokrotność ugniecenia powierzchni pól

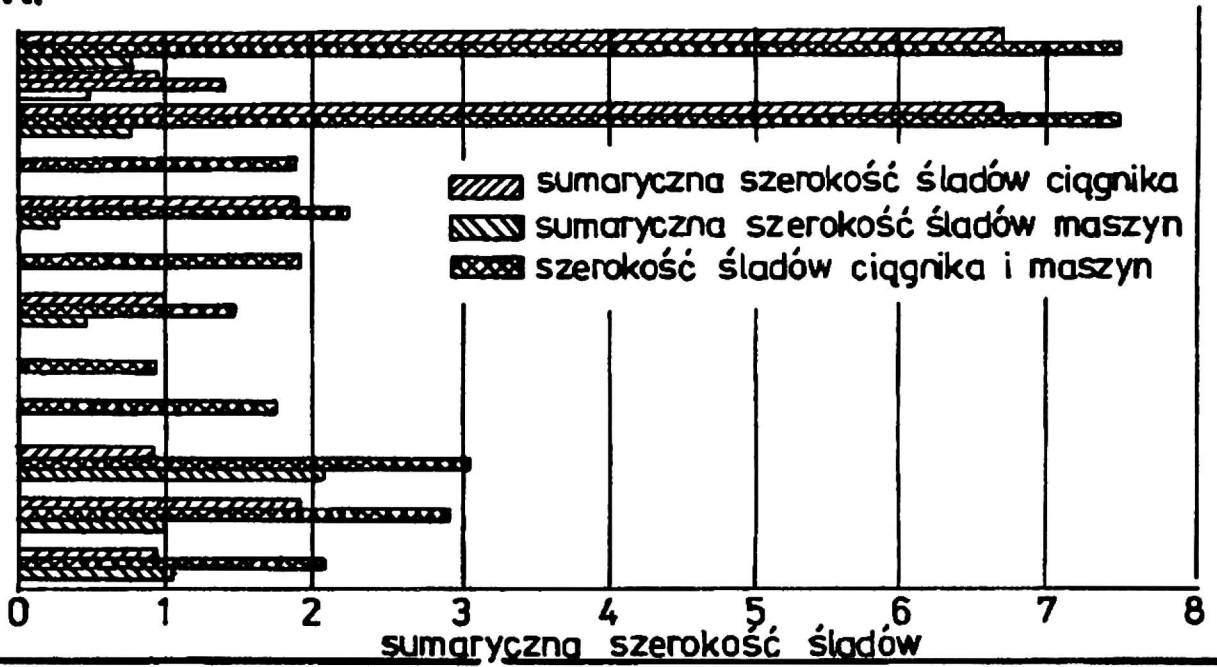
Rośliny	Krotność						
	0	5	10	15	17	20	24
	Powierzchnia pola [%]						
Pszenica ozima	14,6	13,30	1,70	0,83	0,83	0,83	—
Buraki cukrowe	5,80	6,30	5,00	2,92	1,20	7,50	0,83
Ziemniaki	1,20	3,50	10,80	1,70	0,83	—	—

Źródło: badania własne.

