

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroekologie a rostlinné produkce



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv růstové fáze a povětrnostních podmínek na účinnost
půdních herbicidů na ježatku kuří nohu**

Diplomová práce

**Bc. Barbora Kučáková
Rostlinolékařství**

prof. Ing. Miroslav Jursík, Ph.D.

© 2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv růstové fáze a povětrnostních podmínek na účinnost půdních herbicidů na ježatku kuří nohu" 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 neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 20. 4. 2024

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala prof. Ing. Miroslavu Jursíkovi, Ph.D. za cenné rady při psaní této diplomové práce a také za jeho čas a vždy vstřícný přístup. Dále bych chtěla poděkovat Theresa Ann Reinhardt Piskackova, Ph.D. za pomoc při sběru dat, její odborné rady, ochotu a čas. Mé díky také patří Ing. Josefu Kučerovi s pomocí při sběru dat a poskytnutí rad. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat mým rodičům a známým, kteří mě ve studiu podporovali jakýmkoliv způsobem a za jejich pevné nervy, které se mnou museli mít při ne vždy zlatých časech.

Vliv růstové fáze a povětrnostních podmínek na účinnost půdních herbicidů na ježatku kuří nohu

Souhrn

Kukuřice je celosvětově významnou obilninou, jedná se o teplomilnou rostlinu s poměrně pomalou dynamikou počátečního růstu, která patří mezi jednu s nejvyšším výnosovým potenciálem. Nejvýznamnějším plevem v kukuřici je v ČR v dnešní době ježatka kuří noha, a to díky své vysoké konkurenční schopnosti, jejímu rychlému růstu a mohutnému kořenovému systému a odolnosti k herbicidům. Herbicidní ošetření proti ježatce kuří noze se dá provést v širokém aplikačním termínu: preemergentně, časně postemergentně nebo postemergentně. Povětrnostní podmínky, které nejvíce ovlivňují účinnost herbicidů, jsou srážky (vlhkost půdy) a teplota. Z půdních podmínek ovlivňuje účinnost především zrnitostní složení, obsah organické hmoty a pH půdy.

Kukuřice je náchylná na zaplevelení zejména v období vzcházení do fáze šesti až osmi listů, po zapojení kukuřice vliv plevelů na výnosotvorné prvky kukuřice je nízký. Toto období se však může lišit v důsledku povětrnostních podmínek, druhového složení plevelného spektra nebo jeho hustotou zaplevelení. Plevel je možné regulovat řadou metod, nejčastěji se využívá mechanických nebo chemických. Tato práce se zabývala herbicidním ošetřením časně postemergentním. Vzhledem ke zvyšování pěstebních ploch kukuřice se chemické metody využívají častěji než ostatní metody regulace plevelů. Při herbicidním ošetření kukuřice dochází často ke kombinaci 2,3 či více účinných látek, kvůli jejich synergistickému působení a také jako antirezistentní opatření.

V letech 2022 a 2023 byly provedeny dva maloparcelní pokusy, jejichž cílem bylo porovnání účinnosti čtyř jednosložkových herbicidů (Outlook, Somero, Merlin Flexx a Callisto 100 SC) v pěti aplikačních termínech (od počátku vzcházení v 5denních intervalech). Oba tyto ročníky se značně lišily v průběhu počasí, to se zejména v roce 2023 projevilo na extrémní tvorbě nadzemní biomasy a reprodukční schopnosti ježatky kuří nohy. Kukuřice naopak měla mnohem nižší výnos než v roce 2022. Od výsevu kukuřice byla také sledována vzcháživost ježatky kuří nohy. V průběhu vegetace došlo k vizuálnímu hodnocení účinnosti tohoto plevelu. Kromě vzcháživosti byla hodnocena nadzemní biomasa a reprodukční schopnost ježatky kuří nohy. Na konci vegetace bylo provedeno výnosové zhodnocení (výnos zrna) kukuřice. V roce 2022 vykázal nejlepší výsledky ve všech testovaných parametrech prostřední aplikační termín (T3), přičemž výnos kukuřice se pohyboval okolo 9 t/ha. V roce 2023 bylo nejlepší regulace ježatky dosaženo v pozdějších aplikačních termínech, přičemž výnosy byly výrazně sníženy vlivem opožděného zapojování porostu kukuřice (okolo 4,5 t/ha). Nejvyšší regulační efekt na ježatku kuří nohu vykázal herbicid Merlin Flexx (*isoxaflutole*). Dobrou účinnost na ježatku kuří nohu vykázal také herbicid Callisto 100 SC (*mesotrione*), jeho reziduální působení však bylo krátké a nedokázalo eliminovat vzcházení nových rostlin ježatky. Nejnižší (nulovou) účinnost vykázal herbicid Somero (*pethoxamid*).

