

Inhibitory buněčného dělení – inhibitory stavby mikrotubulů

HERBICIDE MODE OF ACTIONS AND SYMPTOMS OF PLANT INJURY BY HERBICIDES:
INHIBITORS OF CELL DIVISION – POLYMERIZATION OF MICROTUBULES INHIBITORS

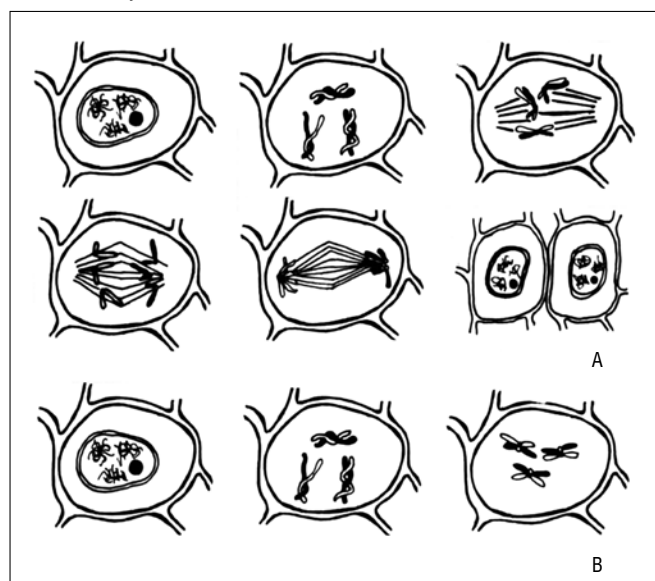
Miroslav Jursík, Josef Soukup, Josef Holec, Jiří Andr
Česká zemědělská univerzita v Praze

Mitóza je přímé dělení buněk, v jehož závěru musí být replikované chromozomy rozděleny do dceřiných buněk. K tomu je zapotřebí charakteristické mitotické vřeténko z vláken mikrotubulů tvořených protofilamenty ze základních proteinových jednotek α a β tubulinu. Mikrotubuly jsou tedy velmi důležité buněčné struktury. Vedle nezastupitelné funkce při mitóze se významným způsobem podílejí také na růstu a utváření buňky. Mohou se vyskytovat ve čtyřech základních funkčních seskupeních (typech):

- kortikální mikrotubuly (udržují tvar buňky),
- předprofázové mikrotubuly (dávají podnět k novému buněčnému dělení a tím regulují morfogenezi pletiv),
- mikrotubuly vřeténka (umožňují pohyb chromozomů během metafáze, anafáze a telofáze),
- fragmoplastické mikrotubuly (organizují rozmístění dceřiných buněk po jejich rozdělení).

Přesné místo působení herbicidů působících na mikrotubuly není dosud s určitostí známo, předpokládá se však, že se váží na volné tubuliny nebo na jiné proteiny. Mitotické vřeténko se vytváří v dělicí se buňce přibližně v polovině procesu dělení

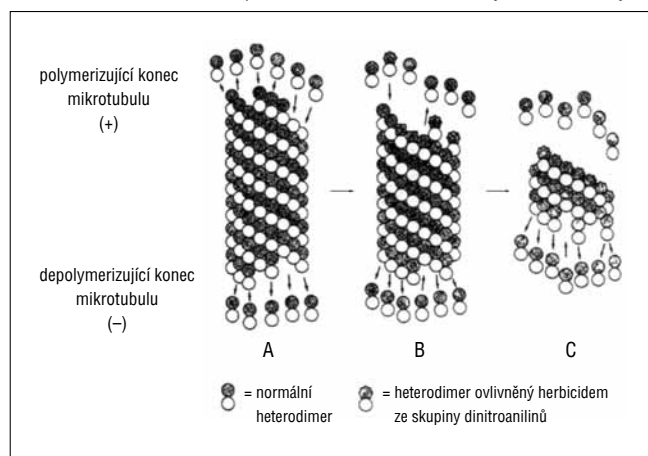
Obr. 1. Schéma průběhu mitózy: A – normální průběh, B – vliv dinitroanilinových herbicidů na mitózu probíhající v kořenových buňkách



