

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra pedologie a ochrany půd



**Chování herbicidů v porostu kedluben a jejich vliv na
kvalitu porostu**

Diplomová práce

Autor práce: Lenka Kadeřávková

Vedoucí práce: Ing. Martin Kočárek, Ph.D.

© 2015/2016 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Chování herbicidů v porostu kedluben a jejich vliv na kvalitu porostu" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 8. 4. 2016

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Martinu Kočárkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a pomoc při zpracování diplomové práce. Ing. Luďkovi Procházkovi a doc. Miroslavu Jursíkovi za pomoc při založení pokusu. Dále děkuji panu Ing. Jardovi Šukovi za pomoc při tvorbě projevu fytoxicity, Ing. Evě Zemkové a rodině za podporu a trpělivost.

Chování herbicidů v porostu kedluben a jejich vliv na kvalitu porostu

Souhrn

Diplomová práce je zaměřena na zhodnocení chování herbicidů v porostu kedluben. Na začátku práce se uvádí teoretické a obecné informace o pesticidech a herbicidech, o jejich chování v půdě, fytotoxicitě rostlin a zelenině.

Stěžejní část práce se zabývá odlišností v chování herbicidů v půdě s účinnými látkami metazachlor a pendimethalin, o jejich vzájemném působení při aplikaci ve směsi a jak se chovají v půdě při aplikaci samostatně. Dále se zabývá výsledky poločasu rozpadů aplikovaných herbicidů. Zda byl mezi nimi významný rozdíl při použití adjuvantů, a jaký vliv měla závlaha na pokus. Dále hodnotí vliv účinných látek na projev fytotoxicity kedluben.

Poslední část práce je zaměřena na statistické vyhodnocení jednotlivých variant aplikovaných herbicidů. Na základě získaných výsledků došlo k potvrzení hypotézy. Chování účinných látek v půdě, které byly aplikovány ve formě směsí, se lišily od aplikovaných herbicidních látek samostatně. Bylo zjištěno, že aplikované látky ve směsi mají větší vliv na potlačení plevelů v porostu kedluben, delší poločas rozpadu a jejich působení na kulturní rostliny se projevuje fytotoxicky. Významný vliv na celkové zhodnocení měla závlaha, která by měla být nedílnou součástí procesu aplikace herbicidních směsí i následné péče o porost.

Klíčová slova: pendimethalin, metazachlor, adjuvant, poločas rozpadu, fytotoxicita

The behavior of herbicides in kale crop and their impact on the quality of the crop

Summary

The thesis is focused on the evaluation of the behavior of herbicides in the growth of kohlrabi. The theoretical and general information on pesticides and herbicides on their behavior in the soil, phytotoxicity (plant injury) and vegetables, are presented in the beginning of the thesis.

A central part deals with the differences in behavior of herbicides in soil with active ingredients metazachlor and pendimethalin, their interaction when applied in a combination and how they behave in the soil when applied separately. It also deals with the results of half-life of applied herbicides. Whether among them was a significant difference in the use of adjuvants, and what kind of effect have the irrigation influenced the experiment. It also evaluates the effect of active substances on the expression of phytotoxicity kohlrabi. The closing part is focused on the statistical evaluation of the particular options of the applied herbicides. Based on the results the hypothesis has been confirmed. The behavior of the active substances in the soil, which have been applied in the form of mixtures, was differed from the applied herbicides separately. It was found that the applied substance in the mixture have a greater effect on weed control in the crop kohlrabi , longer half-life and their effect on the crop plants is manifested phytotoxic.

The significant impact on the overall evaluation has have the irrigation, which should be an integral part of the application process herbicidal compositions and a follow-up care of a vegetation.

Keywords: Pendimethalin, metazachlor, adjuvant, half-life, phytotoxicity

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Vědecká hypotéza a cíl práce	2
3	Literární rešerše	3
3.1	Pesticidy.....	3
3.1.1	Herbicidy	4
3.1.1.1	Chování herbicidů v půdě.....	6
3.1.1.2	Sorpce herbicidů v půdě	7
3.1.1.3	Degradace herbicidů.....	9
3.1.1.4	Perzistence	11
3.1.1.5	Kontaminace herbicidy	11
3.2	Fytotoxicita	12
3.2.1	Příznaky poškození rostlin herbicidy	13
3.3	Zelenina	14
3.3.1	Rozdělení zeleniny	14
3.3.1.1	Košťálová zelenina.....	14
3.3.1.2	Brassica oleracea convar. acephala var. gongylodes – Kedluben.....	14
4	Metodika	16
5	Výsledky	21
5.1	Objemová hmotnost	21
5.2	Koncentrace herbicidů.....	21
5.3	Rychlostní konstanta a Poločas rozpadu	30
5.4	Vyplavení (mobilita)	32
5.5	Projev Fytotoxicity	32
5.6	Statistické vyhodnocení.....	33
5.6.1	Multifactor ANOVA – poločas rozpadu	33
5.6.2	Multifactor ANOVA – fytotoxicita.....	35
6	Diskuze.....	37
7	Závěr	39
8	Použité zdroje	40
9	Seznamy	43

1 Úvod

V současné době se často i v médiích diskutuje o nutnosti ochrany životního prostředí, zejména ochraně kvality půdy a udržení kvality spodních vod pro generace budoucí. S touto problematikou úzce souvisí užívání pesticidních látek při pěstování kulturních plodin, a to nejen v naší republice, ale po celém světě.

Pesticidy (herbicidy, insekticidy i fungicidy) prokazatelně mají negativní vliv na životní prostředí, na kvalitu půdy a v horších případech také na kvalitu spodních vod, a to prostřednictvím cizorodých látek, které se díky aplikaci pesticidních látek dostávají do půdy a vody.

Je nutné volit vhodné použití pesticidních látek na konkrétní plodiny s ohledem na podmínky, ve kterých jsou pěstované.

Nicméně v intenzivním zemědělství se v posledních desetiletích pesticidní látky používají. Je ověřený jejich účinek s negativním vlivem na zaplevelující rostliny, škůdce apod. Tím je podpořen pozitivní růst kulturních plodin.

Aby byla dodržena vyváženost podpory pěstování kulturních plodin v intenzivním zemědělství a zároveň udržení kvality životního prostředí bez ohrožení kvality půdy a vody, je nutné optimalizovat použití vhodných pesticidních látek.

2 Vědecká hypotéza a cíl práce

Hlavním cílem práce je na základě polních pokusů:

- zhodnotit, jak se liší chování herbicidů v půdě (pendimethalin a metazachlor) aplikovaných samostatně a aplikovaných ve formě směsi
- posoudit jak je chování herbicidů ovlivněno aplikací adjutantů (Grounded) a simulovanými závlahami.
- zhodnotit vliv jednotlivých variant na zaplevelení, fytotoxicitu a kvalitu porostu kedluben.

Hypotéza práce: Chování herbicidů aplikovaných ve formě směsi, bude vzhledem k jejich interakcím a kompetici o vazebná místa v půdě odlišné od chování herbicidů aplikovaných samostatně.

3 Literární rešerše

3.1 Pesticidy

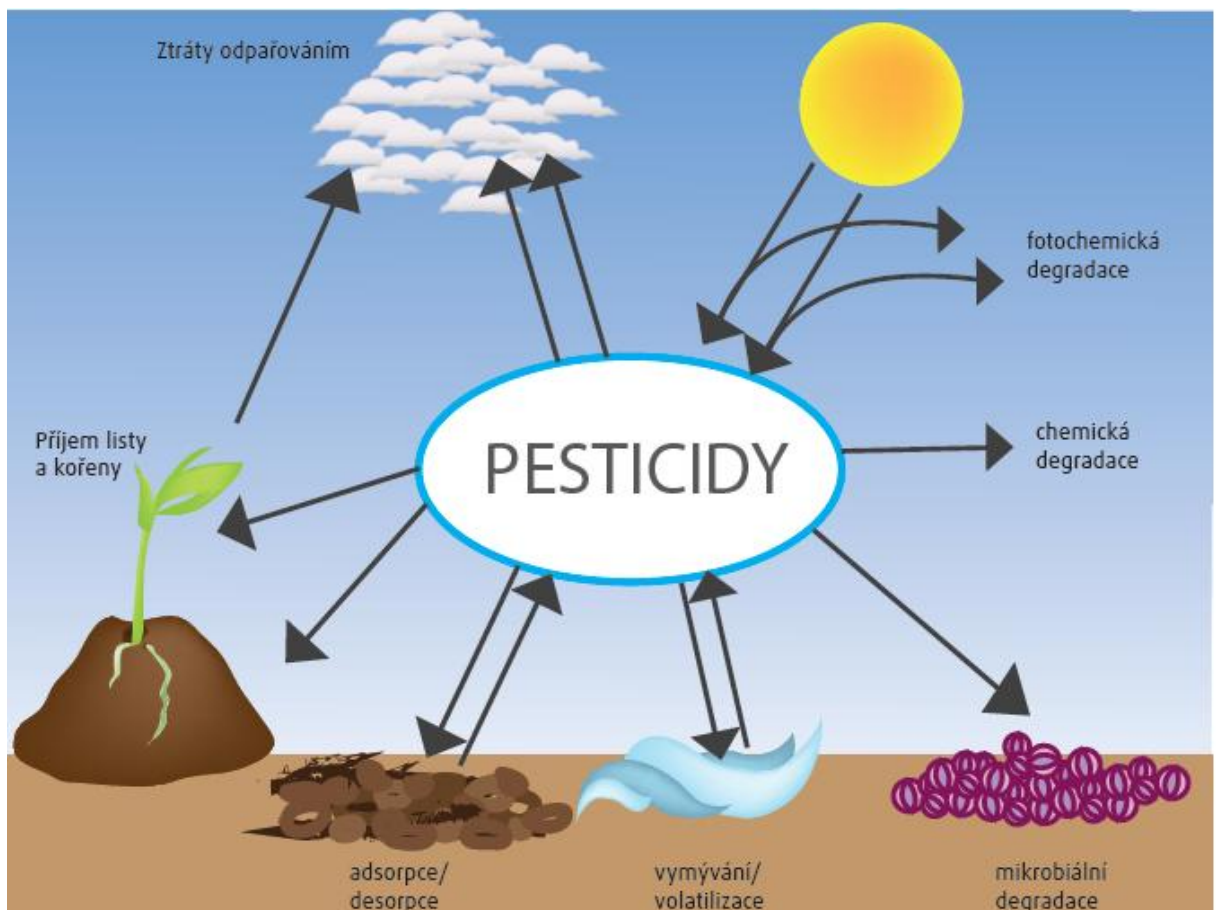
Pesticidy jsou chemikálie, které se používají proti škodlivým živočichům, plevelům, parazitickým houbám, apod., ohrožující zemědělské, zahradní a lesní rostliny, zásoby potravin a zemědělských produktů.

Většina vyráběných pesticidů se aplikuje v zemědělské výrobě jako přípravky na ochranu rostlin.

Pesticidy se nejčastěji dělí podle použití proti škodlivým činitelům, a to:

- insekticidy – přípravky určené k hubení hmyzu,
- fungicidy – přípravky proti houbovým chorobám,
- herbicidy – přípravky na hubení plevelných rostlin.

(Cremlyn, 1985)



Obrázek č. 1 – Reakce pesticidů

Zdroj: alsglobal.cz/website/var/assets/media-cz/pdf/als-pesticidy.pdf

3.1.1 Herbicidy

Herbicidy se používají proti plevelům, které se vyskytují v porostech všech kulturních rostlin a plodin. Jedná se o chemikálie, které nějakým způsobem zpomalují nebo přerušují normální růst a vývoj rostlin. Široce se používají především k regulaci plevelů v zemědělství. Působí na rostliny tím, že narušují některý důležitý fyziologický proces nezbytný pro normální růst a vývoj. Zpravidla se jedná o inhibici jednoho nebo více enzymů, které katalyzují některou z reakcí při biosyntéze organických sloučenin. (Jursík a kol., 2011; Cremlýn, 1985)

Herbicidy dělíme na:

- selektivní - působící jen na určité rostliny
- neselektivní - totální herbicidy, které působí na všechny zelené rostliny.

Mezi selektivní herbicidy řadíme např.:

▪ Butisan 400 SC

Selektivní herbicid ve formě suspenzního koncentrátu pro ředění vodou k hubení jednoděložných i dvouděložných plevelů s účinnou látkou metazachlor. Metazachlor řadíme do chloracetanidilové skupiny herbicidů.

Je přijímán především kořenovým systémem při vzcházení. Po vzejití ho jsou plevele schopné přijímat i přes listy. K hlavnímu účinku dochází přes půdu, dosáhne se spolehlivé účinnosti při dostatečné půdní vlhkosti. Při aplikaci za sucha se herbicidní účinek dostaví až po srážkách. Účinnost trvá podle podmínek 4 – 6 měsíců.

Aplikace na brukvovitou zeleninu se provádí ve formě postřiku, po výsadbě či zakořenění, kdy plevele jsou ve fázi maximálně děložních lístků.

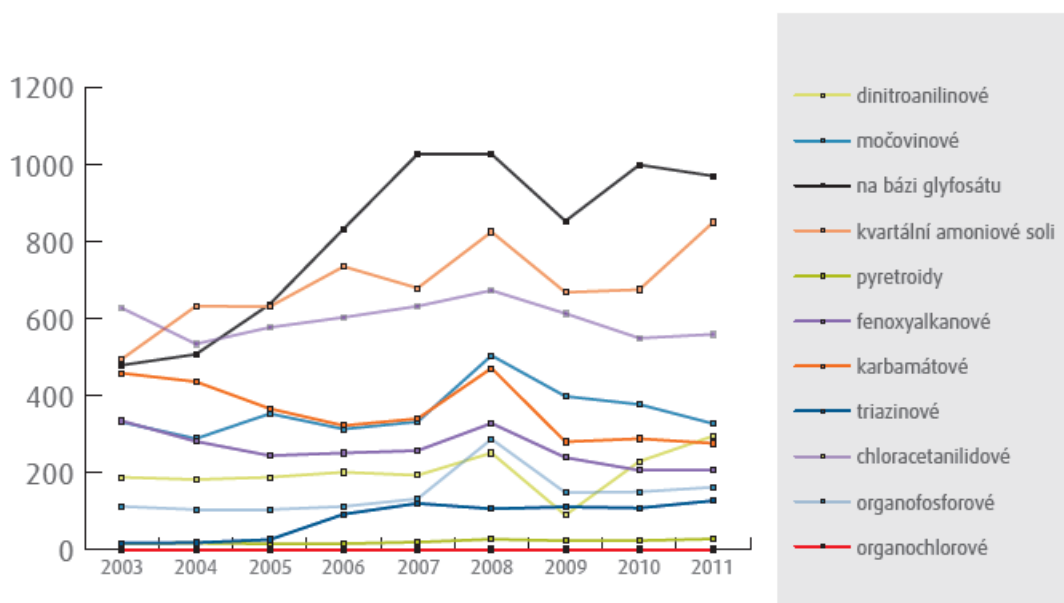
Přípravek je vyloučen z použití v ochranném pásmu II. stupně zdrojů podzemní vody a z použití v ochranném pásmu II. stupně zdrojů povrchových vod pro aplikaci do brukvovité zeleniny, řepky olejky jarní a hořčice. (Musilová, 2013)

▪ Stomp 400 SC

Jedná se o selektivní herbicid, ve formě suspenzního koncentrátu pro ředění vodou, který hubí jednoděložné i dvouděložné plevele v kulturně pěstovaných plodinách s účinnou látkou pendimethalin, který se řadí do dinitroanilinové skupiny herbicidů.