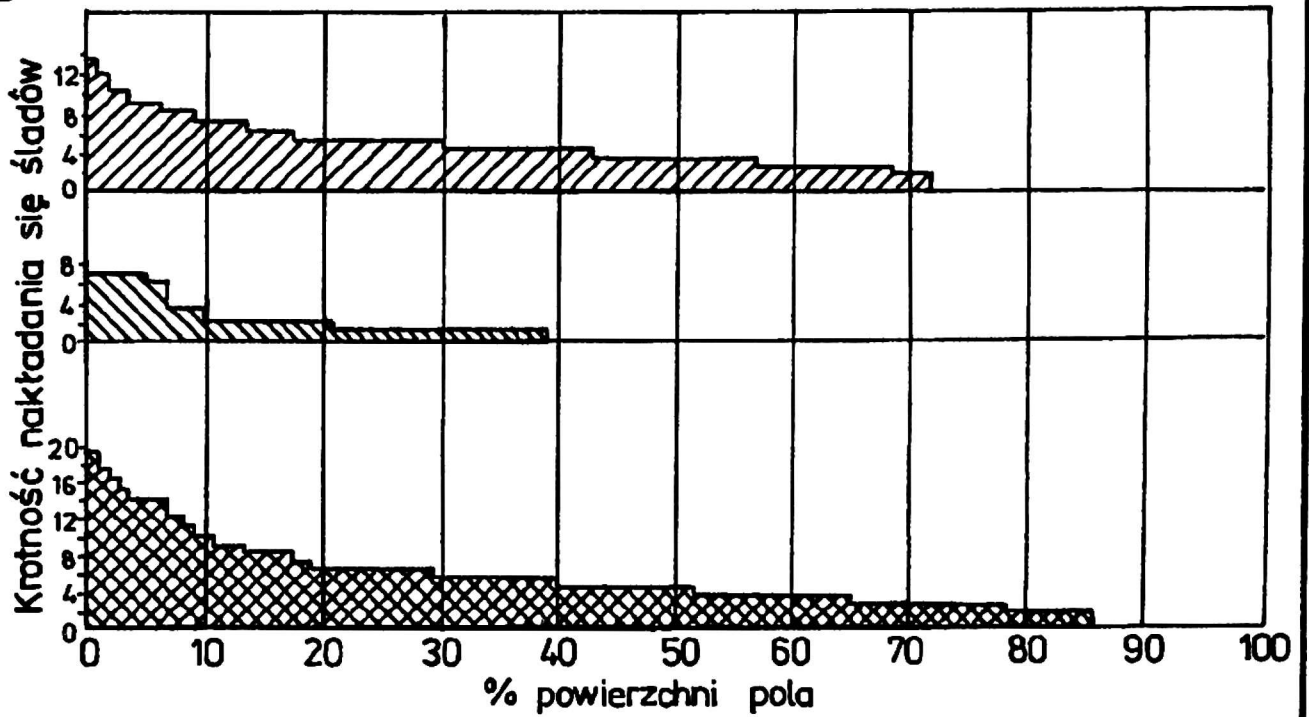


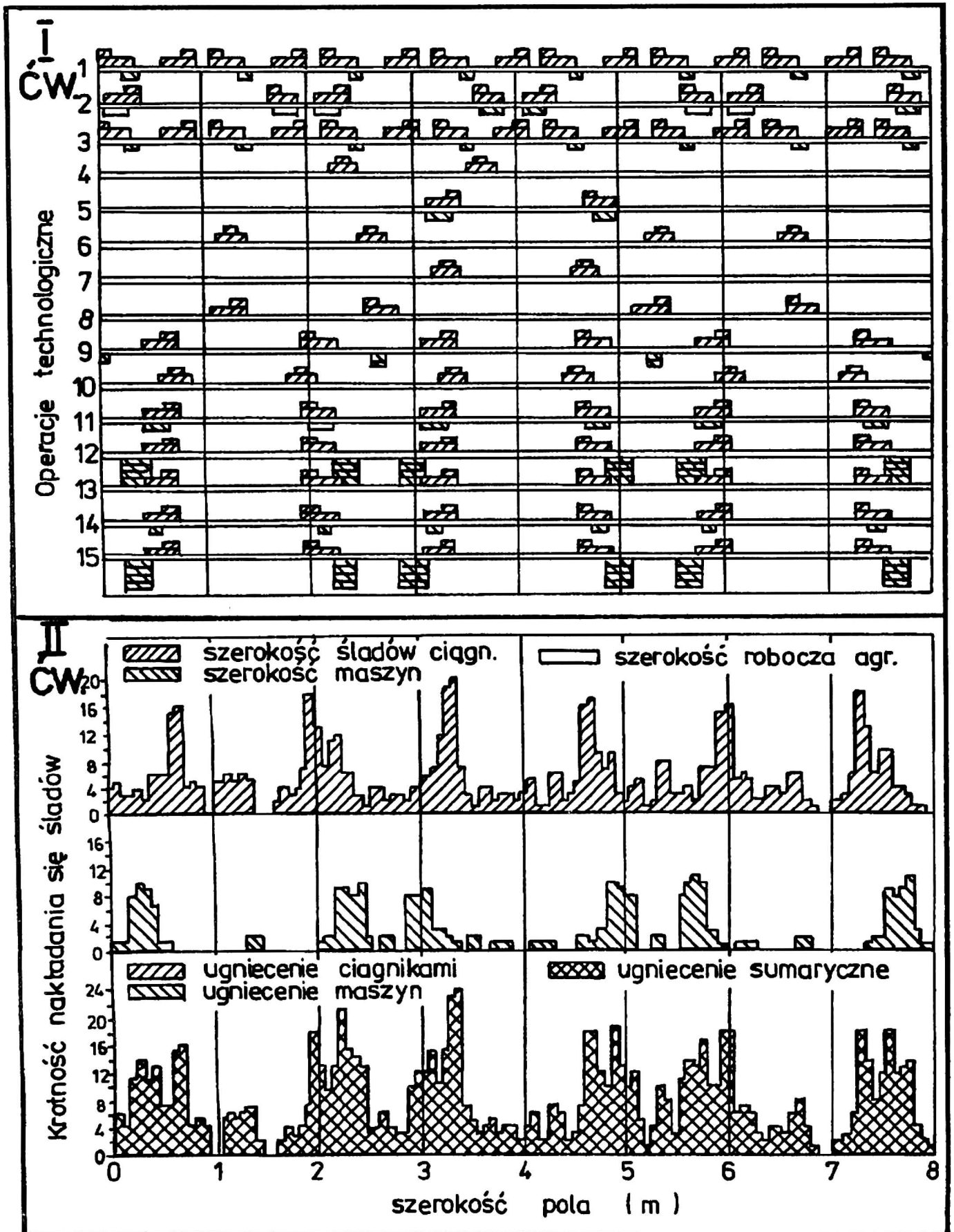
Rysunek 1. Histogram oddziaływania kół agregatów na powierzchnię pola przy uprawie pszenicy ozimej

IV Ćw.

