

Adam Węgrzyn  
Katedra Maszyn i Urządzeń Ogrodniczych  
Akademii Rolniczej w Lublinie

## WARUNKI PRACY DWUSTOPNIOWEGO ZESPOŁU CZYSZCZĄCEGO KOMBAJNU A JAKOŚĆ ZBIORU STRĄKÓW FASOLI SZPARAGOWEJ

### Streszczenie

Określono wskaźniki jakości zbioru strąków fasoli szparagowej polskim kombajnem jednorzędowym, z dwustopniowym zespołem czyszczącym. Porównano jakość zbioru strąków, przy różnym ich plonie, podczas pracy kombajnu z wyłączonym tylko pierwszym wentylatorem zespołu czyszczącego oraz z włączonymi dwoma wentylatorami. Stwierdzono, że stosowanie dwóch wentylatorów jest zasadne przy plonie strąków przekraczającym  $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

**Słowa kluczowe:** strąki fasoli, zbiór, kombajn, zespół czyszczący, jakość zbioru

### Wstęp i cel pracy

Z wielu czynników technicznych wpływających na jakość kombajnowego zbioru strąków fasoli szparagowej, do podstawowych można zaliczyć parametry pracy jego zespołów roboczych [Kowalczyk, Węgrzyn 2001], a także typ kombajnu i konstrukcję elementów bezpośrednio uczestniczących w procesie zbioru [Węgrzyn 2003]. Należą do nich pneumatyczne układy czyszczące, których jakość pracy zależy od bardzo wielu czynników [Bień 1979]. W naszym kraju jednorzędowe kombajny do zbioru strąków fasoli szparagowej produkowano w kilku wersjach, które różniły się, między innymi, budową zespołu czyszczącego. Zasadnicze różnice wynikały z liczby wentylatorów, zasady ich pracy oraz kształtu i ustawienia kanałów ssących i wyrzutowych [Węgrzyn 1997]. Głównym celem pracy była ocena wpływu warunków pracy dwustopniowego zespołu czyszczącego kombajnu jednorzędowego, na jakość zbioru strąków fasoli szparagowej.

## Materiał i metodyka badań

Przedmiotem badań był jednorzędowy kombajn zaczepiany Z802 Magda (rys. 1), który może być agregatowany z ciągnikiem minimum klasy 6 kN. Produkowany jest on przez firmę Weremczuk w Lublinie. Zbudowany jest z ramy głównej wyposażonej w pomost, koła jezdne i zaczep. Zespół zrywający składa się z dwóch bębnow, na których obwodzie zamontowane są sprężyste stalowe palce. Bębny napędzane są niezależnie i zamontowane do ramy nośnej, połączonej z ramą główną kombajnu w sposób umożliwiający regulację ich położenia. Zespół odbierający i transportujący zebrany materiał zbudowany jest z trzech przenośników taśmowych: wzdłużnego, poprzecznego i ukośnego. Zespół czyszczący składa się z dwóch wentylatorów oraz kanałów zasysania (rys. 1b) i wyrzutowych. Bębny zrywające strąki, przenośniki oraz wentylatory napędzane są hydraulicznie (rys. 1d).



Rys. 1. Widok na wybrane zespoły robocze kombajnu Magda: a – podnośniki roślin zespołu zrywającego, b – kanał ssący pierwszego wentylatora, c – zespół czyszczący i pomost na skrzynki, d – hydrauliczny zespół sterujący

Fig. 1. View of selected working units of the Magda harvester: a – plant lifters of the harvesting unit, b – first fan suction channel, c – cleaning system and box platform, d – hydraulic control system

Podczas pracy kombajnu przednia część zespołu zrywającego podnoszona jest na wysokość łanu fasoli, a tylna opuszczana jak najniżej. Podnośniki wprowadzają rośliny do maszyny (rys. 1a), a sprężyste palce bębnow zrywają z nich strąki począwszy od osadzonych najwyżej do położonych coraz niżej, w miarę przemieszczania się kombajnu. Palce zrywają z roślin również liście i pędy boczne. Zerwany materiał trafia na przenośnik wzdłużny, który z przodu pracuje równoległe do zespołu zrywającego, a w części tylnej podaje go na przenośnik poprzeczny. Zespół czyszczący oddziela zanieczyszczenia, a strąki transportowane są dalej przenośnikiem pochyłym do kosza zsykowego i podstawianych skrzynek (rys. 1c).

