

Mieczysław Rozmus, Maria Drewniak, Andrzej Kornas

## Wpływ niektórych herbicydów na zawartość suchej masy i azotu całkowitego w korzeniach cebuli (*Allium cepa* L.)

### Streszczenie

W pracy prowadzono badania nad wpływem czterech wybranych herbicydów: Afalonu, Simazinu, Alipuru i Liro na procentową zawartość suchej masy oraz azotu ogólnego i niektórych aminokwasów w komórkach *Allium cepa* L. Na podstawie przeprowadzonych pomiarów planimetrycznych wakuol oraz oznaczeń suchej masy stwierdzono różną powierzchnię wakuol oraz różny procent suchej masy w zależności od zastosowanego herbicydu. Komórki korzeni próby z Afalonem, Simasinem i Alipurem posiadały większą powierzchnię wakuol, a tym samym większą zawartość wody, a mniejszy procent przypadający na suchą masę. Wakuole w komórkach korzeni traktowanych Liro zajmowały mniejszą powierzchnię, mniejszą zawartość wody w porównaniu z kontrolą. W próbie tej otrzymano wyższe wartości przypadające na suchą masę. Na podstawie analiz chemicznych stwierdzono, że Afalon powodował nieznaczne obniżenie zawartości azotu ogólnego. Natomiast Alipur, Simasin i Liro stymulowały wzrost azotu ogólnego. Korzenie traktowane Alipurem posiadały większą zawartość azotu pochodzącego z trzech wybranych aminokwasów, tj. argininy, lizyny i histydyny w porównaniu z materiałem kontrolnym.

### Wstęp

Zagadnieniu wpływu pestycydów na metabolizm roślin poświęcono sporo uwagi w opublikowanych pracach. Wyniki badań wskazują, że indukują zmiany obserwowane na poziomie molekularnym, jak również zmiany morfologiczne (Key i Hanson 1961; Ostrowski 1965; Masztakow 1971). Wpływają również na przebieg podstawowych procesów fizjologicznych, takich jak: transpiracja, fotosynteza, oddychanie, aktywność wielu enzymów (Moreland i Hill 1959; Stevens, Butts i Fang 1962; Hulewicz 1970; Rożek 1978, 1982; Rożek i Mareczek 1981).

Omawiając ostatnie poglądy dotyczące fitotoksycznego oddziaływania pestycydów, należy przede wszystkim poruszyć ich wpływ na przemianę azotową w roślinie (Hageman i Flescher 1960; Tweedy 1967; Pryn i Fulst 1972, cyt. Domańska i inni 1973; Płoszyński 1972; Michalczyk 1972; Grzesiuk 1973; Rożek 1978; Rożek i Mareczek 1981).

Dowiedziano, że pod wpływem pestycydów mogą zachodzić zmiany w ogólnej zawartości białka jak i poszczególnych aminokwasów. Takie działanie sugeruje, że może się zmieniać struktura pewnych białek, a więc można wnioskować o zaistniałych mutacjach w wyniku stosowania danego preparatu. Herbicydy Simasin i Atrazyn w małych dawkach zwiększały zawartość białek i azotu ogólnego w nasionach grochu i ziarniakach żyta (Płoszyński 1972). Podobnie Afalon (Błoński 1973) i Alipur (Sadowska 1973) stymulowały wzrost azotu ogólnego w liściach buraków cukrowych i bulwach ziemniaka.

Zastosowany w doświadczeniach Pryn i Fulst (1972, cyt. Domańska i inni 1973) 2,4D indukował wzrost białka ogólnego w soku ziemniaka o 27% w stosunku do kontroli. W dalszych badaniach autorzy ci wskazują na wzrost zawartości kwasu glutaminowego z równoczesnym obniżeniem zawartości asparaginy, seryny, lizyny i innych aminokwasów.