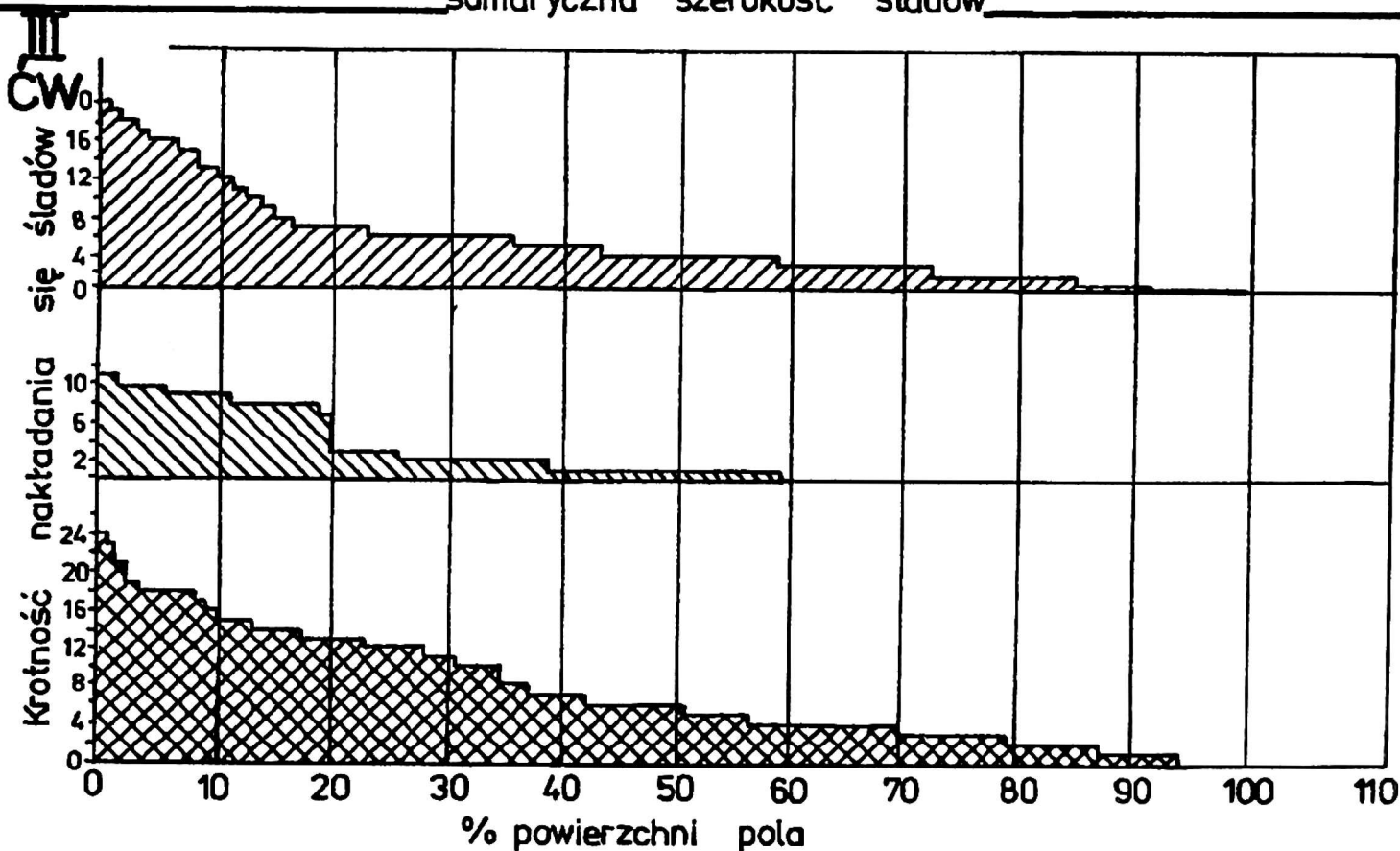
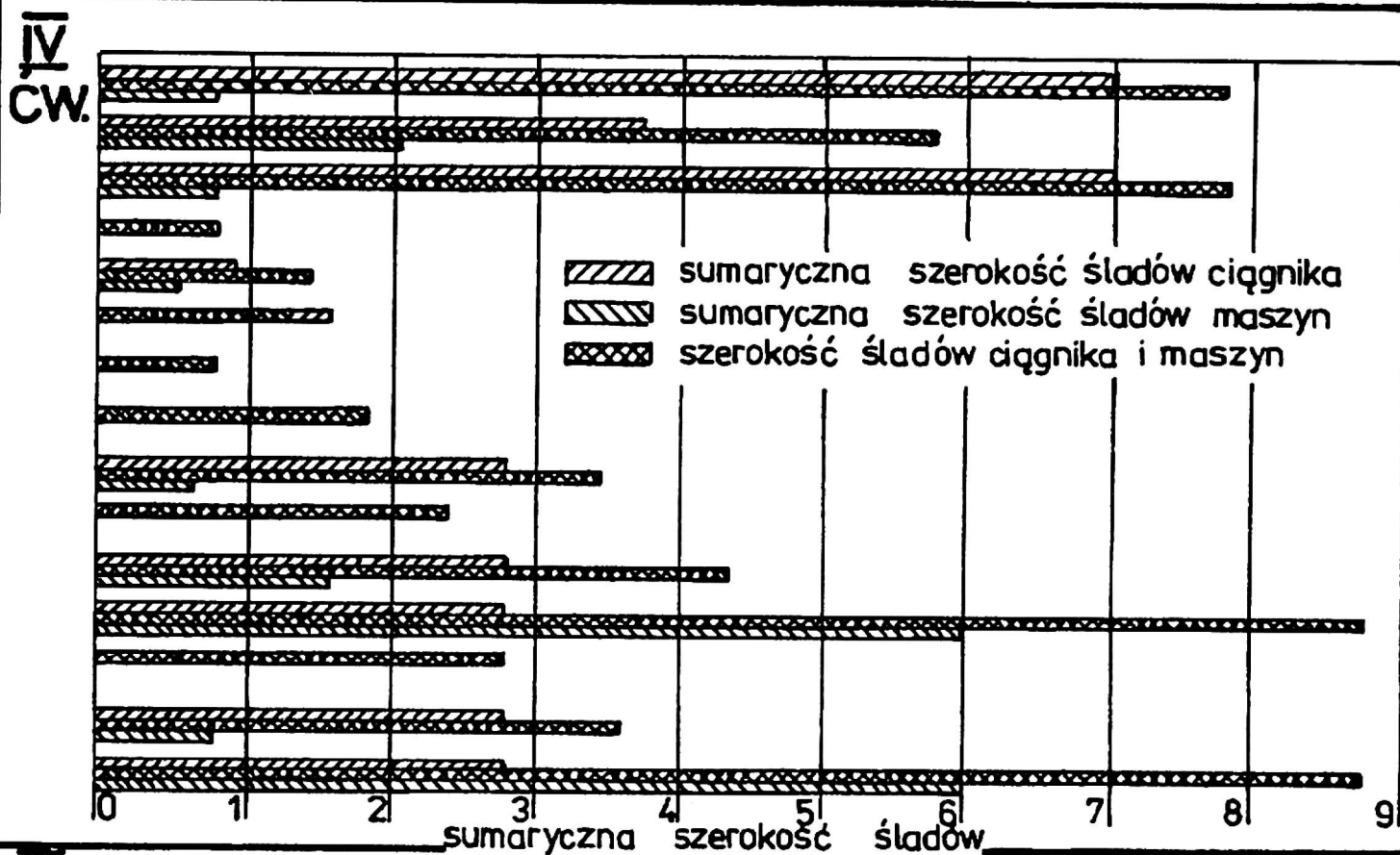


