

WPŁYW PARAMETRÓW UŻYTKOWYCH KOMBAJNU NA USZKODZENIA OBRABIANEGO MATERIAŁU (USZKODZENIA MARCHWI)

THE INFLUENCE OF WORKING PARAMETERS OF A CARROT HARVESTER ON CARROT ROOT DAMAGE

Celem pracy było określenie jakości pracy jednorzędowego kombajnu Dewulf P3K zaopatrzonego w przenośnik załadowniczy do skrzyniopalet, przy zbiorze marchwi odmiany Nerac. Badania kombajnu przeprowadzono w warunkach polowych na glebie biellicowej. Zdefiniowano typy uszkodzeń korzeni marchwi oraz ich procentowe udziały w zbieranej masie jak również określono straty korzeni. Zaproponowano również rozwiązanie pozwalające na zmniejszenie strat korzeni powstających podczas zbioru. W pracy zamieszczono wynik testu dotyczący niedokładności obcinania naci przez zespół obcinający kombajnu, a także określono wielkość zanieczyszczeń w zbieranym materiale.

Słowa kluczowe: marchew, zbiór kombajnowy, straty, uszkodzenia korzeni.

The objective of the research was to evaluate the performance of a one-row, tractor mounted Dewulf combine harvester with a P3K elevator in terms of the harvest quality of carrot roots of the Nerac variety. The field research of the combine harvester was conducted on podsolic soils. The types of root damages were defined, and their percentage share in the harvested material as well as the share of root losses were established. Moreover, a solution was suggested for reducing root losses during harvesting. The article presents the results of tests concerning the share of incompletely topped roots as well as the content of organic and inorganic impurities in the gathered material.

Keywords: carrot, harvesting, root losses, root damages.

1. Wprowadzenie

Uszkodzenia korzeni marchwi są czynnikiem, który determinuje o ich przydatności w przemyśle. Badania uszkodzeń marchwi prowadzone są w różnych kierunkach. Ponieważ czasem badania obiektów rzeczywistych nie dają zadowalających rezultatów, prowadzone są prace nad opracowaniem wiarygodnych modeli obliczeniowych pozwalających na poznanie oddziaływania części roboczych maszyn na strukturę wewnętrzną warzyw oraz wzajemnego oddziaływania elementów ich budowy wewnętrznej. W takim celu został wyznaczony rozkład przemieszczeń dwuwarstwowych modeli przekroju poprzecznego korzeni marchwi za pomocą metody fotografii plamkowej [20, 21]. Wyprowadzono też równanie będące miarą prędkości zaniku naprężenia w korzeniach marchwi, pozwalające na ocenę fizycznego stanu korzeni [8, 22]. Modelowania materiałów pochodzenia roślinnego są opisywane przez modele reologiczne [4, 5, 6]. Już pod koniec XX-tego wieku została zaprezentowana możliwość użycia mikroskopu elektronowego (ESEM) do obserwacji tkanek marchwi – poddanej testom mechanicznym [19, 23].

Badania dotyczące uszkodzeń marchwi prowadzone są także w warunkach polowych, które pozwalają na ocenę jakości pracy kombajnów do zbioru marchwi. Pierwsze badania kombajnów wrywających - wyciągających podkopywane korzenie za nać prowadzone były w latach 80-tych. Kombajny te uszkadzały aż 39,8-44,8 % korzeni [7], z czego ok. 2/3 stanowiły korzenie połamane. Dopracowywanie konstrukcji kombajnów i opracowanie właściwych parametrów roboczych pozwoliły na znaczne obniżenie ilości sumarycznych uszkodzeń grubych – poniżej 10% [15], a nawet poniżej 2% [16]. Na wielkość uszkodzeń w zbieranym plonie korzeni mogą mieć także wpływ inne czynniki takie jak choroby, czy szkodniki marchwi [2, 3, 9, 12,

1. Introduction

Carrot root damages are a factor which determines their usefulness to the vegetable processing industry. The research on root damages takes different directions. Since the investigations of physical objects do not always produce satisfactory results, attempts are made at developing reliable computation models which would make it possible to investigate the impact of working parts of the machine on the internal structure of vegetables and the interplay between particular elements of that structure. For that purpose, displacement distributions of two-layer cross-section models of carrot roots were established, using the speckle photography method [20, 21]. Furthermore, a formula was derived to calculate the rate stress relaxation in carrot roots, which makes it possible to evaluate the physical condition of the roots [8, 22]. Materials of plant origin are described by rheological models [4, 5, 6]. Even towards the end of the 20th c. Thiel and Donald demonstrated the application of the Environmental Scanning Electron Microscope (ESEM) for the observation of carrot tissue subjected to mechanical tests [19, 23].