Niewielkie zmiany w składzie aminokwasowym, a mianowicie zwiększenie zawartości aminokwasów zasadowych pod wpływem Atrazynu, stwierdził Płoszyński (1972). Nieco odmienne wyniki otrzymał Masztakow (1971) w pracy nad wpływem 2,4D i MCPA na zawartość białka w korzeniach kukurydzy. U odmian wrażliwych proces biosyntezy był hamowany bardzo silnie i ilość białka spada tu o 23,6%. Zmiany ilościowe i jakościowe białek w roślinach fasoli szparagowej pod wpływem insektycydów fosforoorganicznych stwierdzili Rożek (1978), Rożek i Mareczek (1981). Przy czym oddziaływanie to uzależnione było od rodzaju preparatu, czasu działania, stadium rozwoju ontogenetycznego rośliny.

Celem przedstawionej pracy było ustalenie wpływu czterech wybranych herbicydów na procentową zawartość suchej masy oraz azotu ogólnego i pochodzącego z poszczególnych aminokwasów.

## Materiał i metodyka

Analizy obejmowały stożki wzrostu korzeni nasion cebuli *Allium cepa* L. odmiana Wolska. Nasiona wysiewano na szalkach Petriego, na bibule filtracyjnej zwilżonej wodą wodociągową. Kiełkowanie przebiegało w warunkach laboratoryjnych w temperaturze około 20°C. Gdy korzenie osiągnęły długość około 2 cm materiał podzielono na 5 grup: cztery grupy traktowane herbicydami, a piąta stanowiła materiał kontrolny. W badaniach stosowano cztery herbicydy: Afalon, Simasin o stężeniu 1g/1l wody oraz Liro i Alipur w ilości 1ml/1l wody.

Afalon jest herbicydem z grupy fenylomocznikowych, zawierającym 50% składnika czynnego, tj. linuronu (N-3,4-dwuchlorofenyl-N-metoxy-N-metylomocznik). Simasin jest 2-chloro-4,6-dwuetyloamino-S-triazyną. Liro zawiera 40% AS-IPC (izopropyl-N-fenylokarbaminian) oraz 4% diuronu (N,N-dwumetylo-N,3,4-dwu-chlorofenylomocznik). Alipur stanowi mieszaninę OMU czyli 3 cyklo-1,1-dwumetylomocznika oraz BiPC, który jest estrem butynylowym kwasu fenylkarbaminowego.

Czas traktowania we wszystkich przypadkach wynosił 24 godziny. Po jego upływie pobierano korzenie z kontroli i materiału traktowanego.

Część korzeni utrwalono w utrwalaczu Nawaschina, a następnie sporządzono skrawki mikrotomowe o grubości 10µm barwione fioletem gencjanowym według Newtona (Gerlach 1972). Z preparatów tych sporządzono fotografie, na których przeprowadzono pomiary planimetryczne powierzchni wakuol. Dla każdej próby oraz kontroli wykonano około 150 mikrofotografii, na których ołówkiem obrysowano zarys komórek oraz wakuol, a następnie planimetrowano. Powierzchnia wakuol wyrażona jest w procentach obliczonych ze stosunku powierzchni komórek do powierzchni wakuol.

## A. Oznaczanie suchej masy

Suchą masę korzeni oznaczono przy użyciu zwykłej suszarki laboratoryjnej przez odparowanie wody w dwóch etapach. Około 8–10 g świeżych korzeni (dokładnie zważonych na wadze analitycznej) suszono w temperaturze 55°C przez 48 godzin, a potem ponownie ważono (pierwsza sucha masa). Podsuszony materiał rozdrabniano w moździerzu porcelanowym, a następnie suszono w temperaturze 105°C przez 3 godziny i oznaczono zawartość suchej masy. Na podstawie uzyskanych wyników obu etapów obliczono procent suchej masy materiału wyjściowego.

$$\frac{\% \text{ pierwszej suchej masy} \times \% \text{ drugiej suchej masy}}{10000}$$

Z różnicy oblicza się procentową zawartość wody.