Inhibuje počáteční růst a vývoj klíčících rostlin plevelů. Krátce po vyklíčení nebo po vzejití zasažené rostliny hynou. Samotné klíčení není ovlivněno. Stomp 400 SC hubí široké spektrum jednoletých plevelů, ale nepůsobí na vytrvalé plevele.

Při aplikaci do košťálové zeleniny za účelem ochrany vodních organismů se neaplikuje na svažitéch pozemcích ($\geq 3^\circ$ svažitosti), jejichž okraje jsou vzdáleny od povrchových vod $< 20\text{m}$. (Musilová, 2013)



Obrázek č. 2 – Vývoj spotřeby účinných látek v letech 2003-2011

Zdroj: alsglobal.cz/website/var/assets/media-cz/pdf/als-pesticidy.pdf

Přídavné látky herbicidních směsí např.:

▪ Adjuvanty

Adjuvanty jsou přídavné látky, které se používají nejenom v zemědělství, ale třeba i v průmyslu díky jejich postupnému uvolňování v půdě. Jsou to sloučeniny, které jsou součástí herbicidního kapalného roztoku, nebo se přimíchávají do postřikové jíchy až v nádrži posřikovače, jejichž úkolem je zlepšení efektivity herbicidního ošetření, tedy snížení dávky herbicidu a také finančních nákladů. Hlavními typy přídavných látek jsou:

- rozpouštědla,
- povrchově aktivní látky

-

Lze je definovat podle různých hledisek:

- funkce – aktivátory nebo pomocné látky
- chemické skupiny – organosilikáty, atd.
- zdrojů – rostlinné nebo minerální oleje

(Krogh, 2003; Janků a kol., 2012)

- **Grounded**

Adjuvant ve formě emulgovatelného koncentrátu se používá v zemědělství, zahradnictví a lesnictví. Zlepšuje vlastnosti postřikových kapalin. Napomáhá snížení úletu při aplikaci, rovnoměrnému pokrytí ošetřovaného povrchu a zvýšení adsorpce účinné látky půdními částicemi. Velmi snižuje riziko poškození kulturní plodiny a zlepšuje biologickou účinnost pesticidů, zejména herbicidů s reziduálním půdním účinkem.

Aplikace pomocného prostředku Grounded se používá s registrovanými pesticidními přípravky postřikem schválenými pozemními postřikovači, které zabezpečí rovnoměrné dávkování přípravku. Přípravkem se nesmí zasáhnout sousední kultury. (Musilová, 2014)

3.1.1.1 Chování herbicidů v půdě

Na způsobu a termínu aplikace herbicidů do půdy prakticky nezáleží, herbicidy se dostávají do kontaktu s půdou, ať už jsou na ni přímo aplikovány, nebo jsou z listů rostlin smyty. Půda představuje pro další chování herbicidů složité prostředí, které je ovlivněno mnoha faktory:

- obsah organických látek – při adsorpci herbicidů v půdě je důležitý obsah organických látek, které ovlivňují jejich chování. Důležitý je původ a povaha huminových kyselin.
- Půdní druh - herbicidy, které se vyskytují v lehkých, písčítých půdách s malou sorpční kapacitou, které se velmi snadno pohybují v půdním profilu, tím pádem hrozí jejich vyplavování do podzemních vod. Čím je vyšší koncentrace účinných látek, tím je vyšší projev fytotoxicity na rostlinách. Naopak v těžkých, jílovitých půdách se herbicidy velmi silně poutají, proto nehrozí vyplavování a kontaminace podzemních vod a projev fytotoxicity není vysoký.
- Vlhkost půdy – vyšší účinek vykazují herbicidy, v případě jsou-li mírné dešťové srážky po jejich aplikaci, ale při prudkých srážkách je větší riziko proplavování

půdních herbicidů do spodních vrstev ornice. Je – li půda suchá, herbicidy zpravidla neúčinkují tak, jak mají, naopak ve vlhkých půdách jejich účinnost roste.

- Rychlost větru – při silnějším větru v době aplikaci, hrozí větší rozptyl postřikové směsi, dochází k nepravidelným účinkům, nebo poškozením okolních plodin.
- Teplota vzduchu – čím je teplota vyšší, stoupá zároveň účinek aplikovaných látek.
- Intenzita světla – má vliv na důležitý proces, a to fotosyntézu, která pomocí ultrafialového záření ovlivňuje účinek herbicidních látek. Dále zvyšuje teplotu vzduchu, ale i za správných teplotních podmínek se silnou intenzitou světla může dojít k fytotoxicitě kulturních rostlin.
- Růstová fáze plevelů – látky se musí aplikovat ve správném termínu a to tehdy, kdy jsou na ně plevelé nejcitlivější. U jednoletých je lepší provádět aplikaci ještě na nevyvinuté rostliny, protože herbicid lépe reaguje. U vytrvalých plevelů je lepší aplikovat látky v době, kdy má rostlina dostatečné množství listové plochy, aby na nich ulpělo co největší množství herbicidní látky. (Mikulka a Kneifelová, 2004)

Transportní a transformační procesy herbicidů jsou velmi ovlivněny poměrem mezi pevnou, kapalnou a plynnou složkou půdy. Jak je herbicid rozdělen mezi jednotlivé skupiny, záleží především na:

- fyzikálně-chemických vlastnostech půdy,
- chemické struktury účinných látek,
- povětrnostním podmínkám.

(Stevenson, 1972; Jursík a kol., 2011)

3.1.1.2 Sorpce herbicidů v půdě

Sorpce je klíčovým faktorem pro další reakce, kterými herbicidy po vstupu do půdy podléhají např.:

- degradace,
- perzistence,
- vyplavování,
- povrchový odtok,
- volatilizace.

Rozhoduje o tom, jak je herbicid rozdělen mezi pevnou, kapalnou a plynnou složkou půdy, čímž ovlivňuje účinnost herbicidu.

V půdě probíhá sorpce dvěma směry, a sice tzv. adsorpcí a desorpcí.

▪ Adsorpce

je proces, při kterém dochází k hromadění rozpuštěné látky na povrchu pevné složky půdy.

▪ Desorpce

je opačný proces, při kterém naopak dochází k uvolňování rozpuštěné látky z povrchu pevné látky (složky půdy).

Účinné látky herbicidů jsou v půdě poutány především na aktivní povrchy organického a organicko-minerálního původu a částečně též na koloidní struktury anorganických sloučenin typu oxidů a hydroxidů, jde o tzv. organicko-minerální sorpční půdní komplex (SPK).

Čím vyšší je kapacita SPK, jsou herbicidy poutány pevněji. Sorpce herbicidů v půdě je velmi silně závislá také na obsahu vody v půdě. Molekuly vody disociující na ionty H^+ a OH^- soupeří s molekulami (ionty) herbicidů o volné místo na SPK, proto je za sucha obvykle vyšší sorpce herbicidů, než ve vlhké půdě. (Jursík a kol., 2011)

Sorpce v půdě může ovlivňovat několik faktorů:

- sorpční schopnost pevné fáze půdy - Je-li herbicid, případně jeho metabolity, vázán ve větším množství na pevnou složku půdy (organická hmota, jílové minerály, organojílový komplex) v půdním roztoku, je jeho koncentrace nižší a snižuje se tak i příjem látky rostlinou.
- obsah vody v půdě - Po srážkách většinou dochází k postupnému uvolňování herbicidu ze SPK, což je dobré z hlediska zamezení vzcházení nových plevelů, ale hodně perzistentní herbicidy mohou způsobit problém při vzcházení následných plodin. Většina účinných látek je ve vodě špatně rozpustná. S rozpustností ve vodě se snižuje stupeň sorpce na SPK, naopak hydrofobní herbicidy jsou snadněji sorbovány na půdní organickou hmotu.
- půdní reakce – Snižuje – li se půdní reakce, snižuje se negativní náboj půdních koloidů (mění se na kladný náboj). Kladně nabité herbicidy a herbicidy, které jsou při vhodném pH schopné přijímat proton, jsou půdou silně sorbovány.
- vliv teploty – Vliv teploty je rozdílný podle jednotlivých účinných látek a půdních typů. Zvýšením teploty dochází k urychlení probíhajících procesů v půdě. Při nižších teplotách se herbicidní látky neodbourávají dostatečně rychle.

3.1.1.3 Degradace herbicidů

Degradace herbicidů je jedním z hlavních procesů. Než se herbicidy zapraví do půdy, jsou rozkládány světlem, transportují se vzduchem, nebo jsou absorbovány listy rostlin. Transformační procesy po vstupu herbicidů do půdy jsou ovlivněny poměrem mezi kapalnou, pevnou a plynnou složkou půdy. Degradaci herbicidů v půdě může ovlivnit více faktorů:

- obsah organického uhlíku v půdě – Čím více je organického uhlíku v půdě, tím je vyšší je aktivita mikroorganismů a to způsobuje rychlejší degradaci.
- půdní vlhkost a teplota – Půdní vlhkost a teplota mají hlavní význam pro rychlost degradace herbicidů v půdě. Při určité teplotě a vlhkosti půdy se zvyšuje aktivita mikroorganismů. Hranice jsou pro jednotlivé účinné látky rozdílné.
- mikrobiální populace – Hlavní význam pro degradaci půdy mají mikroorganismy, které zařizují důležité biochemické reakce.

Dále herbicidy mohou být rozloženy jednoduchými chemickými reakcemi např. hydrolýzou, ale nedochází k úplnému rozkladu herbicidních látek. Na jednodušší sloučeniny je rozkládají mikroorganismy.

Předpokládá se, že sorpce, která řídí koncentraci herbicidů v půdním roztoku, může omezit degradaci herbicidů v půdě. (Hiller, 2010; Jursík a kol., 2011)

▪ Mikrobiální degradace

Jedná se o rozklad herbicidů (pesticidů) v půdě půdními mikroorganismy, který probíhá při degradaci v půdě. Aby mohl být herbicid metabolizován, je důležitá přítomnost mikroorganismů v půdě. O tom jak bude velká intenzita rozkladu, rozhoduje: obsah a kvalita organické hmoty, teplotní a vláhové podmínky, obsah kyslíku a provzdušněnost půdy, reakce půdy a obsah dostupných živin.

Aby mohlo docházet k biologické aktivitě v půdě po aplikaci herbicidní látky, musí být splněny tyto podmínky: herbicid by měl být v takové formě, která je vhodná pro mikrobiální rozklad a zároveň být dostupný pro půdní mikroflóru.

Pokud není splněna kterákoliv z uvedených podmínek, nemůže nastat mikrobiální degradace v půdě, nebo by mohlo dojít k jejímu negativnímu ovlivnění.

Schopnost rozkládat herbicidy mají:

- některé bakterie – Pseudomonas, Achromobacter, Agrobacterium, Bacillus, Corynebacterium, Nocardia, Streptomyces, Micromonospora,
 - houby – Trichoderma, Alternaria, Aspergillus, Penicillium, Saccharomyces, Fusarium
- Stane - li se, že v hlubších vrstvách půdy je snižená aktivita mikroorganismů, zejména aerobních, zvyšuje se možnost pronikání herbicidů do podzemních vod a tím i kontaminace vodních zdrojů.

Také rostliny mají významný vliv, degradaci podporují vyšší koncentrací účinných látek v okolí rhizosféry. (Koubová, 2006)

▪ Chemická degradace

Důležitým faktorem při tomto procesu je pH. Chemická degradace nejčastěji probíhá v silně kyselém nebo zásaditém prostředí. Nejdůležitějšími chemickými degradačními procesy, probíhající v půdním roztoku jsou:

- hydrolýza
- oxidačně – redukční procesy.

Pokud dochází k hydrolýze, porušují se molekulové vazby látek herbicidních přípravků během reakce s vodou. Jedná se o hydrolytickou reakci, při které se vyměňují některé chemické skupiny za hydroxylové. Dojde ke změně struktury molekuly účinné látky a jejich vlastností a výsledné produkty reakce jsou méně toxické než produkty původní.

V podmínkách za přístupu kyslíku dochází k degradaci oxidací a naopak bez přístupu kyslíku k redukci. (Schnoor, 1992)

▪ Fotolýza

Je proces, při kterém dochází k eliminaci aplikované látky z prostředí, v tomto případě herbicidní směsi ze svrchní části půdy.

Dochází k ní při slunečním záření, zejména využívá ultrafialového záření. V době působení této UV záření dochází k rozpadu a porušení vazeb molekul herbicidů. Jelikož intenzita ultrafialového záření není schopna proniknout do vrstev půdy, dochází k fotolýze molekul na povrchu půdy, nebo listech rostlin. Protože fotolýza není většinou úplná, vznikají při ní transformační procesy, podobající se jiným herbicidním metabolitům. (Cornejo a Jamet, 2000)

3.1.1.4 Perzistence

Perzistence je schopnost herbicidů zůstat v aktivní formě, tedy odolávat rozkladu v půdním prostředí po určitou dobu. Vyjadřuje se obvykle jako poločas rozpadu (DT50), tedy jako časová hodnota, za kterou dojde k degradaci 50 % množství účinné látky. Analogicky jsou od této hodnoty odvozeny DT90 či DT10, které udávají časový půdní interval, za který dojde k degradaci 90 %, nebo 10 % účinné látky. Tato vlastnost herbicidů se respektuje při výběru následných, ale především náhradních plodin, které mohou být rezidui herbicidů poškozovány. (Vopravil a kol.)

Faktory ovlivňující perzistenci herbicidů jsou:

- půdní vlastnosti - Z půdních vlastností perzistenci výrazně ovlivňuje **mikrobiální aktivita**, která je ovlivňována půdní teplotou a vlhkostí, obsahem organické hmoty, zásobeností živinami, obsahem kyslíku a pH půdy. Mikrobiální aktivita se snižuje v suché, chladné půdě chudé na živiny a při nedostatku kyslíku. Dále je ovlivněna **zrnitostním složením** a obsahem organických látek. Vysoký obsah jílových částic a organické hmoty způsobuje delší perzistenci herbicidů, opačný efekt mají písčité půdy s nižším podílem organických látek. Významné je také **pH** půdy, kdy nejvyšší mikrobiální aktivita je při neutrálním pH, naopak na extrémně kyselých či zásaditých je aktivita výrazně snížena.
- klimatické a povětrnostní podmínky – Perzistence klesá s rostoucí **teplotou** a **vlhkostí** půdy a naopak.
- vlastnosti herbicidů – Perzistenci herbicidů v půdě ovlivňuje jejich **rozpuštěnost** ve vodě. Látky, které dobře rozpustné ve vodě, jsou snadněji přístupné pro degradaci. Také mají vyšší **těkavost** a mohou se z půdy odpařovat. (Jursík, 2011)

3.1.1.5 Kontaminace herbicidy

Životní prostředí je negativně ovlivněno špatným používáním herbicidů. V minulosti docházelo k ohrožení životního prostředí při nesprávné likvidaci herbicidních zbytků a používání nesprávné technologie při jejich aplikaci. Pokud by se stalo, že herbicidy zůstanou v rostlinách delší dobu, hrozí jejich kontaminace do krmení zvířat nebo potravin pro lidi. Delší dobu v půdě zůstávají perzistentní herbicidy a mohlo by dojít k vyplavování do spodních vod nebo ohrožení organismů žijících v půdě (půdního edafonu). Herbicidy mohou být v půdě silně absorbovány a uchovat se v podzemí.

Přímá aplikace herbicidů do půdy často vede ke kontaminaci podzemních vod jejich vyluhováním. Podzemní voda je zdroj pitné vody, zdroj pro zemědělství a průmysl.