Badania prowadzono na trzech plantacjach, przy zbiorze strąków fasoli szparagowej odmiany Presenta. Szerokość międzyrzędzi mieściła się w zakresie od 45 do 50 cm. Przed przystąpieniem do badań wykonywano charakterystyki łanów fasoli. Pomiary podstawowych cech prowadzono w sposób losowy w kilkudziesięciu powtórzeniach, a wyniki zamieszczono w tabeli 1. Plantacje różniły się wysokością roślin (36,8–43,1 cm), wysokością osadzenia na roślinach najniższych strąków (13,6–16,4 cm) oraz odległością między roślinami w rzędach – od 9,7 do 11,5 cm. Największe różnice wystąpiły w wielkości zbieranego plonu strąków, który wynosił od 6,61 do 16,86 t·ha<sup>-1</sup>.

*Tabela 1. Charakterystyka łanów fasoli szparagowej zbieranych badanym kombajnem*

*Table 1. Results of pod crop quality studies in the respective plantations*

| Wyszczególnienie                                  | Jedn. miary        | Plantacja I |             | Plantacja II |             | Plantacja III |             |
|---|--------------------|-------------|-------------|--------------|-------------|---------------|-------------|
|   |                    | średnia     | wsp. zmien. | średnia      | wsp. zmien. | średnia       | wsp. zmien. |
| Wysokość łanu                                     | cm                 | 35,2        | 9,9         | 39,7         | 10,7        | 34,2          | 15,8        |
| Wysokość roślin                                   | cm                 | 36,8        | 11,5        | 43,1         | 12,6        | 42,9          | 8,6         |
| Wysokość osadzenia na roślinie najniższego strąka | cm                 | 13,6        | 16,7        | 16,4         | 21,6        | 15,1          | 28,6        |
| Odległość między roślinami w rzędzie              | cm                 | 10,7        | 51,6        | 11,5         | 44,6        | 9,7           | 58,6        |
| Liczba strąków na roślinie                        | szt.               | 15,9        | 24,3        | 27,3         | 27,3        | 29,2          | 24,1        |
| Długość strąka                                    | cm                 | 12,4        | 13,9        | 13,3         | 10,1        | 13,7          | 12,5        |
| Średnica strąka                                   | mm                 | 8,2         | 10,9        | 8,4          | 9,4         | 8,6           | 8,9         |
| Zachwaszczenie                                    | kg·m <sup>-2</sup> | 0,2         | 19,2        | 0,1          | 22,5        | 0,2           | 20,2        |
| Plon ogólny strąków                               | t·ha <sup>-1</sup> | 6,61        | 13,7        | 11,56        | 9,8         | 16,86         | 9,6         |

Na pierwszej plantacji kombajn współpracował z ciągnikiem Ursus C4011, a na następnych z ciągnikiem Ursus C330. Prędkość robocza kombajnu zmieniała się w zakresie  $0,4\text{--}0,5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , prędkość obwodowa końców palców zrywających strąki pierwszego bębna  $2,3\text{--}2,8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , a drugiego  $5,5\text{--}6,1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Zakresy prędkości przenośników wynosiły odpowiednio: wzdłużnego  $0,8\text{--}1,3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , a poprzecznego i ładującego  $0,3\text{--}0,4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Na każdej plantacji porównywano jakość zbioru strąków kombajnem pracującym z: wyłączonym pierwszym wentylatorem czyszczącym i wymontowanym jego kanałem ssącym od strony zespołu zrywającego (wariant 1.), włączonymi dwoma wentylatorami czyszczącymi (wariant 2.).

