

HERBICYDY Z GRUPY REGULATORÓW WZROSTU

Prof. dr hab. Tadeusz Praczyk

Institut Ochrony Roślin
Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu
Zakład Badania Środków Ochrony Roślin

1. Opis ogólny
2. Właściwości fizykochemiczne, toksykologia i zachowanie w środowisku
3. Zastosowanie

1. Opis ogólny

Herbicydy określane mianem regulatorów wzrostu są związkami należącymi do różnych grup chemicznych, a ich wspólną cechą jest to, że działają w roślinach podobnie jak kwas indolilo-3-octowy (IAA), który jest naturalnym hormonem regulującym wzrost i rozwój roślin. Stąd też herbicydy te są także nazywane syntetycznymi auksynami. Herbicydy te są absorbowane przez liście i korzenie i przemieszczane we floemie i ksylemie do stożków wzrostu pędów i korzeni, gdzie hamują wzrost komórek. Jednakże specyficzne miejsce działania tych herbicydów w szlaku metabolicznym nie jest dobrze rozpoznane. Uważa się, że działają one w różnych miejscach szlaku metabolicznego powodując zakłócenia w równowadze hormonalnej roślin, w biosyntezie kwasów nukleinowych i białek. Ostatnie badania wykazały, że istnieje specyficzna interakcja pomiędzy działaniem auksyn a syntezą etylenu i kwasu abscysynowego (ABA). Reakcja roślin dwuliściennych na syntetyczne auksyny przejawia się w nadprodukcji ABA. Ten fitohormon hamuje fotosyntezę, transport jonów przez błony komórkowe, przyspiesza procesy starzenia się organów i tkanek roślinnych.

Objawy działania herbicydów z grupy regulatorów wzrost są dobrze znane. Polegają one na nierównomiernym wzroście organów roślinnych (epinastia) prowadzącym do deformacji liści i pędów. Zahamowaniu ulega także wzrost pędów i korzeni. Objawy te są widoczne krótko po zastosowaniu herbicydu najpierw na najmłodszych częściach roślin, a całkowite zniszczenie rośliny następuje zwykle po kilku tygodniach. Rośliny dwuliścienne są bardziej wrażliwe na działanie syntetycznych auksyn niż jednoliścienne. Niektóre gatunki wykazują objawy uszkodzeń nawet na niewielkie ilości tego herbicydu. Na przykład dikamba powoduje objawy uszkodzeń na soi już w ilości 0,01% zalecanej dawki, a 0,001% zalecanej dawki 2,4-D w postaci estru butylowego jest wystarczająca, aby spowodować uszkodzenia roślin pomidora.

Do najbardziej znanych herbicydów z grupy regulatorów wzrostu należą 2,4-D (kwas 2,4-dichlorofenoksyoctowy) i MCPA (kwas 4-chloro-2-metylofenoksyoctowy). Związki te zostały zsyntetyzowane w latach 40. XX wieku w USA (2,4-D) i w Anglii (MCPA). Były to pierwsze selektywnie działające herbicydy pochodzenia organicznego. Obecnie znanych jest kilkanaście syntetycznych auksyn, które znalazły zastosowanie jako środki chwastobójcze, a ostatnio odkrytym związkiem jest aminocyklopyrachlor (Du Pont).

Do herbicydów z grupy regulatorów wzrostu (grupa O według HRAC) należą:

- Pochodne kwasów fenoksykarboksylowych: MCPA, 2,4-D, dichlorprop, mekoprop,
- Pochodne kwasu benzoowego: dikamba, chloramben, TBA
- Pochodne kwasów pirydynokarboksylowych: chlopyralid, fluroksypyr, pikloram, trichlopyr, aminopyralid
- Pochodne kwasu pirymidynokarboksylowego: aminocyklopyrachlor
- Pochodne kwasów chinolinokarboksylowych: chinomerak, quinclorac.

2. Właściwości fizykochemiczne, toksykologia i zachowanie w środowisku

Związki należące do syntetycznych auksyn cechują się bardzo zróżnicowaną toksycznością ostrą w stosunku do ssaków. Do najbardziej toksycznych należą 2,4-D i mekoprop-P, natomiast najmniej toksyczny jest chlopyralid, a zwłaszcza aminopyralid, którego LD₅₀ wynosi ponad 5000 mg/kg (tabela 1).