(v metafázi). Herbicidy z této skupiny inhibují polymeraci základních jednotek tubulinu (obr. 1.), vytváření protofilament a následně i mikrotubulů a celého vřeténka. V důsledku toho dochází k neuspořádanosti při párování chromozomů a k nerovnoměrnému rozdělení jejich počtu do dceřiných buněk, které nastává v závěru buněčného dělení – v průběhu anafáze a telofáze (obr. 2.). Již vytvořená vlákna nemohou být depolymerizována (1). Zasažena je také tvorba kortikálních mikrotubulů. Sekundárním místem působení je inhibice fotosyntetických a respiračních elektronových transportů, koncentrace herbicidu v rostlině je však tak nízká, že nezpůsobují viditelné příznaky poškození (2).

Inhibitory mitózy zasahují především dělivá pletiva, která jsou soustředěna v apikální části klíčku a v kořenové špičce klíčící rostliny. Herbicidy z této skupiny jsou přijímány především koleoptile (trávy), resp. hypokotylem (dvouděložné rostliny) v menší míře také kořeny. Hlavní kořen bývá méně zasažen než laterální kořeny, což bývá výhodou za sucha, neboť účinnost je na rozdíl od jiných půdních herbicidů méně závislá na půdní vlhkosti (3). Rostlinou jsou špatně rozváděny, což omezuje jejich účinnost pouze na vzcházející plevle. Zasažené citlivé dvouděložné plevle nevzcházejí, případně vytvoří pouze děložní listy, mají ztloustlý hypokotyl, vegetační vrchol se dál nevyvíjí

Obr. 2. Ovlivnění tubulinových heterodimerů herbicidy: A – normální tvorba a rozklad mikrotubulů z tubulinových heterodimerů, B a C – inhibice polymerace tubulinových heterodimerů způsobené dinitroanilinovými herbicidy



Tab. 1. Členění inhibitorů mitózy

Chemická skupina	Účinná látka	Obchodní název přípravku
Nitroderiváty anilinu (dinitroaniliny)	pendimethalin	Stomp, Pendigan, Maraton, Escort atd.
	trifluralin	Treflan, Synfloran, Triflurex
	ethalfluralin	
Benzamidy	propyzamide	Kerb
Pyridaziny	dithiopyr	
	thiazopyr	

(obr. 3.), kořenové špičky tloustnou a kořeny jsou často retardované a deformované. Zasažené trávy vytvářejí krátké napučené koleoptile (obr. 4.). Selektivita k těmto herbicidům je založena na rychlé metabolizaci herbicidu, nebo pozičně.

Nejznámějšími a nejrozšířenějšími inhibitory stavby mikrotubulů jsou nitroderiváty anilinu (dinitroaniliny), z nichž se u nás dnes používá pouze *pendimethalin*. Dále do této skupiny patří *propyzamid* (Kerb), *trifluralin*, *ethalfluralin*, *dithiopyr*, *thiazopyr* a další méně rozšířené účinné látky herbicidů (tab. I.).

Herbicide obsahující účinnou látku *trifluralin* (např. Treflan) nacházely uplatnění v mnoha plodinách (řepka, slunečnice, luskoviny a řada zelenin), kde se používaly k předsetovému ošetření s následným zapravením do půdy, především proti trávovitým plevelům, svízeli a dalším plevelným druhům. Velmi rozšířené bylo také jejich použití v obilninách, kde se tyto herbicide používaly preemergentně (bez zapravení), případně časně postemergentně (před vzejitím plevelů, nebo krátce po něm), především proti chundelce metlicí. *Trifluralin* (podobně jako *ethalfluralin*) se vyznačuje vysokou těkavostí a fotonestabilitou, z tohoto hlediska je účelné jeho zapravení do půdy ihned po aplikaci.