Straty ilościowe strąków powodowane przez kombajn określano na wyznaczonych losowo poletkach pomiarowych o powierzchni  $10\text{m}^2$ , w pięciu powtórzeniach dla każdego sposobu pracy zespołu czyszczącego. Po przejeździe roboczym kombajnu zbierano z każdego poletka strąki pozostawione luzem na jego powierzchni i strąki nie zerwane z roślin. Ponadto wybierano strąki z wyrzucanych przez wentylatory zanieczyszczeń, które w tym celu chwytało do ażurowych worków. Na całkowite straty ilościowe składa się więc suma strat powstałych w wyniku: niezerwania strąków z roślin, niezebrań strąków zerwanych z roślin i oddzielenia strąków z zanieczyszczeniami.

Straty częściowe i całkowite przeliczano na  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$  i procenty, w stosunku do ogólnego plonu strąków na poletkach pomiarowych. Obliczano go w ten sposób, że do masy zebranego materiału, pomniejszonej o masę zanieczyszczeń, dodawano całkowite straty ilościowe strąków spowodowane przez kombajn. Z plonu zebranego kombajnem wybierano natomiast strąki pojedyncze nieuszkodzone, połączone ze sobą, uszkodzone mechanicznie (połamane, pęknięte) oraz zanieczyszczenia (organiczne, mineralne). Procentowe udziały poszczególnych frakcji liczone w stosunku do masy materiału zebranego z poletka pomiarowego. Analizę statystyczną wyników badań przeprowadzono metodą analizy wariancji jednoczynnikowej i wielokrotnych przedziałów ufności T-Tukey'a.

## Wyniki badań i ich analiza

Średnie wyniki badań jakości zbioru strąków kombajnem pracującym z wyłączonym jednym wentylatorem czyszczącym (wariant 1.) i dwoma wentylatorami czyszczącymi (wariant 2.) na poszczególnych plantacjach zamieszczono w tabeli 2. Z danych tych wynika, że najniższe straty strąków i najlepszą jakość zebranego plonu strąków uzyskano na plantacji I. Całkowite straty strąków były niższe podczas ich zbioru kombajnem w 1. wariantcie. Wynosiły one  $0,5\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$  i stanowiły 7,5% ogólnego plonu strąków. Różnice w jakości zebranego plonu strąków, między badanymi wariantami pracy zespołu czyszczącego, były natomiast nieznaczne.

Tabela 2. Wyniki badań jakości zbioru strąków na poszczególnych plantacjach  
 Table 2. Results of pod crop quality studies in the respective plantations