Okres połowicznego rozpadu tych herbicydów w glebie (DT₅₀) jest także bardzo zróżnicowany i wynosi od kilku dni (2,4-D, MCPA), nawet do 116 dni (aminopyralid).

Ważnym wskaźnikiem zachowania się herbicydów w środowisku jest współczynnik sorpcji (K_{oc}), który charakteryzuje jak silnie dany związek jest adsorbowany przez glebę. Im silniejsza adsorpcja, tym mniejsze ryzyko przenikania herbicydu do głębszych warstw gleby (herbicydy silnie sorbowane przez glebę mają współczynnik K_{oc} >500 ml/g)

Tabela 1. Ważniejsze właściwości fizykochemiczne syntetycznych auksyn

Herbicydy	LD ₅₀ [mg/kg]	DT ₅₀ [dni]	K _{oc} [ml/g]
MCPA	1160	5-6	25-157
2,4-D	425-764	2-16	20-56
Dikamba	1707	<14	3,45-21,2
Fluroksypyr	2405	34-68	51-81
Mekoprop-P	431-1050	7-13	20-43
Chlopyralid	3738	14-56	4,6
Aminopyralid	>5000	26-116	0-38,9

Dla praktyki rolniczej ważną cechą herbicydów z grupy regulatorów wzrostu jest relatywnie wysoka prężność par niektórych związków i form użytkowych, co stwarza potencjalne ryzyko uszkodzeń roślin nie będących nie będących celem stosowania tych środków. Jak już zaznaczono we wstępie, niektóre rośliny dwuliścienne wykazują bardzo dużą wrażliwość na syntetyczne auksyny i już niewielka ich ilość może powodować uszkodzenia. Dane dotyczące prężności par niektórych herbicydów przedstawiono w tabeli 2. Symazyna, której prężność par wynosi $8,3 \times 10^{-7}$ Pa należy do związków nielotnych, natomiast trifluralina (prężność par $7,3 \times 10^{-3}$ Pa) uchodzi za związek o dużej lotności.

Tabela 2. Prężność par niektórych herbicydów

Herbicydy	Prężność par [Pa]
Symazyna	$8,3 \times 10^{-7}$
Trifluralina	$7,3 \times 10^{-3}$
MCPA ester izooctylowy	$3,8 \times 10^{-3}$
2,4-D ester izooctylowy	$2,3 \times 10^{-3}$
2,4-D ester butylowy	$5,4 \times 10^{-2}$
2,4-D ester etylowy	$1,5 \times 10^{-1}$

Formy estrowe syntetycznych auksyn cechują się na ogół większą lotnością w porównaniu do soli. Przenoszenie tych związków może odbywać się przez parowanie z opryskiwanej powierzchni, głównie z gleby. Stąd też w niektórych krajach wprowadzono prawne ograniczenia stosowania tych herbicydów. Na przykład w Australii formy estrowe herbicydów z grupy regulatorów wzrostu nie mogą być stosowane w promieniu do 5 km od winnic i plantacji pomidorów.

3. Zastosowanie

Syntetyczne auksyny są szeroko stosowane w świecie jako herbicydy zwalczające roczne i wieloletnie chwasty dwuliścienne w uprawie roślin jednoliściennych, głównie zbóż, ale także na trawnikach i polach golfowych, w uprawach leśnych, w sadownictwie i na terenach nieużytkowanych rolniczo.

Ze względu na sposób działania w roślinach stosowane są w formie zabiegów nalistnych, chociaż wykazują także działanie przez glebę. Herbicydy te cechują się największą aktywnością biologiczną, gdy są stosowane na młode, aktywnie rosnące chwasty, w warunkach sprzyjających wegetacji (wilgotna gleba, ciepła pogoda).

Wrażliwość chwastów na niektóre syntetyczne auksyny podano w tabelach 3-5.