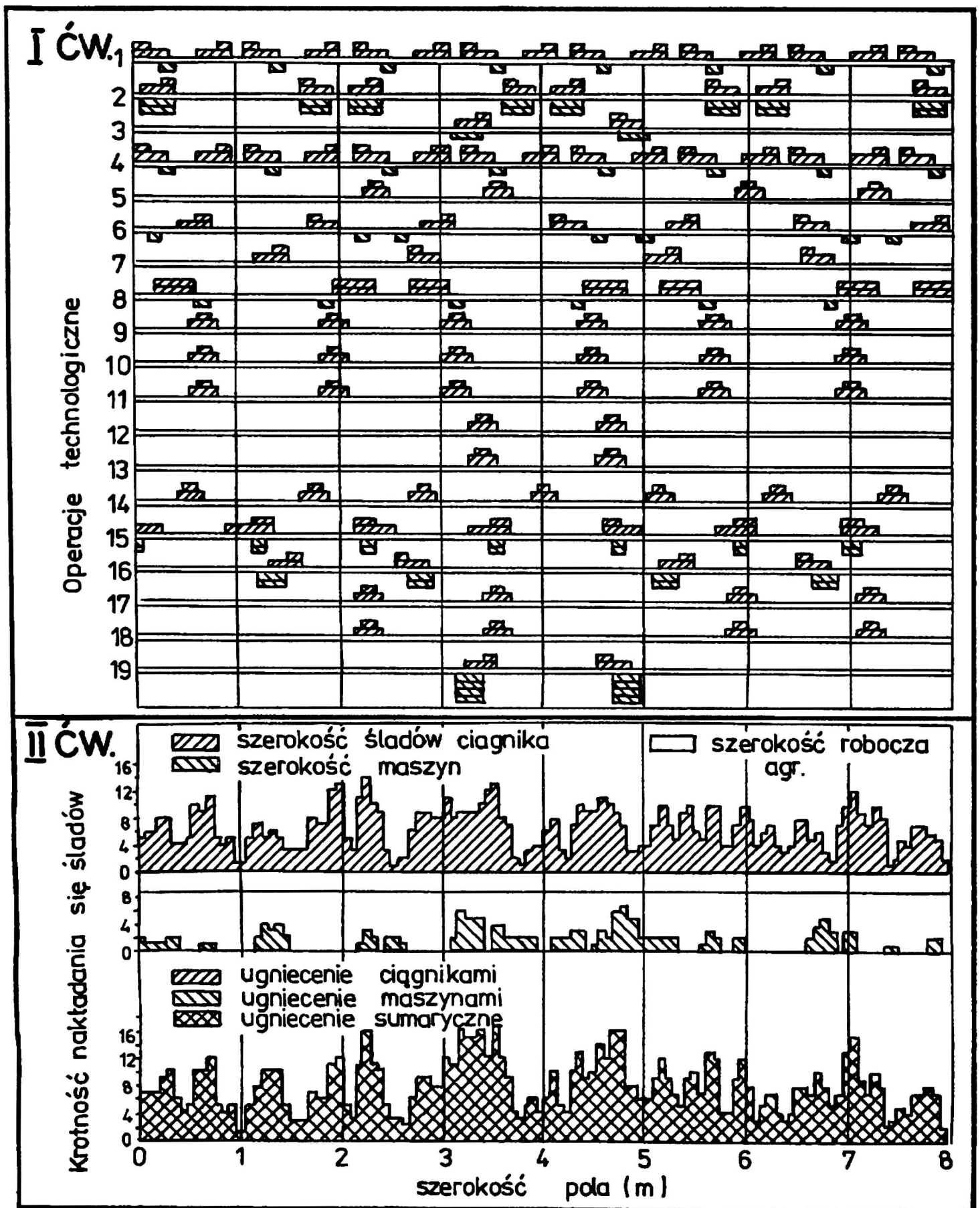
III Ćw.