| Wyszczególnienie                                  | Jedn. miary        | Plantacja I |        | Plantacja II |        | Plantacja III |        | Średnio, % |        |
|---|--------------------|-------------|--------|--------------|--------|---------------|--------|------------|--------|
|   |                    | war. 1      | war. 2 | war. 1       | war. 2 | war. 1        | war. 2 | war. 1     | war. 2 |
| Straty ilościowe strąków powodowane przez kombajn |                    |             |        |              |        |               |        |            |        |
| Strąki zerwane, lecz nie zebrane                  | t·ha <sup>-1</sup> | 0,23        | 0,46   | 0,77         | 1,07   | 1,22          | 1,71   | 5,75       | 8,91   |
|   | %                  | 3,5 a       | 7,1 a  | 6,7 b        | 9,2 b  | 7,1 c         | 10,4 c | d          | d      |
| Strąki nie zerwane z roślin                       | t·ha <sup>-1</sup> | 0,06        | 0,06   | 0,30         | 0,33   | 0,21          | 0,20   | 1,60       | 1,65   |
|   | %                  | 0,9         | 0,9    | 2,6          | 2,8    | 1,2           | 1,2    |            |        |
| Strąki tracone z zanieczyszczeniami               | t·ha <sup>-1</sup> | 0,21        | 0,15   | 0,51         | 0,38   | 1,29          | 0,61   | 5,00       | 3,11   |
|   | %                  | 3,1         | 2,3    | 4,4          | 3,3    | 7,5 c         | 3,7 c  | d          | d      |
| Całkowite straty ilościowe                        | t·ha <sup>-1</sup> | 0,50        | 0,67   | 1,58         | 1,79   | 2,72          | 2,52   | 12,35      | 13,67  |
|   | %                  | 7,5 a       | 10,4 a | 13,8         | 15,3   | 15,8          | 15,3   | d          | d      |
| Struktura zebranego plonu strąków                 |                    |             |        |              |        |               |        |            |        |
| Strąki pojedyncze nieuszkodzone                   | t·ha <sup>-1</sup> | 5,76        | 5,37   | 8,66         | 8,73   | 12,32         | 11,79  | 86,72      | 87,20  |
|   | %                  | 91,0        | 91,2   | 86,4         | 87,1   | 82,7          | 83,3   |            |        |
| Strąki uszkodzone mechanicznie                    | t·ha <sup>-1</sup> | 0,41        | 0,37   | 1,04         | 1,10   | 1,84          | 1,83   | 9,72       | 9,95   |
|   | %                  | 6,4         | 6,3    | 10,4         | 10,6   | 12,3          | 12,9   |            |        |
| Strąki połączone ze sobą                          | t·ha <sup>-1</sup> | 0,06        | 0,07   | 0,19         | 0,17   | 0,35          | 0,34   | 1,76       | 1,77   |
|   | %                  | 1,0         | 1,2    | 1,9          | 1,7    | 2,4           | 2,4    |            |        |
| Zanieczyszczenia organiczne                       | t·ha <sup>-1</sup> | 0,09        | 0,07   | 0,12         | 0,04   | 0,37          | 0,18   | 1,69       | 0,95   |
|   | %                  | 1,4         | 1,1    | 1,2 b        | 0,4 b  | 2,5 c         | 1,3 c  | d          | d      |
| Zanieczyszczenia mineralne                        | t·ha <sup>-1</sup> | 0,01        | 0,01   | 0,01         | 0,02   | 0,02          | 0,01   | 0,10       | 0,12   |
|   | %                  | 0,1         | 0,2    | 0,1          | 0,1    | 0,1           | 0,1    |            |        |

waga: takimi samymi literami oznaczono średnie wartości wyrażone w procentach, które różnią się istotnie na poziomie  $\alpha=0,05$

Najwyższe straty strąków i najgorszą jakość zebranego materiału odnotowano na plantacji III. Na powierzchni 1 ha pozostawało wówczas od 2,52 do 2,72 tony strąków, co stanowiło ponad 15% plonu strąków. W zebranym plonie było niewiele ponad 80% pojedynczych strąków nieuszkodzonych. Kombajn pracując w 1. wariacie powodował średnio niższe straty w wyniku niezbrania strąków zerwanych z roślin. Podczas pracy w 2. wariacie powodował natomiast mniejsze straty strąków powstające w procesie czyszczenia oraz zapewniał lepszą czystość zebranego plonu. Na podstawie analizy statystycznej wskaźników jakości pracy kombajnu stwierdzono, że w przypadku strat ilościowych istotne różnice nie wystąpiły tylko w przypadku strat powstających wskutek niezbrania strąków z roślin. Wskaźniki jakości zebranego plonu strąków różniły się natomiast istotnie, jedynie w przypadku udziału w nim zanieczyszczeń organicznych.

Największe różnice odnotowano natomiast w stratach, które powstają wskutek niezbrania przez kombajn strąków zerwanych z roślin. Straty te były średnio niższe, o ponad 3%, podczas pracy kombajnu z wyłączonym pierwszym wentylatorem czyszczącym i wymontowanym jego kanałem ssącym (wariant 1.). Spowodowane to było tym, że obudowa kanału ssącego pierwszego wentylatora, od strony bębnow zrywających strąki, zmniejszała szczelinę, przez którą zerwane z roślin strąki trafiają na przenośnik odbierający (wzdłużny). Zaobserwowano, że dla części strąków stanowiło to trudną do pokonania przeszkodę. Niektóre strąki odbijały się bowiem od obudowy tego kanału i spadały na powierzchnię międzyrzędzi. Wpływało to na wzrost ilości strąków pozostawionych luzem na polu, co potwierdziły uzyskane wyniki badań.