## B. Zawartość azotu ogólnego oznaczono klasyczną metodą Kjeldhala

Analizy wykonano w dwóch powtórzeniach przy naważce 0,3 g suchej masy.

## C. Oznaczanie aminokwasów

W celu oznaczenia aminokwasów wysuszone korzenie, w ilości odpowiadającej 16 mg azotu (obliczono na podstawie znajomości całkowitej zawartości azotu), hydrolizowano 20 ml 6N HCl w zatopionej fioletce przez 21 godzin, w temperaturze 110°C. Po oziębieniu hydrolizat sączono przez szklany lejek G3 i przemywano wodą podwójnie destylowaną, a następnie odparowywano do suchości na łaźni wodnej w temperaturze 50°C pod zmniejszonym ciśnieniem, przy użyciu Vacuum rotary evaporator type 350. Następnie suchą pozostałość zalano 10 ml wody redestylowanej i ponownie odparowywano do suchości. Czynność tę powtórzono dwa razy. Suchą pozostałość rozpuszczono w małej ilości 10% izopropanolu, przelano do kalibrowanej fiołki szklanej, roztwór uzupełniono do objętości 5ml tym samym odczynnikiem. Hydrolizat przechowywano w lodówce. Rozdziału aminokwasów dokonano techniką elektroforezy wysokonapięciowej na bibule Whatman nr 3 o wymiarach

46 cm x 28,5 cm, stosując napięcie około 2400V, a natężenie 120mA. Temperatura chłodzącej wody wynosiła około 16°C, czas trwania elektroforezy to 1 godzina i 5 minut.

Na każdy arkusz bibuły zwilżony uprzednio buforem pirymidynowym (pH 6,5) nakładano badaną próbkę w trzech powtórzeniach i w takiej ilości próbkę kontrolną. Każda próbka w ilości 0,02 ml. Analiza tego samego materiału była wykonywana na 4 arkuszach bibuły, a więc w 12 powtórzeniach, podobnie jak i standardu. Bibułę po zdjęciu z aparatu suszono przez 30 minut w temperaturze 60°C, a następnie wywoływano reakcję barwną świeżo przygotowanym odczynnikiem ninhydrynowym i pozostawiono w temperaturze pokojowej w ciemnym pomieszczeniu przez 24 godziny. Plamy obrysowano ołówkiem, następnie pocięto na paski, które wrzucono do probówki i zalewano 5 ml metanolu (wszystkie odczynniki cz.d.a.). Próbkę wstrząsano i dokonano pomiaru ekstynkcji na Spekolu Zeiss przy długości fali 505 mμ. Stężenie badanej substancji obliczano ze wzoru.

$$c = \frac{E_{pr} C_{st}}{E_{st}}$$

$E_{pr}$  – ekstynkcja próbki  
 $E_{st}$  – ekstynkcja standardu  
 $C_{st}$  – stężenie standardu

## Wyniki i dyskusja

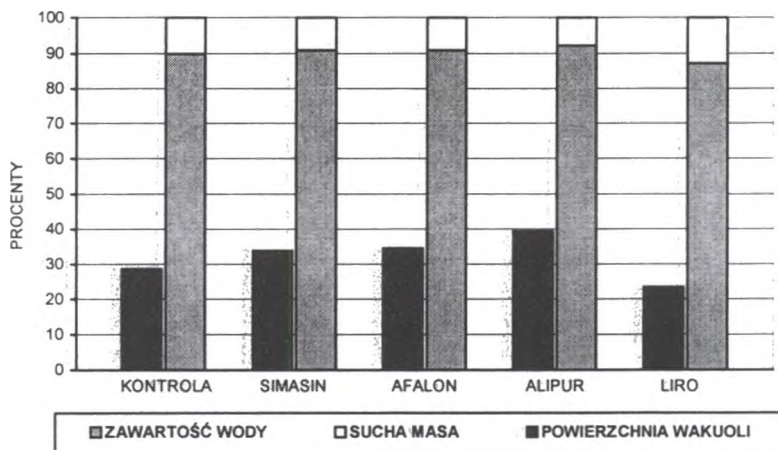
### Wakuolizacja cytoplazmy i sucha masa

