

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a biometeorologie



**Rezistence chundelky metlice (*Apera spica-venti*) vůči
herbicidům v oblasti Jičínska**

Bakalářská práce

Autor práce: Zdeněk Fejfar

Vedoucí práce: Ing. Kateřina Hamouzová Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Rezistence chundelky metlice (*Apera spica-venti*) vůči herbicidům v oblasti Jičínska" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 9.4.2013

Zdeněk Fejfar

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Kateřině Hamouzové Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce, za její ochotu, spolupráci a cenné rady. Dále děkuji Ing. Pavlíně Košnarové za její pomoc při zakládání nádobového pokusu.

Rovněž děkuji své rodině za její podporu a trpělivost.

Rezistence chundelky metlice (*Apera spica-venti*) vůči herbicidům v oblasti Jičínska

Herbicide - resistance in *Apera spica-venti* in Jičín region

Souhrn

Cílem této bakalářské práce bylo posoudit zvyšující se výskyt rezistentních populací chundelky metlice (*Apera spica-venti*) k sulfonylmočovinám na okrese Jičín. V posledních letech došlo k významnému rozšíření chundelky metlice na orné půdě v celé České republice a s tím i související zprávy o výskytu a šíření rezistentních populací. Chundelka metlice je považována za jeden z nejvíce škodlivých plevelů v ozimých obilovinách a opakovaným používáním herbicidů se stejným mechanismem účinku dochází ke vzniku a šíření rezistentních populací tohoto plevelu. V České republice byly již objeveny biotypy rezistentní vůči chlorsulfuronu a iodosulfuronu.

Na zemědělských farmách na okrese Jičín bylo provedeno dotazníkové šetření a byly odebrány vzorky chundelky metlice ze 7 vybraných lokalit, které byly následně použity v nádobových pokusech. Z dotazníkového šetření byl získán základní přehled o jednotlivých zemědělských farmách hospodařících na okrese Jičín. Tato data byla zpracována a vyhodnocena pomocí programu Statistika. 94 % z dotazovaných zemědělců registruje pravidelný výskyt chundelky metlice v ozimých obilninách. Nejčastěji používanou skupinou herbicidů k regulaci chundelky metlice na okrese Jičín, patří herbicidy ze skupiny ALS inhibitorů. V nádobových pokusech byla testována citlivost vůči účinné látce iodosulfuron, patřící do skupiny ALS inhibitorů. Postemergentní aplikace byla provedena v růstové fázi 2 – 3 listů chundelky metlice a byl použit herbicid Husar OD. Výsledky účinnosti po aplikaci iodosulfuronu byly porovnány s citlivým a rezistentním standardem. Mezi testovanými biotypy byly objeveny vysoce rezistentní populace chundelky metlice.

Vzhledem k opakovanému používání herbicidů se stejným mechanismem účinku, lze předpokládat další šíření rezistentních populací chundelky metlice, což může v budoucnu způsobit značné problémy.

Klíčová slova: *Apera spica-venti*, herbicidní rezistence, chundelka metlice, inhibitory acetolaktátsyntáza, sulfonylmočoviny

Summary

The focus of this work was to assess the increasing prevalence of resistant populations of silky bent grass (*Apera spica-venti*) to sulfonylurea herbicides in the district Jičín. In recent years, there has been a significant expansion of silky bent grass on arable land in the Czech Republic. This has led to widespread reports of the occurrence and spread of resistant populations. Silky bent grass is considered one of the most noxious weeds in winter cereals and repeated use of herbicides with the same mechanism of action leads to the emergence and spread of resistant populations of weeds. In the Czech Republic have been discovered biotypes resistant to chlorsulfuron and iodosulfuron.

On agricultural farms in the district Jičín survey was carried out and samples of silky bent grass were taken of seven selected sites that were subsequently used in container's experiments. The questionnaire survey was acquired basic knowledge about individual agricultural farms in the farming district Jičín. The data were processed and analyzed using statistics. 94% of the interviewed farmers registers silky bent grass regular occurrence in winter cereals. The most commonly used group of herbicides to control of silky bent grass in the district Jičín includes herbicides from the group of ALS inhibitors. In the container's experiments was tested sensitivity to the active substance iodosulfuron, belonging to the ALS inhibitors. Post emergence application was made in the growth phase of 2-3 leaves silky bent grass and was used, herbicide Hussar OD. Efficacy results after application iodosulfuron were compared with sensitive and resistant standard. Among the tested biotypes were found highly resistant population of silky bent grass.

Due to the repeated use of herbicides with the same mechanism of action, we can assume further spread of resistant populations of silky bent grass, which in the future may cause significant problems.

Keywords: *Apera spica-venti*, herbicide resistance, silky bent grass, acetolactate synthase inhibitors, sulfonylurea

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Cíl práce	9
3. Literární přehled	10
3.1 Chundelka metlice.....	10
3.2 Výskyt chundelky metlice v České republice.....	11
3.3 Výskyt chundelky metlice ve světě.....	12
3.4 Hospodářská škodlivost chundelky metlice	12
3.5 Regulace chundelky metlice	13
3.5.1 Mechanická regulace chundelky metlice	13
3.5.2 Chemická regulace chundelky metlice	13
3.5.2.1 Preemergentní aplikace	14
3.5.2.2 Časně postemergentní aplikace	14
3.5.2.3 Podzimní postemergentní aplikace.....	15
3.5.2.4 Jarní postemergentní aplikace	15
3.6 Mechanismus působení herbicidů	15
3.6.1 Inhibitory acetolaktátsyntázy (ALS inhibitory).....	18
3.6.1.1 Sulfonylmočoviny	18
3.6.1.2 Imidazolinony	18
3.6.1.3 Triazolopyrimidy	19
3.6.2 Inhibitory ACCasy (listové graminicidy)	19
3.6.3 Inhibitory PS II	19
3.6.4 Inhibitory syntézy karotenoidů (PDS)	20
3.6.5 Inhibitory stavby mikrotubulů	20
3.6.6 Inhibitory syntézy mastných kyselin s dlouhým řetězcem (VLCFA)	20
3.7 Definice, vznik a vývoj rezistence plevelů k herbicidům.....	21
3.7.1 Mechanismy rezistence	22
3.7.1.1 Specifická rezistence (Target site resistance).....	22
3.7.1.2 Nespecifická rezistence (Non-target site resistance).....	22
3.7.1.3 Křížová a vícenásobná rezistence.....	23
3.7.2 Rezistence chundelky metlice.....	23
3.7.3 Antirezistentní strategie uplatňované v regulaci chundelky metlice	24
3.8 Charakteristika oblasti Jičín.....	24

4. METODIKA	26
4.1 Dotazníkové šetření.....	26
4.2 Testování citlivosti chundelky metlice v nádobových pokusech.....	27
4.2.1 Odběr vzorků na vybraných lokalitách.....	27
4.2.2 Nádobové pokusy	27
5. Výsledky	29
5.1 Základní informace o dotazovaných zemědělských farmách	29
5.2 Zastoupení obilovin v osevních postupech.....	30
5.3 Výskyt chundelky metlice v obilninách.....	32
5.4 Rezistence chundelky metlice.....	33
5.5 Regulace výskytu chundelky metlice a zpracování půdy	34
5.6 Herbicidy.....	34
5.7 Hodnocení nádobových pokusů	37
6. Diskuze	38
7. Závěr.....	40
8. Použitá literatura	41
9. Seznam příloh	45

1. Úvod

Ve své pracovní profesi se pohybuji v zemědělství a téma této práce jsem si vybral proto, že jsem v posledních letech zaregistroval zprávy o nedostatečné účinnosti herbicidů na chundelku metlici a o šíření a výskytu rezistentních populací tohoto plevele v České republice. Chundelka metlice zaznamenala v posledních letech značný nárůst na zemědělské půdě a zapleveluje 80 % ploch ozimých obilnin. Její výskyt v obilninách může významně ovlivnit pěstování, výnosy a kvalitu produkce. K regulaci tohoto plevele je v České republice registrováno velké množství herbicidních účinných látek. Několikaleté opakované používání herbicidů se stejným mechanismem účinku způsobilo snížení účinnosti herbicidů proti chundelce metlici a vznik rezistentních populací k některým účinným látkám. V České republice byly již objeveny rezistentní biotypy vůči účinné látce chlorsulfuron a iodosulfuron. V této práci jsem se tedy zaměřil na oblast Jičínska s cílem, zda se zde vyskytují rezistentní populace chundelky metlice.

2. Cíl práce

Cílem práce bylo posoudit zvyšující se výskyt rezistentních populací chundelky metlice k sulfonylmočovinám v dané oblasti na základě dotazníkového šetření a u vybraných populací stanovit citlivost vůči některým účinným látkám herbicidů.

3. Literární přehled

3.1 Chundelka metlice

Chundelka metlice (*Apera spica-venti* (L.) P. B.) je jednoletý ozimý plevel patřící do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*). Jde o volně trsnatou travu se svazčitými kořeny, které však rostlinu v půdě příliš silně neukotvují. Vrcholové rostliny jsou velmi drobné, v porostu snadno přehlédnutelné. Koleoptile je jen asi 3 - 5 mm dlouhá, tenká. První list je velmi úzký, nitřovitý, nejvýše 25 mm dlouhý a po celé délce 0,5 - 0,75 mm široký, vpředu špičatý, trojžilný, lysý. Pochva prvního listu je asi 4 - 5 mm dlouhá, lysá. Jazyček je zřetelný, rozdřípený, avšak velmi krátký, ouška chybějí. Další listy jsou postupně větší, vícežilné, ostře zašpičatělé, často pravotočivé s delším jazyčkem. Báze mladých rostlin bývají často nafialovělé. Čepele horních listů jsou asi 4 - 7 mm široké, pochvy mají až 3 - 7 mm dlouhé, nápadně dřipený jazyček (Jursík a kol., 2011).

Chundelka metlice se rozmnožuje pouze generativně. Rostliny kvetou od června a mohou kvést až do podzimu. Na orné půdě dozrávají obilky v červenci (Szekeres, 1991), ještě před sklizní ozimých plodin. Dormance obilek chundelky metlice je velice krátká a některé obilky mohou klíčit bezprostředně po dozrání (Jursík a kol., 2011). Jedna rostlina může vyprodukovat několik tisíc obilek (až 16 000), ale byly objeveny také biotypy, které vyprodukovaly na jednu rostlinu 20 000 obilek (Soukup et al., 2006). Melander (1993) udává, že chundelka metlice v ozimém ječmeni vyprodukuje asi 600 – 850 obilek a v porostu ozimé pšenice 1300 – 5000 obilek. Zralé obilky chundelky metlice před dozráním pěstovaných plodin vypadávají ve větším množství v blízkosti mateřské rostliny na půdu a vzhledem k jejich nízké hmotnosti se dále šíří především anemochorně.

Maximální životnost obilek v půdě udávají Koch and Hurlle (1978) přibližně na 1 – 4 roky. Při skladování v laboratorních podmínkách lze zachovat životnost obilek na 13 – 20 let (Koch, 1970).

Vzcházení chundelky metlice probíhá na podzim a to nejlépe ve vlhkém a teplém prostředí. Klíčí z povrchu půdy nebo z velmi malé hloubky a to již při teplotách 5 °C. V porovnání s ozimými obilninami je počáteční růst chundelky metlice pomalý a rostliny přezimují ve fázi 2 - 3 listů. Po obnovení vegetace na jaře chundelka metlice velice rychle zahájí svůj růst a porosty obilnin velmi rychle přerůstá (Soukup et al., 2006).

3.2 Výskyt chundelky metlice v České republice

Výskyt chundelky metlice se na orné půdě neustále zvyšuje. Chundelka metlice jako hospodářsky nejvýznamnější jednoděložný plevel, zapleveluje asi 80 % ploch ozimých obilnin v České republice (Soukup et al., 2006). V dřívější době byla chundelka metlice plevel vyšších a středních poloh. Až v posledních letech se výrazně rozšířila i do nížin. Preferuje vlhčí, lehčí, neutrální až kyselé půdy. Vyskytuje se jak v ozimých obilninách, tak lze její výskyt zaregistrovat i v ozimé řepce, víceletých pícech a v ozimých zeleninách. Poslední dobou byl zaznamenán její výskyt i v brzy setých jarních obilninách a okopaninách. K rozšíření chundelky metlice přispělo významně používání minimalizace zpracování půdy, pěstování převážně ozimých plodin, způsoby hnojení a zúžené spektrum pěstovaných plodin.

Podle Buryškové (1999) byla chundelka metlice označena jako pátý nejsilněji vyskytující se plevel v České republice v roce 1998 v ozimých a jarních obilninách. Nejsilnější výskyty chundelky metlice byly zaznamenány v západočeském kraji (viz obrázek 1). Tyto průzkumy výskytu plevelů v obilninách jsou prováděny již od roku 1968 a v průběhu 30 let došlo k významnému nárůstu některých plevelů (heřmánku, heřmánkovce přímořského, svízele přítuly a chundelky metlice).



Obrázek 1: Mapa výskytu chundelky metlice v obilninách v roce 1998

3.3 Výskyt chundelky metlice ve světě

V České republice a sousedních zemích je chundelka metlice považována za jeden z nejdůležitějších plevelů ozimých obilnin. Z celosvětového hlediska je to plevel nevýznamný, s výskytem v několika málo zemích severní Evropy (Dánsko, Švédsko) a na Novém Zélandu (Holm et al., 1977).

Tento plevel je hlavně rozšířen ve střední a východní Evropě a to v Polsku, Německu, Švýcarsku, Rakousku, Slovensku a Maďarsku (Melander et al., 2008, Hamouzová et al., 2011). Vedle Evropy se chundelka metlice vyskytuje i v severovýchodní části Severní Ameriky a západní části USA. V ostatních částech Ameriky ani v dalších světadílech není chundelka metlice uváděna jako plevel (Jursík a kol., 2011).

V Polsku je chundelka metlice považována jako jeden z nejvíce škodlivých plevelů na orné půdě. Asi 60 % ploch ozimých obilnin v Polsku, což představuje čtyři miliony hektarů, je zapleveleno chundelkou metlicí (Krysiak et al., 2011).

3.4 Hospodářská škodlivost chundelky metlice

Chundelka metlice je velmi silný konkurenční plevel a její vysoký výskyt dokáže významně potlačit pěstovanou plodinu (Mikulka a Kneifelová, 2005). Zapleveluje především ozimé obilniny, ozimou řepku a ztráty na výnosech může způsobit i ve víceletých pícevinách a ozimých zeleninách. Některé biotypy mohou vzcházet časně z jara a zaplevelovat tak i řídké porosty ozimů a časně seté jařiny což je způsobeno změnami v cyklech vzcházení, které se přesunulo do jarního období, pravděpodobně z důvodu převažující podzimní ochrany. Pěstování krátkostébelných odrůd obilnin také snižuje konkurenceschopnost obilnin vůči chundelce metlici a způsobuje tím ztráty na výnosech (Jursík a kol., 2011).