Carrot root damages are also a subject of field research, which makes it possible to evaluate the performance of carrot combine harvesters. The first studies of combines plucking the uprooted carrots by the top were conducted in the 1980s. Those combines damaged as much as 39.8-44.8% of roots [7], of which about two thirds were broken. The perfecting of the construction of combines and identifying their optimal operating parameters have substantially reduced the total ratio of gross root damages: to less than 10% [15] or even below 2% [16]. The share of damages in the root harvest can be additionally influenced by other factors, such as carrot diseases or pests [2, 3, 9, 12, 13, 17, 18]. Gracie and Brown [10] noted that

13, 17, 18]. Gracie i Brown [10] zauważyli, że częściowe usunięcie liści zmniejsza występowanie podłużnych pęknięć korzeni marchwi podczas zbioru.

2. Cel i przedmiot badań

Celem badań było określenie strat i uszkodzeń korzeni marchwi powstających podczas zbioru kombajnem jednorzędowym P3K firmy Dewulf (rys. 1). Badany kombajn jest typu wrywającego [14] i jest wyposażony w aktywne (hydrauliczne) podnośniki naci montowane przed lemieszem podkopującym korzenie i przed pasami chwytymi wyciągającymi korzenie z gleby za nac (rys. 2). Kombajn nie był wyposażony w elektrohydrauliczny system kierujący ustawieniem wysokości pracy przy podnoszeniu naci. Natomiast miał zamontowany podwójny bijakowy zespół (pod pasami chwytymi) do oczyszczania korzeni z gleby (rys. 3) oraz urządzenie do obrywania naci i był ciągnięty przez ciągnik Valtra A. Jest to kombajn z przenośnikiem załadowniczym przeznaczonym do załadunku skrzyniopalet (rys. 4a). Standardowo jest wyposażony w elastyczny kosz załadowniczy podwieszony do końca przenośnika (rys. 4b). Kosz ten przy załadunku umieszcza się w środku skrzyniopalety w celu obniżenia wysokości spadku korzeni. Marchew zbierana była do skrzyniopalet umieszczonych na przyczepie ciągniętej drugim ciągnikiem obok kombajnu. Badania polowe kombajnu przeprowadzono w październiku 2009 roku, w Sobieskiej Woli koło Krzczonowa na glebach bielicowych II i III-iej klasy. Przeprowadzono je przy zbiorze marchwi odmiany Nerac, przy prędkości roboczej $0,85 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Prędkość ta była dobrana wstępnie jako najlepsza po przeprowadzeniu prób wstępnych. Przy mniejszej prędkości jazdy (na niższym biegu) nie dało się ustawić odpowiednio niskiej prędkości pasów chwytymych - wyciągały korzenie do tyłu zamiast pionowo przyczyniając się do urywania naci i pozostawiania korzeni na polu. Przy wyższych biegach operator nie nadążał z nakierowywaniem zespołu podbierającego korzenie – więcej korzeni pozostawało niewyora-nych.



Rys. 1. Kombajn typu wrywającego, jednorzędowy Dewulf P3K
Fig. 1. A one-row top lifting P3K Dewulf harvester

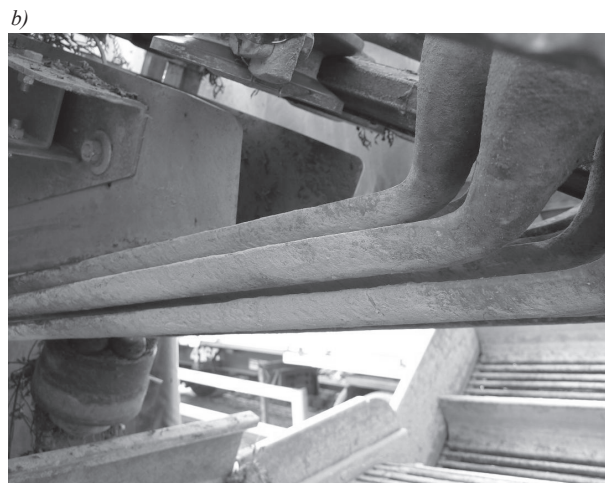
partial defoliation treatment reduced longitudinal tissue fractures of carrot taproots during harvest.