V současné době herbicidy využívají převážně v zemědělství, ale také jsou jimi půdy opakovaně znečišťovány. Následně mohou ovlivnit půdní biologickou aktivitu a tím mikrobiální a enzymatické transformace. Jsou také toxické i pro některé důležité půdní bakterie.

Jelikož je půda významnou složkou životního prostředí, je nutné ji chránit, a to nejen citlivým používáním herbicidních směsí. (Chan and Chu, 2005; Hiller a kol., 2010; Mikulka a Kneifelová, 2004)

Vedlejší účinky použití herbicidů:

- znehodnocení vody,
- vliv na půdní organismy,
- jedovaté pro člověka a živočichy,
- narušení genetického materiálu u lidí a živočichů.

3.2 Fytotoxicita

Neboli míra toxicity herbicidu (nebo jeho složek) pro rostlinu. Po zasažení těmito látkami dochází k poškození růstu, výnosu, kvality a vzhledu pěstovaných rostlin. Jedná se o skupinu látek, které pocházejí z různých zdrojů, jak přírodních, tak vyrobené lidskou činností. (Veverka a kol, 2010)

Může docházet k fytotoxicitě:

- akutní – jednorázové poškození zasažené rostliny,
- chronické – opakované užití herbicidní látky v době kratší než dojde k jejímu rozkladu po předchozí aplikaci.

Typy fytotoxicity:

- základní – závisí na citlivosti rostliny na konkrétní přípravek
- z předávkování – při použití vyšší koncentrace než je pro danou rostlinu snesitelné
- kumulativní – při opakované aplikaci

- kombinovaná – přípravek, nebo některá z jeho složek, mohou být fytotoxické při mísení s jinými hnojivy či jinými přípravky
- z umístění – použití správné dávky, ale na nesprávném místě (přípravek užit na rostlinu, pro kterou není určen),
- náhodná – přípravek je použit správně, ale vlivem působení jiných faktorů např. počasí a stres.

3.2.1 Příznaky poškození rostlin herbicidy

Jedná se o fyziologické poškození rostlin, které bylo způsobeno přípravky na ochranu rostlin, včetně regulátorů růstu aj. Nevhodná aplikace herbicidních přípravků se mezi rostlinami projevuje velkými rozdíly. Záleží na druhu rostliny, protože některé druhy jsou citlivější než jiné.

Toxicita se projevuje navenek nebo uvnitř:

- popálení listů,
- chloróza,
- nekróza,
- vadnutí,
- deformace aj.

(Kůdela, 2013)

Hlavní příčiny poškození rostlin herbicidy dle Veverky a kol (2010):

▪ Chyby při aplikaci

Jedná se o aplikaci nevhodného přípravku, není dodrženo dávkování, či špatný termín aplikace herbicidu. Dále jde o chyby technického charakteru, jako je nerovnoměrné aplikování a úlety.

▪ Vliv vnějších podmínek

Rostliny jsou citlivější, jestliže jsou poškozeny vnějšími podmínkami, např.: mrazem, kroupy. Fytotoxicita látek je závislá na teplotě, vlhkosti a také na síle kutikuly na listech. Dalšími vnějšími podmínkami jsou nadměrné srážky unášející látky do půdy a jejich nahromadění na utlačené půdě.

▪ Úlety

Větrem se odnáší postřikové kapky mimo ošetřovaný pozemek.

(Veverka a kol, 2010)

3.3 Zelenina

Zelenina je nezbytnou součástí racionální výživy člověka. Je významná svou nutriční hodnotou a zdravotními účinky. V České republice se zelenina pro trh pěstuje na ploše 9 274 Ha (údaj z roku 2013). Od roku 2003 došlo ke snížení plochy pro pěstování zeleniny o více než 30 %. (Petříková a kol, 2006)

3.3.1 Rozdělení zeleniny

- Košťálová zelenina
- Kořenová zelenina
- Plodová zelenina
- Cibulová zelenina
- Lusková zelenina
- Listová a stonková zelenina

3.3.1.1 Košťálová zelenina

Košťálová zelenina patří do velmi početné čeledi *Brassicaceae* (brukovitých) rodu *Brassica* (brukev). Většina košťálovin jsou rostliny dvouleté a patří mezi chladnomilné. Jsou velmi náročné na předplodinu, přípravu půdy, závlahové poměry a výživu. Řadíme ji do I. trati. Je nejpěstovanější skupinou zeleniny a spotřebitelem konzumována po celý rok. Pěstuje se ve všech zelinářských oblastech našeho státu, ale nejlépe se jí daří v okolí vodních toků, kde na její růst a vývoj příznivě působí i ranní opary a mlhy. (Petříková a kol, 2006)

3.3.1.2 *Brassica oleracea* convar. *acephala* var. *gongylodes* – Kedduben

Pochází ze Středomoří. Nejvíce rozšířená je v západní a střední Evropě. Vytvořila se z brukve zelné zkrácením stonku, spojený s výrazným ztloustnutím vegetačního vrcholu. Vznikla osní hlíza. Osní hlízy vznikají dělením dřevných buněk ve vnějším dělivém kruhu pod pokožkou a uvnitř hlízy. Hlíza je vodnatá, snadno stravitelná, výrazné chuti. Tvar hlízy je kulovitý až ploše kulovitý. (Petříková a kol, 2006)



Obrázek č. 3 - *Brassica oleracea conv. acephala var. gongylodes*

Zdroj: <http://www.semena-rostliny.cz/blog/148-kedluben-lahodna-kostalova-zelenina>

- Vhodné půdní podmínky

Nejvhodnější jsou hlinité, hlinitopísčité půdy s dostatkem humusu a zásobou přijatelných živin. Úspěšně se pěstuje na půdách s vyšším obsahem humusu. Díky slabému kořenovému systému je nejlepší pravidelná doplňková závlaha. Kolísání závlahy způsobuje praskání bulev. Doporučené pH je 6 – 7,6. (Petříková a kol, 2006)

- Ošetřování kedluben

Pro regulaci plevelů je důležité zpracování půdy před výsadbou. Důležitá je orba na velkém pozemku a hlubší okopávka na pozemku malém. Zničí se velká škála plevelů a jejich části.

- Mechanická kultivace

Plečkování – jedná se o mechanické odstranění nežádoucích rostlin

- Chemické ošetření

Použití herbicidů – chemické odstranění plevelů

- Podle doby použití – preemergentně (po zasetí, ale před vzejitím kultury, postemergentně (na list, po vzejití plevelných rostlin)
- Podle způsobu účinku – systémové (přijímání kořeny a listy), dotykové (po zasažení nadzemní části)

4 Metodika

Do porostu kedluben pěstovaných v zavlažovaných a nezavlažovaných polních podmínkách byly aplikovány herbicidy:

- Butisan 400 SC s účinnou látkou metazachlor a
- Stomp 400 SC s účinnou látkou pendimethalin.

Herbicidy byly aplikovány:

- samostatně
- ve formě jejich směsí
- ve směsi s adjuvancem (Grounded).

Celkové schéma pokusu je uvedeno v tabulce č. 1, kde je uveden jednotlivý popis variant, popis zda byla daná varianta plečkováná či nikoli, název aplikovaného herbicidu, zda byl použit adjuvant, jaká je účinná látka použitých herbicidních látek a jestli byla varianta zavlažovaná nebo nezavlažovaná.

Tabulka č 1. – Schéma založeného pokusu

Varianta	Popis	úč. látka	závlaha
0	plečkováná kontrola	není	ne
0	neošetřená (zaplevelená) kontrola	není	ne
M-0-0	Butisan 400 SC (2,00 l/ha)	metazachlor	ne
P-0-0	Stomp 400 SC (3,00 l/ha)	pendimethalin	ne
MP-0-0	Butisan 400 SC (2,00 l/ha) + Stomp 400 SC (3, 00 l/ha)	metazachlor + pendimethalin	ne
M-A-0	Butisan 400 SC (2,00 l/ha) + Grounded (0,40 l/ha)	metazachlor	ne
P-A-0	Stomp 400 SC (3,00 l/ha) + Grounded (0,40 l/ha)	pendimethalin	ne
MP-A-0	Butisan 400 SC (2,00 l/ha) + Stomp 400 SC (3, 00 l/ha) + Grounded (0,40 l/ha)	metazachlor + pendimethalin	ne
0	plečkováná kontrola	není	ano
0	neošetřená (zaplevelená) kontrola	není	ano
M-0-Z	Butisan 400 SC (2,00 l/ha)	metazachlor	ano
P-0-Z	Stomp 400 SC (3,00 l/ha)	pendimethalin	ano
MP-0-Z	Butisan 400 SC (2,00 l/ha) + Stomp 400 SC (3, 00 l/ha)	metazachlor + pendimethalin	ano
M-A-Z	Butisan 400 SC (2,00 l/ha) + Grounded (0,40 l/ha)	metazachlor	ano
P-A-Z	Stomp 400 SC (3,00 l/ha) + Grounded (0,40 l/ha)	pendimethalin	ano
MP-A-Z	Butisan 400 SC (2,00 l/ha) + Stomp 400 SC (3, 00 l/ha) + Grounded (0,40 l/ha)	metazachlor + pendimethalin	ano

Označení jednotlivých variant je složeno z:

Na prvním místě písmeno účinné látky, po té zda byl ve variantě použit adjuvant a na posledním místě zda byla varianta zavlažovaná či nikoli.

Toto označení je použito pro lepší orientaci v diplomové práci.

▪ Termíny založení – průběh pokusu

Pokus byl založen 16. 4. 2015, kdy došlo k výsadbě kedluben odrůdy Lech.

Aplikace herbicidů proběhla 21. 4. 2015 speciálním postřikovačem – Schachtner, typy trysek 015F110, aplikační tlak 0,25 MPa, množství vody 300 l / ha. Ihned po aplikaci byly půdními válečky odebrány první vzorky půdy z vrstvy 0-5 cm, které byly použity pro stanovení počátečních koncentrací aplikovaných herbicidů.

V průběhu pokusu byly odebírány půdní vzorky půdním válečkem (objem 100 cm³) ze dvou půdních vrstev (0-5 cm a 5-10 cm), pro zjištění objemové hmotnosti a pro stanovení koncentrace herbicidů. Tato data byla použita pro stanovení metazachloru a pendimethalinu v půdních vrstvách jednotlivých variant.

V rámci této práce byl rovněž vyhodnocen vliv aplikovaných herbicidů na kvalitu porostu kedluben a na zaplevelení pozemku.

K prvnímu odběru půdy došlo 24. 4. 2015, tedy 3. den po aplikaci herbicidů u všech založených variant, následně byly uchovány v mrazáku pro další zpracování.

Ke druhému odebrání došlo 2. 5. 2015. K odběru došlo 13 den po aplikaci a byl proveden stejným způsobem jako u prvního odběru.

K poslednímu třetímu odběru došlo 27. 5. 2015, tedy 36. den po aplikaci herbicidů.



Obrázek č. 4 – Stav porostu v průběhu pokusu – 1. 6. 2015

Zdroj: Vlastní

▪ Termíny závlah pokusu

První závlhka byla konví při výsadbě kedluben. Ke druhé došlo 22. 4. 2015, na celkové pokusné ploše zavlažovacím zařízením.

Ve stejný den byla aplikována závlhka na zavlažované varianty zavlažovacím rámem na 20 mm.

Ve dne 30. 4. 2015 byly zavlažovací varianty zalité na 30 mm zavlažovacím rámem. K poslednímu závlhce došlo 4. 6. 2015, kde se zavlažoval celý pokus na 10 mm.

▪ Další postup

Půdní vzorky byly vysušeny v lyofilizátoru. Hmotnosti vysušené zeminy byly použity pro stanovení objemové hmotnosti půdy a vysušené vzorky byly použity pro stanovení koncentrace pesticidů. Po zvážení došlo k rozdrcení půdy, odvážení 10 g vzorku

do centrifugačních kyvet. Poté bylo přidáno 10 ml metanolu a vzorky byly extrahovány po dobu 20 hodin.

Centrifugací byl vzorek oddělen na pevnou a kapalnou část. Kapalina byla přefiltrována do malých vialek.

K filtraci byly použity skleněné stříkačkové filtry typu Cronus GF 0.7 μ m a uchovány v mrazáku pro pozdější analýzu.

- Stanovení koncentrace herbicidů bylo provedeno metodou HPLC-UV.

Pro stanovení samostatně aplikovaného metazachloru a pendimethalinu byla použita **izokratická eluce**.

Složení mobilní fáze pro stanovení metazachloru bylo:

A (acetonitril + 1 ml kyseliny mravenčí l⁻¹) 60% a

B (voda + 1 ml kyseliny mravenčí l⁻¹) 40 %.

Složení mobilní fáze pro stanovení pendimethalinu bylo:

A (acetonitril + 1 ml kys, mravenčí l⁻¹) 45% a

B (voda + 1 ml kys, mravenčí l⁻¹) 55%.

K detekci metazachloru došlo při 225 nm a pendimethalinu při 240 nm. Retenční čas Pendimethalinu byl 6,06 minut, celková analýza trvala 10 min. Metazachlor měl retenční čas 2,17 min a doba analýzy byla 6,5 min.

Pro stanovení směsi pendimethalinu s metazachlorem byla použita **gradientová eluce**.

Složení mobilní fáze pro stanovení bylo:

A (acetonitril + 1 ml kys, mravenčí l⁻¹) a

B (voda + 1 ml kys, mravenčí l⁻¹).

Celková doba analýzy trvala 12 minut a retenční čas metazachloru byl 2,16 minut a pendimethalinu 8,5 minut. Schéma gradientové eluce je k nahlédnutí v tabulce č. 2.

Tabulka č. 2 – Schéma gradientové eluce

Čas	%B
0	40
2,5	40
4	60
8,5	60
8,6	40
12	40

▪ Poločas rozpadu

Pro zjištění poločasu rozpadu je třeba znát hodnoty **rychlostních konstant**, které vypočítáme pomocí následující rovnice:

$$k = -\frac{\ln \frac{C}{C_0}}{t} \quad (1)$$

k..... rychlostní konstanta

ln..... logaritmus

C.....průměrná hodnota koncentrace

C₀.....počáteční koncentrace

t..... čas (dny)

Pro výpočet **poločasu rozpadu** byla použita rovnice:

$$DT_{50} = \frac{\ln 2}{k} \quad (2)$$

DT₅₀..poločas rozpadu

Ln..... logaritmus

k..... rychlostní konstanta

5 Výsledky

Kapitola uvádí koncentrační hodnoty a veškeré výsledky, které byly zjištěny v rámci této práce

5.1 Objemová hmotnost

Hodnoty zjištěných objemových hmotností jsou uvedeny v tabulce v příloze č. 1 a 2. Dle očekávání byla objemová hmotnost vrstvy 5-10 cm vyšší než vrstvy 0-5 cm.

Tabulky jsou děleny na varianty bez závlahy a se závlahou.

5.2 Koncentrace herbicidů

Koncentrace účinných látek, které byly stanoveny pro 2 vrstvy půdy, jsou uvedeny v přílohách 3 a 4. Aplikovaný herbicidy se liší v aplikované dávce. Butisanu s účinnou látkou metazachlor bylo použito méně než Stompu s účinnou látkou pendimethalin ve všech variantách. Koncentrace herbicidů byla nejvyšší ihned po aplikaci a postupem času se koncentrace snižovaly a hodnoty byly nižší.