Nejvýznamnější škody způsobuje chundelka metlice od metání do konce vegetace, kdy prostorné laty zakrývají porost obilniny a brání tvorbě a ukládání asimilátů (Jursík a kol., 2011). Ekonomický práh škodlivosti tohoto plevele byl odhadnut na 10 – 30 rostlin na m² se ztrátami na výnosu ve výši 30 % vůči hustotě porostu plodiny 200 rostlin na m² (Melander et al., 2008). Mikulka a Kneifelová (2005) udávají ekonomický práh škodlivosti chundelky metlice 20 – 25 rostlin na m² v ozimé pšenici, 10 – 15 rostlin na m² v ozimém ječmeni a 30 – 40 rostlin na m² v žitu ozimém.

Proto význam chundelky metlice nesmí být v zemědělské praxi opomíjen a musí být vhodnými způsoby v plodinách regulována.

3.5 Regulace chundelky metlice

3.5.1 Mechanická regulace chundelky metlice

Hlavním cílem každého mechanického zásahu je nejen zeslabení nežádoucí vegetace, ale také současná podpora kulturní rostliny kypřením půdy a zabránění neproduktivního výparu (Kohout a kol., 1996).

Potlačení chundelky metlice můžeme ovlivnit způsobem zpracování půdy a upuštěním od minimalizace. Pozornost na tento plevel je třeba zaměřit již při zakládání porostů. Pouze vyrovnané a zdravé porosty plodin mají potřebnou konkurenční schopnost (Mikulka a Kneifelová, 2005). Podle Jursíka a kol. (2011) je vhodné provézt po sklizni obilovin mělkou podmítku, protože za vlhčího počasí chundelka metlice lépe vzchází z povrchu půdy. Nevzešlé obilky poté zapravit do půdy podzimní hlubokou orbou, kde během jednoho roku ve velkém množství odumřou.

Protože se chundelka metlice uplatňuje zejména v porostech ozimů, k podstatnému úbytku plevele může dojít po uplatnění sledů tří až čtyř jařin včetně okopanin (Jursík a kol., 2011).

3.5.2 Chemická regulace chundelky metlice

V intenzivním způsobu pěstování jsou herbicidy považovány za nejspolehlivější a cenově efektivní způsob regulace plevelů (Powles and Shaner, 2001).

Chundelku metlici je možné potlačovat zejména volbou vhodných herbicidů, jejichž nabídka na trhu proti tomuto plevelu je velmi široká a umožňuje aplikace v různých plodinách, vývojových fázích a termínech (Košnarová a kol., 2011).

Chemická regulace chundelky metlice se provádí běžně, v ozimých obilninách, kde lze použít širokou škálu herbicidů. Velkou výhodou pro pěstitele určitě je, že si mohou zvolit vhodný aplikační termín pro ošetření. Nejlépe se provádí podzimní aplikace v co nejnižší růstové fázi chundelky metlice (Jursík a kol., 2011).

3.5.2.1 Preemergentní aplikace

Tento způsob aplikace není v obilninách mezi pěstiteli nijak významně rozšířen i přesto, že zde je možnost použít velké množství registrovaných účinných látek, jako například linuron (Afalon 45 SC, Agrovita), chlorotoluron (Lentipur 500 FW, F&N Agro; Tolurex 50 SC, Agrovita), chlorsulfuron (Glean 75 WG, Dupont), prosulfocarb (Boxer, Syngenta), flumioxazin (Sumimax, Sumi Agro) nebo přípravky s kombinací dvou účinných látek pendimethalin – isoproturon (Maraton, BASF) a flufenacet – diflufenican (Cougar Forte, BayerCropScience). Tento způsob aplikace se nejvíce používá u řepky ozimé, kukuřice, brambor, luskovin a částečně i u cukrovky (Mikulka a Kneifelová, 2005). Tato aplikace je přímo závislá na vlhkosti půdy a srážkách, které významně urychlují vstup herbicidu do půdy a tím i příjem herbicidu plevelnými rostlinami. Předpokladem pro dobrou účinnost této aplikace je také dobře zpracovaný povrch půdy bez hrud a s dobře zapravenými posklizňovými zbytky. V případě sucha a na těžších půdách je vhodné zvolit jinou aplikaci a vyhnout se riziku nedostatečné účinnosti herbicidu (Jursík a Soukup, 2012).

3.5.2.2 Časně postemergentní aplikace

Časně postemergentní aplikace je nejvýhodnější termín pro ošetření porostů ozimých obilnin. V době této aplikace již bývá optimální půdní vlhkost, která je nezbytná pro dobrou účinnost herbicidů. Plevelé bývají zpravidla již vzešlé a nacházejí se v ideální růstové fázi, kdy jsou velmi citlivé na účinnost herbicidů. V České republice je registrováno velké množství účinných látek s vysokou účinností na chundelku metlice, které lze použít jak pro časně postemergentní tak i pro preemergentní aplikaci. Patří mezi ně účinné látky pendimethalin (Maraton, BASF), isoproturon (Protugan 50 SC, Sumi Agro; Protugan Super, Agrovita), chlorotoluron (Lentipur 500 FW, F&N Agro; Tolurex 50 SC, Agrovita), flufenacet (Cougar Forte, BayerCropScience), chlorsulfuron (Glean 75 WG, Dupont), flumioxazin (Sumimax, Sumi Agro) atd. Tyto herbicidy vykazují vysokou selektivitu k plodině (Jursík a Soukup, 2012). V případě chundelky metlice je výhodou této aplikace, že nemusí být vzešlí jedinci ještě ani zaznamenáni (Jursík a kol., 2012).

Mezi přípravky vhodnými pro časně postemergentní aplikace lze nalézt mnohé s jiným mechanismem účinku, než jsou ALS inhibitory a proto je možné jejich uplatnění v antirezistentních strategiích.

3.5.2.3 Podzimní postemergentní aplikace

V podzimní postemergentní aplikaci můžeme použít jen vysoce selektivní herbicidy vůči plodině. Chundelka metlice by měla být v růstové fázi maximálně tří listů. Později na podzim či časně zjara, kdy chundelka již odnožuje, lze k její regulaci použít přípravky uvedené výše, ale je potřeba počítat s tím, že přibližně od počátku odnožování chundelky již dochází i k postupnému snižování jejich účinnosti. Proto je vhodnější použít některý z herbicidů na bázi sulfonylmočoviny např. iodosulfuron (Husar, BayerCropScience), meso + iodosulfuron (Atlantis OD, BayerCropScience), sulfosulfuron (Monitor 75 WG, Monsanto) atd., či jim příbuzných přípravků, např. pyroxulam (Corello, Dow AgroScience; Hurricane, Dow AgroScience) účinkujících i během odnožování chundelky metlice (Jursík a kol., 2011).

3.5.2.4 Jarní postemergentní aplikace

Ozimé obilniny již zpravidla bývají ošetřeny na podzim. Z ekonomického i organizačního hlediska se to zdá být vhodné, vzhledem k jarním pracím a plevelům, které již plně vegetují a mohli by jakékoli další chemické ochraně uniknout (Kalabus, 2012).

Pokud se chundelku metlici nepodaří potlačit do počátku sloupkování obilniny, je možné použít graminicidní přípravky Puma Extra (fenoxaprop – P – ethyl 69 g/l, BayerCropScience) či Axial Plus (pinoxaden 50 g/l, Syngenta), které působí až do fáze přibližně 2. kolénka, i když účinnost s pokročilejší růstovou fází chundelky metlice se také snižuje (Jursík a kol., 2012).

3.6 Mechanismus působení herbicidů

Používání herbicidů proti plevelům je v dnešní zemědělské praxi důležitým systémem hubení plevelů a mnohdy je považován za nejvýznamnější článek, neboť použití herbicidů je u některých plodin nezbytným předpokladem k jejich pěstování (Hron a Kohout, 1986). Současné zemědělské systémy jsou založeny a spoléhají na herbicidy, které patří ke spolehlivému a cenově efektivnímu způsobu regulace plevelů (Powles and Schaner, 2001).

Herbicidy jsou látky, používané k regulaci plevelů, zejména tím, že inhibují některé důležité enzymy spojené s biosyntetickými procesy, které jsou nezbytné pro růst rostlin (Powles and Yu, 2010).

Mikulka a Kneifelová (2005) uvádí, že podstatou biologické aktivity herbicidu je narušení některého z životně důležitých biochemických pochodů v cílové (plevelné) rostlině.

Tímto dochází k inhibici jednoho nebo několika enzymů, které hrají roli v některé biosyntetické reakci.

Opakované dlouhodobé používání herbicidů se stejným mechanismem účinku v kombinaci se změnami v moderních zemědělských systémech (zpracování půdy, střídání plodin, pěstování monokultur atd.), jsou důvodem pro šíření a vznik rezistentních populací plevelů (Holt, 1992). Obvykle herbicidy, které vykazují velice dobrý účinek na plevele, bývají pak hojně a dlouhodobě používány k regulaci plevelů. Dlouhodobé používání herbicidů má pak za následek změny v druhovém spektru plevelů. Citlivé druhy jsou velice dobře potlačovány, ale selektují se nám tolerantní druhy, které se pak velice rychle šíří a představují konkurenci pro pěstované plodiny.

V současné době je v Evropě zavedena klasifikace herbicidů podle HRAC (Herbicide Resistance Action Committee), která člení herbicidy do cca patnácti hlavních skupin podle místa a mechanismu účinku, podobnosti symptomů poškození a příslušnosti k chemické skupině (Jursík a kol., 2010). V tabulce 1 jsou vybrány hlavní skupiny herbicidů, které jsou v ČR registrovány na ošetření proti chundelce metlici.

Tabulka 1: Hlavní skupiny herbicidů k regulaci chundelky metlice v ČR upraveno podle HRAC

Skupina HRAC	Mechanismus účinku	Chemická skupina	Účinná látka
A	Inhibice acetyl-CoA karboxylázy (ACCCase)	Aryloxyfenoxo-propionáty Cyklohexandiony Phenylpyrazoliny	fenoxaprop-P-ethyl tralkoxydim pinoxaden
B	Inhibice acetolactátsyntázy (ALS, též acetohydroxyacid syntáza AHAS)	Sulfonylmočoviny	chlorsulfuron flupyrsulfuron-methyl-Na iodosulfuron sulfosulfuron mesosulfuron
		Triazolové pyrimidiny	pyroxsulam
		Sulfonylaminocarbonyl-triazolinony	propoxycarbazone-Na
C2	Inhibice PS II	Substituované močoviny	chlorotoluron isoproturon
F1	Inhibice biosyntézy karotenoidů (PDS)	Pyridinecarboxamide Amidy	diflufenican beflubutamid
E	Inhibitory syntézy porfyrinů (PPO inhibitory)	Fenylfthalimidy	flumioxazin
K3	Inhibitory syntézy mastných kyselin s dlouhým řetězcem (VLCFA)	Oxyacetamidy	flufenacet
K1	Inhibice tvorby mikrotubulů	Dinitroaniliny	pendimethalin trifluralin

3.6.1 Inhibitory acetolaktátsyntázy (ALS inhibitory)

Acetolaktátsyntáza (ALS) je klíčovým enzymem při syntéze esenciálních aminokyselin valinu, leucinu a isoleucinu. Tento enzym je cílovým místem pro skupinu ALS inhibujících herbicidů. Na tento enzym se vážou herbicidní účinné látky a blokují funkci acetolaktátsyntázy (ALS). Blokačí enzymu ALS dochází k zastavení tvorby uvedených aminokyselin a proteinů (Mikulka a Kneifelová, 2005). Tuto herbicidní skupinu tvoří převážně sulfonylmočoviny, dále pak imidazolinony, triazolopyrimidy.

3.6.1.1 Sulfonylmočoviny

Sulfonylmočoviny patří mezi nejpoužívanější herbicidní skupinu na světě. V České republice jsou u zemědělců oblíbeny vzhledem k řadě výhod, které spočívají zejména v aplikaci pouze gramových dávek na hektar, široké spektrum účinku na plevely a nízké toxicitě vůči necílovým organizmům. Sulfonylmočoviny se staly nejpoužívanější herbicidní skupinou na našem trhu. Zároveň se však jedná o herbicidy, u kterých byl v posledních letech zaznamenán největší nárůst rezistentních plevelů (Košnarová a kol., 2011).

Největší uplatnění nacházejí sulfonylmočoviny při regulaci plevelů v porostech obilnin např. chlorsulfuron (Glean 75 WG, Dupont), triasulfuron (Logran 20 WG, Syngenta), iodosulfuron (Husar, BayerCropScience) sulfosulfuron (Monitor 75 WG, Monsanto), tribenuron (Granstar 75 WG, Dupont), amidosulfuron (Gro-dyl 75 WG, Agro Aliance), atd. Tato skupina herbicidů může být použita preemergentně, časně postemergentně, největší uplatnění však nacházejí při jarním ošetření (Jursík a kol., 2011).

3.6.1.2 Imidazolinony

Herbicidy z této skupiny také inhibují ALS. Působí na velice široké spektrum plevelů a vykazují poměrně dlouhé reziduální působení, což vede k jejich postupné redukci v používání. Účinná látka imazamox ovlivňuje tvorbu bílkovin u citlivých rostlin a je přijímána listy a kořeny a následně rozváděna rostlinou. Vzcházející citlivé plevely po zasažení zastavují růst, přestávají plodně konkurovat a během 4 – 6 týdnů hynou (www.basf.cz). Tuto účinnou látku obsahují přípravky Escort Nový (imazamox 16,7 g/l, BASF), který má v ČR registraci do hrachu na zrna a pelušky a přípravek Pulsar (imazamox 40 g/l, BASF) s registrací do slunečnice a sóji (Státní rostlinolékařská správa, 2013).

3.6.1.3 Triazolopyrimidy

Do této chemické skupiny herbicidů patří účinné látky florasulam a pyroxsulam. Florasulam (např. Mustang Forte, Dow AgroScience) hubí široké spektrum dvouděložných plevelů v obilninách. Účinná látka pyroxsulam (Hurricane, Corello) je využívána k regulaci chundelky metlice v obilninách. Kombinací těchto dvou účinných látek, jenž jsou obsažena v přípravku Hurricane, působí velice dobře na dvouděložné plevele a chundelku metlici (Portych, 2012). Aplikaci lze provádět na jaře až do fáze sloupkování obilniny.

3.6.2 Inhibitory ACCasy (listové graminicidy)

Acetylkoenzym-A karboxyláza (ACCáza) inhibující herbicidy potlačují enzym, který katalyzuje biosyntézu mastných kyselin nezbytných např. k tvorbě fosfolipidů, základu buněčných membrán (Mikulka a Kneifelová, 2005). Rostliny po aplikaci těchto herbicidů během 2 – 3 dní přestávají růst a nevytvářejí nové listy.