2. The objective and the subject of investigations

The objective was to establish root losses and damages which occurred in the process of plucking carrots with a one-row, tractor-mounted Dewulf harvester with a P3K elevator (fig. 1). The tested combine is one of the top lifting type [14]. It is equipped with active hydraulic dividers which are fixed in front of the digging share which uproots the carrots and pick-up belts which pluck the roots by the tops out of the soil (fig. 2). This version has not been additionally equipped with an electro-hydraulic system controlling the elevation of the picking element. However, it was equipped with a double brushing unit (under the pick-up belts) for cleaning the roots of soil (fig. 3) and with a topping device and was drawn by a Valtra A tractor. The combine has a loading elevator which conveys the carrot roots into pallet boxes (fig. 4a). The standard version is equipped with an elastic funnel chute suspended at the end of the elevator (fig. 4b). During loading, the chute is placed inside a pallet crate in order to reduce the drop height of the roots. Plucked carrots were collected into pallet boxes placed on a trailer pulled along the combine by another tractor. The field research of the combine harvester was carried out in October 2009 in Sobieska Wola near Krzczonów (eastern Poland) on podsolic soils of the 2nd and 3rd class. The investigations were conducted while harvesting Nerac carrots at a working speed of $0.85 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Upon initial tests, that speed was selected as the optimal one. At a lower driving speed (in a lower gear) it was impossible to set a sufficiently low speed of the pick-up belts. Consequently the pick-up belts plucked roots backwards rather than vertically upwards, which contributed to tops being torn off and the roots remaining in the soil. In higher gears, the operator had insufficient time to direct the uprooting unit so that more roots remained in the soil.



Rys. 2. Obrotowe (hydrauliczne) podnośniki naci
Fig. 2. Rotary (hydraulic) dividers



Rys. 3. Obrotowy podwójny bijakowy zespół czyszczący (a) oraz wielonożowy, rotacyjny zespół obrywający naci (b)
Fig. 3. A rotary double brushing unit for cleaning the roots (a) and a rotary multi-blade topping unit (b)



Rys. 4. Przenośnik załadowniczy do napełniania skrzyniopalet umieszczonych na przyczepie (a) wyposażony w elastyczny kosz zasypowy (b)
Fig. 4. An elevator with an elastic funnel chute (b) for loading carrot roots into pallet boxes on a trailer (a)

3. Metodyka badań

W celu określenia warunków pracy kombajnu badano zwięzłość i wilgotność gleby (w sześciu powtórzeniach) oraz wykonywano charakterystykę plantacji marchwi. W tym celu mierzono losowo w stu powtórzeniach: wysokość roślin przed i po wyprostowaniu naci, wysokość wystawiania główek korzenia nad powierzchnię redlin, rozstaw redlin oraz odległość między rzędami roślin na redlinie oraz roślinami w rzędach. Następnie losowo wykopano sto korzeni i zmierzono ich długość i największą średnicę. Plon biologiczny korzeni marchwi, naci i chwastów określano z powierzchni 1 m², losowo w dziesięciu powtórzeniach.

Jakość kombajnowego zbioru korzeni marchwi określano na poletkach pomiarowych o długości 10 m (w sześciu powtórzeniach). Zbiór kombajnem prowadzony był do skrzyniopalet wyłożonych od wewnątrz plandeką (oddzielnie dla każdego powtórzenia) w celu uchwycenia zbieranej masy. Korzenie zebrane kombajnem na odcinkach pomiarowych dzielono na: nieuszkodzone, pęknięte i złamane oraz z nie oberwaną nacią. Poszczególne frakcje były ważone na wadze hakowej (Radweg

3. Investigation method and conditions

In order to determine the working conditions of the combine harvester, the compaction and relative humidity of the soil were determined (six times), and characteristics of the plantation were described. The characterization involved one hundred random measurements of the height of plants before and after their tops were straightened, protrusion of root heads above the ridge surface, the spacing of ridges as well as the distances between the middles of the ridges, rows of plants on a ridge and plants in a row. Next, one hundred random roots were plucked so as to measure their length and maximum diameter. Biological yields of carrot roots, tops and weeds per 1 m² were measured randomly ten times.