Klíčová slova: vzcháživost plevelů, srážky, výnos kukuřice, reprodukční schopnost plevelů

Effect of growth stage and weather conditions on efficacy of soil herbicides on *Echinochloa crus-galli*

Summary

Maize is a globally important cereal, a thermophilic plant with a relatively slow initial growth rate, and one of the highest yield potential. The most important weed in maize in the Czech Republic today is the *Echinochloa crus-galli*, due to its highly competitive ability, its rapid growth and robust root system, and its resistance to herbicides. Herbicide treatments against barnyard grass can be applied in a wide range of application timings: preemergent, early postemergent or postemergent. Weather conditions that most affect herbicide efficacy, are precipitation (soil moisture) and temperature. Of the soil conditions, grain composition, organic matter content and soil pH are the main influences on efficacy.

Maize is susceptible to weed infestation, especially during the emergence period up to the six to eight leaf stage, after maize canopy closure, the effect of weeds on the yield-forming elements of maize is low. However, this period may vary due to weather conditions, weed spectrum and density. Weeds can be controlled by several methods, the most common being mechanical or chemical. This thesis looked at early postemergent herbicide treatments. As maize growing area increases, chemical methods are used more frequently than other weed control methods. Herbicide treatments of maize often involve a combination of 2,3 or more active ingredients because of their synergistic action and as an anti-resistance strategy.

Two small-plot trials were conducted in 2022 and 2023 to compare the efficacy of four single-component herbicides (Outlook, Somero, Merlin Flexx and Callisto 100 SC) at five application terms (from the onset of emergence at 5-day intervals). The two growing seasons varied considerably in weather patterns, this was particularly evident in 2023 in the extreme above ground biomass production and reproductive ability of *E. crus-galli*. Maize, on the other hand, had a much lower yield than in 2022. The emergence of *E. crus-galli* has also been monitored since maize seeding. During the growing season, a visual assessment of the effectiveness of this weed was made. In addition to emergence, the above-ground biomass and reproductive capacity of barnyard grass were assessed. At the end of the growing season, a yield assessment (grain yield) of the maize was carried out. In 2022, the middle application term (T3) showed the best results in all tested parameters, with maize yield around 9 t/ha. In 2023, the best *E. crus-galli* control was achieved in later application dates, with yields significantly reduced due to delayed maize stand establishment (around 4.5 t/ha). Merlin Flexx (*isoxaflutole*) herbicide showed the highest control effect on *E. crus-galli*. The herbicide Callisto 100 SC (*mesotrione*) also showed good efficacy on *E. crus-galli*, but its residual effect was short and failed to eliminate the emergence of new *E. crus-galli* plants. The herbicide Somero (*pethoxamid*) showed the lowest (zero) efficacy.

Keywords: weed emergence, precipitation, maize yield, reproductive ability

Obsah

1	Úvod	10
2	Vědecká hypotéza a cíle práce	11
3	Literární rešerše	12
3.1	Kukuřice setá (<i>Zea mays</i> L.)	12
3.1.1	Popis	12
3.1.2	Technologie pěstování a sklizně	12
3.1.3	Škůdci a choroby	13
3.1.4	Šlechtění	14
3.2	Plevelné spektrum kukuřice	14
3.2.1	Konkurenční schopnost plevelů v kukuřici	15
3.3	Ježatka kuří noha (<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv.)	16
3.3.1	Popis	16
3.3.2	Požadavky na stanoviště	17
3.3.3	Růst a konkurenční schopnost	17
3.3.4	Škodlivost	18
3.3.5	Metody regulace	19
3.3.6	Vliv povětrnostních podmínek na účinnost půdních herbicidů	22
3.3.7	Inhibitory syntézy p-hydroxyfenyl pyruvát dioxygenázy (HPPD inhibitory)	23
3.3.8	Inhibitory biosyntézy mastných kyselin s velmi dlouhým řetězcem (VLCFA inhibitory)	24
4	Metodika	26
4.1	Charakteristika polního pokusu	26
4.1.1	Podmínky stanoviště	26
4.1.2	Povětrnostní a klimatická charakteristika	27
4.1.3	Zpracování půdy a hnojení pokusného pozemku	29
4.2	Založení a průběh pokusu	29
4.2.1	Založení pokusu	29
4.2.2	Aplikace herbicidů	30
4.2.3	Hodnocení účinnosti herbicidů	31
4.2.4	Hodnocení vzházivosti ježatky kuří nohy	31
4.2.5	Hodnocení hmotnosti nadzemní biomasy, reprodukční schopnosti ježatky kuří nohy a výnosu zrna kukuřice	32
4.2.6	Statistické zpracování výsledků	32
5	Výsledky	33
5.1	Hodnocení účinnosti herbicidů	33
5.2	Hodnocení vzházivosti ježatky kuří nohy	35
5.3	Hodnocení hmotnosti nadzemní biomasy ježatky kuří nohy	44