Herbicidy se dělí podle povahy účinné látky na dvě skupiny aryloxyphenoxy - propionáty (FOPs) a cyclohexanediony (DIMs) jsou známé jako graminicidy se systémovým účinkem a používají se k regulaci jednoletých a vytrvalých trávovitých plevelů a regulaci výdrolu (Mikulka a Slavíková, 2008). Účinné látky fenoxaprop (Puma Extra) a pinoxaden (Axial Plus) je možno použít v obilninách proti jednoletým trávovitým plevelům, jako jsou chundelka metlice, oves hluchý, psárka polní atd. (Jursík a kol., 2011).

3.6.3 Inhibitory PS II

Herbicidy inhibující fotosystém II zamezují přenosu elektronů, které se uvolňují při fotolýze vody přes tylakoidní membránu chloroplastu ve fotosystému II. Volné elektrony se hromadí a vzniklá energie je absorbována chlorofylem a karotenoidy v důsledku čehož dochází ke chlorózám listů. Všechny účinné látky z této skupiny působí na stejný tylakoidní protein (D1) avšak rozlišujeme 3 různá vazebná místa, kde se může herbicid vázat. Toto je důležité z hlediska rezistence (Jursík a kol., 2011).

Významnou skupinou této skupiny herbicidů jsou substituované močoviny, do které patří účinné látky chlorotoluron (Lentipur 500 FW; Tolurex) a isoproturon (Tolian Flo, Agro Alliance; Protugan 50 SC). Tyto herbicidy jsou určeny především pro preemergentní nebo časně postemergentní aplikace, protože jejich příjem rostlinou probíhá převážně přes kořeny rostlin.

3.6.4 Inhibitory syntézy karotenoidů (PDS)

Tato skupina herbicidů narušuje mevalonátový cyklus tím, že inhibuje enzym fytoen desaturázu (PDS), který se podílí na syntéze karotenoidů (zejména β -karotenu). Dochází k rozpadu chlorofylu, z důvodu absence ochranných pigmentů, rostlina přestává asimilovat a postupně odumírá. Do této skupiny inhibitorů patří karboxamidy, pyrolidiny, některé pyridazinomy a další. Většinou se jedná o půdní herbicidy, které působí přes kořeny a jsou určeny převážně pro preemergentní nebo časně postemergentní aplikaci. Jedná se o účinné látky flurochloridone (Racer 25 EC, Agrovita), diflufenican (Cougar Forte) a beflubutamid (Herbaflex, Agro Aliance); (Jursík a kol., 2011).

3.6.5 Inhibitory stavby mikrotubulů

Ze základních proteinových jednotek α a β tubulinu jsou tvořena vlákna mikrotubulů, která dohromady tvoří mitotické vřeténko. To má velký význam při dělení buněk. Mikrotubuly jsou tedy velmi důležité buněčné struktury. Herbicidy z této skupiny inhibují polymeraci základních jednotek tubulinu, vytváření protofilament a následně i mikrotubulů a celého vřeténka (Jursík a kol., 2010). Rostliny zasažené těmito herbicidy ve fázi klíčení přestávají vzcházet, případně jsou slabé, mají retardované a deformované kořeny a mohou být zabarveny antokyanově (Nováková a kol., 2005).

Nejznámější skupinou inhibitorů mikrotubulů jsou nitroderiváty anilinu (dinitroaniliny). Z této skupiny herbicidů je nejčastěji používaná účinná látka pendimethalin, která je obsažena např. v přípravcích Stomp 330 EC (pendimethalin 330 g/l, BASF) a Maraton (pendimethalin 250 g/l, BASF) v české republice registrované pro preemergentní nebo časně postemergentní ošetření obilnin. Ještě před několika lety byla velmi rozšířena účinná látka trifluralin (Treflan 48 EC), ale z důvodu ukončení registrace již tento přípravek není uváděn na trh a nesmí se používat (Jursík a kol., 2011).

3.6.6 Inhibitory syntézy mastných kyselin s dlouhým řetězcem (VLCFA)

Místo ani mechanismus působení těchto herbicidů v rostlině nejsou zatím přesně známy, předpokládá se však, že alkylují sulfhydrylové skupiny některých esenciálních rostlinných enzymů, čímž ovlivňují různé biochemické procesy, především syntézu mastných kyselin s dlouhými řetězci ($> C18$), potažmo lipidů, kutikulárních vosků, suberinu a kutinu,

tím narušují dělení, normální růst a vývoj buněk a tvorbu ochranných bariér (Jursík a kol., 2011).

Tato herbicidní skupina se z chemického hlediska řadí mezi acetamidy. Jedná se především o herbicidy, které působí především na klíčící plevely, a proto termín pro jejich aplikaci je preemergentní nebo časně postemergentní. Mechanismus účinku těchto herbicidů spočívá v inhibici vrcholové a kořenové části klíčku. Bývají často využívány, vzhledem k jejich dlouhodobé účinnosti, k regulaci trávovitých plevelů v obilovinách např. chundelka metlice, psárka polní, lipnice roční, účinnou látkou flufenacet (Cougar Forte). Bývají také hojně používány do tankmix kombinací k regulaci ježatky kuří nohy a bérů v kukuřici a slunečnici: acetochlor (Trophy, Dow AgroScience; Guardian Extra, Agrovita), metolachlor (Dual Gold 960 EC, Agro Aliance), dimethenamid (Outlook, BASF) a pethoxamid (Successor 600, AgroProtec); (Jursík a kol., 2011).

3.7 Definice, vznik a vývoj rezistence plevelů k herbicidům

Podle definice Heap and LeBaron (2001) se rezistence vyvinula u dřívě na herbicid citlivé populace plevelů tak, že populace přežívaly účinek herbicidu a dokončili svůj životní cyklus.

Podle mezinárodní organizace HRAC (Herbicide Resistance Action Committee) je rezistence plevelů definována jako vystupující dědičná vlastnost jednotlivých biotypů, přežít působení herbicidu, který za běžných aplikačních podmínek populace plevelů spolehlivě potlačuje.

Mikulka a Chodová (1998) definují rezistenci plevelů takto: „Rezistence plevelů je absolutní tolerance vůči takové dávce herbicidu, která příslušný druh plevelné rostliny hubí.“ Lze tedy říci, že plevelný druh, který byl původně citlivý vůči herbicidu, se vlivem opakovaného používání herbicidu stal rezistentní.

Vznik rezistence plevelů předpovídal již Blackman (1950) a Harper (1956), krátce poté co byly herbicidy zavedeny. Během posledních deseti let má vývoj rezistence vůči herbicidům stoupající tendenci. Největší vliv na vznik rezistence má úzké spektrum plodin a vysoké zastoupení ozimých plodin, časný termín setí, dále pak minimalizační technologie zpracování půdy a konkurenceschopnost porostu (Massa, 2011). Jedná se především o selekční proces, ve kterém se plevelný druh přizpůsobuje působení herbicidů a z citlivých populací se stávají populace rezistentní (Jursík a kol., 2011). Rezistence plevelů vzniká bez ohledu na používání herbicidů jako spontánní mutace, ale rozšířila se především v důsledku

velkoplošného používání herbicidů (Mikulka a Kneifelová, 2005).

Mimo pravidelného střídání herbicidů s různými mechanismy účinku, je potřeba se zaměřit na agrotechnické zásahy a biologické vlastnosti plevelů, které hrají důležitou roli ve vzniku a šíření rezistence (Murphy and Lemerle, 2006).

3.7.1 Mechanismy rezistence

Hlavní mechanismy rezistence rostlin vůči herbicidům způsobují změny v biochemických a fyziologických procesech, které ovlivňují příjem herbicidu rostlinou nebo mění cílové místo účinku herbicidu. Obecně lze říci, že plevelné populace mají schopnost vyvinout si rezistenci k jedné nebo více účinným látkám. Jeden ze způsobů jak třídit herbicidní rezistenci je podle mechanismu účinku herbicidů, neboli jak účinná látka působí na cílovou rostlinu. Mezi hlavní mechanismy rezistence patří specifická rezistence v místě účinku (target - site resistance) a nespecifická rezistence (nontarget - site resistance).

3.7.1.1 Specifická rezistence (Target site resistance, TSR)

TSR lze označit za modifikaci vazebného místa herbicidu, při které dochází k zamezení navázání herbicidu s cílovým místem účinku. Cílovým místem jsou obvykle enzymy. Změna pořadí aminokyselin proteinu způsobená bodovou mutací umožní enzymu jeho normální funkci i za přítomnosti herbicidu (Hamouzová, 2012). Tento mechanismus rezistence je velmi rozšířen u populací rezistentních vůči triazinům, ALS inhibitorům, inhibitorům ACCázy a dinitroanilinům.

3.7.1.2 Nespecifická rezistence (Non - target site resistance, NTSR)

Plevele s tímto mechanismem rezistence mají schopnost velice rychle přeměnit herbicidní účinnou látku na látky netoxické nebo méně toxické (Jursík a kol., 2011). Nespecifická rezistence spočívá v jednom nebo kombinaci mechanismů, které zabraňují molekulám herbicidů dosáhnout v dostatečném množství cílového místa účinku. Plevele s touto rezistencí mají schopnost velice rychle metabolizovat herbicidní účinnou látku. Citlivé plevely také dokáží metabolizovat herbicid, ale tato metabolizace probíhá příliš pomalu (Jursík a kol., 2011). Mechanismus nespecifické rezistence v rostlinách zabraňuje herbicidu proniknout do rostliny, snižuje translokaci herbicidu, nebo má rostlina schopnost rychle metabolizovat herbicid (Hall et al., 1997, Powles and Yu, 2010). Schopnost rostliny metabolizovat herbicid způsobuje zvýšená aktivita rostlinných enzymů, z nichž

nejvýznamnější je cytochrom P450 monooxygenáza, který je vázaný na endoplazmatickém retikulu nebo v membránách plastidů.

3.7.1.3 Křížová a vícenásobná rezistence

Křížová rezistence (cross resistance) znamená, že rostliny se zjištěnou rezistencí vůči jednomu herbicidu, se stávají rezistentní vůči dalším herbicidům se stejným mechanismem účinku (Mikulka a Slavíková, 2008). Tato rezistence, ale nemusí vždy znamenat, že by plevelný druh vykazoval rezistenci ke všem herbicidům se stejným mechanismem účinku (Hamouzová, 2012).

Vícenásobná rezistence (multiple resistance) je definována jako odolnost proti více než jedné skupině účinných látek patřících do různých herbicidních skupin (Mallory - Smith and Namuth, 2011). Populace plevelů s vícenásobnou rezistencí jsou obtížně regulovatelné (Powles and Shaner, 2001).

3.7.2 Rezistence chundelky metlice

V roce 1994 byl první případ rezistence chundelky metlice vůči inhibitorům PS II objeven ve Švýcarsku (Mayor and Maillard, 1997). Poté bylo několik případů zdokumentováno v roce 1997, kdy byl popsán první případ rezistence v Německu vůči inhibitorům PS II (Niemann, 2000), v roce 2005 byly hlášeny případy rezistence vůči acetolaktátsyntázu inhibujícím herbicidům a to v Polsku (Marzewska and Rola, 2005), České republice (Nováková et al., 2006), v Německu (Balgheim et al., 2007) a v roce 2006 ve Švýcarsku (Delabays et al., 2006). Počet druhů odolných vůči ALS inhibitorům neustále přibývá. V současné době 129 druhů plevelů je odolných vůči ALS inhibitorům (www.weedscience.org). U žádné jiné skupiny herbicidů nebylo popsáno tolik rezistentních druhů. Hlavním důvodem je celosvětové vysoké rozšíření účinných látek inhibujících ALS.

První účinná látka, u které byla detekována rezistence je chlorsulfuron a to v roce 1982 v Austrálii u druhu jílek tuhý (*Lolium rigidum*). Od popisu prvního případu rezistence vůči chlorsulfuronu, bylo popsáno mnoho dalších druhů. Jedná se o druhy ptačinec prostřední (*Stellaria media* (L) VILL.) objevený v Kanadě, Dánsku a Norsku, ředkev ohnice (*Raphanus raphanistrum* L.) v Austrálii, mák vlčí (*Papaver rhoeas*) v Itálii a Řecku, bytel metlatý (*Kochia scoparia*) Kanada, Česká republika, USA, mleč zelinný (*Sonchus oleracea*) Austrálie, svízel pochybný (*Galium spurium*) v Kanadě (www.weedscience.org).

3.7.3 Antirezistentní strategie uplatňované v regulaci chundelky metlice

Dlouhodobé opakované používání herbicidů se stejným mechanismem účinku, společně s nevhodnými agrotechnickými zásahy, vede k značnému šíření herbicidní rezistence vůči plevelům po celém světě. V blízké budoucnosti proto bude docházet k nárůstu rezistentních druhů a tento problém lze řešit aplikací vhodných antirezistentních strategií.

Massa (2011) udává, že by pěstitelé měli věnovat větší úsilí prevenci a snižovat riziko šíření rezistentních populací chundelky metlice. Strategie spoléhající pouze na regulaci chundelky metlice střídáním herbicidů s různými mechanismy účinku, nemusí z dlouhodobého hlediska stačit na to, abychom si nevyseletovali rezistentní biotypy. Antirezistentní strategie by měla spočívat i v dalších dostupných opatřeních. Pravidelné střídání plodin jako jeden z hlavních opatření k oddálení vzniku rezistentních populací a selekci odolných druhů, dále zpracování půdy orbou, které také vede ke snižování výskytu odolných populací. Obilky chundelky metlice nejlépe vzchází z horních vrstev půdy nebo z povrchu půdy a proto je vhodné orbou obilky zaklopit do větší hloubky, kde nemají možnost vzcházet, během roku odumírají a nevytvoří tak rezistentní potomstvo (Košnarová a kol., 2011). I časně seté porosty vykazují zvýšení pravděpodobnosti výskytu rezistentních populací.