V příloze č. 3, se hodnoty koncentrace u pendimethalinu mezi 3 a 36 dnem po aplikaci v hloubce 0-5 cm pohybuje v rozmezí 2,8 ppm – 0,7 ppm a metazachlor v rozmezí 2,7 ppm – 0,2 ppm. V hloubce 5-10 cm u pendimethalinu jsou hodnoty 0,1 ppm – 0,01 ppm. U metazachloru byly u všech variant v hloubce 5-10 cm koncentrace pod mezí detekce. Hodnoty jsou v tabulce jako 0,001 ppm, znamená to, že nedošlo k žádnému vyplavení do vrstvy 5-10 cm. Pendimethalin byl v nižší vrstvě detekován, ale hodnoty nebyly vyšší jak 0,1 ppm.

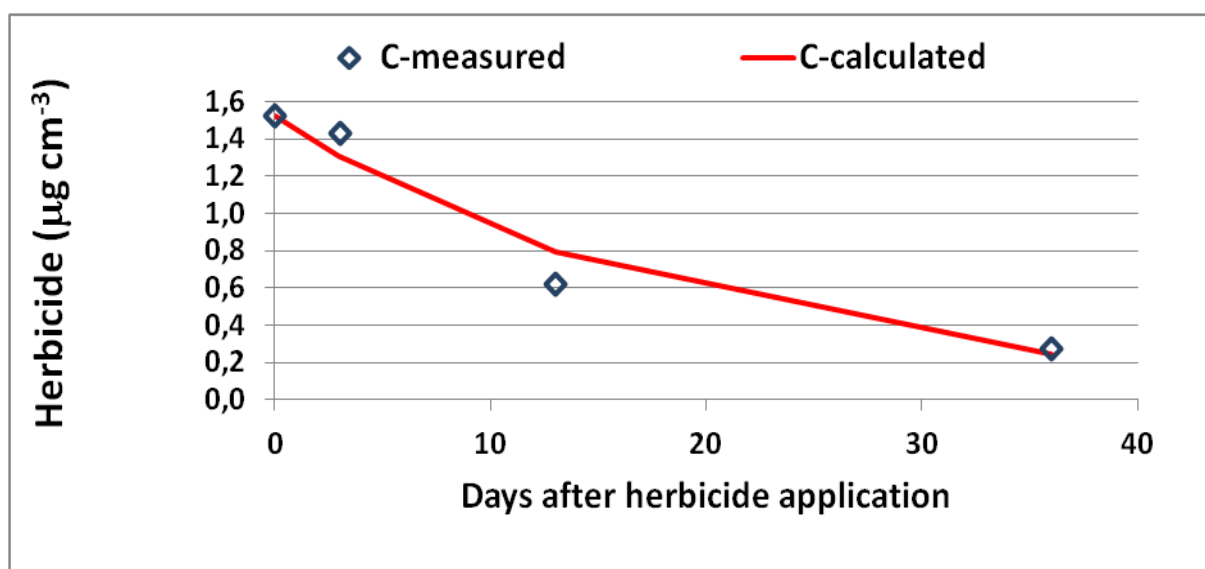
V příloze č. 4 se hodnoty v hloubce 0-5 cm u pendimethalinu pohybují mezi 2,6 ppm – 1,09 ppm a v 5-10 cm 0,2 ppm – 0,02 ppm. Metazachlor se v 5 cm pohybuje mezi 1,7 ppm – 0,2 ppm a v 10 cm v rozmezí 0,2 ppm – 0,01 ppm.

Hodnoty koncentrací postupně klesají, ale žádné výkyvy nebyly zaznamenány.

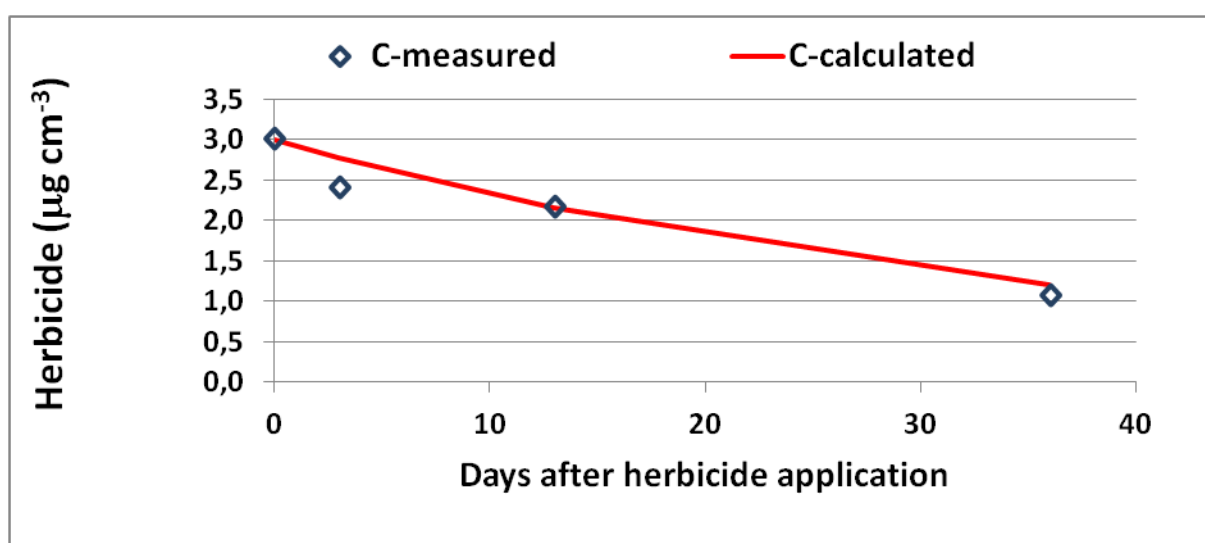
Metazachlor byl detekován ve vrstvě 5-10 cm, ale velmi málo a v nízkých hodnotách. Koncentrace nepřekročily hodnoty 0,1 ppm. Pendimethalin v 5-10 cm hloubky byl zaznamenán, ale nepřekročil hodnoty 0,2 ppm.

Hodnoty koncentrace jsou uvedeny v přílohách č. 3 a 4.

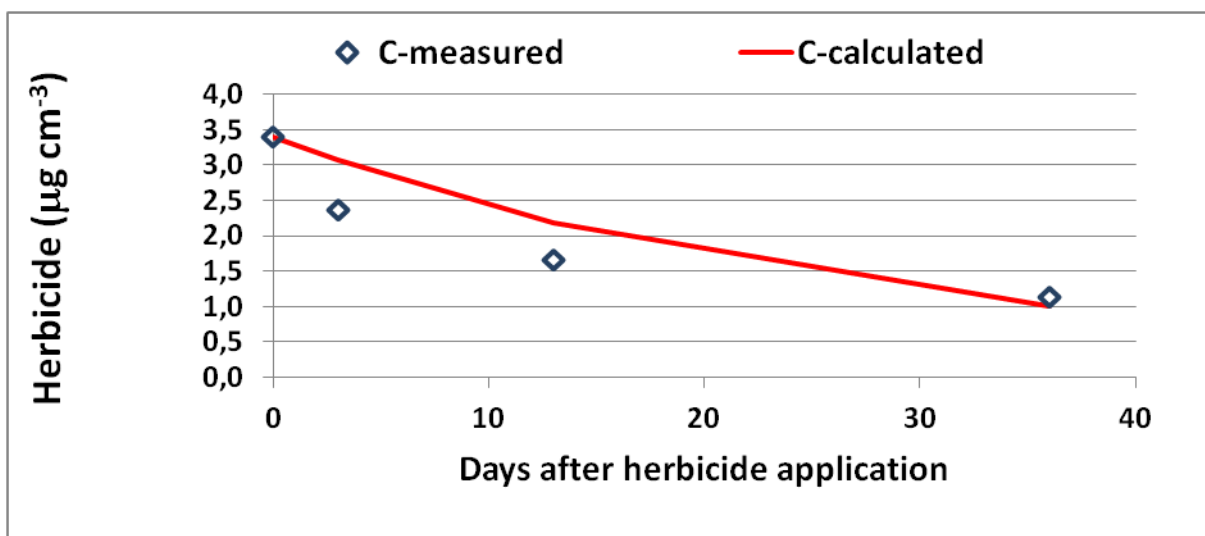
Průměrné koncentrace herbicidů v průběhu pokusu v jednotlivých variantách ve vrstvě 0-5 cm jsou zobrazeny na obrázcích č. 5 - 20. Hodnoty byly použity z vrstvy 0-5 cm, protože zde byla nejvyšší koncentrace.