Przeprowadzone pomiary planimetryczne wakuol w komórkach peryblemu stanowią informację o różnej ich powierzchni w zależności od rodzaju stosowanego herbicydu (tabela 1, fig. 1). I tak komórki stożków wzrostu poddanych działaniu Afalonu, Simasynu i Alipuru posiadały zwiększoną powierzchnię wakuol w porównaniu z komórkami kontroli. Natomiast komórki peryblemu z korzeni traktowanych Liro zawierały wakuole o mniejszej powierzchni w stosunku do komórek kontroli.

Na podstawie oznaczenia suchej masy stwierdzono, że komórki stożków wzrostu korzeni próby z Afalonem, Simasinem i Alipurem, charakteryzowały się większą zawartością wody w porównaniu z materiałem kontrolnym. Wprost przeciwnie w komórkach korzeni traktowanych Liro stwierdzono mniejszą zawartość wody, a tym samym otrzymano wyższe wartości przypadające na suchą masę. Informacji o powyższych zmianach dostarcza tabela 1, fig. 1.

Rodzaj preparatu	Powierzchnia wakuol w %	Zawartość wody w %	Sucha masa w %
KONTROLA	28,65	90,00	10,00
SIMASIN	33,86	90,95	9,05
AFALON	34,66	90,97	9,03
ALIPUR	39,31	92,22	7,78
LIRO	23,53	87,23	12,77

Tabela 1. Porównanie powierzchni wakuol, zawartości wody i suchej masy w komórkach merystematycznych wierzchołków wzrostu korzeni *Allium cepa* L.



**Fig. 1.** Porównanie powierzchni wakuol, zawartości wody i suchej masy w komórkach merystematycznych wierzchołków wzrostu korzeni *Allium cepa* L.

Powierzchnia wakuol w komórkach merystematycznych stożków wzrostu korzeni materiału kontrolnego zajmuje 28,65% z całej powierzchni komórek, a na wodę przypada 90%. Wakuole zlokalizowane są najczęściej w pobliżu centralnie umieszczonego jądra komórkowego (fig. 2A). Nieco większą powierzchnię wakuol, jak również zawartością wody charakteryzują się komórki korzeni poddanych działaniu Afalonu i Simasinu. W warstwie peryblemu obok komórek z widoczną jedną wakuolą, zdarzają się komórki z kilkoma małymi wakuolami, oddzielonymi od siebie pasmami cytoplazmy (fig. 2B). Niekiedy duża wakuola spycha jądro wraz z cytoplazmą ku ścianie komórkowej (fig. 2C). Największą zawartością wody równą 92,22% oraz największą powierzchnią wakuol tj. 39,31% charakteryzują się komórki stożków wzrostu traktowanych Alipurem. Silna wakuolizacja zaznacza się również w komórkach dermatogenu. W komórkach peryblemu dość często występują 2–4 duże wakuole oddzielone pasmami cytoplazmy (fig. 2D). Jak już zaznaczono komórki korzeni traktowanych Liro posiadały tylko 87,23% wody oraz zmniejszoną powierzchnię wakuol równą 23,53%. W wielu komórkach dało się zaobserwować zjawisko plazmolizy, a co za tym idzie spadek turgoru (Fig. 2E). Podobne zjawiska obserwowali Östergren (1944), Levan i Tijo (1951), Bielecki (1974), Szuleta (1961) w wyniku zastosowania takich związków jak: etyleno–glikol, izokolchicyna, chloroform, octan fenylortęciowy. Nieznaczne zahamowanie przyrostu suchej masy korzeni *Vicia faba* stwierdziła Rogozińska (1958) pod wpływem amonoazotobenzenu, Płoszyński (1972) przy zastosowaniu małych dawek Simasinu na siewki gryki i fasoli. Również niższy procent przypadający na suchą masę liści fasoli otrzymał Rożek i Mareczek (1981) po 72 godzinach stosowania Sadofosu.