Po vyškrtnutí *trifluralinu* z registru přípravků v ČR jsou nejvýznamnějšími herbicide z této skupiny herbicide obsahující účinnou látku *pendimethalin* (Stomp, Pendigan). Oproti *trifluralinu* vykazují nižší těkavost a vyšší fotostabilitu. Používají se převážně k preemergentnímu ošetření, nicméně mělké zapravení do půdy jejich účinnost zvyšuje (především za sucha). Jejich použití je možné v mnoha plodinách, v některých je možné i časně postemergentní použití (obilniny, kukuřice, slunečnice, některé luskoviny a zeleniny). V zahraničí se používají také k postemergentní regulaci plevelů v řepce. Je však třeba zdůraznit, že dobré účinnosti je dosahováno pouze v raných růstových fázích plevelů (max. 2–6 pravých listů), řepka přitom musí mít alespoň 4 pravé listy. Účinná látka *pendimethalin* je obsažena také ve směsném širokospektrálním herbicidu Maraton (*pendimethalin* + *isoproturon*), který je určen k časnému postemergentnímu ošetření obilnin.

Po aplikaci *pendimethalinu* může v některých případech dojít v průběhu vegetace k tvorbě hojivého pletiva



nepatrný začátek

syngenta®

www.syngenta.cz

Obr. 3. Po preemergentní aplikaci pendimethalinu mohou dvouděložné plevely vzejít, ale dál se nevyvíjí v důsledku destrukce vegetačního vrcholu (bažanka roční)



Obr. 4. Trávovité plevely obvykle po preemergentní aplikaci pendimethalinu nevzejdou, stane-li se tak, je typickým poškozením napuclá koleoptile (ježatka kuří noha)



Obr. 5. Tvorba kalusu na bázi lodyhy slunečnice po preemergentní aplikaci herbicidu obsahujícím pendimethalin může v některých letech vést k vylamování rostlin



(kalusu) na bázi lodyh (obr. 5.), porost je pak náchylnější k polehnutí (časté např. u sóji a slunečnice). Poškození některých plodin (sója) se může projevovat tvorbou krátkých, pahýlkovitých sekundárních kořenů. Takto poškozený kořenový systém se na nadzemních orgánech projevuje zakrslostí, příznaky poruch výživy, případně vadnutí.

Pendimethalin se vyznačuje nízkou rozpustností ve vodě. V půdě je velmi dobře poután, a to i na písčitéch půdách a po intenzivních srážkách po aplikaci (4). Riziko proplavování do podzemních vod je proto minimální. Také povrchový odtok těchto herbicidů nebývá příliš významný, přesto na svažitéjších pozemcích může po intenzivnějších srážkách po aplikaci dojít k horizontálnímu pohybu v půdě (4, 5, 6). Vyšší pohyblivost účinné látky *pendimethalin* byla pozorována na zásaditých půdách, než na půdách kyselých či neutrálních (7). Problémem může být také jeho poměrně vysoké dávkování, které by mohlo v budoucnu vést k restrikci jeho používání. Poškození následných plodin rezidui *pendimethalinu* bývá málo časté, vyskytuje se většinou ohniskovitě v místech nakoncentrování herbicidu, výjimečně i plošně (na extrémně těžkých půdách, obvykle při použití mělkého zpracování půdy). Velkou předností *pendimethalinu* je minimální riziko vzniku rezistentních populací plevelů, což je zřejmě způsobeno tím, že v rostlině působí na více míst. V půdě je rozkládán především půdními mikroorganismy. Nejprve obvykle dojde k jeho redukci na 6-aminopendimethalin a následně je oxidační dealkylací přeměněn na 3,4-dimethyl 2,6-dinitroaniline a pentan (8).

Tato práce vznikla za podpory projektu MSM 6046070901 a NAZV QH71254.

Souhrn

Herbicidy z této skupiny inhibují polymeraci základních jednotek tubulinu, vytváření protofilamentu a následně i mikrotubulů a celého vřetenka. Nejvýznamnějšími herbicidy z této skupiny jsou nitroderiváty anilinu (dinitroaniliny), z nichž se v České republice dnes používá pouze *pendimethalin*. Herbicidy obsahující *pendimethalin* se používají převážně k preemergentnímu ošetření, nicméně mělké zapravení do půdy jejich účinnost zvyšuje (především za sucha). Používají se v mnoha plodinách, v některých je možná i časná postemergentní aplikace (obilniny, kukuřice, slunečnice, některé luskoviny a zeleniny). Po ošetření *pendimethalinem* však může

Mechanismy účinku herbicidů a projevy jejich působení na rostliny

dojít k tvorbě hojivého pletiva na bázi lodyh, které jsou pak náchylnější k vylamování (např. sója a slunečnice).