The quality of root harvesting was determined on 10-meter long stretches of the field (six times). Each time the material collected by the combine was loaded into separate pallet boxes lined with tarpaulin. Roots harvested by the combine at particular sections of the field were segregated into undamaged, fractured, broken and topped. Each of these fractions was weighed on a hook scale (Radweg WPT 30/CG). Additionally,

WPT 30/CG). Dodatkowo, z odcinków pomiarowych, ręcznie zbierano korzenie nie wydobyte z gleby i zgubione przez kombajn. Następnie określano udział uszkodzonych korzeni i korzeni z nie oberwaną nacią w procentach w stosunku do całkowitej masy korzeni zebranych kombajnem oraz zanieczyszczenia w procentach w stosunku do masy próbki zebranej kombajnem. Procentowy udział strat obliczano w stosunku do sumarycznej masy korzeni zebranych kombajnem i ręcznie.

Wyniki badań poddano analizie statystycznej przy wykorzystaniu programu Excel. Wyliczono współczynnik zmienności V :

$$V = \frac{D}{A} \cdot 100[\%] \quad (1)$$

gdzie: A - wartość średnia, D - odchylenie standardowe.

Pomiar zwięzłości gleby był przeprowadzony przy użyciu sondy dynamicznej w sześciu powtórzeniach, w różnych miejscach plantacji, do głębokości 35 cm w warstwach co 5 cm i wyliczano ją ze wzoru:

$$Z = 0,087 \cdot \frac{k}{s} [MPa] \quad (2)$$

gdzie: k - liczba uderzeń ciężarka sondy, s - głębokość wbicia sondy, 0,087 [MN·m] - stała wynikająca z cech konstrukcyjnych sondy uwzględniająca: masę ciężarka (1kg), przyspieszenie ziemskie (9,81 m·s⁻¹), wysokość spadania ciężarka (1 m) i przekrój węgelnika (113·10⁻⁶ m²).

Pomiar wilgotności gleby przeprowadzono w sześciu powtórzeniach. Próbkę pobierano z trzech poziomów głębokości (0-10, 10-20, 20-30 cm) dla każdego powtórzenia (ASAE 1996).

4. Wyniki i dyskusja

Wyniki pomiarów charakterystyki plantacji marchwi, na której przeprowadzono badania kombajnu Dewulf zamieszczono w tabeli 1. Warunki glebowe zostały zamieszczone w tabeli 2.

Plantacja prowadzona była na redlinach (formowanych przez aktywny agregat Struik Diabolo Roller) i uzyskano redliny o wysokości 0,184 m i rozstawie 0,707 m. Nasiona marchwi wysiewane były (siewnikiem pneumatycznym firmy Monosem) w dwóch rzędach na każdej redlinie oddalonych od siebie o 0,08 m (zgodnie z zaleceniami pod zbiór kombajnowy firmy Dewulf). W czasie wegetacji rzędy się oddaliły od siebie na odległość 0,12 m. Odległość między roślinami w rzędach wynosiła 0,049 m. Nać uformowała się w łań o wysokości 0,236 m i wskaźniku wylegania 35,4%. Korzenie Nerac osiągnęły średnią długość 0,195 m oraz średnicę 0,028 m. Na 1 m² znajdowało się 79 korzeni. Plon biologiczny korzeni marchwi wyniósł 89,9 t·ha⁻¹, zaś chwastów 3,1 t·ha⁻¹. Zbiór kombajnowy przeprowadzono przy wilgotności gleby 14,1% i jej zwięzłości 1,12 MPa.

Wyniki badań dotyczące oceny jakości pracy kombajnu Dewulf przy zbiorze marchwi odmiany Nerac zamieszczono na rysunku 5 i 6.

Kombajn Dewulf podczas zbioru przyczyniał się do powstania uszkodzeń mechanicznych korzeni marchwi. Największy udział uszkodzeń, choć stosunkowo niewielki, stanowiły otarcia (3%) pojawiające się przy główce korzeni. Otarcia te powstawały w wyniku pracy zespołu obrywającego nać. Można by wprowadzić jeszcze zmniejszyć ilość otarć przez mniej

roots that the combine had failed to pluck from the soil or lost were collected by hand. Subsequently, the share of damaged and untopped roots was determined as the percentage of the weight of all roots harvested by the combine, whereas the amount of impurities was determined as the percentage of the weight of all material gathered. The share of lost roots was calculated as the percentage of the overall weight of all roots harvested by the combine and collected by hand.