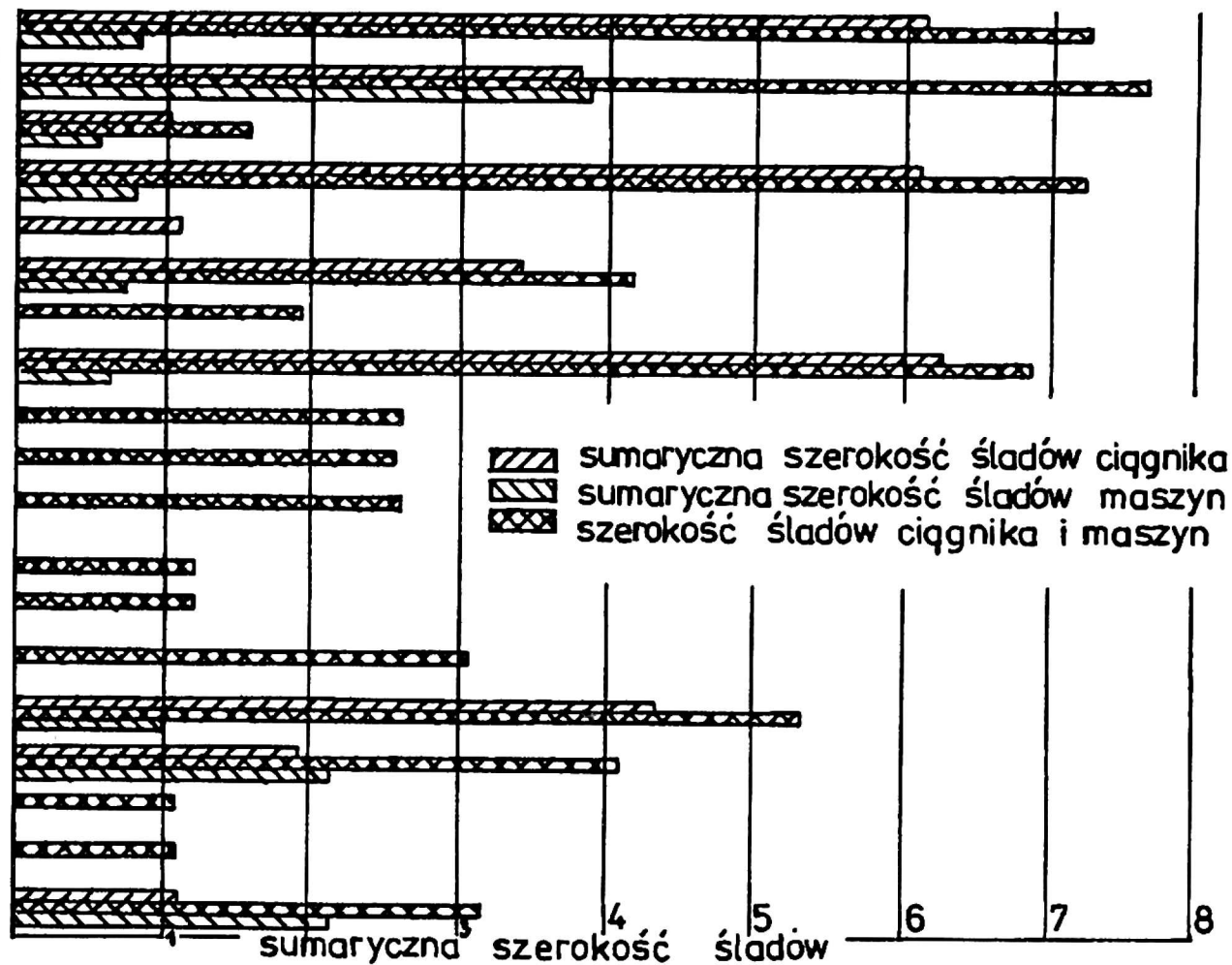
Rysunek 2. Histogram oddziaływania kół agregatów na powierzchnię pola przy uprawie buraków cukrowych



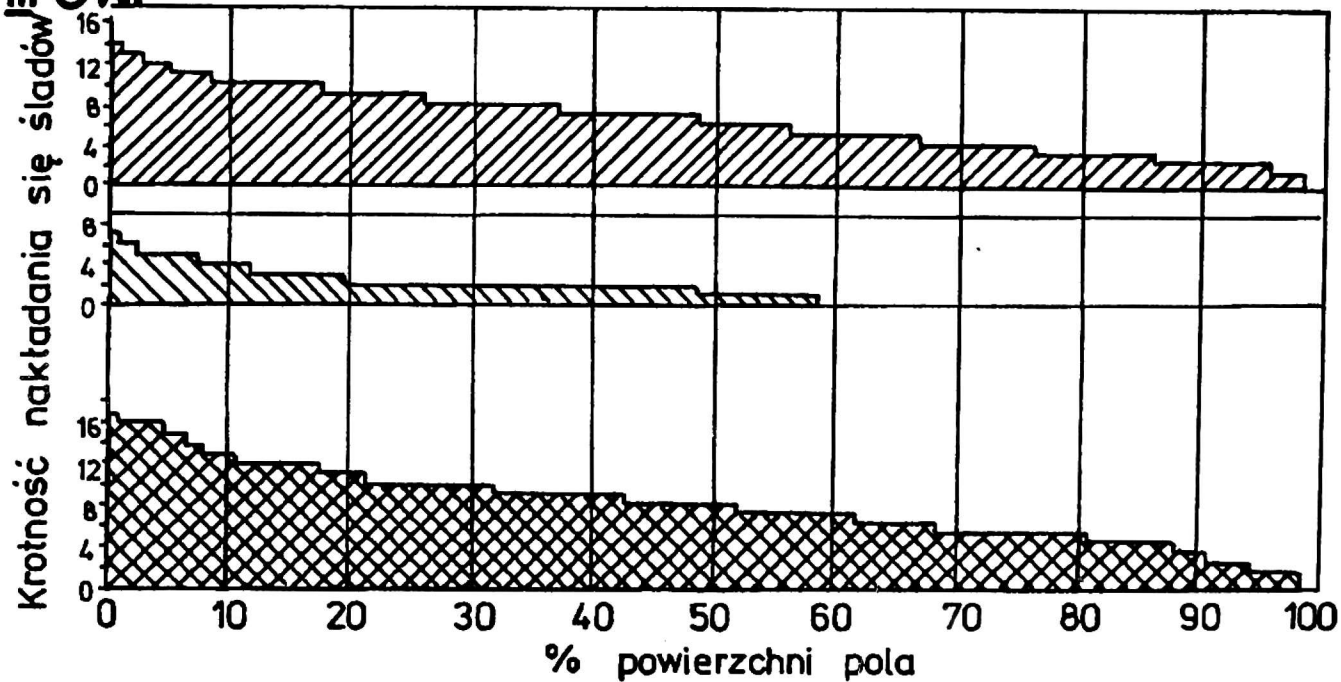


Rysunek 3. Histogram oddziaływania kół agregatów na powierzchnię pola przy uprawie ziemniaków