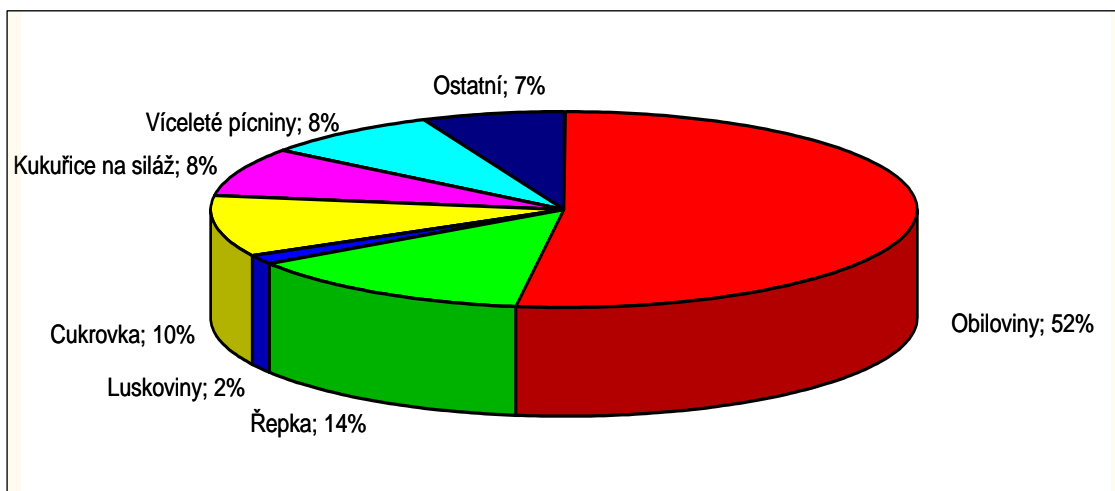
3.8 Charakteristika oblasti Jičín

Okres Jičín leží v severozápadní části Královéhradeckého kraje. Na severu sousedí s okresem Semily v Libereckém kraji, na východě s okresem Trutnov, na jihu s okresem Hradec Králové a na západě s okresy Nymburk a Mladá Boleslav ve Středočeském kraji. K 31. 12. 2011 se rozlohou 887 km² na celkové ploše Královéhradeckého kraje podílí 18,6 % a je druhým nejmenším okresem v kraji (za okresem Náchod); (Český statistický úřad, 2013).

Z celkové rozlohy okresu tvoří 68,2 % zemědělská půda (z toho 76,1 % zabírá orná půda a 17,2 % trvale zatravněné porosty). Lesy pokrývají 21,7 % plochy okresu. Zemědělská půda na okrese Jičín zaujímá rozlohu 45 493 ha a z této výměry je 37 402 ha orná půda, 7 044 ha jsou trvalé travní porosty a 1 047 ha tvoří ovocné sady (Český statistický úřad, 2013).

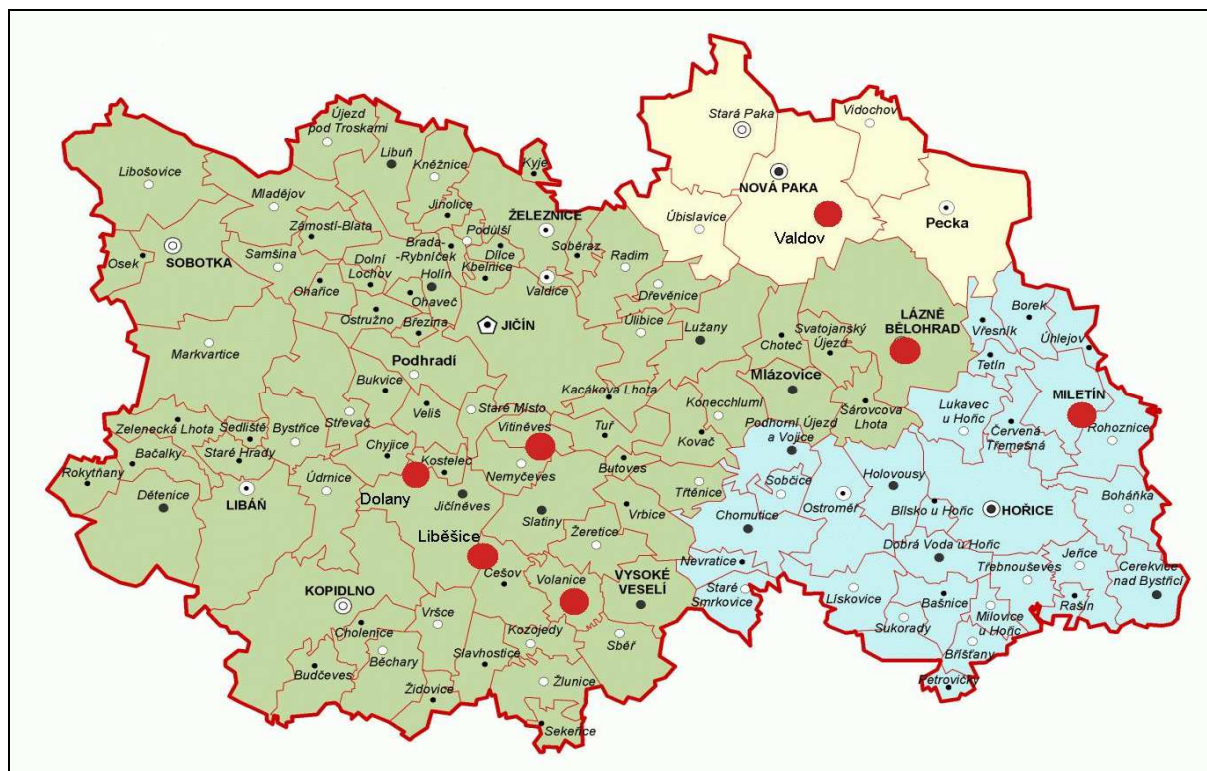
Okres Jičín patří do řepařské výrobní oblasti a zastoupení jednotlivých pěstovaných plodin je znázorněno v grafu 1. Na 52 % z celkové plochy orné půdy, což představuje 19 449 ha, jsou na okrese Jičín pěstovány obilniny (pšenice 13 793 ha, žito 202 ha, ječmen 3 876 ha, oves 323 ha, kukuřice na zrno 499 ha a ostatní obilniny 960 ha). Mezi další významné pěstované plodiny na okrese Jičín patří luskoviny 567 ha, řepka ozimá 5 059 ha, okopaniny

kam patří brambory 137 ha a cukrovka 3 783 ha. Pícniny na orné půdě tvoří 6 504 ha z toho je 3 021 ha kukuřice na siláž a 3 083 ha jsou víceleté pícniny (Český statistický úřad, 2013).



Graf 1: Zastoupení jednotlivých plodin na okrese Jičín

Výskyt chundelky metlice v tomto regionu lze hodnotit jako celoplošný. Na většině ploch v okrese je zaznamenán pravidelný výskyt chundelky metlice a v současné době se již objevily informace, o její neúspěšné regulaci běžně používanými herbicidy. V severovýchodní části okresu (viz obrázek 2), v oblasti okolo Nové Paky, Lázní Běláhrad a Miletína byly již zaznamenány problémy s regulací chundelky metlice.



Obrázek 2: mapa s vyznačenými lokalitami, kde byli odebrány vzorky chundelky metlice

4. METODIKA

Za účelem zjištění a monitorování výskytu rezistentních biotypů chundelky metlice v okrese Jičín bylo provedeno dotazníkové šetření. K ověření rezistence byly založeny nádobové pokusy se vzorky chundelky metlice odebranými na vybraných lokalitách v oblasti Jičínska.

4.1 Dotazníkové šetření

Hlavním cílem bylo, získat údaje o výskytu chundelky metlice v obilninách a používaných herbicidech k regulaci chundelky metlice a s tím spojený vznik rezistence tohoto významného plevelu, vůči některým účinným látkám. Dále v dotazníkovém šetření byly získány informace o regulaci a agrotechnických zásadách proti chundelce metlici v obilninách. Formulace otázek vycházela z dotazníkového šetření prováděného katedrou agroekologie a biometeorologie v r. 2004 (předvýzkum). V dotazníkovém šetření převažovaly otázky uzavřené selektivní (tj. respondenti jsou nabízeni varianty odpovědí a je možnost výběru z více než dvou variant). U otázek týkajících se aplikací herbicidů a zpracování půdy byly zahrnuty otevřené dotazy, ve kterých respondent odpovídá vlastními slovy nebo údaji z vlastních evidencí.

Dotazník (viz příloha č. 1) obsahoval celkem 18 otázek, z nichž většina byla uzavřená, a respondent si mohl vybrat odpověď z více variant. Dotazník byl rozdělen do tří částí. První část byla věnována základním údajům o jednotlivých zemědělských farmách. Druhá část byla sestavena z otázek o výskytu chundelky metlice, jejího šíření a zpracování půdy. Třetí část dotazníku se týkala aplikace herbicidů a jejich účinnosti.

Dotazníkové šetření bylo provedeno v oblasti Jičínska. Do dotazníkového šetření se zapojilo 32 zemědělských farem. Dotazníky byly distribuovány farmářům osobně a byl jim vysvětlen způsob vyplňování.

Všechny získané údaje byly analyzovány a zpracovány pomocí programu STATISTIKA verze 10.

4.2 Testování citlivosti chundelky metlice v nádobových pokusech

4.2.1 Odběr vzorků na vybraných lokalitách

Před zahájením žní v roce 2012, byly dne 10. července odebrány vzorky zralých semen chundelky metlice na vybraných lokalitách v okrese Jičín. Jednotlivé lokality byly vytipovány například podle toho, kde v posledních letech docházelo k selhávání ochrany a byl zde zaznamenán vysoký výskyt chundelky metlice. Vzorky pocházely z lokalit Vitiněves, Dolany, Liběšice, Volanice, Miletín, Lázně Bělohrad a Valdov (viz obrázek 2). Výskyt chundelky metlice na jednotlivých pozemcích byl nerovnoměrný a v některých případech se zdálo, že se jedná o aplikační chyby (viz tabulka 2).

Laty chundelky metlice byly odebrány v transektu na celém pozemku, aby byl vzorek co nejvíce homogenní. Laty byly ponechány po dobu 14 dnů v pokojové teplotě a poté byly obilky vydroleny. Z každého pozemku byl získán vzorek o hmotnosti cca 10 g semen. Obilky byly uchovány v papírových sáčcích při pokojové teplotě až do doby, kdy byly použity pro nádobové experimenty.

Tabulka 2: Lokality odběru vzorků

Lokalita - Obec	Výskyt chundelky na pozemku	Nadmořská výška m n. m.	Výměra pozemku ha
Vitiněves	Výskyt na souvrati	260	33,41
Dolany	Ohniskový výskyt	280	14,22
Liběšice	Pásový výskyt	270	34,35
Volanice	Plošný výskyt	280	8,69
Miletín	Plošný výskyt	350	3,65
Lázně Bělohrad	Plošný výskyt	350	37,78
Valdov	Ohniskový výskyt	420	17,49

4.2.2 Nádobové pokusy

Nádobové pokusy byly založeny za účelem monitoringu rezistentních biotypů chundelky metlice k účinné látce idosulfuronu na pozemcích v okrese Jičín.

V září 2012 byly založeny nádobové pokusy s chundelkou metlicí, které probíhaly v pokusných prostorách katedry agroekologie a biometeorologie ČZU. Ke vzorkům odebraným v oblasti Jičínska, byl přidán citlivý biotyp z lokality Dobrá voda a rezistentní

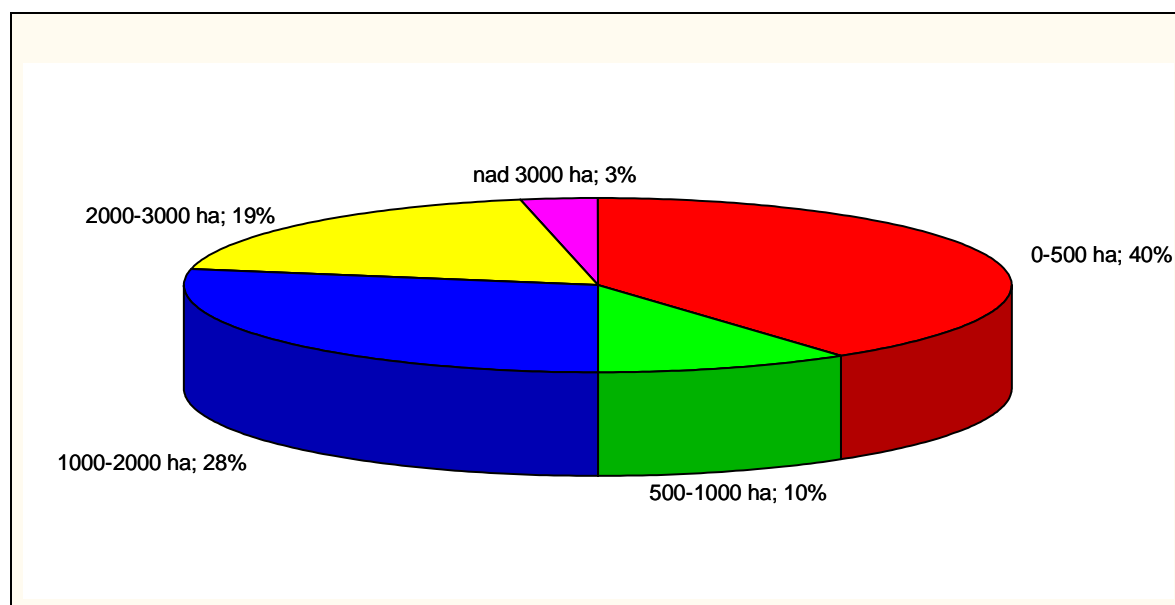
biotyp z lokality Dynín, u kterého byla již potvrzena rezistence k sulfonylmočovinám a je znám faktor rezistence vůči účinné látce iodosulfuron. Do umělohmotných nádob o rozměrech 50 x 50 x 70 mm byly vysety obilky chundelky metlice. Pro výsev byla použita půda černozemního typu, která neobsahovala žádná rezidua pesticidů a obilky chundelky metlice. Obsah jílových částic 46 %, pH (KCL) 7.5, sorpční kapacita: 209 mmol (+), 87 ppm P, 203 ppm K, 197 ppm Mg, a 8073 ppm Ca. Po vzejití rostlinek chundelky metlice bylo provedeno jednocení na 10 – 15 rostlin na jednu nádobku. Rostliny byly pěstovány v kryté vegetační hale. Rostliny byly zalévány podmokem ad libitum a dvakrát za vegetaci přihnojeny hnojivem N-P-K v dávce 400 g/m², hnojení bylo provedeno zálivkou. Postemergentní listová aplikace herbicidu Husar OD (účinná látka iodosulfuron 100 g/l, od firmy BayerCropScience, ČR) v dávce 0,1 l/ha byla provedena v růstové fázi 2 - 3 listů chundelky metlice dne 23. 10. 2012. Každá varianta měla čtyři opakování. Aplikace herbicidu byla provedena přesným laboratorním postřikovačem AVIKO 5, byla použita tryska Lurmark 01 E 80 a nastaven tlak na hodnotu 0,23 MPa, celkový objem postřikové kapaliny odpovídal dávce 250 l/ha⁻¹. Dávka kapaliny byla regulována rychlostí pojezdu. Po aplikaci herbicidu byly rostliny přemístěny do skleníků FAPPZ s řízenými podmínkami – světlo 12 hod., teplota den 17 °C (+/-2°C) a teplota noc 12 °C (+/-1°C). Rostliny chundelky metlice bylo také nutno ošetřit proti padlí, které se začalo objevovat na některých rostlinách. K tomuto účelu byl použit systémový fungicid Fandango 200 EC (účinná látka fluoxastrobin 100 g/l, prothioconazole 100 g/l, BayerCropScience, ČR).