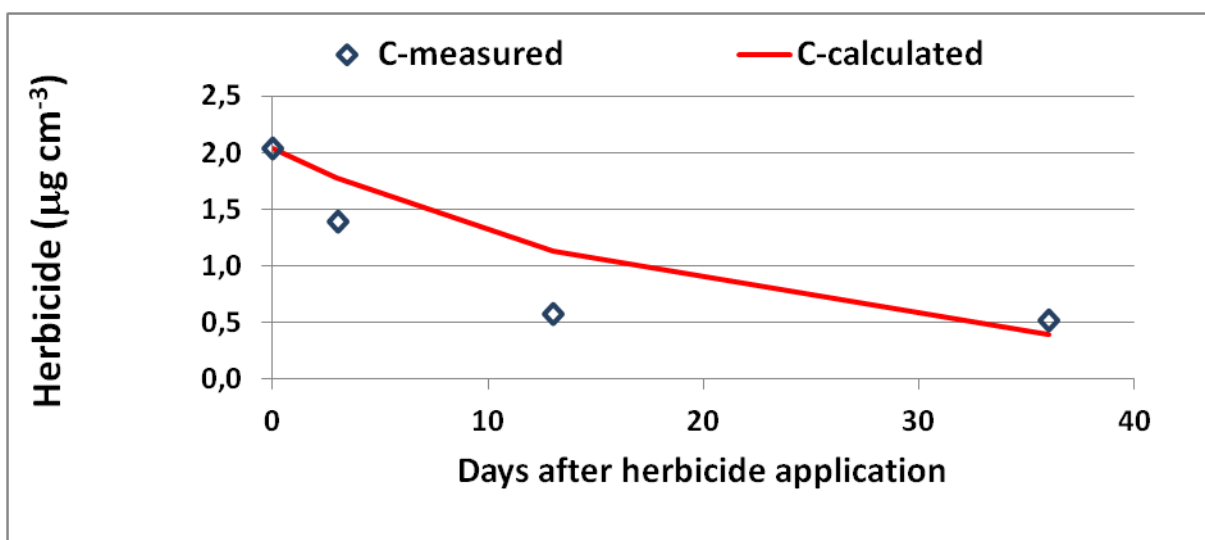
Obrázek č. 5 – výsledky varianty M-0-0



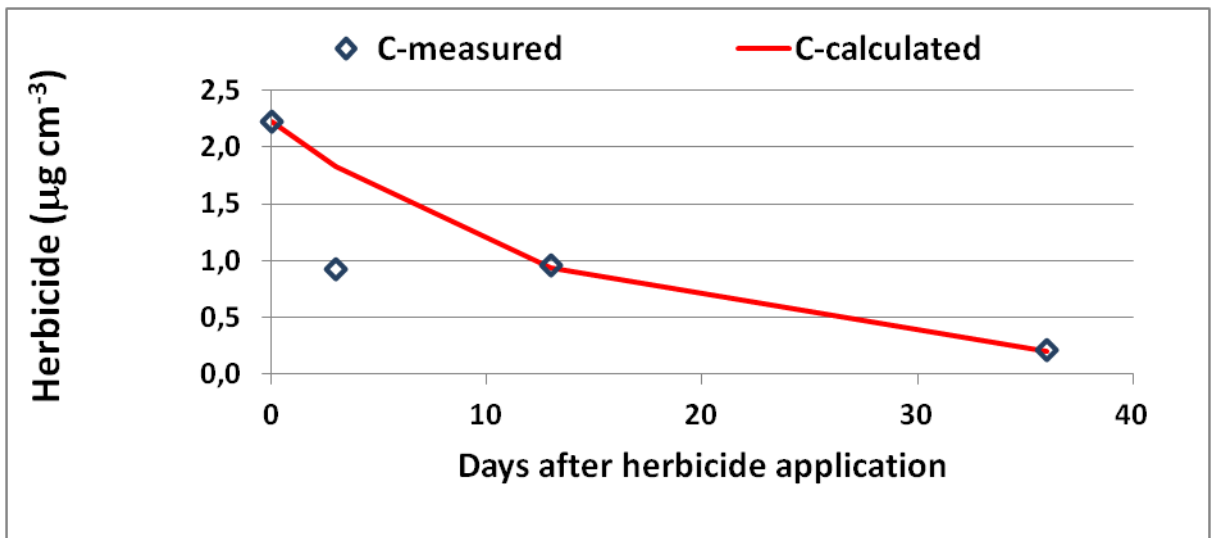
Obrázek č. 6 – výsledky varianty P-0-0



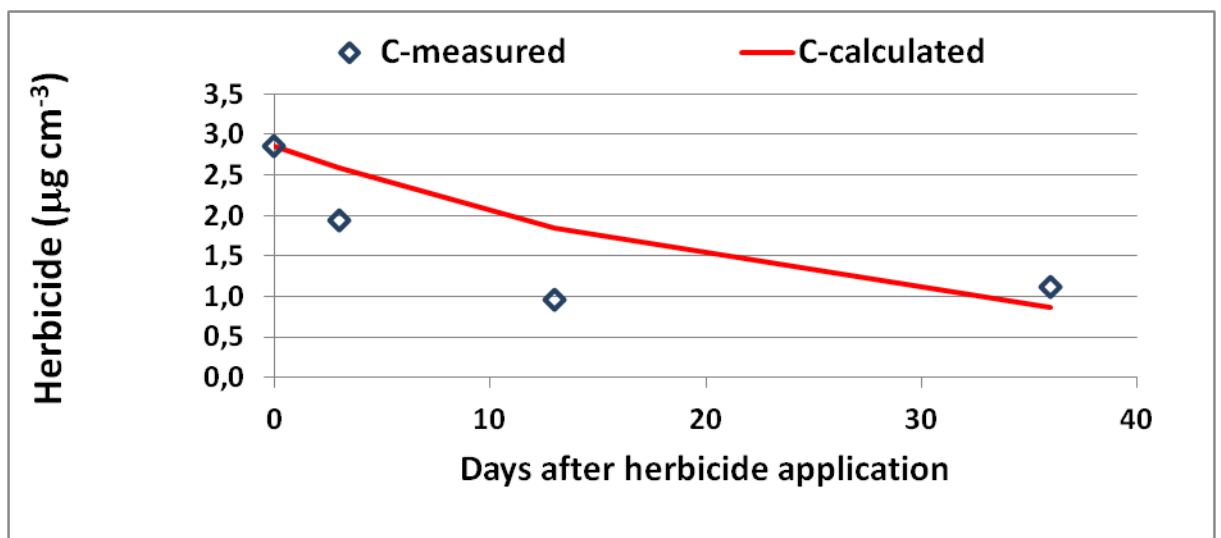
Obrázek č. 7 – výsledky varianty PM-0-0



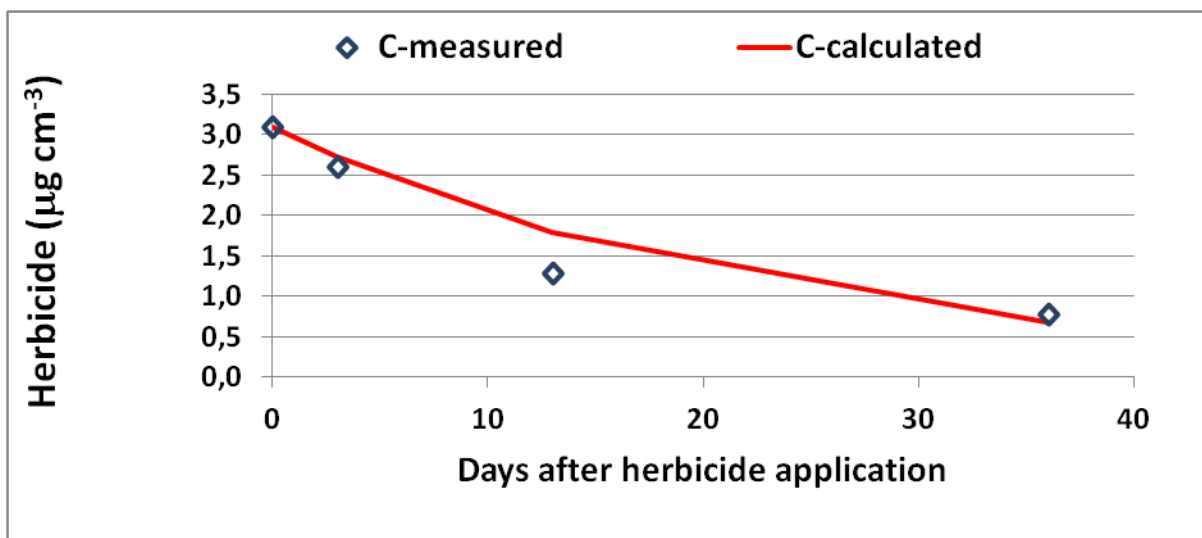
Obrázek č. 8 – výsledky varianty MP-0-0



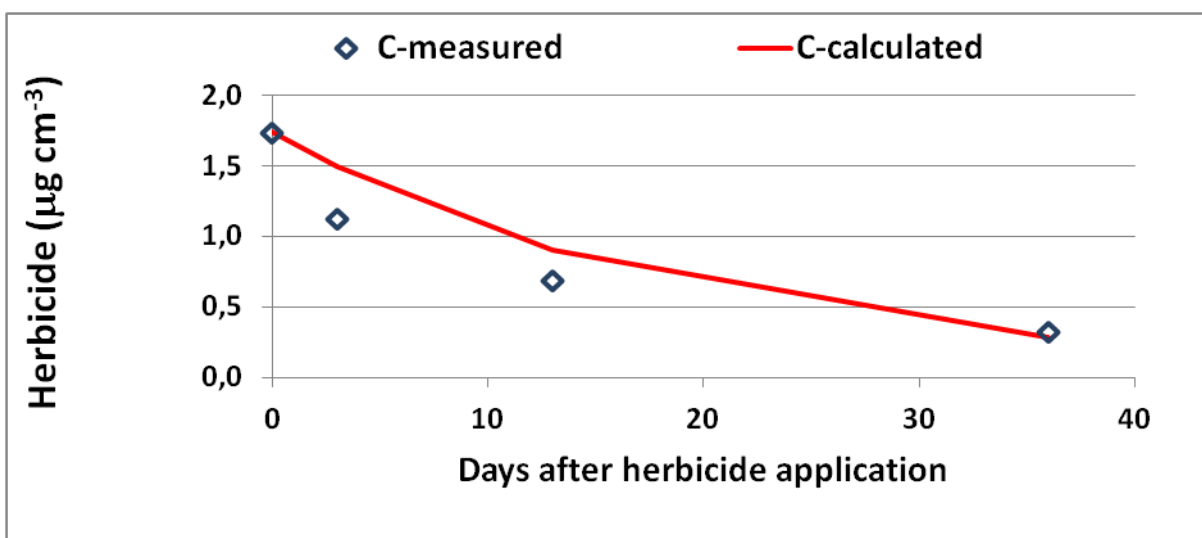
Obrázek č. 9 – výsledky varianty M-A-0



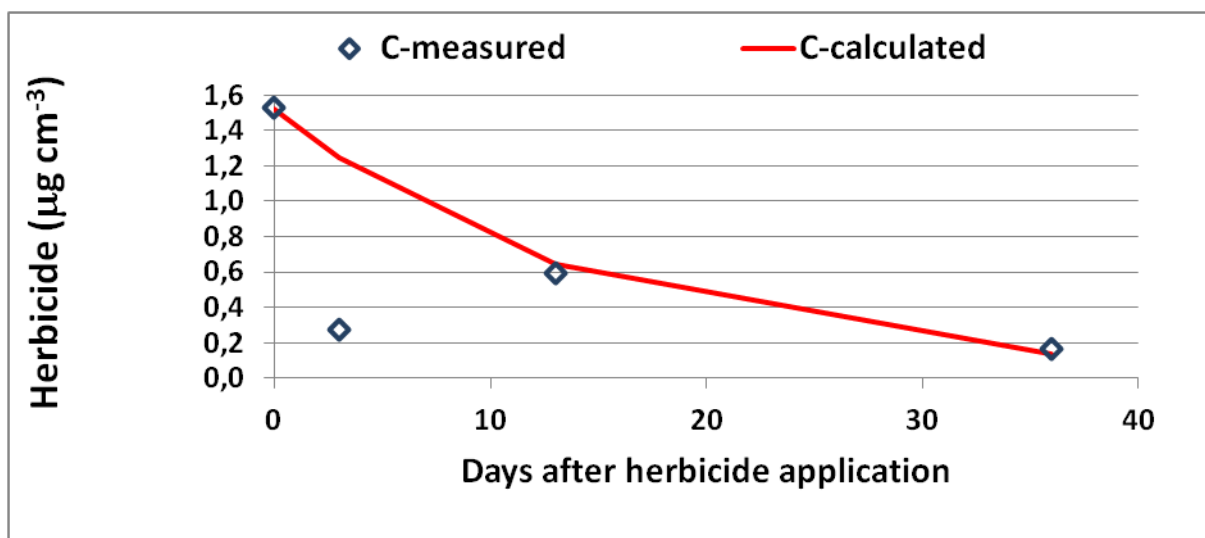
Obrázek č. 10 – výsledky varianty P-A-0



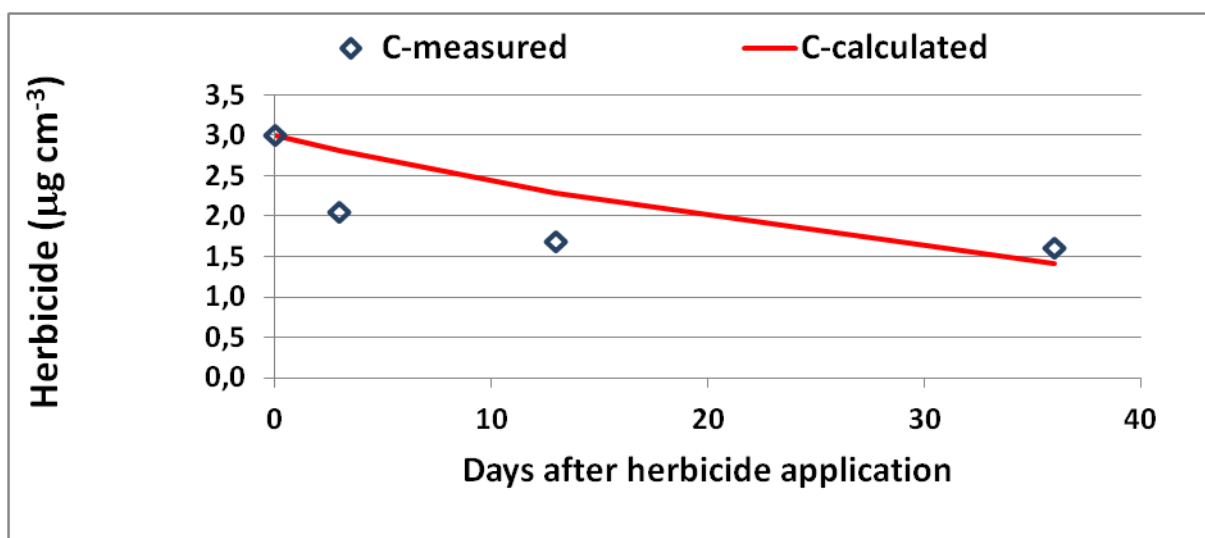
Obrázek č. 11 – výsledky varianty PM-A-0



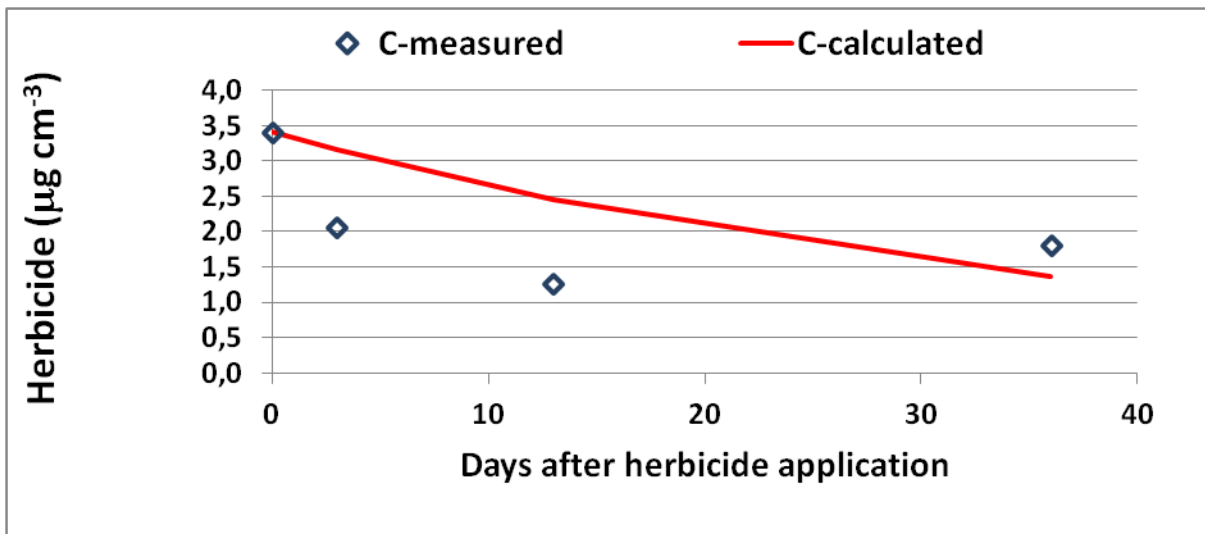
Obrázek č. 12 – výsledky varianty MP-A-0



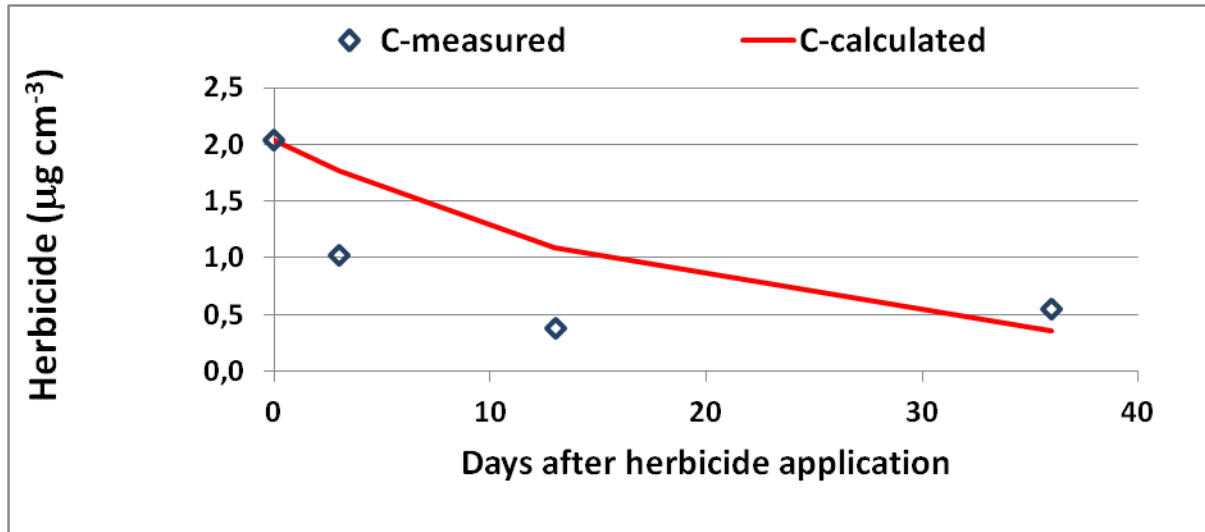
Obrázek č. 13 – výsledky varianty M-0-Z



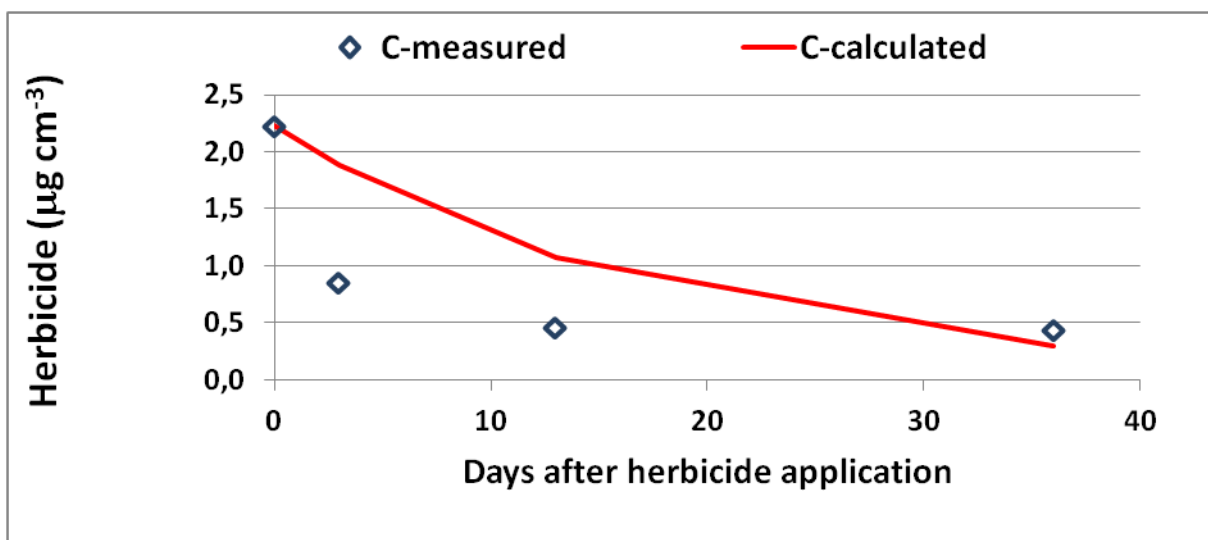
Obrázek č. 14 – výsledky varianty P-0-Z



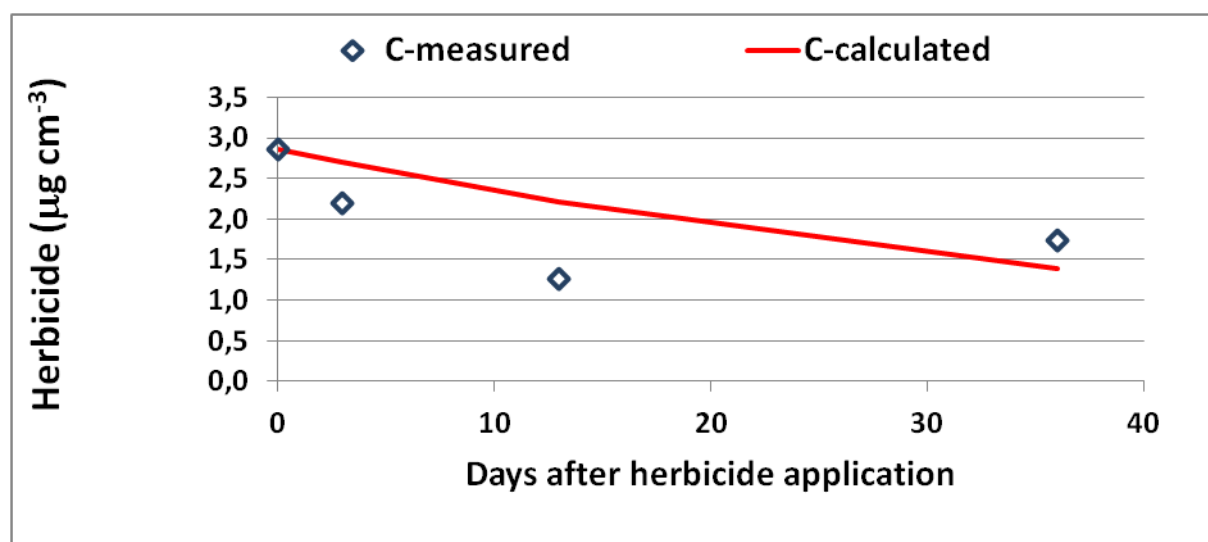
Obrázek č. 15 – výsledky varianty PM-0-Z