IV
CW



III
CW



powierzchnie pól w procentach, określone z nomogramów w II ćwiartce histogramów, poddane 5-, 10-, 15-, 17-, 20- i 24-krotnemu działaniu kół. Z danych tych wynika, że tylko 14,6% powierzchni pól przy uprawie pszenicy, 5,8% buraków i 1,2% ziemniaków było wolne od śladów kół. Pozostała powierzchnia pól była poddana wielokrotnemu działaniu kół. Na przykład, jak można odczytać z nomogramów w III ćwiartce histogramów, 10% powierzchni pól było poddane maksymalnemu (14-krotnemu przy uprawie pszenicy, 20-krotnemu przy uprawie buraków i 15-krotnemu przy uprawie ziemniaków) i minimalnemu działaniu kół (3-krotnemu przy uprawie pszenicy i ziemniaków i 2-krotnemu przy uprawie buraków).

Wielokrotne działanie kół na glebę przy dużym natężeniu ruchu agregatów po polach, w którym podstawowym czynnikiem jest masa ciągników i maszyn, przy uprawie roślin w okresie od przewidzianej uprawy gleby do dojrzałości roślin prowadzi do ugniecenia gleb, które w świetle literatury przedmiotu [5, 8, 17, 19, 22, 23, 25, 26] może spowodować niżkę plonu roślin zbożowych i okopowych w zależności od warunków glebowych i atmosferycznych od 7 do 30% na 40–50% powierzchni pól.

W czasie zbioru roślin zbożowych natężenie ruchu agregatów po polu prowadzi do wzrostu powierzchni i wielkości ugniecenia gleb, jakie miało miejsce w okresie od przewidzianej uprawy gleb do pełnej dojrzałości roślin. Ugniecenie gleb w okresie od przewidzianej uprawy gleb do zbioru roślin zbożowych łącznie w świetle literatury przedmiotu [5, 15, 21, 25, 26] może spowodować w zależności od warunków glebowych 20–50% wzrost nakładów energii na przewidzianą uprawę warstwy ornej gleb na 60–80% powierzchni pól.

Przy zbiorze roślin okopowych gleba spulchniona elementami roboczymi maszyn jest szczególnie podatna na ugniecenie. Przy dużym natężeniu ruchu jednorzędowych kombajnów, jakie są przeważnie w wyposażeniu gospodarstw, i środków transportowych o dużych obciążeniach osi ugniecenie gleb może spowodować wzrost nakładów energii na uprawę warstwy ornej gleb od 30 do 60% na 90% powierzchni pól [8, 25, 26, 32].

Równie negatywne skutki [1, 2, 13, 14, 15, 16, 29, 31], przy tym długotrwałe i nieodwracalne, jak przypuszczają niektórzy autorzy [4, 16], występują w przypadku ugniecenia podglebia, szczególnie w czasie wykonywania orki przy ruchu prawych kół ciągników w brzdach [29].

Wpływ ugniecenia podglebia na plonowania roślin jest porównywalny z wpływem ugniecenia warstwy ornej gleb [1, 14, 29], a przy niektórych roślinach nawet silniejszy. Likwidacja ugniecenia podglebia przez głęboszowanie jest energochłonna [4, 16, 18, 24, 31], nie zawsze skuteczna [22], a w niektórych warunkach glebowych i atmosferycznych może spowodować większe szkody niż korzyści [4, 15].

Badania przeprowadzone przez autora w 1994 i 1995 r. w gospodarstwach rolnych regionu Wielkopolski potwierdzają niektóre z powyższych stwierdzeń. Zwięzłość podglebia mierzona zwięzłościomierzem produkcji Agrofizyki PAN w Lublinie (średnica stożka pomiarowego 0,01 m, kąt wierzchołkowy 30°) była przeszło dwukrotnie większa od zwięzłości warstwy ornej gleb ugniecionych kołami agregatów przy

zbiornicy pszenicy ozimej (0,55 MPa i 1,2 MPa) i dziesięciokrotnie większa od zwiększenia warstwy uprawowej gleb przygotowanych do siewu (0,12 MPa i 1,2 MPa).

Nakłady energetyczne na spulchnianie podglebia głęboszem wynosiły 3094,05 MJ/ha. Skumulowane nakłady energetyczne na uprawę gleby z głęboszowaniem (podorywka, orka zimowa, przedsewna uprawa gleby biernym agregatem uprawowym, głęboszowanie) były o 51,5% większe, natomiast przy zastosowaniu głębosza co cztery lata w celu spulchniania podglebia były większe o 12,9%.

W świetle przytoczonych danych literaturowych i badań własnych wynika konieczność ograniczenia albo wyeliminowania ugniecenia warstwy uprawowej i podglebia mechanizmami jezdnymi agregatów przy uprawie roślin.