The results obtained were analyzed statically with Microsoft Excel software. The coefficient of variation (V) was calculated:

$$V = \frac{D}{A} \cdot 100[\%] \quad (1)$$

where: A - the mean value, D - standard deviation

The measurements of soil compaction were taken with a dynamic penetrometer six times at various locations in the field, every 5 cm until the depth of 35 cm, and it was calculated by the following formula:

$$Z = 0,087 \cdot \frac{k}{s} [MPa] \quad (2)$$

where: k - the number of blows of the drop weight, s - the depth of penetration, 0,087 [MN·m] - a constant depending on the technical properties of the penetrometer, which takes into account the mass of the drop weight (1kg), gravitational acceleration (9,81 m·s⁻¹), the height of the drop (1 m) and the cross-section of the probe rod (113·10⁻⁶ m²).

Soil relative humidity was measured six times. Each time samples were collected from three depths (0-10, 10-20, 20-30 cm) (ASAE standards1996).

4. Results and discussion

The results of measurements of the carrot plantation where the performance of the Dewulf harvester was investigated are presented in table 1. Soil conditions are presented in table 2.

The carrots were grown on 0.184 m high ridges (formed by a Struik Diabolo Roller bed-forming aggregate) spaced 0.707 m apart. Carrot seeds were drilled (with a pneumatic Monosem seeder) in two rows, 0.08 m apart (as recommended by Dewulf for combine harvesting). During vegetations the distance between the rows grew to 0.12 m. The distance between plants in the rows was 0.049 m. The height of plants before top straightening was 0.236 m, and the plant droop index was 35.4%. The average length of Nerac carrot roots was 0.195 m, and their diameter was 0.028 m. The number of roots per 1 m² was 79. The biological yield of carrot roots was 89.9 t·ha⁻¹, and that of weeds amounted to 3.1 t·ha⁻¹. Combine harvesting was conducted at soil relative humidity of 14.1% and soil compaction of 1.12 MPa.

The research results concerning the performance of the Dewulf combine at harvesting Nerac carrot roots are presented in figures 5 and 6.

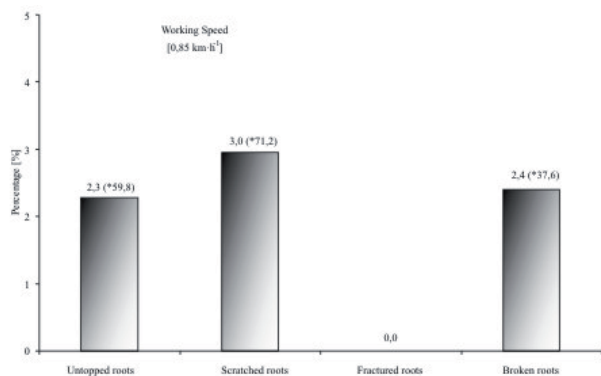
The Dewulf combine caused certain mechanical damages to carrot roots. The greatest, though a relatively small percentage of damages, i.e. 3%, were scratches, which could be observed on root heads. The scratches were caused by the operation of the topping unit. Their relatively small incidence could be reduced even further by a less aggressive setting of the topping unit; however, at such a setting, tops would not be completely remo-

Tab. 1. Charakterystyka plantacji marchwi odmiany Nerac
Tab. 1. Characterization of the Nerac carrot plantation