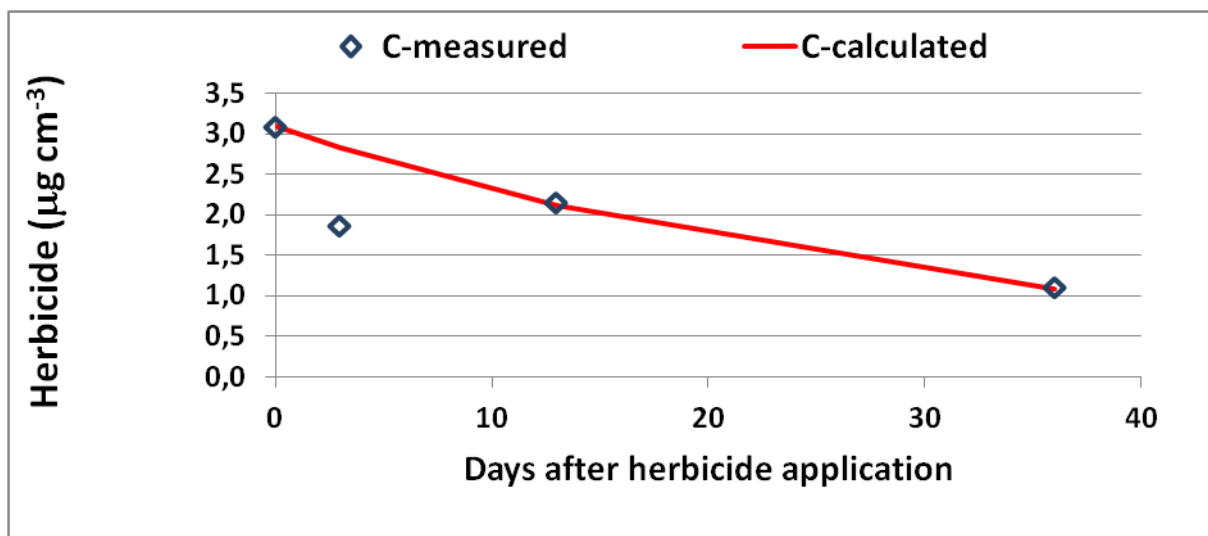
Obrázek č. 16 – výsledky varianty MP-0-Z



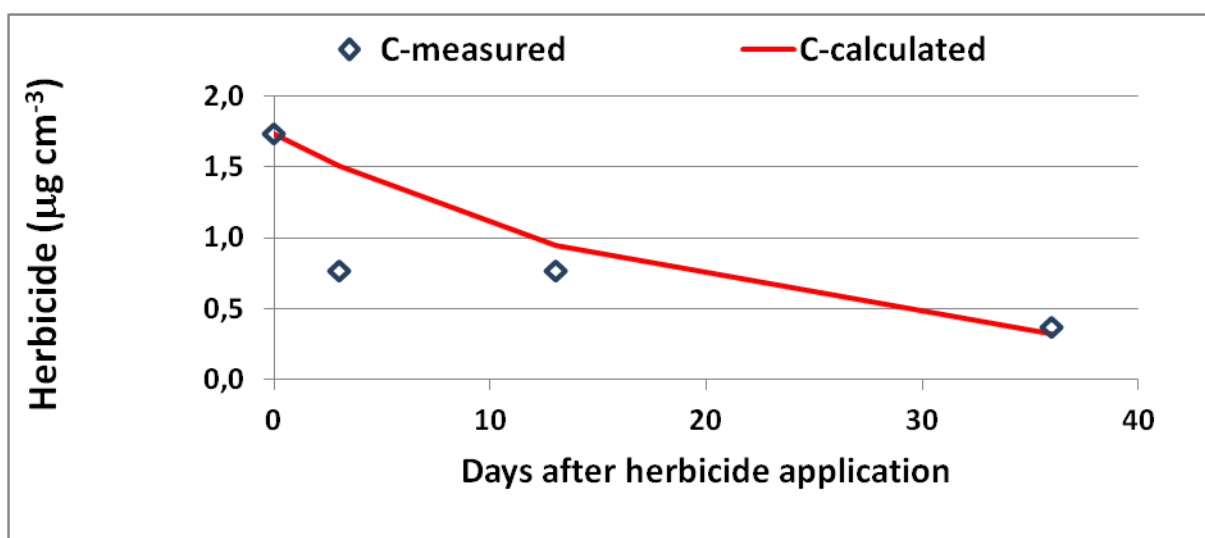
Obrázek č. 17 – výsledky varianty M-A-Z



Obrázek č. 18 – výsledky varianty P-A-Z



Obrázek č. 19 – výsledky varianty PM-A-Z



Obrázek č. 20 – výsledky varianty MP-A-Z

5.3 Rychlostní konstanta a Poločas rozpadu

Výsledné hodnoty pro rychlostní konstantu jsou uvedené v tabulce č. 3 a v tabulce č. 4 pro. Výsledky jsou použity ve vzorci pro výpočet poločasu rozpadu.

Tabulka č. 3 – výsledky rychlostních konstant

Varianta	Rychlostní konstanta
M-0-0	0,05
P-0-0	0,025
PM-0-0	0,034
MP-0-0	0,046
M-A-0	0,066
P-A-0	0,033
PM-A-0	0,042
MP-A-0	0,05

Tabulka č. 4 – výsledky rychlostních konstant

Varianta	Rychlostní konstanta
M-0-Z	0,066
P-0-Z	0,021
PM-0-Z	0,025
MP-0-Z	0,048
M-A-Z	0,056
P-A-Z	0,02
PM-A-Z	0,029
MP-A-Z	0,047

Nejnižší hodnoty rychlostní konstanty byly zjištěny ve variantách, kde byl aplikovaný pendimethalin, naopak vyšší hodnoty rychlostních konstant byly zjištěny pro metazachlor.

Výsledné hodnoty poločasu rozpadu jsou zaznamenány v tabulkách č. 5 a 6.

Tabulka č. 5 – výsledky poločasu rozpadu variant

Varianta	Poločas rozpadu
M-0-0	13,734
P-0-0	27,279
PM-0-0	20,391
MP-0-0	15,201
M-A-0	10,427
P-A-0	20,745
PM-A-0	16,511
MP-A-0	13,732

V případě výše uvedené tabulky, nejkratší poločas rozpadu vykazuje metazachlor, hodnota je pouhých 10 dní ve variantě M-A-0. Naopak nejdelší dobu poločasu rozpadu byla zjištěna u pendimethalinu ve variantě P-0-0 a trvala 27 dní.

Tabulka č. 6 – výsledky poločasu rozpadu

Varianta	Poločas rozpadu
M-0-Z	10,433
P-0-Z	33,015
PM-0-Z	27,351
MP-0-Z	14,318
M-A-Z	12,395
P-A-Z	34,786
PM-A-Z	23,653
MP-A-Z	14,821

V tabulce č. 6 byl nejdelší poločas rozpadu zjištěn u pendimethalinu ve variantě P-A-Z, kde se jedná o necelých 35 dní. Naopak nejkratší poločas rozpadu vykazuje metazachlor ve variantě M-0-Z, kde doba trvání byla pouhých 10 dní.

5.4 Vyplavení (mobilita)

Ve vrstvě 0-5 cm byla koncentrace aplikovaných herbicidů vyšší než v hloubce 5-10 cm. Zda se herbicidy vyplavily do nižší vrstvy půdy, bylo zjištěno pomocí hodnot koncentrací v hloubce 5-10 cm, které jsou uvedeny v příloze č. 3 a 4.

Metazachlor byl detekován pouze ve vrstvě 0-5 cm. Ve vrstvě 5-10 cm byl detekován, ale ve velmi nízkých, spíše zanedbatelných koncentracích a jen u některých variant.

Vzhledem k jeho vysoké rozpustnosti ve vodě je důvodem jeho absence ve vrstvě 5-10 cm pravděpodobně to, že po uvolnění metazachloru ze sorpčního komplexu došlo k jeho rychlé degradaci půdními mikroorganismy.

Pendimethalin se ve vrstvě 5-10 cm vyskytuje, ale jen v nízkých hodnotách. Koncentrace nepřekračují hodnoty 0,2 ppm.

Nejedná se o extrémně vysoké koncentrace, můžeme tedy říct, že k vyplavování účinných látek prakticky nedošlo.

5.5 Projev Fytotoxicity

Na základě vizuálního hodnocení, byl vyhodnocen stav porostu kedluben. Procenta uvedená v tabulce vyjadřují míru zasažení konkrétní varianty porostu kedluben. Viz níže v tabulkách č. 7, 8. Fytotoxicita se na kedlubnách projevila chlorózou, nekrózou listů a nedostatečným růstem rostlin.

Tabulka č. 7 - Projev fytotoxicity na plodině bez závlahy

Varianta	Fytotoxicita (%)
M-0-0	6,6
P-0-0	31,6
MP-0-0	26,6
M-A-0	6,7
P-A-0	30
MP-A-0	50

Tabulka č. 8 – Projev fytotoxicity na plodině se závlahou

Varianta	Fytotoxicita (%)
M-0-Z	18,3
P-0-Z	33,3
MP-0-Z	38,3
M-A-Z	13,3
P-A-Z	36,6
MP-A-Z	61,6

Metazachlor způsobuje nejmenší poškození rostlin, **pendimethalin** se projevuje mnohem více. Největší projev fytotoxicity byl při aplikaci směsi účinných látek.

Zjištěná fytotoxicita pendimethalinu, metazachloru a jejich mixu se snižovala v řadě: PM>P>M

5.6 Statistické vyhodnocení

Pro zjištění statistických hodnot byl použit program Statgraphics centurion verze XV. ANOVA byla použita pro posouzení vlivu závlah a adjutantů na poločasy rozpadů herbicidů a jejich vliv na fytotoxicitu rostlin.

Podkladové údaje pro statistické vyhodnocení jednotlivých měření jsou uvedeny v příloze č. 5 a 6.

5.6.1 Multifactor ANOVA – poločas rozpadu

Zjištěné hodnoty poločasu rozpadů jsou uvedeny na obrázku č. 21.

Na základě provedené analýzy byl určen statisticky významný vliv jednotlivých faktorů (zálivka, použití herbicidu samostatně či ve směsi) na poločas rozpadu.

Testují se též významné vazby mezi jednotlivými faktory. K identifikaci významných faktorů byl použit F-test, a jednotlivé výsledky byly hodnoceny na hladině významnosti 0,05.

Byly zjištěny statisticky významné rozdíly v poločasech rozpadů pendimethalinu, metazachloru a pesticidů aplikovaných ve formě směsi.

Testováním byly zjištěny tyto **statisticky významné faktory**:

- Použití herbicidních látek ve směsi,
- Použití herbicidních látek samostatně,
- Zálivka

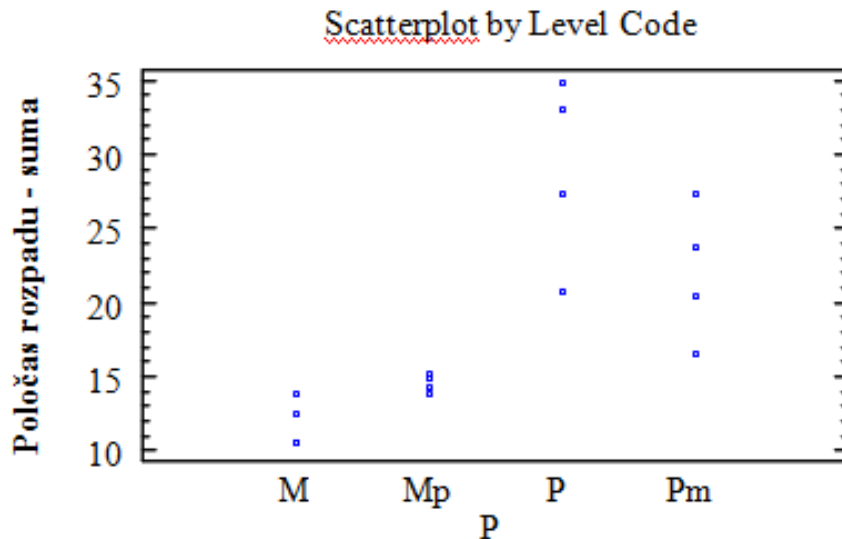
Mezi **statisticky nevýznamné** řadíme použití adjutantu.

▪ Použití herbicidních látek

Mezi metazachlorem a metazachlorem aplikovaným s pendimethalinem, nebyl statisticky významný rozdíl.

Statisticky významný rozdíl (p-value = 0,0001) se projevil mezi metazachlorem (samostatně i ve směsi) a pendimethalinem (samostatně i ve směsi). Významně se lišil poločas rozpadu mezi pendimethalinem aplikovaným ve směsi s metazachlorem a pendimethalinem aplikovaným samostatně. Zjištěné hodnoty poločasu rozpadů účinných látek jsou uvedeny na obrázku č. 20.

Poločas rozpadu herbicidů v jednotlivých variantách se zvyšoval v řadě: M=MP<PM<P



Obrázek č. 21 – Poločas rozpadu účinných látek v čase (dny)

▪ Vliv zálivky

Závlaha měla na poločas rozpadu významný vliv. Mezi variantami se zálivkou a bez zálivky je významný statistický rozdíl (p-value = 0,0353). Tam, kde byla použita závlaha, poločas rozpadu byl delší, než u varianty bez závlahy.

▪ Vliv použití adjuvantu

Mezi použitím herbicidů s adjuvantem a aplikovaných herbicidů (samostatně či v jejich směsi) nebyl statistický významný rozdíl (p-value = 0,3022).