W celu zwiększenia spektrum zwalczanych chwastów, herbicydy należące do regulatorów wzrostu mogą być stosowane łącznie z innymi herbicydami, jak np. diflufenikan, sulfonilomoczniki, herbicydy zwalczające chwasty jednoliścienne (np. fenoksaprop). Szerszy zakres zwalczanych chwastów można także uzyskać łącząc niektóre substancje z grupy regulatorów wzrostu np. MCPA + mekoprop (chlopyralid, dikamba, fluroksypyr).

Tabela 3. Wrażliwość chwastów na MCPA

Bardzo wrażliwe	Wrażliwe	Średnio wrażliwe	Malo wrażliwe	Odporne
<i>Amaranthus retroflexus</i>	<i>Abutilon theophrasti</i>	<i>Artemisia annua</i>	<i>Achillea millefolium</i>	<i>Artemisia vulgaris</i>
<i>Amaranthus spinosus</i>	<i>Althea rosea</i>	<i>Capsella bursa pastoris</i>	<i>Agrostemma githago</i>	<i>Galium aparine</i>
<i>Amaranthus palmeri</i>	<i>Anthemis arvensis</i>	<i>Carduus nutans</i>	<i>Allium vineale</i>	<i>Oxalis stricta</i>
<i>Arabidopsis thaliana</i>	<i>Barbarea vulgaris</i>	<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	<i>Rumex acetosella</i>
<i>Arctium minus</i>	<i>Cammelina comunis</i>	<i>Conyza canadensis</i>	<i>Ambrosia trifida</i>	<i>Saponaria officinalis</i>
<i>Bidens aristosa</i>	<i>Cichorium intybus</i>	<i>Daucus carota</i>	<i>Anthemis cotula</i>	<i>Scleranthus annus</i>
<i>Bidens bipinnata</i>	<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Equisetum arvense</i>	<i>Campanula rapunculoides</i>	<i>Viola arvensis</i>
<i>Brassica nigra</i>	<i>Galinsoga parviflora</i>	<i>Medicago lupulina</i>	<i>Cerastium arvense</i>	
<i>Cardamine hirsuta</i>	<i>Iva xanthifolia</i>	<i>Polygonum persicaria</i>	<i>Datura stramonium</i>	
<i>Chenopodium album</i>	<i>Papaver rhoeas</i>	<i>Portulaca oleracea</i>	<i>Glechoma hederacea</i>	
<i>Chenopodium ambrosioides</i>	<i>Plantago lanceolata</i>	<i>Rorippa sylvestris</i>	<i>Lamium amplexicaule</i>	
<i>Galinsoga ciliata</i>	<i>Rumex altissimus</i>	<i>Rumex crispus</i>	<i>Lamium purpureum</i>	
<i>Geranium dissectum</i>	<i>Silybum marianum</i>	<i>Rumex obtusifolius</i>	<i>Polygonum amphibium</i>	
<i>Hypochoeris radicata</i>	<i>Thlaspi arvense</i>	<i>Scirpus spp.</i>	<i>Stellaria media</i>	
<i>Plantago major</i>		<i>Solanum nigrum</i>	<i>Typha angustifolia</i>	
<i>Ranunculus repens</i>		<i>Sonchus arvensis</i>		
<i>Sagittaria calycina</i>		<i>Vicia angustifolia</i>		
<i>Sonchus oleraceus</i>		<i>Xanthium pensylvanicum</i>		
<i>Taraxacum officinale</i>				