Wyszczególnienie Specification	Jednostka miary Unit of measure	Średnie wyniki pomiarów Mean	Współczynnik zmienności, % Coefficient of variation, %
Wysokość roślin przed wyprostowaniem naci Height of plants before straightening the tops	m	0,236	26,5
Wysokość roślin po wyprostowaniu naci Height of plants after straightening the tops	m	0,353	27,4
Wskaźnik wylegania roślin / Plant droop index	%	35,4	-
Rozstaw redlin / The spacing of the ridges	m	0,707	1,1
Wysokość redlin / Height of the ridges	m	0,184	4,4
Odległość między rzędami roślin The distance between the rows of plants	m	0,120	10,6
Odległość między roślinami w rzędach The distance between plants in the rows	m	0,049	44,6
Wysokość wystawiania główek korzeni nad redliną The protrusion of root heads above the ridge surface	m	0,014	72,4
Długość korzeni / The length of roots	m	0,195	17,0
Maksymalna średnica korzeni / Max diameter of roots	m	0,028	17,6
Liczba korzeni na 1m ² / The number of roots per m ²	-	79	14,0
Plon biologiczny Biological yield	Korzeni marchwi / Carrot roots	89,9	14,0
	Naci / Top leaves	6,5	24,8
	Chwastów / Weeds	3,1	42,5

Tab. 2. Warunki glebowe plantacji
Tab. 2. Soil conditions of the plantation

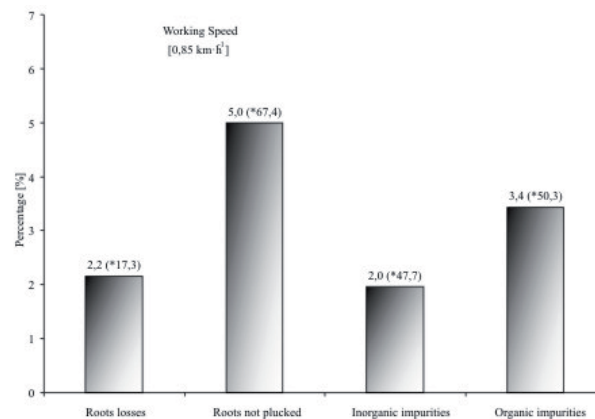
Wyszczególnienie Specification	Jednostka miary Unit of measure	Średnie wyniki pomiarów Mean	Współczynnik zmienności, % Coefficient of variation, %
Zwięzłość gleby / Soil compaction	MPa	1,12	19,4
Wilgotność gleby / Soil relative humidity	%	14,1	14,7



* współczynnik zmienności, % / coefficient of variation, %

Rys. 5. Uszkodzenia pojawiające się podczas zbioru marchwi odmiany Nerac

Fig. 5. Damages to Nerac carrots during combine harvesting



* współczynnik zmienności, % / coefficient of variation, %

Rys. 6. Straty i zanieczyszczenia

Fig. 6. Carrot losses and impurities in the gathered material

agresywne ustawienie zespołu obrywającego, jednak wtedy przy korzeniach zostawałyby część naci. Przy zastosowanym ustawieniu zespół obrywający działał prawidłowo i pozabiał korzenie całkowicie z naci. W zebranym materiale korzeni z niecałkowicie oberwaną nacią było 2,3%. Trzeba tu podkreślić, że przy korzeniach pozostawiane były jedynie co najwyżej zielone, pojedyncze, kilkunastocentymetrowe liście lub pojedyncze zbutwiałe, całkowicie opadnięte. Nać zdrowa i wyrosnięta ob-

ved from the roots. At the adopted setting, the topping unit operated properly and entirely removed top leaves from the roots. The material collected included 2.3% of incompletely topped roots. It should be emphasized that the only elements of the top left were, at the most, single green leaves of a few centimeters or decayed, drooping leaves. Healthy, well-formed tops were removed entirely in all cases. In order to reduce the percentage of imperfectly topped roots, it is advisable to harvest carrots

rywana była w 100%. Warunkiem uzyskania jeszcze mniejszego udziału korzeni z nie oberwaną nacią jest zadbanie o to, by zbiór przeprowadzony był zanim nać zbutwieje i zacznie opadać. Drugim typem zaobserwowanych uszkodzeń były złamania korzeni (2,4%). Trzeba przyznać, że jest to bardzo niewielki procent uszkodzeń [7, 15, 16] zważywszy na to, że przenośnik załadowniczy jest umieszczony nad skrzyniopaletą i korzenie muszą spaść z wysokości ponad 1 m. Wysokość spadku bardzo dobrze amortyzuje zatem kosz załadowniczy. Wśród uszkodzonych korzeni nie było zupełnie pękniętych wzdłużnie.