5.6.2 Multifactor ANOVA – fytotoxicita

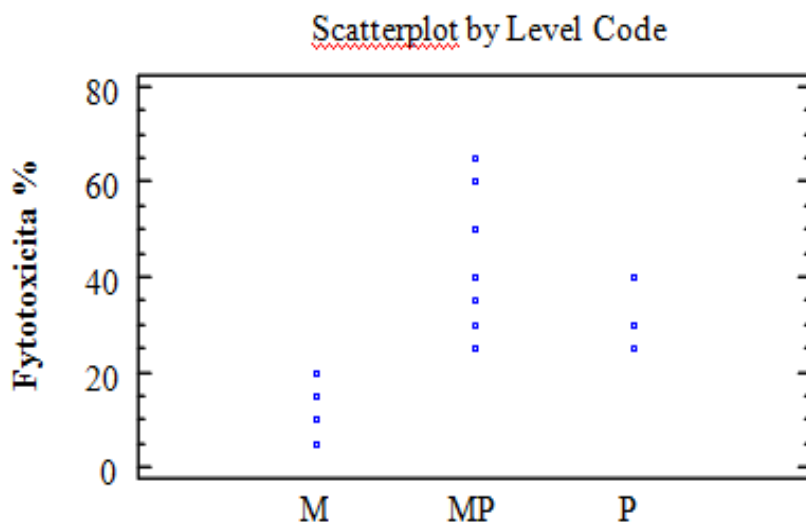
Tato metoda provádí více faktorovou analýzu fytotoxicity na základě faktorů:

- P = použití účinných látek
- A = použití adjuvantu
- Z = použití zálivky

Výše uvedeny faktory měly statisticky významný vliv na projev fytotoxicity. Hladina významnosti pro tento výpočet je 0,05. Statisticky významný rozdíl byl zjištěn v případech, kdy vypočtená hodnota byla pod hladinou významnosti.

▪ Použití herbicidních látek

Mezi aplikovanými účinnými látkami byly významné statistické rozdíly (p-value = 0,0000). Metazachlor aplikovaný samostatně byl nejméně agresivní, Naopak metazachlor aplikovaný ve směsi s pendimethalinem byl nejagresivnější. Zjištěné hodnoty fytotoxicity účinných látek na kedlubny jsou uvedeny na obrázku č. 22.



Obrázek č. 22 – Zjištěná fytotoxicita v procentech

- Vliv závlahy

Mezi variantami se závlahou a bez závlahy byl významný statistický rozdíl (p value = 0,0061). Varianty se zálivkou mají vyšší projev fytotoxicity, než ve variantách bez zálivky.

- Použití adjutantů

Mezi variantami s použitím adjutantů a bez nich je významný statistický rozdíl (p value = 0,0019). Při použití adjutantu byla vyšší fytotoxicita, než při aplikaci samostatných herbicidů.

Celkové shrnutí výsledků je uvedeno na obrázku č. 23.

Faktory	Zálivka		Adjutant		Směs		Herbicid		Poznámka
	ano	ne	ano	ne	ano	ne	Pendimetalin	Metazachlor	
Poločas rozpadu							cca 30	cca 10	
Fytotoxicita									
Výplavování do půdy							0,2	0,1	zanedbatelný rozdíl

Obrázek č. 23 – shrnutí výsledků pokusu

6 Diskuze

Vlastní pokus je zhodnocen z jinými studiemi, experimentálními pracemi, výzkumy, pokusy aj. Zaměření se týká hlavně poločasu rozpadů jednotlivých účinných látek, použití adjuvantů, vliv závlahy a projevu fyto toxicity na plodinách

Z výzkumu vlivu jednotlivých druhů herbicidů (konkrétně: metazachlor, trifluralin, metamitron a sulcotrione), kterým se zabýval p. Mamy a kol., vyplývá, že metazachlor získává formu, která nepodléhá degradaci. Zůstává dlouhodobě v půdě a následnou kumulací může způsobit silnou kontaminaci půdy. Zjištěnými měřeními svého pokusu jsem došla k opačnému výsledku. Konkrétně metazachlor měl nejrychlejší poločas rozpadu. Jeho vyšší koncentraci jsem zjistila pouze v hloubce 0-5 cm. V hloubce 5-10 cm byla jeho přítomnost v půdě zanedbatelná.

Tento rozpor mezi mým pokusem a výzkumem odborníků z National Institute for Agronomic Research ve Francii by se dal vysvětlit extrémními klimatickými podmínkami působících během prováděného pokusu. Výrazné působení slunečního záření – zejména ultrafialového záření - způsobuje fotolýzu, která zapřičiňuje eliminaci aplikovaných herbicidních látek (či směsí) z prostředí. Jelikož nedocházelo ani k žádným větším dešťovým srážkám, nemohlo, a to ani při zálivce pomocí zavlažovacího rámu, dojít k hlubšímu zapravení herbicidů do půdy. Dle mého názoru zůstala většina herbicidního přípravku více ve svrchní části půdy, přípravek sice zasáhl zelené rostliny a ovlivnil tak zaplevelení, ale působením slunečního záření se urychlil proces jeho rozpadu. Tomuto tvrzení napomáhá fakt, že dle obecně uváděných informací v odborné literatuře, může proces rozpadu metazachloru v půdě trvat 4 - 6 měsíců.

Výzkum Degradace metazachloru v porostu růžičkové kapusty, který provedl p. Rouchaud a kol., prokázal: koncentrace metazachloru byla detekována v půdní vrstvě 20 - 30 cm během 2 měsíců. V mém pokusu byl metazachlor detekován v hloubce 10 cm a to jen ve velmi nízkých, spíše zanedbatelných koncentracích. Může to být způsobeno letošním větším suchem, které bylo v průběhu pokusu.

Studie O osudu metazachloru v půdě na, které se věnoval p. Cai Xio-ming a kol., tvrdí, že metazachlor má relativně vysokou mobilitu a delší poločas rozpadu v půdě s vysokým obsahem jílu. Tento výsledek výzkumu má práce nevyvrací. V mém pokusu byl metazachlor aplikován na lehčí půdy, je tedy pravděpodobné, že vlastnost půdy měla vliv na rychlejší poločas rozpadu. V mém pokusu byl poločas rozpadu pouhých 10 dní, ale ve výzkumu p. Cai

Xio-minga byl poločas rozpadu 30 - 35 dnů. Srovnáním těchto pokusů souhlasím se závěrem studie, že obsah jílových částic má vliv na poločas rozpadu a mobilitu účinné látky.

Pan Young-Deuk tvrdí ve svém výzkumu, že pendimethalin aplikovaný samostatně v polních podmínkách měl poločas rozpadu 30 - 40 dnů. Zjištěními měřeními svého pokusu jsem došla ke stejnému závěru. Může to být způsobeno, že oba výzkumy měly stejné půdní, vláhové a teplotní podmínky.

Zajímavý výzkum provedli Kucharski a Sadowski (2011), který byl zaměřen na chování metazachloru aplikovaného samostatně a ve směsi s adjuvancem. Zjistily, že směs metazachloru s adjuvancem měla poločas rozpadu 8-16 dní, ale u metazachloru aplikovaného samostatně byl poločas rozpadu 26 dnů. V mém pokusu bylo zjištěno, že použití adjuvantů nemělo statisticky významný vliv na poločas rozpadu.

Všechny tyto informace vedou k důležitému závěru. Je nutné hledat optimální variantu herbicidních látek, a to tak, aby docházelo k co nejmenšímu vlivu na fytotoxicitu, k co nejmenšímu vlivu na kulturní plodinu a k co největšímu vlivu na nežádoucí rostliny v porostu kedluben.

7 Závěr

Herbicidy jsou látky, které negativně působí na plevely tím, že přerušují nebo omezují jejich růst. Použití těchto látek v České republice meziročně stoupá a tím se zvyšuje riziko ohrožení kvality půdy, vody, případně životního prostředí.

- Cílem této práce bylo zjištění chování herbicidů v půdě v porostu kedluben. Do porostu byly aplikovány různé varianty herbicidů – samostatně i ve směsích, s použitím adjuvantu i bez něj, se zajištěním závlivky i bez ní.
- Ve formulované hypotéze bylo předpokládáno, že chování herbicidů aplikovaných ve směsi bude odlišné než chování při aplikaci samostatných herbicidních látek.
- Chování použitých herbicidních směsí bylo skutečně odlišné, a to hned v několika ohledech. Aplikované herbicidy ve směsi měly větší účinek na plevely než použité herbicidy samostatně, byl u nich rovněž zjištěn delší poločas rozpadu, ale bohužel byla také vyšší fytotoxicita v kedlubnách.
- Významnou roli při chování herbicidů v půdě hrála přítomnost závlivky. Ve variantách se závlivkou došlo k lepšímu vpravení herbicidů do půdy, a tím se podpořil jeho účinek. Bez přítomnosti vody totiž dochází k rychlejšímu rozpadu herbicidních látek a současně se zkracuje doba jeho působení na zplevelující rostlinu.
- Bylo prokázáno, že herbicidní látky ze skupiny chloracetanilidů (konkrétně použitý metazachlor) měl kratší poločas rozpadu a zároveň působil méně toxicky na kedlubny. Jak při použití samostatně tak ve směsi. Naopak herbicidní látky ze skupiny dinitroanilinů (konkrétně pendimethalin) se chovaly agresivněji, v porostu kedluben se projevila vyšší fytotoxicita a jejich poločas rozpadu byl výrazně delší.

Nejdůležitějším závěrem této práce je, že je nutné volit vhodné varianty herbicidních látek, které budou vyvážené, budou účinné na plevely a zároveň budou co nejšetrnější ke kulturním plodinám, k půdě a životnímu prostředí celkově.

8 Použité zdroje

▪ Literatura

Cornejo, J., Jamet, P. 2000. Pesticides/soil interaction. Inra. Paris. 490 s. ISBN: 978-2-7380-0922-7

Jursík, M., Holec, J., Hamouz, P., Soukup, J. 2011. Plevelé – biologie a regulace. Kurent, s.r.o. České budějovice. 232 s. ISBN: 978-80-87111-2

Kůdela, V. Abiotikózy rostlin: poruchy, poškození a poranění. 1. vydání. Praha: Academia, 2013. ISBN 978-80-200-2262-2

Petříková, K., Jánský, J., Malý, I., Peza, Z., Poláčková, J., Rod, J. Zelenina: pěstování, ekonomika, prodej. Profi Press, s.r.o. Praha. 240 s. ISBN 80-86726-20-7.

Schnoor, J. 1992, Fate of Pesticides and chemicals in the enviroment. 464 s. ISBN: 978-0-471-50232-6

Vopravil, J., Khel, T., Vrabcová, T., Novák, P., Novotný, I., Hladík, J., Vašků, Z., Jacko, K., Rožnovský, J., Janeček, M., Vácha, R., Pivcová, J., Kvítel, T., Noák, P., Fučík, P., Čermák, P., Janků, J., Papaj, V., Pírková, I., Banýrová, J. 2010. Půda a její hodnocení v ČR. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. Praha. 147 s. ISBN: 978-80-87361-05-4.

▪ Odborné články

Chan, K.H., Chu W. 2005. Effect of humic acid on the photolysis of the pesticide atrazine in a surfactant-aided soil-washing system in acidic condition. Water Research. 39. 2154–2166.

Hiller, E., Čerňanský, S., Zemanová, L. 2010. Sorption, Degradation and Leaching of the Phenoxyacid Herbicide MCPA in Two Agricultural Soils. Polish Journal of Environmental Studies. 19 (2). 315-321.

Janků, J., Jursík, M., Soukup, J. 2012. Adjuvanty. Agromanuál. 7. 53-54.

Jursík, M., Kočárek, M., Soukup, J., Holec, J., Hamouz, P. 2011. Důležité aspekty herbicidní ochrany. Listy Cukrovarnické a Řeařské. 127 (7-8). 223-230.

Koubová, D. 2006. Funkce půdy ve vztahu k fytotoxicitě herbicidů. Agrochémia. 9 (3). 10-13.

Krogh, K.A., Halling-Sørensen, B., Mogensen, B.B., Vejrup, K.V. 2003. Environmental properties and effects of nonionic surfactant adjuvants in pesticides: a review. Chemosphere. 50. 871–901.

Kucharski, M., Sadowski, J. 2011. Behaviour of metazachlor applied with additives in soil: Laboratory and field studies. Journal of Food, Agriculture & Environment. 9 (3&4): 723-726

Rodríguez-Cruz, M.S., Sanchez-Martín, M.J.,Andrades, M.S., Sanchez-Camazano, M. 2007. Modification of clay barriers with a cationic surfactant to improve the retention of pesticides in soils. Journal of Hazardous Materials. B139. 363–372.

Rouchaud, J., Metsue, M., Van Himme, M., Bulcke, R., Gillet, J., Vanparys, L. 1992. Soil Degradation of Metazachlor in Agronomic and Vegetable Crop Fields. Weed Science. 40 (1). 149-154.

Stevenson, F. J. 1972. Organic Matter Reactions Involving Herbicides in Soil. Journal of Environmental Quality. 1 (4). 333-343.

Veverka, K., Kúdela, V., Prášil, I., 2010.: Příčiny poškození rostlin pesticidními látkami. Rostlinolékař, 2 (2010): 36-38.

Wang, P., Keller, A. A. 2008. Soil particle-size dependent partitioning behavior of pesticides within water-soil-cationic surfactant systems. Water Research. 42. 378 – 380.

Xiao-ming, C., Chun-rong, Z., Ya-hui, D., Min, W., Hong-mei, H.E., Xiu-čching, H., Hua, Z., Zhen L. 2013. Study on environmental fate of metazachlor in soil. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*. 03. 25-31.

Young-Deuk, L., Hyun-Ju, K., Jong-Bae, Ch., Byeong-Ryong, J. 2000 Loss of Pendimethalin in Runoff and Leaching from Turfgrass Land under Simulated Rainfall. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48 (11). 537–538.