Hodnocení účinnosti herbicidu Husar OD následovalo po 30 dnech od aplikace, odhadovou metodou a vyjádřena v % vůči neošetřené kontrole. Byla pořízena fotodokumentace.

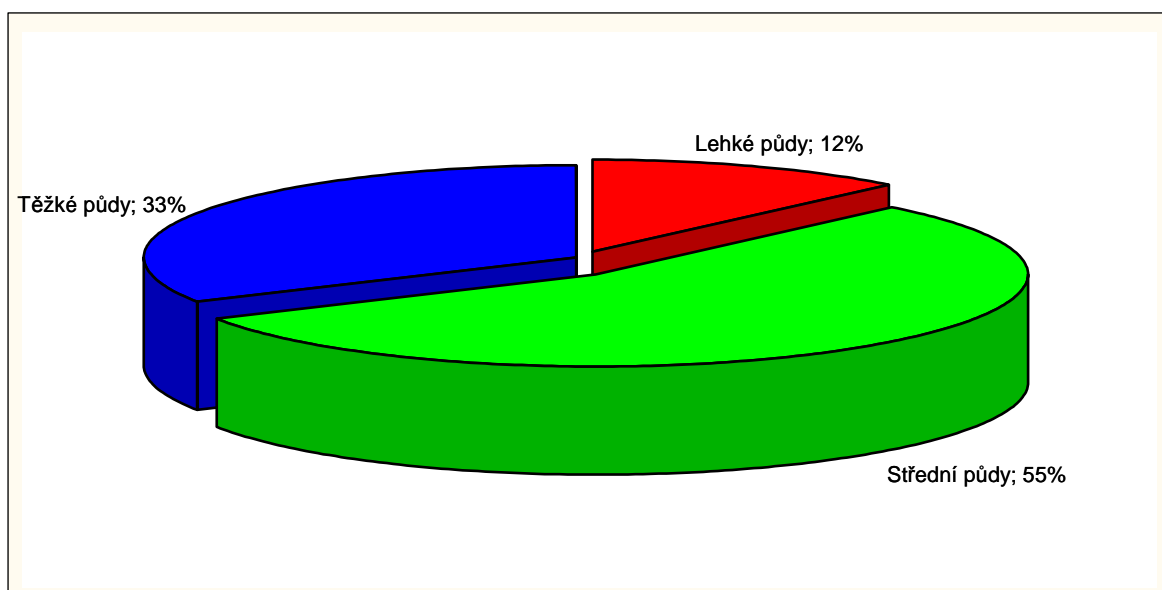
5. Výsledky

5.1 Základní informace o dotazovaných zemědělských farmách

Z dotazníkového šetření byly získány základní údaje o jednotlivých zemědělských farmách hospodařících na okrese Jičín. Kromě hektarové výměry zemědělské a orné půdy, byla zjištěna nadmořská výška a půdní druh. Do dotazníkového šetření se zapojilo 32 zemědělských farem, které dohromady hospodaří na celkové výměře 36 415 ha zemědělské půdy, což představuje 80 % z celkové zemědělské půdy (45 493 ha) na okrese Jičín. Z této výměry tvoří 30 907 ha orná půda. Nejmenší zemědělská farma, která se zapojila do dotazníkového šetření, hospodaří na výměře 120 hektarů a největší farma hospodaří na výměře 3999 hektarů. Graf 2 ukazuje zastoupení jednotlivých farem podle počtu obhospodařovaných hektarů. Největší zastoupení mělo 40 % dotazovaných farem hospodařících na výměře do 500 hektarů, 10 % farem hospodaří na výměře 500 – 1000 hektarů, dalších 28 % tvoří zemědělské farmy hospodařící na výměře 1000 – 2000 hektarů, 19% na výměře 2000 – 3000 hektarů a nejmenší zastoupení (3 %) mají farmy hospodařící na výměře nad 3000 hektarů. Nejmenší zjištěná nadmořská výška byla uvedena 220 m n. m. a maximální 480 m n. m. (průměrná 312 m n. m.). Zemědělskou půdu z 12 % tvoří lehké půdy, z 55 % půdy střední a 33 % zemědělských farem hospodaří na půdách těžkých (viz graf 3).



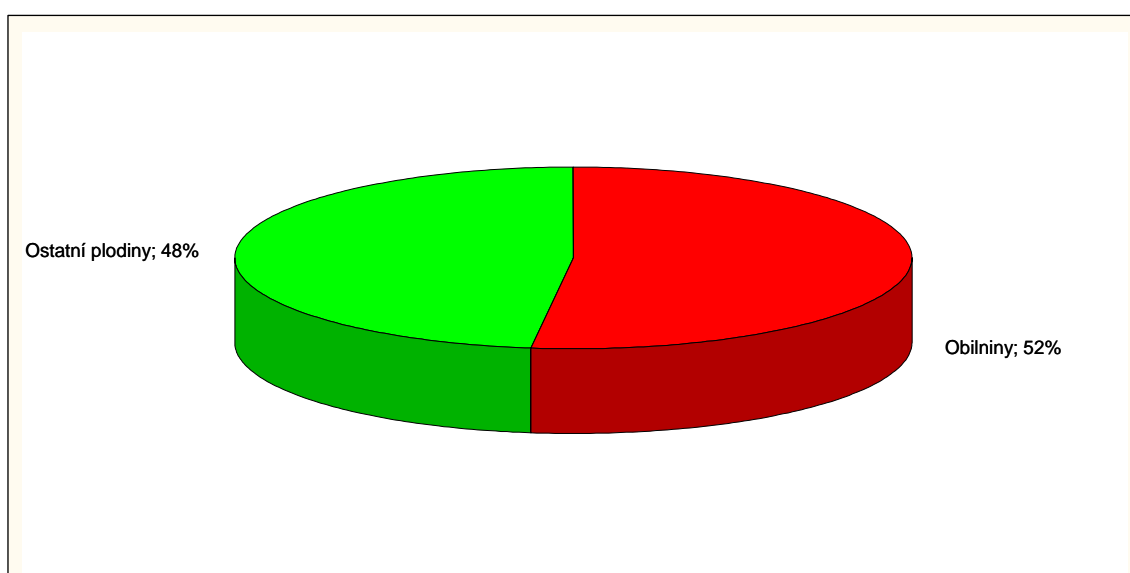
Graf 2: Procentické zastoupení zemědělských farem dle plochy obhospodařované půdy účastníků se dotazníkového šetření



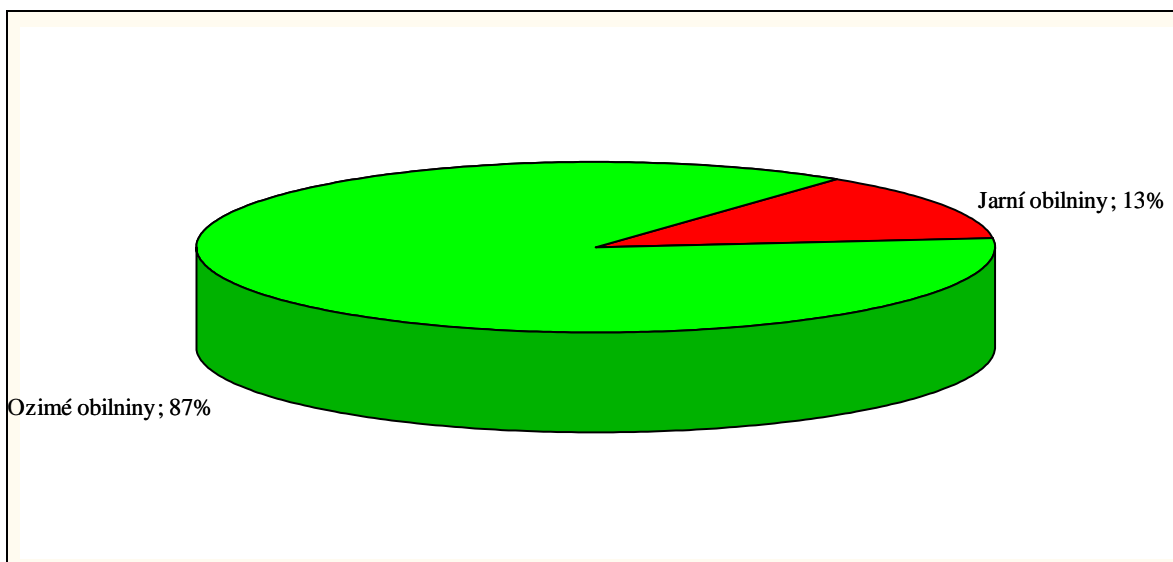
Graf 3: Procentické zastoupení půdních typů u dotazovaných zemědělských farem

5.2 Zastoupení obilnin v osevních postupech

Získané výměry obilnin od farmářů z dotazníkového šetření činili 15 913 ha. Celková výměra obilnin na okrese Jičín (podle údajů ČSÚ) byla v roce 2010 19 449 ha. Tato suma hektarů znamená, že 52 % ploch orné půdy na Jičínském okrese je oseta obilninami (viz graf 4). Ostatní pěstované plodiny byly již uvedeny v kapitole 4.3. a graf 1. Z výměry 15 913 ha tvoří 87 % ozimé obilniny a 13 % jarní obilniny (viz graf 5).

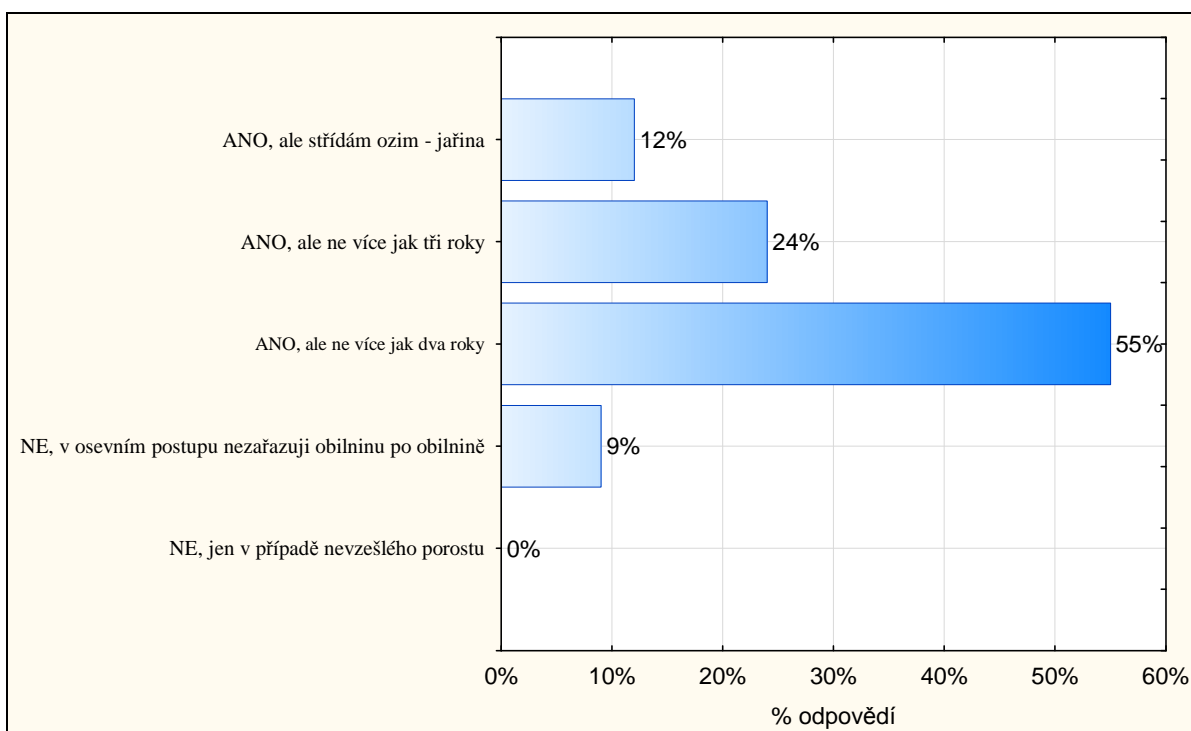


Graf 4: Zastoupení obilnin na orné půdě v okrese Jičín



Graf 5: Rozdělení ozimých a jarních obilnin na okrese Jičín

V otázce č. 6 směřovaly dotazy k zařazování obilnin na jednom pozemku více let po sobě. Většina dotazovaných zemědělců se vyjádřila, že zařazuje ve svých osevních postupech obilninu po obilnině (graf 6). 55 % dotazovaných odpovědělo ANO, zařazují obilninu na jednom pozemku, ale ne více jak dva roky, 24 % odpovědělo ANO, ale ne více jak tři roky a 12 % odpovědělo ANO, ale střídám ozim – jařina. V 9 % zněla odpověď NE, v osevním postupu nezařazují obilninu po obilnině. Žádná odpověď nebyla na dotaz č. 5 NE jen v případě zaorání nevzešlého porostu.