KLÍČOVÁ SLOVA: mechanismus působení herbicidů, místo působení herbicidů, inhibitory mitózy inhibice stavby mikrotubulů, pendimethalin, cukrovka, fytotoxicita.

Literatura

1. VAUGHN, K. C.; LEHNER, L. P.: Mitotic disrupter herbicides. *Weed Science*, 39, 1991 (3), s. 450–457.
2. READE, P. H.; COBB, A. H.: Herbicides: Mode of Action and Metabolism. In NAYLOR, R. E. L.: *Weed Management Handbook*. Oxford: British Crop Protection Council, Blackwell Science, 2002.
3. KUDSK, P.: Optimising Herbicide Performance. In NAYLOR, R. E. L.: *Weed Management Handbook*. Oxford: British Crop Protection Council, Blackwell Science, 2002.
4. ALISTER, C. A. ET AL.: Pendimethalin and oxyfluorfen degradation under two irrigation conditions over four years application. *J. Environ. Sci. and Health – part B: Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes*, 44, 2009 (4), s. 337–343.
5. TRIANTAFYLIDIS, V. ET AL.: Soil dissipation and runoff losses of the herbicide pendimethalin in tobacco field. *Water Air and Soil Pollution*, 201, 2009 (1–4), s. 253–264.
6. CHOPRA, I.; KUMARI, B.; SHARMA, S. K.: Evaluation of leaching behavior of pendimethalin in sandy loam soil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 160, 2010 (1), s. 123–126.
7. MOHAN, S. V. ET AL.: Solid phase bioremediation of pendimethalin in contaminated soil and evaluation of leaching potential. *Bioresource Technology*, 98, 2007 (15), s. 2905–2910.
8. MEGADI, V. B. ET AL.: Biodegradation of pendimethalin by *Bacillus circulans*. *Indian Journal of Biotechnol.*, 9, 2010 (2), s. 173–177.

Jursík M., Soukup J., Holec J., Andr V.: Herbicide Mode of Actions and Symptoms of Plant Injury by Herbicides: Inhibitors of Cell Division – Polymerization of Microtubules Inhibitors

Herbicides of this group inhibit polymerization of tubulin basic units, creation of protofilaments and consequently also of microtubules and whole spindle apparatus. The most important herbicides belonging to this group are nitroderivates of aniline (dinitroanilines). In the Czech Republic, the only nitroaniline used is *pendimethalin*. *Pendimethalin* is used predominantly for pre-emergent applications, but shallow incorporation into the soil can increase its efficacy (especially under drought). It is used in many crops, in some of them also early post-emergent application is possible (cereals, maize, sunflower, selected legumes and vegetables). After *pendimethalin* application, caluses can occur at the stem base, which is than more susceptible to fracturing (soybeans, sunflower).

Key words: herbicide mode of action, herbicide site of action, inhibitors of mitosis, polymerization of microtubules inhibition, pendimethalin, sugar beet, phytotoxicity.

Kontaktní adresa – Contact address:

Ing. Miroslav Jursík, Ph. D., Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Katedra agroekologie a biometeorologie, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 Suchbát, Česká republika, e-mail: jursik@af.czu.cz



The power to perform

Skvělý výsledek

Širokospektrální insekticid pro moření osiva nové generace s dlouhodobou účinností.

Interakce mořidla Cruiser s bílkovinným komplexem mladých vzházejících rostlin způsobuje jejich lepší odolnost vůči stresovým činitelům v počátečních stádiích růstu.

Zlepšení vitality rostlin a eliminace škůdců v konečném důsledku vede ke zvýšení výnosu.

Pro ochranu osiva cukrové řepy jsou určena mořidla Cruiser Force SB a Force Magna, která poskytují jistotu účinku proti listovým a půdním škůdcům, zejména však vůči drátovcům (*Agriotes* spp.), maločlenci čárkovitému (*Atomaria linearis*), květilce řepné (*Pegomia betae*), dřepčíkům (*Cheatoconema* spp.) a mšicím jako vektorům viróz.



Vynikající
insekticidní
ochrana

+



Lepší vitalita
rostlin

=



Vyšší
výnos

nepatrný začátek

syngenta®

www.syngenta.cz