▪ Internetové zdroje

Als Enviromental. 2013. Pesticidy. [on - line]. Praha. Als life science. Červenec 2013. [cit. 1. 4. 2016]. Dostupné z <alsglobal.cz/website/var/assets/media-cz/pdf/als-pesticidy.pdf>

Mikulka, J., Kneifelová, M. 2004. Rizika kontaminace potravina pitné vody herbicidy. [on - line]. Praha. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Prosinec 2004 [cit. 19. 3. 2016]. Dostupné z <www.phytopsanitary.org/projekty/2003/vvf-12-03.pdf>

Musilová, D. 2013. Přípravek Butisan 400 Sc. [on -line]. Praha. Katalog - BASF Přípravky na ochranu rostlin. 2016. [cit. 19. 3. 2016]. Dostupné z <http://www.agro.basf.cz/agroportal/cz/media/migrated/product_files/charakteristiky/CH_Stomp_400_SC.pdf>

Musilová, D. 2013. Přípravek Stomp 400 Sc. [on -line]. Praha. Katalog - BASF Přípravky na ochranu rostlin. 2016. [cit. 19. 3. 2016]. Dostupné z <http://www.agro.basf.cz/agroportal/cz/media/migrated/product_files/charakteristiky/CH_Stomp_400_SC.pdf>

Musilová, D. 2013. Přípravek Grounded. [on -line]. Praha. Katalog - BASF Přípravky na ochranu rostlin. 2014. [cit. 19. 3. 2016]. Dostupné z <<http://www.agrofert.cz/downloads/etikety-agrochemikalie/Grounded.pdf>>

9 Seznamy

▪ Seznam obrázků

Obrázek č. 1 – Reakce pesticidů

Obrázek č. 2 – Vývoj spotřeby účinných látek v letech 2003 - 2011

Obrázek č. 3 – Brassica oleracea conv. acephala var. gongylodes

Obrázek č. 4 – Stav porostu v průběhu pokusu – 1.6 2015

Obrázek č. 5 – výsledky varianty M-0-0

Obrázek č. 6 – výsledky varianty P-0-0

Obrázek č. 7 – výsledky varianty PM-0-0

Obrázek č. 8 – výsledky varianty MP-0-0

Obrázek č. 9 – výsledky varianty M-A-0

Obrázek č. 10 – výsledky varianty P-A-0

Obrázek č. 11 – výsledky varianty PM-A-0

Obrázek č. 12 – výsledky varianty MP-A-0

Obrázek č. 13 – výsledky varianty M-0-Z

Obrázek č. 14 – výsledky varianty P-0-Z

Obrázek č. 15 – výsledky varianty PM-0-Z

Obrázek č. 16 – výsledky varianty MP-0-Z

Obrázek č. 17 – výsledky varianty M-A-Z

Obrázek č. 18 – výsledky varianty P-A-Z

Obrázek č. 19 – výsledky varianty PM-A-Z

Obrázek č. 20 – výsledky varianty MP-A-Z

Obrázek č. 21 – Poločas rozpadu účinných látek v čase (dny)

Obrázek č. 22 – Zjištěná fytotoxicita v procentech

Obrázek č. 23 – shrnutí výsledků pokusu

▪ Seznam tabulek

Tabulka č 1. – Schéma založeného pokusu

Tabulka č. 2 – Schéma gradientové eluce

Tabulka č. 3 – výsledky rychlostních konstant variant

Tabulka č. 4 – výsledky rychlostních konstant variant

Tabulka č. 5 – výsledky poločasu rozpadu variant

Tabulka č. 6 – výsledky poločasu rozpadu variant

Tabulka č. 7 - Projev fytoxicity na plodině bez závlahy

Tabulka č. 8 – Projev fytoxicity na plodině se závlahou

Tabulka č. 9 – Shrnutí výsledků pokusu

▪ Seznam příloh

Příloha č. 1 – Hmotnosti vysušených zemin nezavlažovaného pokusu

Příloha č. 2 – Hmotnosti vysušených zemin zavlažovaného pokusu

Příloha č. 3 – Koncentrace herbicidů v nezavlažovaných podmínkách

Příloha č. 4 – Koncentrace herbicidů v zavlažovaných podmínkách

Příloha č. 5 – Statistické tabulky pro poločas rozpadu

Příloha č. 6 – Statistické tabulky pro projev fytoxicity

Příloha č. 1 – Hmotnosti vysušených zemín nezavlažovaného pokusu

Varianta	Odběr	Hloubka	Hmotnost vysušené zeminy			δd		
			A	B	C	A	B	C
M-0-0	0	5	117,600	104,130	112,940	1,176	1,041	1,129
	1	5	99,620	95,940	103,910	0,996	0,959	1,039
	2	5	98,680	94,430	102,230	0,987	0,944	1,022
	3	5	107,060	104,860	110,640	1,071	1,049	1,106
	1	10	98,860	108,680	109,940	0,989	1,087	1,099
	2	10	109,530	108,560	132,090	1,095	1,086	1,321
	3	10	94,530	103,170	93,940	0,945	1,032	0,939
P-0-0	0	5	104,800	109,870	106,800	1,048	1,099	1,068
	1	5	94,810	99,150	95,050	0,948	0,992	0,951
	2	5	100,220	109,220	98,230	1,002	1,092	0,982
	3	5	101,060	102,520	105,500	1,011	1,025	1,055
	1	10	99,610	114,180	85,370	0,996	1,142	0,854
	2	10	101,340	107,360	120,060	1,013	1,074	1,201
	3	10	112,040	98,860	93,420	1,120	0,989	0,934
MP-0-0	0	5	107,260	108,520	99,520	1,073	1,085	0,995
	1	5	109,000	96,070	98,060	1,090	0,961	0,981
	2	5	104,040	92,970	97,470	1,040	0,930	0,975
	3	5	99,570	100,940	106,730	0,996	1,009	1,068
	1	10	102,270	99,520	99,920	1,023	0,995	0,999
	2	10	102,020	118,290	103,830	1,020	1,183	1,038
	3	10	110,740	104,540	92,800	1,107	1,045	0,928
M-A-0	0	5	105,270	99,270	106,600	1,053	0,993	1,066
	1	5	98,910	103,880	102,650	0,989	1,039	1,027
	2	5	100,470	96,940	101,660	1,005	0,969	1,017
	3	5	104,910	110,010	104,270	1,049	1,100	1,043
	1	10	104,130	97,930	103,270	1,041	0,979	1,033
	2	10	104,480	117,490	107,280	1,045	1,175	1,073
	3	10	109,800	117,170	105,870	1,098	1,172	1,059
P-A-0	0	5	109,360	102,930	110,230	1,094	1,029	1,102
	1	5	95,070	98,010	99,250	0,951	0,980	0,993
	2	5	108,090	104,060	97,460	1,081	1,041	0,975
	3	5	95,500	100,780	96,070	0,955	1,008	0,961
	1	10	108,800	103,440	109,210	1,088	1,034	1,092
	2	10	104,080	106,660	123,500	1,041	1,067	1,235
	3	10	108,820	106,060	105,960	1,088	1,061	1,060
MP-A-0	0	5	111,260	108,830	99,710	1,113	1,088	0,997
	1	5	102,150	104,400	101,140	1,022	1,044	1,011
	2	5	100,750	105,770	89,940	1,008	1,058	0,899
	3	5	105,610	98,890	95,360	1,056	0,989	0,954
	1	10	105,490	102,000	98,610	1,055	1,020	0,986
	2	10	118,770	106,320	98,050	1,188	1,063	0,981
	3	10	119,340	106,100	108,860	1,193	1,061	1,089

Zdroj: Vlastní

Příloha č. 2 – Hmotnosti vysušených zemín zavlažovaného pokusu

Varianta	Odběr	Hloubka	Hmotnost vysušené zeminy			δd		
			A	B	C	A	B	C
M-0-Z	0	5	117,600	104,130	112,940	1,176	1,041	1,129
	1	5	95,440	106,140	92,600	0,944	1,061	0,926
	2	5	104,870	103,590	106,620	1,049	1,036	1,066
	3	5	105,760	102,270	89,110	1,058	1,023	0,891
	1	10	89,220	117,320	94,390	0,892	1,173	0,944
	2	10	111,320	105,190	109,500	1,113	1,052	1,095
	3	10	100,250	115,980	99,220	1,003	1,160	0,992
P-0-Z	0	5	104,800	109,870	106,800	1,048	1,099	1,068
	1	5	98,770	94,680	101,280	0,988	0,947	1,013
	2	5	89,870	104,010	103,830	0,899	1,040	1,038
	3	5	96,360	102,290	96,410	0,964	1,023	0,964
	1	10	111,600	112,640	101,180	1,116	1,126	1,012
	2	10	116,900	106,700	106,490	1,169	1,067	1,065
	3	10	105,620	107,700	90,610	1,056	1,077	0,906
MP-0-Z	0	5	107,260	108,520	99,520	1,073	1,085	0,995
	1	5	95,800	103,160	102,210	0,958	1,032	1,022
	2	5	95,490	102,220	103,640	0,955	1,022	1,036
	3	5	101,450	104,640	104,310	1,015	1,046	1,043
	1	10	102,220	103,530	101,890	1,022	1,035	1,019
	2	10	110,570	112,870	104,900	1,106	1,129	1,049
	3	10	104,150	119,500	110,180	1,042	1,195	1,102
M-A-Z	0	5	105,270	99,270	106,600	1,053	0,993	1,066
	1	5	107,320	102,940	96,780	1,073	1,029	0,968
	2	5	97,830	93,260	112,020	0,978	0,933	1,120
	3	5	111,480	99,780	109,820	1,115	0,998	1,098
	1	10	105,920	96,490	107,410	1,059	0,965	1,074
	2	10	106,570	121,360	117,460	1,066	1,214	1,175
	3	10	105,930	91,860	119,760	1,059	0,919	1,198
P-A-Z	0	5	109,360	102,930	110,230	1,094	1,029	1,102
	1	5	96,210	108,490	97,830	0,962	1,085	0,978
	2	5	101,530	107,290	90,860	1,015	1,073	0,909
	3	5	99,290	101,140	106,790	0,993	1,011	1,068
	1	10	108,670	108,150	108,760	1,087	1,082	1,088
	2	10	108,380	114,420	104,280	1,084	1,144	1,043
	3	10	111,950	112,590	106,470	1,120	1,126	1,065
MP-A-Z	0	5	111,260	108,830	99,710	1,113	1,088	0,997
	1	5	94,060	98,240	101,350	0,941	0,982	1,014
	2	5	108,560	97,560	103,330	1,086	0,976	1,033
	3	5	100,180	98,010	101,820	1,002	0,980	1,018
	1	10	110,480	115,390	88,350	1,105	1,154	0,884
	2	10	113,690	106,850	103,560	1,137	1,069	1,036
	3	10	107,110	106,370	109,280	1,071	1,064	1,093

Zdroj: Vlastní

Příloha č. 3 – Koncentrace herbicidů v nezavlažovaných podmínkách

Varianta	Odběr	Hloubka	Koncentrace					
			A		B		C	
M-0-0	0	5	1,297		1,484		1,790	
	1	5	0,889		2,123		1,315	
	2	5	0,819		0,300		0,745	
	3	5	0,463		0,001		0,280	
	1	10	0,001		0,001		0,001	
	2	10	0,001		0,001		0,001	
	3	10	0,001		0,001		0,001	
P-0-0	0	5	2,816		3,037		3,144	
	1	5	2,213		2,797		2,476	
	2	5	1,515		2,200		2,612	
	3	5	1,279		0,937		0,933	
	1	10	0,058		0,081		0,074	
	2	10	0,068		0,062		0,049	
	3	10	0,055		0,111		0,096	
MP-0-0	0	5	3,768	2,279	3,048	1,777	3,400	2,056
	1	5	2,087	1,451	2,856	1,550	2,106	1,131
	2	5	1,708	0,001	2,056	0,942	1,324	0,877
	3	5	0,677	0,563	1,654	0,588	0,985	0,360
	1	10	0,095	0,001	0,091	0,001	0,062	0,001
	2	10	0,029	0,001	0,110	0,001	0,059	0,001
	3	10	0,067	0,001	0,060	0,001	0,057	0,001
M-A-0	0	5	2,243		2,219		2,020	
	1	5	0,110		1,293		1,326	
	2	5	1,052		0,921		1,124	
	3	5	0,608		0,001		0,556	
	1	10	0,001		0,001		0,001	
	2	10	0,001		0,001		0,001	
	3	10	0,001		0,001		0,001	
P-A-0	0	5	2,900		3,745		1,936	
	1	5	2,014		2,153		1,816	
	2	5	0,050		1,198		1,626	
	3	5	1,473		0,888		1,085	
	1	10	0,081		0,036		0,118	
	2	10	0,043		0,030		0,064	
	3	10	0,017		0,018		0,105	
MP-A-0	0	5	3,541	1,966	3,088	1,763	2,641	1,474
	1	5	2,669	0,938	2,790	1,287	2,100	1,046
	2	5	1,173	0,642	1,270	0,631	1,477	0,818
	3	5	0,767	0,222	0,726	0,391	0,826	0,352
	1	10	0,052	0,001	0,163	0,001	0,096	0,001
	2	10	0,113	0,001	0,071	0,001	0,015	0,001
	3	10	0,095	0,001	0,039	0,001	0,155	0,001

Zdroj: Vlastní

Příloha č. 4 – Koncentrace herbicidů v zavlažovaných podmínkách

Varianta	Odběr	Hloubka	Koncentrace					
			A		B		C	
M-0-Z	0	5	1,297		1,484		1,790	
	1	5	0,001		0,001		0,889	
	2	5	0,550		0,591		0,540	
	3	5	0,462		0,001		0,001	
	1	10	0,065		0,001		0,052	
	2	10	0,001		0,101		0,001	
	3	10	0,001		0,001		0,001	
P-0-Z	0	5	2,816		3,037		3,144	
	1	5	1,961		1,658		2,628	
	2	5	2,640		1,379		1,195	
	3	5	1,704		1,641		1,578	
	1	10	0,050		0,108		0,062	
	2	10	0,050		0,074		0,043	
	3	10	0,015		0,077		0,049	
MP-0-Z	0	5	3,768	2,279	3,048	1,777	3,400	2,056
	1	5	2,619	1,128	1,704	0,881	1,893	1,063
	2	5	1,114	0,001	1,500	0,535	1,152	0,574
	3	5	2,337	0,504	1,705	0,543	1,191	0,531
	1	10	0,103	0,001	0,175	0,001	0,071	0,001
	2	10	0,075	0,034	0,053	0,001	0,001	1,191
	3	10	0,031	0,001	0,080	0,001	0,077	0,016
M-A-Z	0	5	2,243		2,219		2,020	
	1	5	1,438		0,001		1,045	
	2	5	0,627		0,001		0,684	
	3	5	0,417		0,373		0,418	
	1	10	0,001		0,297		0,065	
	2	10	0,001		0,065		0,029	
	3	10	0,001		0,001		0,001	
P-A-Z	0	5	2,900		3,745		1,936	
	1	5	2,144		2,207		2,168	
	2	5	1,530		1,164		1,094	
	3	5	1,815		1,228		2,026	
	1	10	0,089		0,097		0,099	
	2	10	0,105		0,089		0,076	
	3	10	0,056		0,040		0,080	
MP-A-Z	0	5	3,541	1,966	3,088	1,763	2,641	1,474
	1	5	1,381	0,539	2,092	0,906	2,232	0,884
	2	5	1,278	0,667	2,532	0,708	2,518	0,869
	3	5	1,112	0,185	1,110	0,511	1,096	0,407
	1	10	0,294	0,068	0,038	0,029	0,052	0,001
	2	10	0,052	0,001	0,054	0,001	0,077	0,001
	3	10	0,035	0,001	0,061	0,001	0,036	0,001

Zdroj: Vlastní

Příloha č. 5 – Statistické tabulky pro poločas rozpadu

- Statisticky významné faktory ovlivňují poločas rozpadu

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Main					
A:P	721,273	3	240,424	21,210	0,0001
B:A	13,418	1	13,418	1,180	0,3022
C:Z	67,043	1	67,043	5,910	0,0353
Residuals	113,371	10	11,33		
Total	915,105	15			

- Vliv účinných látek

<i>P</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
M	4	11,747	1,684	X
Mp	4	14,518	1,684	X
Pm	4	21,977	1,684	X
P	4	28,956	1,684	X

- Vliv závlahy

<i>Z</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
0	8	17,253	1,190	X
Z	8	21,347	1,190	X

- Použití adjuvantů

<i>A</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
G	8	18,384	1,190	X
0	8	20,215	1,190	X

Příloha č. 6 – Statistické tabulky pro projev fytoxicity

- Statisticky významné faktory pro projev fytoxicity

<i>Source</i>	<i>Sum of Squares</i>	<i>Df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Value</i>
Main					
A:P	6718,060	2	3359,030	62,120	0,000
B:A	469,444	1	469,444	8,680	0,006
C:Z	625,000	1	625,000	11,560	0,002
Residuals	1676,390	31	54,077		
Total	9488,890	35			

- Vliv účinných látek

<i>P_1</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
M	12	11,250	2,123	X
P	12	32,917	2,123	X
MP	12	44,167	2,123	X

- Vliv závlahy

<i>Z_1</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
0	18	25,278	1,733	X
Z	18	33,611	1,733	X

- Použití adjuvantů

<i>A_1</i>	<i>Count</i>	<i>LS Mean</i>	<i>LS Sigma</i>	<i>Homogeneous Groups</i>
0	18	25,833	1,733	X
G	18	33,056	1,733	X