## Zawartość azotu oraz skład aminokwasowy

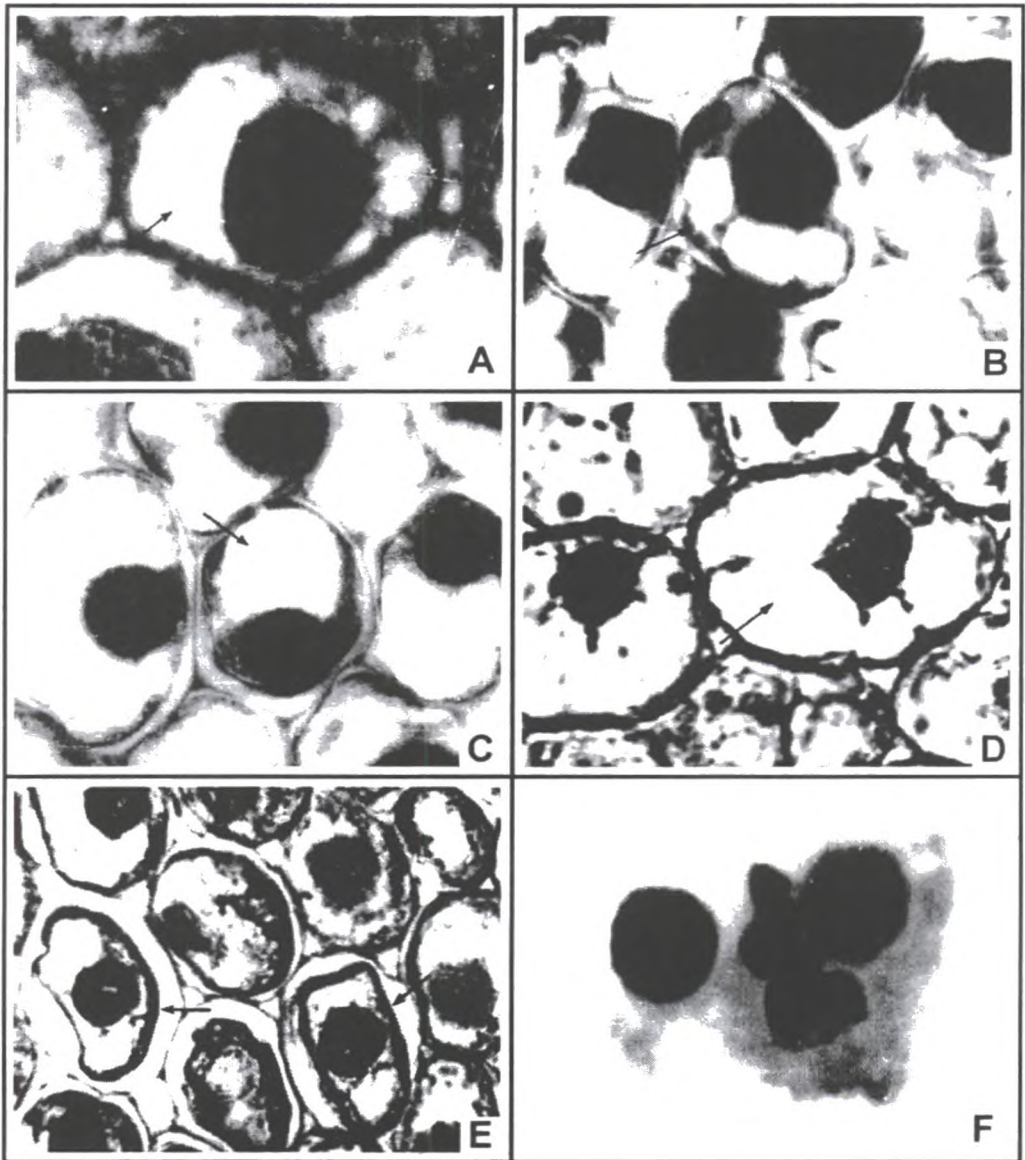
W części eksperymentalnej pracy przeprowadzono pomiary zawartości azotu ogólnego przy czym wyniki pomiaru ujęto jako zawartość azotu w 100 g suchej masy korzeni dla każdego herbicydu, zaś interpretację wyników przeprowadzono odnosząc je do materiału kontrolnego. Wartości uzyskane z odpowiednich przeliczeń zestawiono w tabeli 2, która informuje o różnym oddziaływaniu poszczególnych herbicydów. W przeliczeniu na 100 g suchej masy korzeni, stwierdzono niewielkie różnice w zawartości azotu spowodowane działaniem Afalonu i Simasinu z tym, że korzenie traktowane Afalonem zawierają o 0,51% mniej azotu w porównaniu z kontrolnymi. Natomiast pod wpływem Simasinu stwierdzono przyrost azotu o 0,66%.