5.4	Hodnocení reprodukční schopnosti ježatky kuří nohy	46
5.5	Hodnocení výnosu zrna kukuřice seté	49
6	Diskuze	52
7	Závěr	56
8	Literatura	60
9	Seznam obrázků	70
10	Seznam rovnic	70
11	Seznam grafů	70
12	Seznam tabulek	71
13	Samostatné přílohy	74

1 Úvod

Kukuřice je širokořádková plodina, u které je poměrně pomalá počáteční dynamika růstu. Jedná se o plodinu, která se celosvětově řadí mezi jednu z nejvýznamnějších plodin, a to kvůli svému širokému využití (od kosmetiky po krmivo nebo výrobu bioplynu). Zároveň se jedná o obilninu, která je díky svému širokořádkovému způsobu pěstování nejnáchylnější na zaplevelení. Ve svých raných růstových fázích je kukuřice značně ovlivňována plevely, kdy dochází ke kompetici o živiny a především vodu. Často dochází k vodnímu stresu nebo ke snížení obsahu dusíku v půdě, což může zapříčinit chlorózy nebo rychlejší stárnutí listů. V prvních týdnech vegetace kukuřice zvyšuje hmotnost své biomasy o cca 2-3 %, zatímco u plevelů se tato hodnota pohybuje v rozmezí 15-18 %.

K intenzivnímu rozšíření ježatky kuří nohy došlo po zavedení kukuřice v šedesátých letech minulého století, zejména pak její monokulturní pěstování, kdy se využívalo triazinových herbicidů. V současnosti se vyskytuje ve všech širokořádkových plodinách, ale i v řídkých porostech jarních obilnin. Jedná se tak o nejvýznamnější plevel kukuřice, který může snížit výnos až o 30 %. Je to jednoletá pozdně jarní tráva, která díky podobným nárokům na klimatické a půdní podmínky, vysoké konkurenceschopnosti a mohutnému kořenovému systému velmi konkuruje kukuřici zejména v první polovině vegetace. Ježatka kuří noha je úspěšným plevelem také díky vysoké produkci snadno dispergovatelných obilek, které se vyznačují dlouhou perzistencí v půdě díky dormanci. Ježatka kuří noha je také poměrně odolná vůči herbicidům používaných v kukuřici. Je schopna vyprodukovat alelopatické látky, které mohou inhibovat klíčení obilek a růst mladých rostlin kukuřice.

Při herbicidním ošetření je možno vybírat z širokého spektra účinných látek, většina herbicidů aplikovaných preemergentně nebo časně postemergentně však na ježatku selhává, a to především v aridních oblastech či za sucha. U postemergentních herbicidů, zejména těch ze skupiny inhibitorů acetolaktát syntázy (ALS), je zase vysoké riziko vývoje rezistence u ježatky kuří nohy, zejména pokud se tyto herbicidy používají opakovaně při monokulturním pěstování kukuřice. Mezi nejčastěji využívané účinné látky v porostech kukuřice se řadí například *dimethenamid*, *pethoxamid*, *isoxaflutole*, *terbuthylazin* nebo *mesotrione*.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem této diplomové práce je vytvoření kvalitní literární rešerše studované problematiky a experimentální porovnání účinnosti 4 účinných látek herbicidů na ježatku kuří nohu v různých povětrnostních podmínkách a různých růstových fázích.

Byly stanoveny 3 vědecké hypotézy:

- 1) Výběr herbicidu má průkazný vliv na účinnost na ježatku kuří nohu v závislosti na povětrnostních podmínkách a růstové fázi ježatky.
- 2) Výběr herbicidu a termínu aplikace má průkazný vliv na dynamiku vzcházení ježatky kuří nohy během vegetace.
- 3) Snížení účinnosti na ježatku kuří nohu se negativně projeví na výnosu kukuřice.

3 Literární rešerše

3.1 Kukuřice setá (*Zea mays* L.)

3.1.1 Popis

Kukuřice setá (*Zea mays* L.) je celosvětově velmi významná obilnina (Jimenez-Lopez 2012). Pěstuje se však také jako pícnina, tehdy se sklízí celá rostlina v mléčně-voskové zralosti zrna (Pelikán 2001). Jde o krátkodenní plodinu (Šnobl et al. 2007), která se pěstuje v širokých řádcích. Zhruba 50 % světové produkce kukuřice se vypěstuje v USA. Kukuřice je teplomilnou rostlinou, vyšlechtěné hybridy začínají klíčit při teplotě půdy 7-8 °C. Optimální teplota pro kvetení je 28-30 °C. Optimum pro tvorbu vegetativních orgánů je okolo 20 °C (Šantrůček et al. 2008).