W zaleceniach odnośnie ograniczenia ugniecenia gleb można wyróżnić trzy podstawowe kierunki:

1. Ograniczenie natężenia ruchu agregatów na polu przez dobór odpowiedniej technologii uprawy roślin oraz dobór agregatów do uprawy gleby i wykonanie pozostałych operacji technologicznych do zbioru ziemiopłodów łącznie [28].
2. Zmniejszenie obciążenia osi agregatów [7, 13, 14, 15, 29]. W wielu krajach prowadzi się badania w celu ustalenia dopuszczalnego obciążenia osi agregatów [7, 13, 14, 29], np. w Szwecji dopuszczalne obciążenie pojedynczej osi nie może przekraczać 6 Mg, a osi tandem – 8 Mg [7].
3. Zmniejszenie ciśnienia kół na glebę przez obniżenie nacisków kół i zwiększenie powierzchni kontaktu kół z glebą [9, 16, 25, 26, 28]. Osiągnąć to można przez zmniejszenie obciążenia osi i stosowanie kół bliźniaczych, potrójnych albo szerokich i niskociśnieniowych opon typu Terra-Tira, ewentualnie ciągników z gumowymi gąsienicami. Dopuszczalne ciśnienia kół na glebę muszą przy tym być powiązane z graniczną wilgotnością gleby, powyżej której agregaty nie powinny poruszać się po polu [16, 27]. W Rosji w 1987 została wprowadzona państwowa norma określająca dopuszczalne ciśnienia mechanizmów jezdnych na glebę przy określonych wilgotnościach gleb i porach roku [27].

Większość autorów zwraca uwagę, że nawet przy dopuszczalnych obciążeniach osi i ciśnieniach kół na glebę nie można dopuścić do wielokrotnego przejazdu kół tym samym śladem, chyba że wyznaczonymi ścieżkami przejazdowymi [3, 4, 9]. Brunotte [3] proponuje wyznaczenie przejazdowych ścieżek przy siewie zbóż dwukrotnie szerszych od szerokości międzyrzędzi. Wzrost plonu roślin w rzędach przyległych do ścieżek przejezdnych wyrówna straty plonu wynikłe ze zmniejszenia powierzchni uprawowej zajętej przez ścieżki.

Badania w ostatnich latach wykazują jednak, że przy obecnie stosowanych technologiach uprawy roślin oraz ciągnikach i maszynach nie można uniknąć szkodliwego z rolniczego punktu widzenia ugniecenia gleb. Powrócono więc do opracowanej przez P. Halketta i H. Graftona w latach 1855–1860 w Anglii koncepcji uprawy roślin za pomocą środków energetycznych nazwanych obecnie agromostami, ciągnikami bramowymi, podwoziami samojezdnymi (GANTRY SYSTEM), nad którymi trwają

intensywne badania [3, 4, 5, 6, 9, 20, 31]. Większość autorów badań widzi w nich przyszłościowe środki energetyczne, dzięki którym całkowicie wyeliminuje się ugniecenie gleb przy uprawie roślin.

Wnioski

1. Ruch agregatów po polach przy uprawie roślin zbożowych i okopowych w regionie Wielkopolski na podstawie kryteriów ugniecenia gleb należy uznać za wysoce intensywny.
2. Ugniecenie gleb kołami agregatów może spowodować niżkę plonu roślin od 7 do 30% na 40–50% powierzchni pól i wzrost nakładów energetycznych na uprawę warstwy gleb po zbiorze roślin zbożowych od 20 do 50% na 60–70% powierzchni pól i po zbiorze roślin okopowych od 30 do 60% na około 90% powierzchni pól.
3. Ugniecenie podglebia prowadzi również do niżki plonu roślin i wzrostu nakładów energetycznych na jego likwidację. Nakłady energii na uprawę gleby średniej pod buraki cukrowe wzrastają o 51% z równoczesnym spalaniem podglebia i o 13% w wypadku spalania podglebia co cztery lata.
4. W świetle przytoczonych danych wynika konieczność ograniczenia lub wyeliminowania ugniecenia gleb kołami agregatów przy uprawie roślin.
5. Współczesne kierunki ograniczenia ugniecenia gleb sprowadzają się do wprowadzenia nowych proekologicznych technologii uprawy roślin; zmniejszenia ciśnienia kół na glebę przez obniżenie obciążeń na osie agregatów i zwiększenie powierzchni styku kół z glebą przez stosowanie bliźniaczych i potrójnych kół; szerokich, niskociśnieniowych opon typu Terra-Tira, półgąsienic i gumowych gąsienic w ciągnikach i kombajnach zbożowych.
6. Wyeliminowanie ugniecenia gleb prognozuje się osiągnąć dzięki wprowadzeniu do praktyki rolniczej nowych środków energetycznych – agromostów i podwozi samojezdnych.

Literatura

- [1] Alakukku L., Elanen P. 1994. Finnish experiments on subsoil compaction by vehicle with high axle load. *Soil Till. Res.* **29**(2–2): 151–155.
- [2] Arvidsson J., Hakansson J. 1991. A model for estimating crop yield losses caused by soil compaction. *Soil Till. Res.* **20**(2–4): 319–332.
- [3] Brunotte J. 1993. Fahrgassen im Zukerrubenbau. *Landtechnik. Jg.* **48**(8–9): 468–470.
- [4] Chamen W.C.T. 1992. Reduction of traffic-induced soil compaction: a synthesis. *Soil Till. Res.* **24**(4): 303–318.
- [5] Chamen W.C.T. 1992. Assessment of a wide span vehicle (gantry) and soil and cereal crop responses to its use in a zero traffic regime. *Soil Till. Res.* **24**(4): 359–380.