Stwierdzono znaczny udział strat - pozostawianie korzeni w glebie (5%) lub ich gubieniem podczas transportu pasami chwytynymi (2,2%). Straty te spowodowane były ułamywaniem się naci na skutek niewłaściwego chwytania jej przez pasy chwytne, tzn. pasy chwytne zamiast ciągnąć za nać pionowo do góry ciągnęły ją w znacznym stopniu w bok. Przyczyną tego było oddalenie się od siebie rzędów marchwi (0,12 m), a pasy muszą uchwycić nać z obu rzędów jednocześnie. Podobne straty odnotowali przy zbiorze kombajnem Supernowa dla rozstawu rzędów 0,11 m Kowalczyk i Leszczyński [16]. Dobrze byłoby zatem, szczególnie przy plantacji na glebach lżejszych, siać marchew z mniejszym rozstawem rzędów, uwzględniając ich rozejście się w czasie wegetacji (na badanej plantacji oddaliły się od siebie aż o 50%). Zatem siew powinien być prowadzony w rzędach oddalonych od siebie do 0,06 m.

W zebranych materiale zanieczyszczeń organicznych odnotowano 3,4%, zaś nieorganicznych 2,0%.

5. Wnioski

1. Udział strat korzeni marchwi (pozostawianie w glebie i gubienie) (7,2%) można by ograniczyć przez zmianę techniki siewu np. przez wysiew w pasach, bądź w rzędach o rozstawie do 0,06 m na jednej redlinie.
2. Badany kombajn jednorzędowy Dewulf w zastanych warunkach zbioru nie przyczynił się do powstawania pęknięć korzeni oraz uszkadzał korzenie w niewielkim procencie: 2,4% złamań i 3,0% otartych główek.
3. Zespół obrywający zastosowany w kombajnie Dewulf działa idealnie w odniesieniu do długiej i zdrowej naci (obrywa 100% naci). Jedynie pozostawiał krótką do 5 cm nać lub zbutwiałą całkowicie opadniętą nać. Takiej naci było 2,3%.

6. References

1. ASAE Standards. S352.2 Moisture Measurement – Unground Grain and Seeds. 4th Ed. ASAE, St. Joseph 1996.
2. Baur R, Sauer C, Krauss J, Keller M. Carrot fly (*Psila rosae*) control in Switzerland – current strategies and prospective developments. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 2009; 39(2): 134-137.
3. Boag B. Nematodes associated with carrots in Scotland. Annals of Applied Biology 1979; 93(2): 199-204.
4. Bzowska-Bakalarz M. Właściwości mechaniczne korzeni buraków cukrowych. Rozprawy Naukowe Akademii Rolniczej w Lublinie 1994: 166.
5. De Baerdemeaker J G, Segerlind L J. Determination of the viscoelastic properties of the apple flesh. Transaction of the ASAE 1976; 19: 346-353.
6. Fincan M, Dejmeck P. Effect of osmotic pretreatment and pulsed electric field on the viscoelastic properties of potato tissue. Journal of Food Engineering 2003; 59: 169-175.
7. Furtak J, Świć K. Badania jakości pracy kombajnu "Asa-Lift" do zbioru marchwi. Rocznik Nauk Rolniczych 1986; t. 76-C-2.
8. Gołacki K. A quick method to determine the mechanical condition of carrot roots. Acta Horticulturae 1998; 421: 259-263.
9. Goodliffe J P, Heale J B. Incipient infections caused by *Botrytis cinerea* in carrots entering storage. Annals of Applied Biology 1975; 80(2): 243-246.
10. Gracie A J, Brown P H. Partial defoliation treatments to reduce carrot (*Daucus carota* L.) taproot splitting. Australian Journal of Agricultural Research 2004; 55(8): 887-894.

before tops begin to decay and droop. Another type of damage observed were root breakages (2.4%). It is worth noting that the percentage of such damages [7, 15, 16] was very low, considering that the elevator is placed above the pallet box, and roots are dropped from the height of 1 m. It appears that the drop is effectively cushioned by the chute. No longitudinal fractures were observed in the gathered roots.