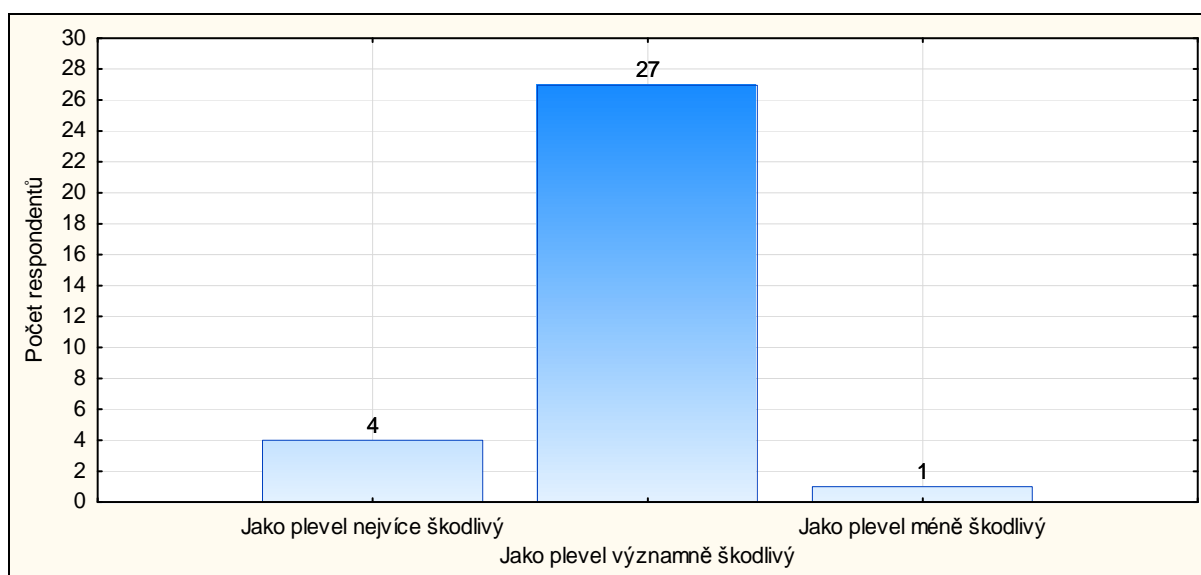


Graf 6: Zařazování obilnin v osevním postupu na jednotlivých zemědělských farmách

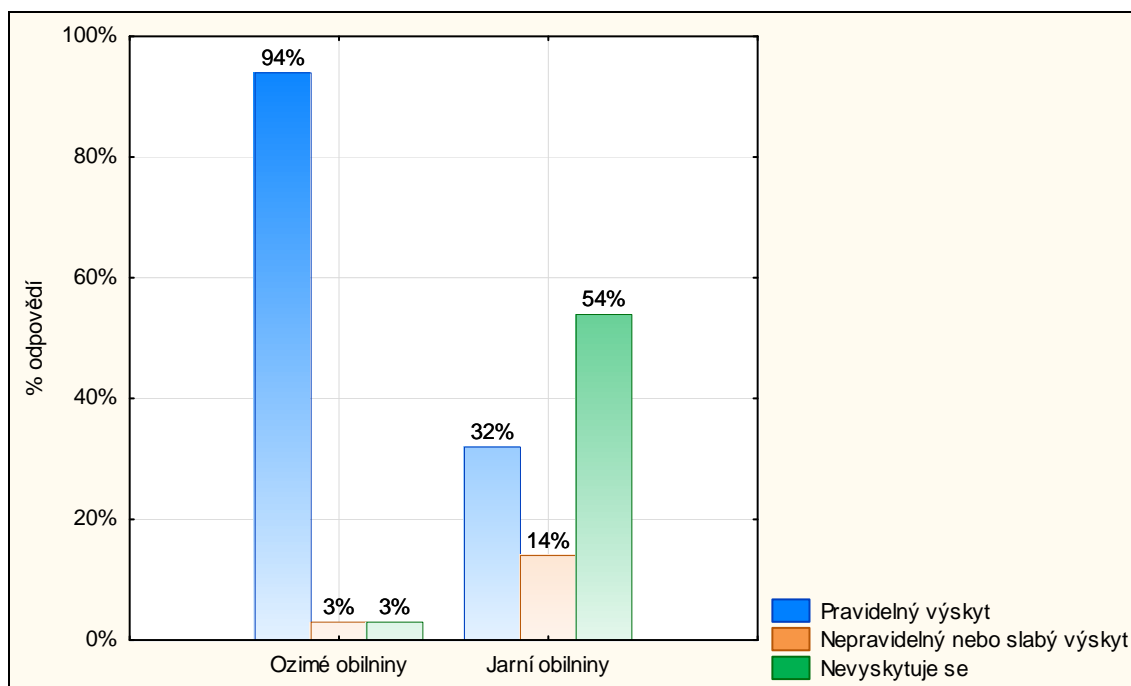
5.3 Výskyt chundelky metlice v obilninách

Hlavním cílem bylo zjistit, jaké množství ploch v oblasti Jičínska, je zapleveleno chundelkou metlicí, jaké jsou používané herbicidy k regulaci chundelky metlice a s tím spojený vznik rezistence tohoto významného plevele vůči některým účinným látkám. V otázce číslo 7 měli farmáři zhodnotit škodlivost výskytu chundelky metlice jako plevelu v obilninách. 4 z dotazovaných farem označili chundelku metlici jako plevel nejvíce škodlivý, 27 zemědělců považuje chundelku metlici jako plevel významně škodlivý a pouze 1 zemědělec považuje chundelku metlici jako plevel méně škodlivý (viz graf 7). Rozšíření a výskyt chundelky metlice v obilninách v oblasti Jičínska je znázorněn v grafu 8. 94 % zemědělců monitoruje pravidelný výskyt v ozimých obilninách a to na 92 % svých ploch. Nepravidelný nebo slabý výskyt chundelky metlice označilo pouze 3 % dotazovaných v ozimých obilninách a označilo tento výskyt na 70 % plochy ozimých obilnin. Pouze 3 % zemědělců uvedlo, že se chundelka metlice na jejich pozemcích osetých ozimými obilninami nevyskytuje.

V jarních obilninách byl pravidelný výskyt uveden u 32 % dotázaných zemědělských farem na 71 % ploch jarních obilnin. 14 % dotazovaných registruje nepravidelný nebo slabý výskyt na 47 % ploch jarních obilnin a v 54 % odpovědí se chundelka metlice nevyskytuje v jarních obilninách vůbec. Výskyt chundelky metlice v jiných plodinách uvedlo 5 respondentů, a to v řepce a 1 respondent v cukrovce. Z dotazovaných zemědělců 71 % uvedlo, že pozorují zvýšený výskyt chundelky metlice po minimalizačním zpracování půdy a 29 % nepozoruje rozdíl mezi různými způsoby zpracování půdy na zvyšování výskytu chundelky metlice.



Graf 7: Hodnocení škodlivosti chundelky metlice v obilninách



Graf 8: Výskyt chundelky metlice v ozimých a jarních obilninách na pozemcích v okrese Jičín

5.4 Rezistence chundelky metlice

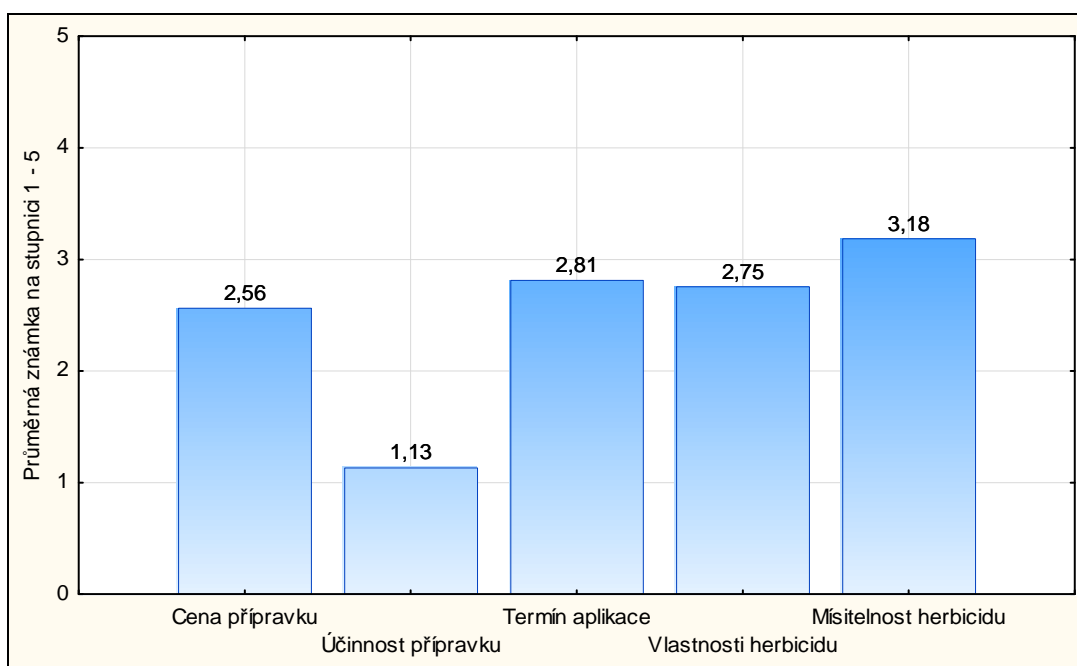
Vzhledem k opakovanému používání herbicidů se stejným mechanismem účinku existuje riziko vzniku rezistence chundelky metlice k některým účinným látkám. V otázce č. 10 měli farmáři odpovědět, jestli na svých pozemcích pozorují zvýšenou odolnost (rezistenci) chundelky metlice k některým účinným látkám, a případně uvést konkrétní účinnou látku. Po analýze výsledných odpovědí pozoruje zvýšenou odolnost chundelky metlice vůči herbicidům pouze 3 % respondentů a konkrétně k účinné látce isoproturon. Pouze lokálně zvýšenou odolnost k herbicidům pozoruje 34 % dotázaných zemědělských farem a uvádějí například účinnou látku iodosulfuron. 63 % zemědělců nepozoruje zvyšující se odolnost vůči herbicidům. Z výsledků dále také plyne skutečnost, že 28 % dotazovaných zemědělských farmářů každoročně používá herbicidy se stejným mechanismem účinku, čímž se zvyšuje riziko vzniku rezistentních populací chundelky metlice na vlastních pozemcích. Naopak každoroční střídání herbicidů s různými mechanismy účinku uvádí 72 % respondentů.

5.5 Regulace výskytu chundelky metlice a zpracování půdy

Jednou ze zjišťovaných problematik byla regulace výskytu chundelky metlice a zpracování půdy před setím obilnin. Byly získány údaje o různých způsobech zpracování půdy před založením porostů ozimých obilnin. 50 % respondentů používá orbu do 20 cm, orbu nad 20 cm používá 16 % zemědělců, 22 % zemědělců provádí před setím ozimých obilnin pouze diskování, 34 % zemědělských farem uvedlo zakládání porostů ozimých obilnin po minimalizačním zpracování půdy, 3% používají podrývání a 19 % hloubkové kypření. Jako metodu zpracování půdy k setí jarních obilnin uvedlo 46 % zemědělců orbu do 20 cm, 15 % provádí orbu nad 20 cm, 15% zemědělců používá k založení jarních obilnin minimalizaci a 4 % hloubkové kypření.

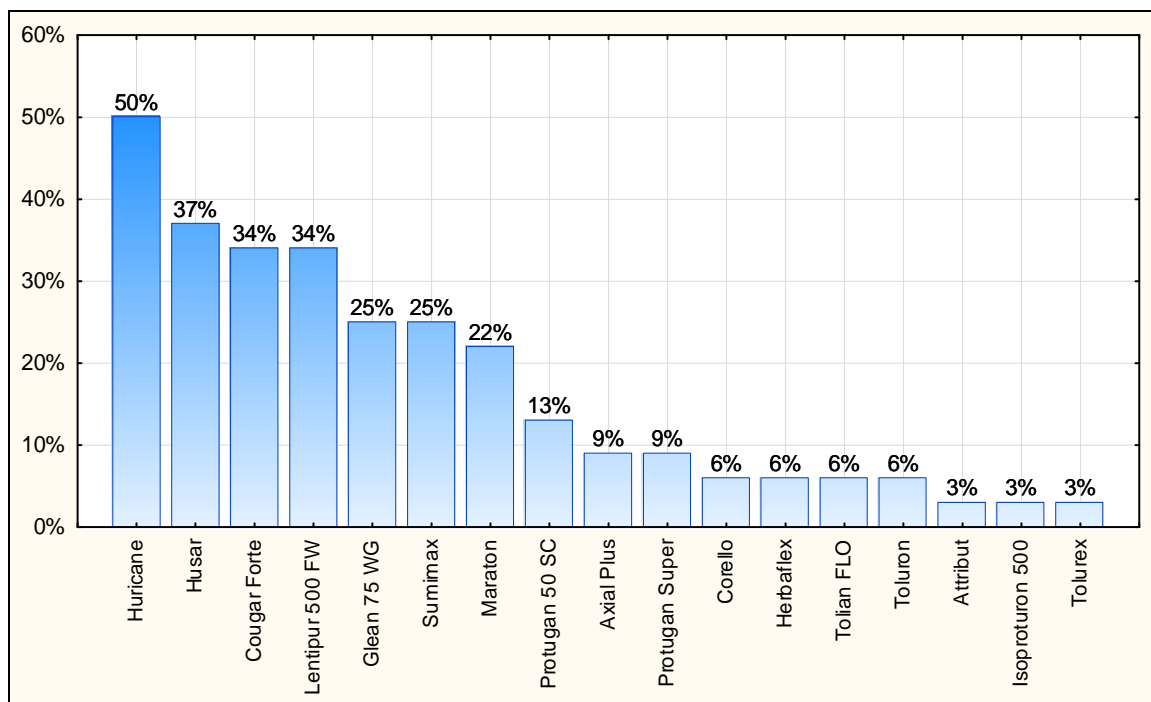
5.6 Herbicidy

Z jedné ze zjišťovaných hypotéz bylo, podle jakého kritéria se jednotliví farmáři rozhodují pro výběr herbicidu (viz graf 9). V hodnocené stupnici od 1 – 5 (1 – nejdůležitější kritérium, 5 – nejméně důležité kritérium) byla podle získaných údajů jako nejdůležitější kritérium vyhodnocena s průměrnou známkou 1,13 účinnost na spektrum plevelů, poté následovala cena přípravku s průměrnou známkou 2,56. Další kritéria, podle kterých se většina zemědělců rozhoduje pro výběr herbicidu do obilovin, byla s průměrnou známkou 2,75 vlastnosti herbicidu, průměrnou známkou 2,81 měl po vyhodnocení odpovědí termín aplikace a jako nejméně důležité kritérium s průměrnou známkou 3,18 možná mísitelnost s dalšími pesticidy a hnojivy.