Rodzaj preparatu	Zawartość azotu ogólnego w 100 g suchej masy	Różnica w zawartości azotu	
		gramy	procenty
KONTROLA	5,90		
AFALON	5,87	- 0,03	0,51
KONTROLA	5,99		
SIMASIN	6,03	+ 0,04	0,66
KONTROLA	6,83		
ALIPUR	6,99	+ 0,16	2,29
KONTROLA	6,35		
LIRO	6,63	+ 0,28	4,22

Tabela 2. Zawartość azotu ogólnego w komórkach merystematycznych wierzchołków wzrostu korzeni *Allium cepa* L.

Znacznie wyższe wartości przyrostu azotu występują przy zastosowaniu Alipuru i Liro, a mianowicie: w korzeniach z Alipurem o 2,29%, a w korzeniach traktowanych Liro o 4,22%. Wzrost ten jednakże nie był tak wysoki jak to stwierdzili Beevers i Peterson (1963), Tweedy i Ries (1967), Płoszyński (1972), Pryn i Fults (1972, cyt. Domańska i inni 1973), Sadowska (1973), stosując takie herbicydy, jak: 2,4D Atrazin, Pyramin, Simasin, Alipur. Tweedy i Ries (1967) wykazali ponadto, że wzrost azotu ogólnego skorelowany był ze wzrostem aktywności reduktazy azotanowej. Znaczny udział w modyfikowaniu działalności tego enzymu stwierdził Rożek (1982) pod wpływem insektycydów fosforoorganicznych, takich jak: Bi-58 oraz Sadowos. Stwierdzone niewielkie procentowe obniżenie zawartości azotu ogólnego pod wpływem Afalonu pozostaje w zgodności z wynikami uzyskanymi przez Grzesiuka (1973) dla tego herbicydu.

W niniejszej pracy uznano za celowy wybór trzech aminokwasów: lizyny, argininy i histydyny, budujących białka histonowe wchodzące w połączenia z kwasami nukleinowymi, do oznaczenia zmian zawartości azotu pochodzącego z tych aminokwasów. Ograniczono się do zbadania wpływu tylko jednego herbicydu tj. Alipuru. Jak wynika z tabeli 3, Alipur modyfikował ilościowe proporcje tych aminokwasów powodując zwiększenie zawartości azotu pochodzącego z lizyny o 7,6%, a z histydyny o 8,6%. Nieznacznie, bo o 0,54%, zwiększył się udział azotu pochodzącego z argininy. Podobne oznaczenia przeprowadzili Michalczyk (1972), Pryn i Fults (1972 – cyt. Domańska i inni 1973), Grzesiuk (1973), którzy zaobserwowali nieduże ilościowe zmiany aminokwasów zasadowych pod wpływem 2,4D i Atrazinu.