Tabela 4. Wrażliwość chwastów na 2,4-D

Bardzo wrażliwe	Wrażliwe	Średnio wrażliwe	Malo wrażliwe	Odporne
<i>Althea rosea</i>	<i>Abutilon theophrasti</i>	<i>Allium vineale</i>	<i>Achillea millefolium</i>	<i>Lithospermum officinale</i>
<i>Amaranthus retroflexus</i>	<i>Amaranthus spinosus</i>	<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	<i>Agrostemma githago</i>	<i>Rumex acetosella</i>
<i>Amaranthus palmeri</i>	<i>Ambrosia psilostachya</i>	<i>Ambrosia trifida</i>	<i>Artemisia vulgaris</i>	<i>Scleranthus annus</i>
<i>Arabidopsis thaliana</i>	<i>Artemisia annua</i>	<i>Anthemis arvensis</i>	<i>Campanula rapunculoides</i>	
<i>Arctium minus</i>	<i>Cardamine hirsuta</i>	<i>Anthemis cotula</i>	<i>Datura stramonium</i>	
<i>Bidens aristosa</i>	<i>Cichorium intybus</i>	<i>Barbarea vulgaris</i>	<i>Equisetum arvense</i>	
<i>Brassica nigra</i>	<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Cammelina comunis</i>	<i>Galium aparine</i>	
<i>Carduus nutans</i>	<i>Galinsoga ciliata</i>	<i>Capsella bursa pastoris</i>	<i>Lamium amplexicaule</i>	
<i>Centaurea cyanus</i>	<i>Hypochoeris radicata</i>	<i>Cerastium arvense</i>	<i>Lamium purpureum</i>	
<i>Chenopodium album</i>	<i>Polygonum persicaria</i>	<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	<i>Oxalis stricta</i>	
<i>Chenopodium ambrosioides</i>	<i>Ranunculus repens</i>	<i>Conyza canadensis</i>	<i>Polygonum amphibium</i>	
<i>Galinsoga parviflora</i>	<i>Rorippa sylvestris</i>	<i>Daucus carota</i>	<i>Saponaria officinalis</i>	
<i>Iva xanthifolia</i>	<i>Rumex altissimus</i>	<i>Glechoma hederacea</i>	<i>Viola arvensis</i>	
<i>Lactuca serriola</i>	<i>Urtica dioica</i>	<i>Medicago lupulina</i>		
<i>Mollugo verticillata</i>		<i>Papaver rhoeas</i>		
<i>Oenothera biennis</i>		<i>Portulaca oleracea</i>		
<i>Plantago lanceolata</i>		<i>Ranunculus arvensis</i>		
<i>Plantago major</i>		<i>Rumex crispus</i>		
<i>Sagittaria calycina</i>		<i>Rumex obtusifolius</i>		
<i>Silybum marianum</i>		<i>Scirpus spp.</i>		
<i>Sonchus oleraceus</i>		<i>Solanum nigrum</i>		
<i>Taraxacum officinale</i>		<i>Sonchus arvensis</i>		
<i>Thlaspi arvense</i>		<i>Stellaria media</i>		
<i>Vicia angustifolia</i>		<i>Trifolium repens</i>		
<i>Xanthium pensylvanicum</i>		<i>Typha angustifolia</i>		

Tabela 5. Wrażliwość chwastów na dikambę

Bardzo wrażliwe		Wrażliwe	Średnio wrażliwe	Odporne
Amaranthus retroflexus	Hypochoeris radicata	Convolvulus arvensis	Capsella bursa pastoris	Equisetum arvense
Amaranthus spinosus	Iva xanthifolia	Daucus carota	Datura stramonium	
Ambrosia artemisiifolia	Lactuca serriola	Galium aparine	Papaver rhoeas	
Ambrosia psilostachya	Lamium amplexicaule	Glechoma hederacea	Polygonum amphibium	
Ambrosia trifida	Lamium purpureum	Medicago lupulina	Rorippa sylvestris	
Anthemis cotula	Lithospermum officinale	Oxalis stricta	Thlaspi arvense	
Arabidopsis thaliana	Mollugo verticillata	Plantago lanceolata	Viola arvensis	
Arctium minus	Oenothera biennis	Plantago major		
Artemisia annua	Polygonum persicaria	Ranunculus repens		
Bidens aristosa	Portulaca oleracea	Rumex altissimus		
Brassica nigra	Rumex acetosella	Sagittaria calycina		
Cardamine hirsuta	Rumex crispus	Saponaria officinalis		
Centaurea cyanus	Rumex obtusifolius	Solanum nigrum		
Cerastium arvense	Scleranthus annuus	Sonchus arvensis		
Chenopodium album	Silybum marianum	Urtica dioica		
Chenopodium ambrosioides	Sonchus oleraceus			
Chrysanthemum leucanthemum	Stellaria media			
Cichorium intybus	Taraxacum officinale			
Conyza canadensis	Trifolium repens			
Galinsoga ciliata	Vicia angustifolia			
Galinsoga parviflora	Xanthium pensylvanicum			