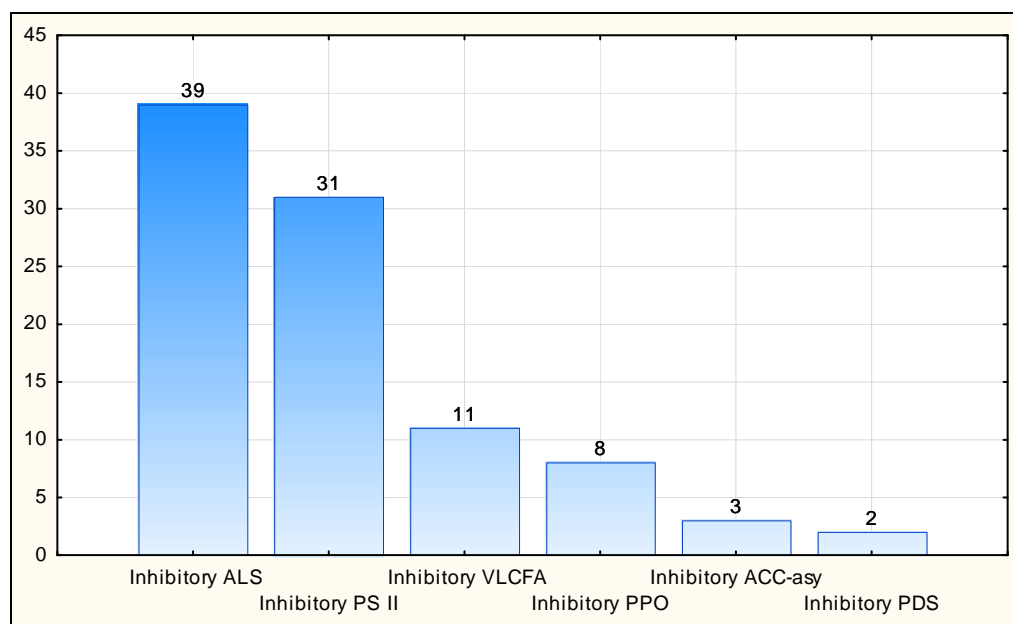


Graf 9: Hodnocení kritérií výběru herbicidu

Mezi nejčastěji používané herbicidy k regulaci chundelky metlice v ozimých obilninách (viz graf 10), které byly uváděny v dotaznících, patřil v 50 % herbicid Huricane (účinná látka pyroxsulam), Mustang Forte (účinné látky florasulam, aminopyralid, 2,4-D) tento přípravek, který uvedlo 41 % zemědělců, ale není registrován na chundelku metlice v ozimých obilninách a není proto uveden v grafu 10. Třetí nejpoužívanější herbicid uvedlo 37 % zemědělců přípravek Husar (účinná látka iodosulfuron). Další nejčastěji používané herbicidy byly Cougar Forte a Lentipur 500 FW, které do svých dotazníků uvedlo 34 % farmářů a tyto dva herbicidy jsou používány především k podzimní preemergentní nebo časně postemergentní aplikaci. Herbicidy Huricane a Husar patří do skupiny ALS inhibitorů a jsou aplikovány do ozimých obilnin na jaře do fáze počátku sloupkování chundelky metlice. Tato skutečnost také vypovídá o tom, s jakou skupinou herbicidů a jakým mechanismem účinku v současnosti zemědělci regulují chundelku metlice v obilninách. Jak vyplývá z grafu 11 nejčastěji používanou skupinou herbicidů se stejným mechanismem účinku k ošetření ozimých obilnin na okrese Jičín, byla skupina ALS inhibitorů, kterou tvoří z velké části sulfonylmočoviny (např. účinné látky – chlorsulfuron, iodosulfuron, atd.). Druhou nejčastěji používanou skupinou herbicidů jsou inhibitory PS II (účinné látky isoproturon, chlorotoluron). Ostatní skupiny herbicidů nemají takové procento zastoupení. Farmáři preferují podzimní aplikace herbicidů v ozimých obilninách a to z 55 % a 45 % spoléhá na regulaci plevelů v obilninách na jaře.



Graf 10: Používané herbicidy v okrese Jičín na regulaci chundelky metlice v obilninách



Graf 11: Nejčastěji používané skupiny herbicidů podle mechanismu účinku pro podzimní i jarní ošetření chundelky metlice

Vzhledem k ozimému charakteru chundelky metlice a i z dotazníkového šetření plyne, že výskyt chundelky metlice v jarních obilninách v okrese Jičín není příliš významný. To dokládá také malá spotřeba herbicidů v jarních obilninách proti chundelce metlici. Jako nejpoužívanější herbicid do jarních obilnin uvedlo 44 % zemědělců Mustang Forte, 9 % uvedlo Lintur (účinná látka triasulfuron, dicamba, Syngenta) jako druhý nejpoužívanější herbicidní přípravek a třetí nejčastěji používané herbicidy byly uvedeny přípravky Protugan 50 SC (účinná látka isoproturon, SumiAgro), Sekator OD (účinná látka iodosulfuron, amidosulfuron, mefenpyr, BayerCropScience) a Granstar 75 WG (účinná látka tribenuron - methyl, Dupont) a to u 6 % zemědělských farem.

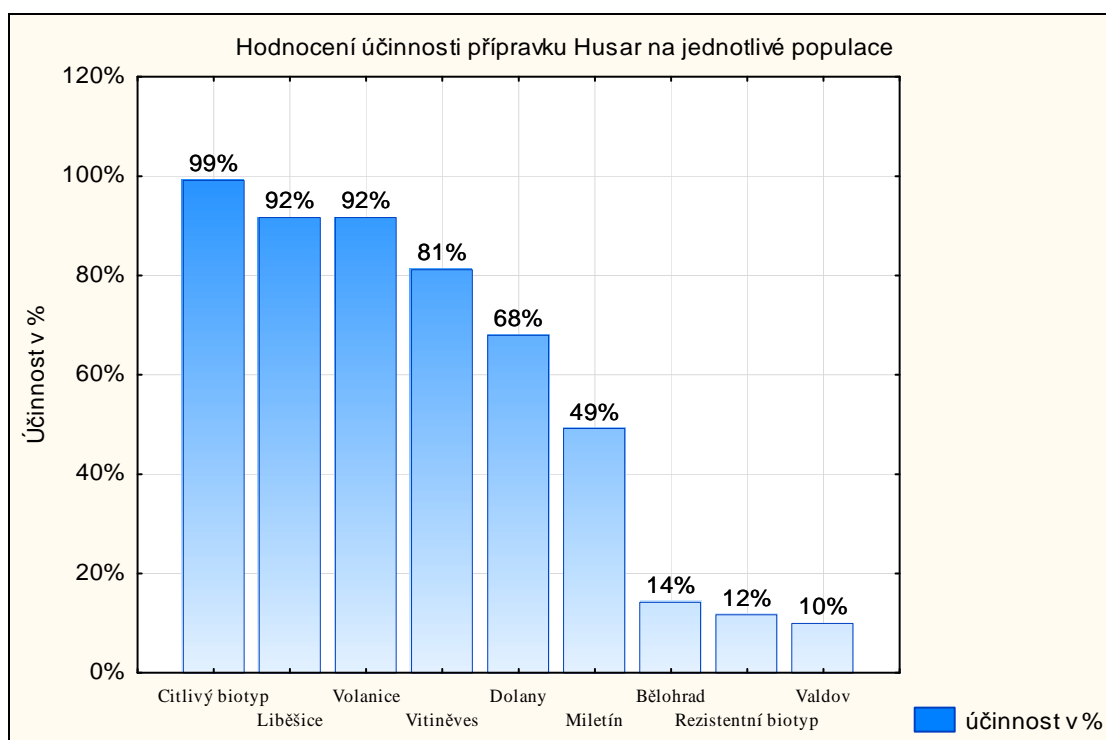
V závěrečné části dotazníku farmáři, odpovídali na otázku č. 16, který z uvedených herbicidů měl nejlepší účinnost na chundelku metlici na pozemcích, které obhospodářovávají. 11 farmářů uvedlo, že herbicid s nejlepší účinností byl přípravek Hurricane, 8 farmářů uvedlo přípravek Husar, 6 farmářů napsalo Maraton, 5 Lentipur a 4 farmáři Cougar Forte.

Herbicidy s nejhorsí účinností na chundelku metlici, na kterou se bylo dotazováno v otázce č. 17, vyjmenovali konkrétně pouze 2 zemědělci, a jednalo se o přípravky Husar a Lentipur, 1 zemědělec uvedl přípravek Sumimax a ve 29 dotaznících nebyl uveden herbicid žádný. V otázce č. 18, zdali byl nějaký přípravek vyřazen z používání vzhledem k nízké účinnosti na chundelku metlici, byl 7x uveden přípravek Glean 75 WG, 2x přípravky Husar,

Lentipur a Treflan, ale posledně jmenovaný přípravek, pravděpodobně z důvodu ukončení registrace a zákazu používání. Pouze 1x byly uvedeny přípravky Tolian Flo a Maraton. V 18 dotaznících zemědělci neuvodili žádný herbicid, který by vyřadili z používání vzhledem k jeho nízké účinnosti na chundelku metlici.

5.7 Hodnocení nádobových pokusů

Na základě hodnocení účinnosti herbicidů byly získány tyto výsledky. Byly zaznamenány rozdíly v účinnosti mezi jednotlivými populacemi chundelky metlice (viz graf 12 a příloha č. 2). Citlivý a rezistentní biotypy byly do nádobových pokusů přidány jako srovnávací vzorek pro stanovení úrovně rezistence. U rezistentního biotypu byl již v minulosti stanovený vysoký stupeň rezistence, vůči účinné látce iodosulfuron. Lokality Valdov s účinností 10 % a Bělohrad s účinností 14 %, vykazovaly v porovnání s rezistentním biotypem (12 %) téměř shodné hodnocení účinnosti a lze tyto dvě lokality považovat za vysoce rezistentní vůči účinné látce iodosulfuron. Určitý stupeň rezistence vykazovaly i populace z lokalit Miletín 49 % a Dolany 68 % u kterých nebyla také zaznamenána dostatečná účinnost po aplikaci iodosulfuronu. U biotypu z lokality Vitiněves, kde byla účinnost 81 %, nelze z praktického hlediska hovořit o dostatečné účinnosti. Shodnou účinnost 92 % vykazovaly lokality Liběšice a Volanice, které zatím v porovnání se senzitivním biotypem příliš v účinnosti nezaostávaly. Lze je tedy zatím považovat za senzitivní a citlivé, vůči účinné látce iodosulfuron.



Graf 12: Hodnocení účinnosti aplikace iodosulfuronu na vzorky z jednotlivých lokalit

6. Diskuze

Z výsledků dotazníkového šetření vyplývá, že chundelka metlice se vyskytuje na většině ploch ozimých obilnin v okrese Jičín. Výskyt chundelky metlice v jarních obilninách uvádí 1/3 zemědělců. To koresponduje s Jursíkem a kol. (2011), jež uvádějí, že některé biotypy mohou vzcházet časně z jara a zaplevelovat časně seté jařiny, což je způsobeno změnami v cyklech vzcházení, které se přesunulo do jarního období, pravděpodobně z důvodu převažující podzimní ochrany.

Většina zemědělců pozoruje zvýšený výskyt chundelky metlice po minimalizačním zpracování půdy, což by potvrdilo tvrzení Mikulky a Kneifelové (2005), že k rozšíření chundelky metlice významně přispívá používání minimalizace zpracování půdy.

K regulaci chundelky metlice je používáno široké spektrum herbicidů s různými mechanismy účinku. Většina zemědělců uvádí, a vyplývá to i ze zjištěných dat o používaných herbicidech, že chundelka metlice je jedním z hlavních plevelů, na který je zaměřena herbicidní ochrana ozimých obilnin. Aplikace jsou prováděny od nejnižší vývojové fáze až do konce odnožování chundelky metlice. Souhlasím tedy s Jursíkem a kol. (2011), že chemická regulace chundelky metlice se provádí běžně v ozimých obilninách, kde lze použít širokou škálu herbicidů. Velkou výhodou pro pěstitele určitě je, že si mohou zvolit vhodný aplikační termín pro ošetření. Nejlepší je podzimní aplikace v co nejnižší růstové fázi chundelky metlice.

Mezi hlavní kritéria pro výběr herbicidů patří účinnost herbicidu na spektrum plevelů a cena přípravku. V praxi se pak velice často setkáváme s tím, že herbicid, který vykazuje velice dobrý účinek na plevele je poté velice hojně a opakovaně používán k regulaci plevelů. Některé druhy plevelů mají velice dobrou schopnost adaptovat se na vzniklé podmínky, které se opakují. V praxi to znamená, že opakované používání herbicidů se stejným mechanismem účinku je hlavní příčinou vzniku a šíření rezistence. Lze tak potvrdit tvrzení (Holt, 1992), že opakující se dlouhodobá aplikace herbicidů se stejným mechanismem účinku, společně s používáním nevhodných strategií v současném zemědělství vedou jednoznačně k vývoji rezistence chundelky metlice vůči herbicidům, stejně jako u dalších druhů na celém světě.

Mezi nejčastěji používané herbicidní účinné látky k regulaci chundelky metlice na okrese Jičín patří pyroxsulam, iodosulfuron, a chlorsulfuron, které patří do skupiny ALS inhibitorů. Dále se používají herbicidy s kombinací účinných látek diflufenican a flufenacet a účinná látka chlorotoluron. Podle údajů Státní rostlinolékařské zprávy byl, v roce 2011 nejvíce používanou účinnou látkou do obilnin v České republice isoproturon. Jako druhá

nejčastěji používaná účinná látka byla, podle údajů Státní rostlinolékařské správy, pendimethalin a třetí chlorotoluron (Státní rostlinolékařská správa, 2013). ALS inhibitory jsou nejpoužívanější skupinou herbicidů k regulaci chundelky metlice v ozimých obilninách na okrese Jičín následovány inhibitory PS II. Nejpoužívanější skupinou herbicidů v České republice jsou PS II inhibitory (Státní rostlinolékařská správa, 2013).

Již dříve byla v několika studiích potvrzena rezistence chundelky metlice vůči acetolaktátsyntázu inhibujícím herbicidům, a to v roce 2005 v Polsku (Marzewska and Rola, 2005), v České republice (Nováková et al., 2006), v Německu (Balgheim et al., 2007) a v roce 2006 ve Švýcarsku (Delabays et al., 2006). V této práci byly jednoznačně potvrzeny další biotypy rezistentní vůči acetolaktátsyntázu inhibujícím herbicidům.

Inhibitory acetolaktátsyntázy patří mezi nejrozšířenější herbicidní skupinu na světě. Nevýhodou této skupiny herbicidů je schopnost za velice krátkou dobu selektovat rezistentní populace plevelů. V současné době je popsáno 129 druhů plevelů odolných vůči ALS inhibitorům (www.weedscience.org).

Také v této práci byly po nádobových pokusech potvrzeny rezistentní populace chundelky metlice vůči účinné látce iodosulfuron. Aplikovaná dávka 100g účinné látky iodosulfuron na chundelku metlici ve fázi 2 – 3 listů vykazovala jednoznačné rozdíly v účinnosti mezi jednotlivými populacemi. Ze sedmi testovaných vzorků hned čtyři byly ohodnoceny jako rezistentní, z toho dva vzorky jako vysoce rezistentní vůči účinné látce iodosulfuron.

7. Závěr

Z terénního šetření vyplývá, že chundelka metlice se pravidelně vyskytuje v ozimých obilninách a to na pozemcích po celém Jičínském okrese. ALS inhibitory jsou nejčastěji používanou skupinou herbicidů k regulaci chundelky metlice v okrese Jičín. Jejich časté a opakované používání, pravděpodobně způsobilo vznik rezistence i v této sledované oblasti, jelikož i zde byly objeveny populace chundelky metlice rezistentní k sulfonylmočovinám, konkrétně k účinné látce iodosulfuron. Výsledky uvedené v této práci mohou posloužit v praxi, protože byly poskytnuty farmářům. Stejně jako již dříve uvedené studie této problematiky i tato práce potvrzuje, že rezistenci plevelů v žádném případě nelze podceňovat a snažit se aplikovat takové antirezistentní strategie, které zabrání dalšímu šíření rezistentních populací.