A considerable percentage of losses was observed, which included roots remaining in the soil (5%) and lost while being transported by the pick-up belts (2.2%). These losses occurred when tops were broken off as a result of being inappropriately picked by the pick-up belts, i.e. instead of pulling the tops upwards, the belts pulled them considerably sideways. This effect was caused by an excessive distance between the rows of carrots (0.12 m) since the belts must simultaneously pluck up roots from both rows. Similar losses were noted by Kowalczyk and Leszczyński [16] during carrot harvesting with a Supernova combine in a plantation where the distance between rows was 0.11 m. Therefore, it is advisable, especially on lighter soils, to sow carrots in drills that are spaced closer apart, allowing for the fact that the distance between the rows increases during vegetation (it increased by as much as 50% in the studied plantation). It appears that carrot seeds should be sown in drills 0.06 m apart.

In the material collected, organic impurities constituted 3.4%, whereas the share of inorganic impurities amounted to 2.0%.

5. Conclusions

1. The percentage of root losses (roots left in the soil or lost after plucking) (7.2%) could be reduced by changing the sowing technique e.g. by sowing carrot seeds in two drills 0.06 m apart on each ridge.
2. Under the existing conditions the Dewulf combine did not cause any longitudinal fractures and damaged only a small percentage of roots, including 2.4% of breakages and 3.0% of roots with scratched root heads.
3. The topping unit of the Dewulf combine worked perfectly on long and healthy tops, removing them completely. At worst, it was observed to leave short tops, under 5 cm, or single decayed and drooping leaves. There were 2.3% of such roots.

11. Groves S J, Bailey R J. The effect of irrigation upon the root yield and incidence of common scab of carrots. *Annals of Applied Biology* 1994; 38: 217-221.
12. Kainulainen P, Nissinen A, Piirainen A, Tiilikkala H K. Essential oil composition in leaves of carrot varieties and preference of specialist and generalist sucking insect herbivores. *Agricultural and Forest Entomology* 2002; 4: 211-216.
13. Keller M. Supervised control strategies against carrot fly and swede midge. *Der Gemüsebau* 2006; 2: 11-12.
14. Kowalczyk J, Leszczyński N, Bieganski F. Ocena jakości zbioru korzeni marchwi jednorzędowymi kombajnami typu Simon i Alina. Evaluation of the quality of Carnot root harvested with Alina and Simon one-row harvesters. *Acta Agrophysica* 2003; 2(1): 105-111.
15. Kowalczyk J, Leszczyński N. Straty i uszkodzenia korzeni marchwi powstające podczas zbioru jednorzędowym kombajnem Simon. Carrot root losses and damages occurring during harvest by means of one-row Simon harvester. *Acta Agrophysica* 2005; 6(3): 671-676.
16. Kowalczyk J, Leszczyński N. An Influence of the working parameters of Alina Supernova Combine on harvest quality of Carrot roots. *Teka komisji motoryzacji i energetyki rolnictwa* 2009; 9: 128-133.
17. Lee H K, Park C, Ahn Y J. Insecticidal activities of asarones identified in *Acorus gramineus* rhizome against *Nilaparvata lugens* (Homoptera Delphacidae) and *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutoidae). *Applied Entomology and Zoology* 2002; 37: 459-464.
18. Nissinen A, Vanhala P, Holopainen J K, Tiilikkala K. Short feeding period of carrot psyllid (*Trioza apicalis*) females at early growth stages of carrot reduces yield and causes leaf discolouration. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 2007; 125: 277-283.
19. Préstamo G, Fuster C, Risueño M C. Effects of blanching and freezing on the structure of carrots cells and their implications for food processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 1998; 77(2); 223-229.
20. Stopa R, Jankowski L J. Displacement distributions in mechanical model of carrot roots cross-section. *Inżynieria Rolnicza* 2008; 5(103): 275-282.
21. Stopa R, Romański L. Izochromtic pattern distributions In Carnot root's cross-section model for different cohesion force between core and bark layer. *Inżynieria Rolnicza* 2008; 5(103): 383-390.
22. Stropek Z, Gołacki K. Metoda porównania przebiegów krzywych relaksacji naprężeń różnych materiałów roślinnych. *Inżynieria Rolnicza* 2006; 12: 473-479.
23. Thiel B L, Donald A M. In Situ Mechanical Testing of Fully Hydrated Carrot (*Daucus Carota*) in the Environmental SEM. *Annals of Botany* 1998; 82: 727-733.

Dr inż. Norbert LESZCZYŃSKI

Katedra Maszyn i Urządzeń Ogrodniczych
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Ul. Głęboka nr 28, 20-612 Lublin, Polska
e-mail: norbert.leszczyński@up.lublin.pl