- [6] Chamen W.C.T., Audsley E. 1993. A study of the comparative economics of conventional and zero traffic systems for arable crops. *Soil Till. Res.* 25(4): 369–390.
- [7] Danfors B. 1994. Changes in subsoil porosity caused by heavy vehicles. *Soil Till. Res.* 29(2–3): 135–144.
- [8] Dickson J.W., Campbell D.J., Ritchie R.M. 1992. Zero and conventional traffic systems for potatoes in Scotland, 1987–1989. *Soil Till. Res.* 24(4): 397–419.
- [9] Domsch H. 1993. Bodendruck und Schadverdichtungen. Dauerhafte Fahrspurbereiche? *Neue Landw.* 2: 72–74.
- [10] Domżał H., Słowinska A., Turski R., Hodare J. 1984. Ugniatacie jako czynnik kształtujący fizyczne właściwości gleby. *Rocz. Nauk Rol.* t. 198.
- [11] Domżał H., Gliński J., Lipiec J. 1991. Soil compaction research in Poland. *Soil Till. Res.* 19(2–2): 99–109.
- [12] Domżał H., Hodare J. 1991. Physical properties of three soils compacted by machine wheels during field operations. *Soil Till. Res.* 19(2–3): 227–235.
- [13] Etana A., Hakansson J. 1994. Swedish experiments on the persistence of subsoil compaction caused by vehicles with high axle load. *Soil Till. Res.* 29(2–3): 167–172.
- [14] Gameda S. 1994. Long-term effects of a single incidence of high axle load compaction on a clay soil in Quebec. *Soil Till. Res.* 29(2–3): 173–177.
- [15] Hakansson J. 1994. Subsoil compaction caused by heavy vehicles—a long-term threat to soil productivity. *Soil Till. Res.* 29(2–3): 105–110.
- [16] Hakansson J., Reeder R.C. 1994. Subsoil compaction by vehicles with high axle load—extent, persistence and crop response. *Soil Till. Res.* 29(2–3): 277–304.
- [17] Kozicz J. 1971. Wpływ ugniatającego działania w różnym stopniu obciążonego ciągnika na właściwości fizyczne gleby oraz na wzrost, rozwój i plon niektórych roślin uprawnych. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 12.
- [18] Kruszewski S. 1986. Ocena wieliczyny dawlenia na poczwu posle mnohokratnoho wozdiejstwa kolesnowo dwiżitiela. ISVS Third European Conference 15–17 Spept. Warsaw.
- [19] Lipiec J. 1991. Soil physical properties and growth of spring barley as related to the degree of compactness of two soils. *Sol Till. Res.* 19(2–3): 307–317.
- [20] Lomakin B.M. 1991. Automatizacija agromostowykh sistiem. *Trakt. i sielskokhoz. mash.* 9: 19–23.
- [21] Nuhis E. 1987. Ocena sostajania sistemy "maszina-poczwa-rastienie" pri rozlicznych soczetaniach miechaniczeskoho wozdejstwija na poczwu. *Miech. siel's. chozja* 5: 16–19.
- [22] Pabin J., Sienkiewicz J., Włodek S. 1991. Effect of loosening and compacting on soil physical properties and sugar beet yield. *Soil Till. Res.* 19(2–3): 345–350.
- [23] Pupanin A., Matjuk N., Manoliji H., Płatonow J. 1988. Diepresija urożaja siel'skochozjajstwiennych kultur pri upłotnieniu poczw i prijomy ieie sniżenia. *Sbornik Naucz. Trud.* WIM, 118: 56–78.
- [24] Riley H. 1994. The effect of traffic at high axle load on crop yields on a loam soil in Norway. *Soil Till. Res.* 29(2–3): 211–214.
- [25] Rusanow W.A. 1992. Wozdjestwie dwiżitelej na poczwu: naprawlenija, reszenieija, problemy. *West. Sel'choz. Nauki* 3: 36–49.
- [26] Rusanow W.A., Antyszew N.M., Kuzniecowa W.P., Bondaren A.H., Pupanin A.J., Matjuk N.S., Miedwiediew W.W., Iewtienko W.H., Kacyhin W.W., Afonaszew N.I. 1994. Problema wozdiejstwa dwiżiytielej na poczwu i effiektiwnoie naprawlenie ieie reszenie. *Traktory i sielskochoz. masz.* 5: 12–15; 6: 14–16.
- [27] Rusanow W.A. 1994. USSR standarts for agricultural mobile machinery: permissible influences on soils and methods to estimate contact pressure and stress at a depth of 0,5 m. *Soil Till. Res.* 29(2–3): 249–252.
- [28] Schafer R.L. 1992. Future research needs in soil compaction. *Trans. ASAE* 35(6): 1761–1770.
- [29] Schjonning P., Rasmussen K.J. 1994. Danish experiments on subsoil compaction by vehicles with high axle load. *Soil Till. Res.* 29(2–3): 215–227.

- [30] Sinkiewicz P.N., Kunceiwcz P.A. 1991. Uplotnienie poczwy chodowymi sistemami maszynno-tractornych agregatow. *Tiech. w siels. chozja.* 6: 60–61.
- [31] Taylor J.H. 1992. Reduction of traffic induced soil compaction. *Soil Till. Res.* 24(4): 301–302.
- [32] Watts C.W., Dexter A.R. 1994. Traffic and seasonal influences on the energy required for cultivation and on the subsequent tilth. *Soil Till. Res.* 31(4): 303–322.
- [33] Zande van de J.C. 1991. Computed reconstruction of field traffic patens. *Soil Till. Res.* 19(1): 1–15.

Compacting soil with traction mechanisms of aggregates at cultivating cereals and root crops

Summary

The paper presents analysis of movement of aggregates on a field at cultivating cereals and root crops in the Wielkopolska Region.

According to the criteria of soil compaction, the aggregate movement was assessed as an intensive one, when the copaction can result in decreasing crop yield and rising energy input into soil cultivation.