**Fig. 2.** Obrazy komórek merystematycznych stożków wzrostu korzeni *Allium cepa* L. w materiale kontrolnym i traktowanym herbicydami: **A.** Komórka z wakuolą w pobliżu jądra komórkowego (kontrola); **B.** Komórka z kilkoma wakuolami (Simasin); **C.** Jądro komórkowe oraz cytoplazma zepchnięte przez wakuolę ku ścianie komórkowej (Afalon); **D.** Duże wakuole rozdzielone przez pasma cytoplazmy (Alipur); **E.** Komórki w stanie plazmolizy (Liro); **F.** Jądro pyknotyczne i kuliste w komórce dwujądrowej (Alipur)

Rodzaj preparatu	Zawartość azotu (g) poszczególnych aminokwasów w 100 g suchej masy		
	Lizyna	Arginina	Histydyna
KONTROLA	0,364	0,729	0,184
ALIPUR	0,392	0,733	0,200
Różnica	0,028	0,004	0,016
Wzrost azotu w %	7,6	0,54	8,6

Tabela 3. Zawartość azotu niektórych aminokwasów w komórkach merystematycznych wierzchołków wzrostu korzeni *Allium cepa* L.

Przeprowadzając obserwacje cytologiczne, szczególnie interesujące wyniki uzyskano odnośnie morfologicznego zróżnicowania jąder komórkowych w materiale traktowanym Alipurem. Dość częstym obrazem była obecność komórek dwujądrowych, przy czym jedno z jąder staje się jądrem pyknotycznym i jako takie zmienia się z formy owalnej w silnie wydłużoną (fig. 2F), drugie natomiast ma postać kulistą (fig. 2F). W ogólności stopień wydłużania jąder był bardzo różny w różnych komórkach. Sporadycznie zaobserwowano również obecność jąder spiralnie skręconych. Zmiany zachodzące w jądrach wydłużonych były analizowane metodami cytochemicznymi i autoradiograficznymi (Kusanagi i Yanagi 1971). Wyniki tych badań wskazują, że synteza RNA i DNA w wydłużonych formach jąder w porównaniu z normalnymi jest całkiem zahamowana. Badania te ujawniły ponadto istnienie jakościowych różnic dotyczących histonów, polegających na tym, że histony w jądrach wydłużonych były bogate w argininę i lizynę. Według tych autorów jądra wydłużone nie były zdolne do dalszych podziałów mitotycznych. Stwierdzona w niniejszej pracy zwiększona zawartość lizyny i argininy w komórkach traktowanych Alipurem w stosunku do kontroli stanowi być może przyczynę wykształcenia się wydłużonych form jąder komórkowych.

Na podstawie przedstawionych wyników można stwierdzić, że zastosowane herbicydy ingerują w procesy przemiany azotowej w komórce. Powodują nieznaczne różnice w zawartości azotu ogólnego, przy czym charakter oddziaływania i jego efekt uzależniony jest od rodzaju herbicydu. Szczegółowa analiza zawartości azotu pochodzącego z trzech wybranych aminokwasów (lizyny, argininy i histydyny) w przypadku Alipuru wykazała wzrost azotu w porównaniu z kontrolą.

## Literatura

- Beevers C., Peterson D. (1963), *Comparative effects of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid on nitrate metabolism in corn and cucumber*, Plant Physiology 38: 675–679
- Bielecki E. (1974), *The influence of phenyl mercury acetate on mitosis and chromosome structure in Allium cepa*, Acta Biol. Cracov. Ser. Bot. 17: 119–132
- Błoński Z. (1973), *Reakcje odmian na niektóre herbicydy*, Roczn. Nauk Roln. 98
- Domańska H., Kłosińska-Rycerska B. (1973), *Kilka uwag dotyczących działania herbicydów w powiązaniu z ich wpływem na przebieg fotosyntezy i przemiany białkowej*, Postępy Nauk Rolniczych 3: 38–44