Podczas pracy z włączonym jednym wentylatorem czyszczącym (wariant 1.) kombajn powodował natomiast większe, średnio o ponad 2%, straty strąków powstające w procesie ich czyszczenia. Można to uzasadnić tym, że w celu zapewnienia dobrej czystości zebranego materiału zwiększano prędkość obrotową wentylatora, co powodowało równoczesny wzrost ilości strąków oddzielanych wraz z zanieczyszczeniami. Należy jednak zaznaczyć, że nie stwierdzono istotnych różnic w wysokości tych strat na plantacjach I i II, a wystąpiły one jedynie na plantacji III, na której zanotowano najwyższy plon strąków – 16,86 t·ha<sup>-1</sup>.

Można więc stwierdzić, że prędkość obrotowa z jaką musiał pracować jeden wentylator, przy plonie strąków wynoszącym 6,61 i 11,56 t·ha<sup>-1</sup>, nie powodowała istotnego wzrostu strat strąków powstających w procesie ich czyszczenia. Kombajn pracujący w 1. wariantcie powodował natomiast (w stosunku do wariantu 2.) istotny wzrost udziału w zebranych materiale zanieczyszczeń organicznych. Jedynie na plantacji I nie stwierdzono istotnych różnic w udziale tych zanieczyszczeń. Biorąc jednak pod uwagę średnie wartości określające udział tych zanieczyszczeń ze wszystkich plantacjach, a także bezwzględne różnice między nimi należy stwierdzić, że nie są one tyle duże aby znacząco pogarszały efekty pracy kombajnu z włączonym tylko jednym wentylatorem czyszczącym.

## **Wnioski**

1. Stosowanie dwóch wentylatorów oddzielających zanieczyszczenia jest uzasadnione w warunkach, gdy plon strąków fasoli przekracza 10 t·ha<sup>-1</sup>. W takich sytuacjach pierwszy wentylator powinien pracować na zasadzie odsysania zanieczyszczeń, a drugi na zasadzie ich wydmuchiwanie.
2. Kanał odsysający zanieczyszczenia pierwszego wentylatora nie powinien być montowany równoległe do bębnow zrywających strąki w taki sposób, jaki zostało to wykonane w badanej wersji kombajnu.

3. W badanym kombajnie funkcję pierwszego wentylatora odsysającego zanieczyszczenia powinien pełnić drugi wentylator. Pierwszy wentylator powinien natomiast pracować jako drugi, na zasadzie wydmuchiwanie zanieczyszczeń kanałem zamontowanym w miejscu przesypywania strąków z przenośnika ładującego do kosza zasypowego.
4. Proponowane zmiany wpłynęłyby na obniżenie kosztów produkcji kombajnu, a także ograniczenie strat ilościowych powstających podczas zbioru oraz ilości zanieczyszczeń ograniczenie w zebranych plonie strąków.

### **Bibliografia**

Bień E., Bień J. 1979. Urządzenia pneumatyczne w rolnictwie. PWRiL, Warszawa.

Kowalczyk J., Węgrzyn A. 2001. The Influence of Working Parameters of the Haricot Bean Pod Combine Harvester on the Losses and Damage of Pods. *Agricul. Enginer.*, no. 1-4 (7), pp. 59-64.

Węgrzyn A. 1997. Zbiór kombajnowy strąków fasoli szparagowej. Rozprawa doktorska. Maszynopis AR Lublin.

Węgrzyn A. 2003. Wpływ czynników technologicznych na jakość zbioru strąków fasoli szparagowej. *Post. Nauk Roln.*, nr 1, s. 119-130.

## **WORK CONDITIONS OF TWO-STEP COMBINE HARVESTER CLEANING SYSTEM AND CROP QUALITY OF STRING BEAN PODS**

### **Summary**

The crop quality indicators were determined for string bean pods harvested with a Polish-made single row harvester, with a two-step cleaning system. The crop quality was compared, with different yield, during the harvester work with only one cleaning system fan being switched on, and with two fans switched on. It was established that using two fans should be recommended with the yield exceeding  $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

**Key words:** bean pods, crop, harvester, cleaning system, crop quality