8. Použitá literatura

- 1) BALGHEIM, N., WAGNER, J., GERHARDS, R. 2007. ALS-inhibitor resistant *Apera spica-venti* (L.) Beauv. Due to target-site mutation. In: European Weed Research Society 14th EWRS Symposium, Hamar-Norway, eds. Netland, J., str. 147.
- 2) BLACKMAN, G.E., 1950. Selection toxicity and the development of selective weed killers. *Journal of the Royal Statistical Society* 98. 500 - 517
- 3) BURYŠKOVÁ, L., 1999. Výskyt plevelů v obilninách. *Agro* 8, str. 8 – 11.
- 4) DELABAYS, N., MERMILLOD, G., BOHREN, CH. 2006. First case of resistance to sulfonylurea herbicides reported in Switzerland: a biotype of loose silky-bent (*Apera spica-venti* (L.) Beauv.). *Journal of Plant Diseases and Protection*, 20, str. 89-94, Stuttgart.
- 5) HALL, L.M., MOSS, S., R., POWLES, S.B. 1997. Mechanisms of resistance to aryloxyphenoxypropionate herbicides in two resistant biotypes of *Alopecurus myosuroides* (blackgrass): herbicide metabolism as a cross-resistance mechanism. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 57, str. 87-98.
- 6) HAMOUZOVÁ, K., SOUKUP, J., JURŠÍK, M., HAMOUZ, P., VENCLOVÁ, P. & TUMOVÁ, P. 2011. Cross-resistance to free frequently used sulfonylurea herbicides in populations of *Apera spica-venti* from the Czech Republic. *Weed Research* 51, 113 – 122.
- 7) HAMOUZOVÁ, K., JURŠÍK, M., KOŠNAROVÁ, P. 2012. Rezistence plevelů vůči herbicidům. *Agrotip* 9, str. 6 – 7.
- 8) HARPER, J. L. 1956. The evolution of weed in relation to resistance to herbicides. In: *Proceedings 3rd British Weed Control Conference*, Blackpool, UK, 179 – 188.
- 9) HEAP, I., LEBARON, H. 2001. Introduction and Overview of Resistance, In: Powles, S.B., Shaner, D.L.: *Herbicide Resistance and World Grains*. CRC, Press LLC.
- 10) HOLM, L.G., PLUCKNETT, D.L., PANCHO, J.V., HERBERGER, J.P. 1977. The World's worst weeds. *East-West center book / The University press of Havai*.
- 11) HOLT, J. 1992. History of Identification of Herbicide-Resistant Weeds. *Weed Technology* 6, 615 – 620.
- 12) HRAC- Herbicide Resistance Action Committee: <http://www.hracglobal.com/>
- 13) HRON, F., KOHOUT, V. 1986. *Polní plevelé – Část obecná*. Vysoká škola zemědělská Praha, 168.

- 14) JURSÍK, M., SOUKUP, J., LAKSAROVÁ, M. 2010. Místo a mechanismus účinku herbicidů a projevy jejich působení na rostliny. Agromanuál 7, str. 22 – 23.
- 15) JURSÍK, M., HOLEC, J., HAMOUZ, P., SOUKUP, J. 2011. Plevelé – Biologie a regulace. Kurent, s.r.o. 232. ISBN 978-80-87111-27-7
- 16) JURSÍK, M., SOUKUP, J. 2012. Důvody a možnosti jarního ošetření ozimů proti plevelům. Agrotip 2, str. 1 – 3.
- 17) JURSÍK, M., SOUKUP, J. 2012. Podzimní regulace plevelů v porostech ozimých obilnin. Agromanuál 8, str. 10 – 12.
- 18) JURSÍK, M., HAMOUZOVÁ, K., HOLEC, J. 2012. Regulace problematických ozimých trávovitých plevelů v obilovinách. Agromanuál 8, str. 16 – 19.
- 19) KALABUS, J. 2012. Jarní regulace plevelů v obilninách. Agromanuál 2, str. 12 – 15.
- 20) KOHOUT, V. - HRON, F. - CHODOVÁ, D. - MARTÍNKOVÁ, Z. - MIKULKA, J. - SOUKUP, J. - STACH, J. (1996): Herbologie, plevelé a jejich regulace. Reprografické studio PEF ČZU. Praha.
- 21) KOCH, W. 1970. Unkrautbekämpfung. Eugen Ulmer, Stuttgart
- 22) KOCH, W., HURLE, K. 1978. Grundlagen der Unkrautbekämpfung. UTB Verlag Stuttgart.
- 23) KOŠNAROVÁ, P., HAMOUZOVÁ, K., SOUKUP, J. 2011. Chundelka metlice - Rezistence vůči sulfonylmočovinám. Agromanuál 8, str. 16 – 17.
- 24) KRYSIAK, M., GAWRÓNSKI, S.W., ADAMCZEWSKI, K., KIERZEK, R. 2011. ALS gene mutations in *Apera spica-venti* confer broad-range resistance to herbicides. Journal of plant protection research, 51. 261 - 267
- 25) MALLORY-SMITH, C. & NAMUTH, D. 2011. Overview and objectives of herbicide resistance:
- 26) MARCZEWSKA, K., ROLA, H. 2005. Biotypes of *Apera spica-venti* and *Centaurea cyanus* resistant to chlorsulfuron in Poland. In: Proceedings 2005 13th EWRS symposium, Bari, Italy, 197.
- 27) MASSA, D. 2011. Investigations on herbicide resistance in *Apera spica-venti* populations. Faculty of Agricultural Sciences. Palermo
- 28) MAYOR, J. P., MAILLARD, A. 1997. A wind bent grass biotype resistant to the herbicide isoproturon found in Changins. Revue Suisse d'Agriculture, 29, str. 39-44.
- 29) MELANDER, B. 1993. Population dynamics of *Apera spica-venti* as influenced by cultural methods. Brighton Crop Protection Conference - Weeds, Brighton, str. 107-112.

- 30) MELANDER, B., HOLST, N., JENSEN, P.K., HANSEN, E.M. & OLESEN, J.E. 2008. *Apera spica-venti* population dynamics and impact on crop yield as affected by tillage, crop rotation, location and herbicide programmes. *Weed Research* 48, 48 – 57.
- 31) MIKULKA, J. - CHODOVÁ, D. 1998. Rezistence plevelů vůči herbicidům. *Rostlinolékař*, 3, 13-14.
- 32) MIKULKA, J., KNEIFELOVÁ, M. 2005. Plevelné rostliny. Profi Press, s.r.o., Praha, 147, ISBN 80-86726-02-9.
- 33) MIKULKA, J., SLAVÍKOVÁ, L. 2008. Metody diagnostiky a regulace rezistentních populací plevelů vůči herbicidům. VÚRV Praha 6 – Ruzyně [cit. 12-2-2013]. Dostupné z <<http://www.vurv.cz/files/Publications/ISBN978-80-87011-50-8.pdf>>.
- 34) MURPHY, C., & LEMERLE, D. 2006. Continuous cropping systems and weed selection. *Euphytica* 148, 61 – 73.
- 35) NIEMANN, P., 2000. Resistance of silky bentgrass (*Apera spica-venti*) against Isoproturon. *Mitteilungen Biologischer Bundesanstalt Land-und Forstwirtschaft*, 376, 147 – 148.
- 36) NOVÁKOVÁ, K. - SOUKUP, J. - HAMOUZ, P. - NÁMĚSTEK, J. 2005. Chundelka metlice (*Apera spica-venti* (L.) Beauv.) Regulace výskytu v polních plodinách. *Rostlinolékař*, 5, 24 - 26.
- 37) NOVÁKOVÁ, K., SOUKUP, J., WAGNER, J., HAMOUZ, P., NÁMĚSTEK, J. 2006. Chlorsulfuron resistance in silky bent-grass (*Apera spica-venti* (L.) Beauv.) in the Czech Republic. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 20, str. 139-146, Stuttgart.
- 38) PORTYCH, P. 2012. Mustang Forte a Hurricane – nejlepší volba pro ošetření obilnin proti plevelům. 2. 18 – 19.
- 39) POWLES, S.B., & SHANER, D.L. 2001. *Herbicide resistance in world grains*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- 40) POWLES, S. B., & YU, Q. 2010. Evolution in action: plants resistant to herbicides. *Annual Review of Plant Biology* 61, 317 – 347.
- 41) SZEKERES, F. 1991. The development of *Apera spica-venti*. *Botanikai-Kozlemlenyek* 78. 113 - 125
- 42) SOUKUP, J, NOVÁKOVÁ, K., HAMOUZ, P., NÁMĚSTEK, J. 2006. Ecology of silky bent grass (*Apera spica-venti* (L.) Beauv.), its importance and control in the Czech Republic. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 20, str. 73-80, Stuttgart.
- 43) WWW.BASF.CZ [cit. 2013-03-20] Dostupné z <<http://www.agro.basf.cz/agroportal/cz/cs/startpage.html>>

- 44) WWW.CZSO.CZ Český statistický úřad [cit. 2013-03-10]. Dostupné z
<http://www.czso.cz/csu/2011edicniplan.nsf/kapitola/2129-11-n_2011-8000>
- 45) WWW.SRS.CZ. Státní rostlinolékařská správa [cit. 2013-03-10]. Dostupné z
<http://eagri.cz/public/web/file/162025/spotreba_UL_2011.pdf>
- 46) WWW.WEEDSCIENCE.ORG [cit. 2013-03-20]. Dostupné z
<<http://www.weedscience.org/summary/MOA.aspx>>

9. Seznam příloh

Příloha č. 1: dotazník

Příloha č. 2: obrázek účinnosti herbicidu Husar OD 30 dní po aplikaci

Dotazník

prosím, o vyplnění následujícího dotazníku, jehož vyhodnocení poslouží k vypracování bakalářské práce na téma rezistence chundelky metlice k herbicidům v oblasti Jičínska. Předem děkuji za Váš cenný názor i Vaši spolupráci!

DATA O VAŠEM PODNIKU:

1. Název podniku:
2. Nadmořská výška: Okres:
3. Výměra obhospodařované zemědělské půdy: celkem: ha z toho orná:ha
4. Jaké půdy a půdní druhy převažují na Vašich pozemcích?
 - a) lehké půdy
 - písčité půdy% ha
 - hlinitopísčité půdy% ha
 - b) střední půdy
 - písčitohlinité půdy% ha
 - hlinité půdy% ha
 - c) těžké půdy
 - jílovitohlinité půdy% ha
 - jílovité půdy% ha
5. Na kolika ha pěstujete obiloviny? ha
ozimé ha jarní ha
6. Pěstujete obilniny na jednom pozemku více let po sobě?
 - ANO, ale střídám ozim – jařina
 - ANO, ale ne více jak tři roky
 - ANO, ale ne více jak dva roky
 - NE, v osevním postupu nezařazují obilninu po obilnině
 - NE, jen v případě zaorání nevzešlého porostu

Výskyt chundelky metlice:

7. Z hlediska škodlivosti považujete chundelku metlici v obilovinách?
 - jako plevel nejvíce škodlivý
 - jako plevel významně škodlivý
 - jako plevel méně škodlivý

8. Jak hodnotíte výskyt chundelky metlice v obilovinách?

- | | ozimé | jarní |
|--|--------------------------|--------------------------|
| a) nevyskytuje se | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b) nepravidelný nebo slabý výskyt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| odhad plochy výskytu | ha | ha |
| c) pravidelný výskyt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| odhad plochy výskytu | ha | ha |
| d) pozoruji její výskyt i v jiné plodině | | |

9. Po jakém způsobu zpracování půdy pozorujete vyšší výskyt chundelky metlice?

- orba
 minimalizace

10. Pozorujete zvýšenou odolnost (rezistenci) chundelky metlice k herbicidům v posledních letech?

- Ano, významně zejména vůči účinným látkám
- Ano, pouze lokálně
- Ne, nepozoruji

11. Používáte pro ošetření obilovin (vzhledem k možnému vzniku rezistence) herbicidy se stejným mechanismem účinku každoročně?

- Ano, pravidelně
- Ne, střídám herbicidy i s jinými mechanismy účinku

Způsoby zpracování půdy před setím obilovin:

12. Jaké používáte způsoby zpracování půdy před setím ozimých obilovin?

1. Způsob zpracováníhloubka zpracovánícm..... % ha
2. Způsob zpracováníhloubka zpracovánícm % ha
3. Způsob zpracováníhloubka zpracovánícm% ha

13. Jaké používáte způsoby zpracování půdy před setím jarních obilovin?

1. Způsob zpracováníhloubka zpracovánícm..... % ha
2. Způsob zpracováníhloubka zpracovánícm% ha
3. Způsob zpracováníhloubka zpracovánícm% ha

Aplikace herbicidu proti chundelce metlici:

14. Podle jakých z níže uvedených kritérií rozhodujete o výběru herbicidu do obilovin?

(očísľujte 1-5, 1 – nejdůležitější kritérium – 5 nejméně důležité kritérium)

- podle ceny přípravku
- podle účinnosti na spektrum plevelů
- podle termínu aplikace
- podle vlastností herbicidu (systémový, kontaktní)
- podle možné míšitelnosti s dalšími pesticidy a hnojivy

15. Uved'te, jaké herbicidy používáte k ošetření ozimých a jarních obilovin, jejich dávky, termín aplikace a spolehlivost účinku?

Ozimé obiloviny			
Název herbicidu	Dávka na ha	Termín aplikace *	Spolehlivost účinku **

* PRE, POST

** vysoká spolehlivost, občasné výpadky v účinnosti, nízká spolehlivost

Jarní obiloviny			
Název herbicidu	Dávka na ha	Termín aplikace *	Spolehlivost účinku **

* PRE, POST

** vysoká spolehlivost, občasné výpadky v účinnosti, nízká spolehlivost

16. Který z výše uvedených herbicidů má na Vašich pozemcích nejlepší účinnost na chundelku metlici?

.....
.....
.....

17. Který z výše uvedených herbicidů má na Vašich pozemcích nejhorší účinnost na chundelku metlici?

.....
.....
.....

18. Které herbicidy jste v minulosti vyřadili z používání, vzhledem k jejich nedostatečné účinnosti na chundelku metlici?

.....
.....
.....

Děkuji za Váš čas a za vyplnění dotazníku

Zdeněk Fejfar

30 DAT

HUSAR OD 0,1 L/HA



KONTROLA

VALDOV

**REZISTENTNÍ
BIOTYP**

BĚLOHRAD

MILETÍN

DOLANY

VITINĚVES

VOLANICE

LIBĚŠICE

**CITLIVÝ
BIOTYP**