- Gerlach D. (1972), *Zarys mikrotechniki botanicznej*, PWRiL, Warszawa
- Grzesiuk S. (1973), *Uboyczny wpływ pestycydów na wartość biologiczną nasion*. Postępy Nauk Rol. 3: 45–57
- Hageman R., Flescher D. (1960), *Nitrate reductase activity in corn seedlings as affected by light and nitrate content of nutrient media*, Plant Physiol. 35: 700–708
- Hulewicz T. (1970), *The effect of B-995 /Succinic acid 2,2-dimethyl hydrazide/ and DMSO /Dimethylsulfoxide/ on the seed yield of polyploid red clover*. Zeitschrift für Ackerund Pflanzenbau 132. 1: 1–15
- Jagoda M., (1980), *Cytological disturbances in Allium cepa L. root-meristems induced by herbicides*. Acta Biol. Cracov. XXII/2
- Key J., Hanson B. (1961), *Some effects of 2,4 - dichloro - phenoxyacetic acid on soluble nucleotides nucleic acid of soybean seedlings*, Plant Physiol. 36, 2: 145–152
- Kusanagi A., Yanagi T. (1971), *Preferential nuclear inactivation and deformation following Kanthydrol treatment*, Protoplasma 2–3: 119–141
- Levan A., Tjio J. (1951), *Pencilline in the Allium test*. Hereditas 37: 306–324
- Masztakow W., Dijewa V., Wołyniec A. (1971), *Działanie herbicydów na rośliny uprawne*. PWRiL, Warszawa
- Michalczyk J. (1972), *Wpływ 2,4 D i Atrazinu na zmiany aminokwasów i białek w ziarnie jęczmienia jarego*. Biul. IHAR 1–2: 106
- Moreland O., Hill K. (1959), *The action of alkyl-N-phenylcarbamates on the photolytic activity of isolated chloroplasts*. Ag. Food Chem. 7: 832–837
- Östergren G. (1944), *An efficient chemical for the induction of sticky chromosomes*. Hereditas 30: 213–216
- Ostrowski J. (1965), *Mechanizmy działania herbicydów*. Postępy Nauk Rol. 4: 65–87
- Płoszyński M. (1972), *Stymulacyjny wpływ herbicydów na rośliny i ich metabolizm*. Post. Nauk Rol. 1: 55–64
- Rogozińska J. (1958), *Hamujący wpływ c-aminoazototolenu na wzrost bezliścieniowych zarodków rzodkiewki hodowanych in vitro*. Acta Soc. Bot. Pol. XXVII, 1: 83–103
- Rozek S. (1978), *Zmiany ilościowe i jakościowe białka zapasowego w nasionach fasoli szparagowej (odm. złota saxa) traktowanej fungicydami*, HRAiN 22/1
- Rozek S. (1982), *The effect of pesticides on the activity of nitrate reductase in the dwarf bean leaves I. The effect of some fungicides*. Acta Physiol. Plant. 4/3–4
- Rozek S., Mareczek A. (1981), *Wpływ niektórych insektycydów fosforoorganicznych na ilościowe i jakościowe zmiany białek oraz aktywność enzymów proteolitycznych w roślinach fasoli szparagowej*. Zesz. Nauk. Akad. Rol. 8/163
- Sadowska A. (1973), *Zastosowanie herbicydów Alipuru i Pyramidu w uprawach buraków cukrowych wielo- i jednokielkowych, cz. III*. Roczn. Nauk Rol. 49/1–3
- Stevens V., Butts J., Fang S. (1962), *Effects of plant growth regulators and herbicides on metabolism of C<sup>14</sup> - labeled acetate in pea root tissues*, Plant Physiol. 37: 215–222
- Szuleta J. (1961), *Effects of the aqueous extract from Poria obliqua Bres. on the roots of Allium cepa L., Vicia faba L. and Tradescantia zebrina Loud.* Acta Biol. Pol. XXX: 3–4. 457–462
- Tweedy J., Ries S. (1967), *Effects of Simasine on nitrate reductase activity in corn*. Plant Physiol. 2: 280–282