Jedná se o jednoletou jednodomou travu. Její vzrůst se nejčastěji pohybuje kolem 1,5 až 2,5 metru (Coufal 2004). Samčí květy jsou tvořeny terminální latou (Novák & Skalický 2007), která je tvořena tyčinkovitými dvoukvětými klásky (Jahodář 2009). V úžlabí listů pak vyrůstají samičí květenství (palice) kryté pochvami listenů, kdy z vrcholu palice vyčnívá skupina blizen (Coufal 2004). Kukuřice má nahé neboli bezpluché obilky (TaufEROVÁ et al. 2014), které mají nízký obsah popelovin, a to hlavně vápníku (Kolektiv 1954). Největší podíl hmotnosti obilky kukuřice zaujímá endosperm obsahující škrobová zrna, z 16-18 % to jsou pak obalové vrstvy (TaufEROVÁ et al. 2014). V obilkách jsou obsaženy rovněž bílkoviny, vitamíny či karoten (Novák & Skalický 2007). Obilky kukuřice obsahují 4-6 % tuku, největší obsah tuku se nachází v klíčku a aleuronové vrstvě (Pelikán 2001).

Kukuřice se pěstuje na úrodných půdách, které jsou bohaté na živiny a organickou hmotu (Dragičević 2016). Nároky na půdu má silážní kukuřice celkově nižší než na teplotu. Nevhodné jsou pro ni těžké a chladné půdy, neboť oddalují termín setí (Šantrůček et al. 2008). Kukuřici však lze pěstovat na půdách s širokým rozsahem pH či s výživovou nevyvážeností (Dragičević 2016). Na tato místa se obvykle vysévají rané odrůdy/hybridy kukuřice. Kukuřice je odolná vůči suchu, ale není mrazuvzdorná. Kukuřice na zrno se pěstuje spíše v suchších a teplejších oblastech. Kukuřici na siláž je lepší pěstovat v podmínkách mírného vlhčího podnebí. Největší nároky na vodu má silážní kukuřice ve fázi konce sloupkování a v době metání. Pro kukuřici je charakteristický velmi pomalý počáteční růst a malý příjem živin. Potom následuje období velmi intenzivního růstu a příjmu živin. Za 35-45 dní je přijato 70-75 % všech živin. Ve hnojení není rozdíl mezi kukuřicí na siláž nebo zrno. V závislosti na výnosu by se měly dávky živin na hektar pohybovat okolo: 100-160 kg N, 45-65 kg P, 120-210 kg K. Vyšší dávky hnojiv se pak používají v bramborářské výrobní oblasti a na půdách s nižší zásobou živin (Šantrůček et al. 2008). Pro správný vývoj mohutného kořenového systému je vhodné hlubší zpracování půdy (Šnobl et al. 2007).

3.1.2 Technologie pěstování a sklizně

Při pěstování kukuřice se využívá výhradně hybridní osivo. Standardní hranice počátku setí je dána teplotou půdy 8-10 °C, v našich podmínkách je to přelom dubna/května. Na lehčích půdách a při pozdějších výsevech se doporučuje hlubší setí (50-70 mm), na těžších půdách a při časnějším setí menší hloubku (30-40 mm). Kukuřice se vysévá do řádků širokých 0,70-0,75 m. Hustota porostu kukuřice je důležitým faktorem ovlivňujícím kvalitu silážní hmoty. Doporučený počet rostlin je 70 000 (pozdní hybridy) - 110 000 (rané hybridy) na hektar. Neměla by být překročena hraniční hustota, a to je 150 000 ks/ha (Šantrůček et al. 2008).

Kukuřice má široké spektrum využití, je z ní vyráběna mouka, používá se jako kukuřičný šrot pro krmení hospodářských zvířat. Uplatnění si najde taktéž při výrobě škrobu a lihu,

v papírenském průmyslu, v kosmetice (Singh et al. 2020) či při konzumaci zelených palic kukuřice cukrové jako zeleniny (Kolektiv 1954). V letech 2016-17 šlo přibližně 28,9 % veškeré kukuřice v USA na výrobu bioethanolu. V těchto letech se také jednalo o největšího producenta ethanolu na světě s 15 250 miliony galony (577 275 025 hl) (Swain & Mohanty 2018). V Evropě se v roce 2019 na výrobu ethanolu využilo přibližně 5 milionů tun kukuřice (Voegele 2019). Podle Coyne (2010), se v amerických biorafinériích může vyrobit více než 22 tisíc milionů litrů pohonných hmot. Největší plochy pěstování silážní kukuřice se vyskytovaly v ČR v letech 1985-1990. Od této doby dochází k poklesu výměry silážní kukuřice, a to hlavně v důsledku snížení stavu skotu (Šantrůček et al. 2008). Tyto plochy jsou však nahrazovány plochami silážní kukuřice, jejichž biomasa se používá k výrobě bioplynu (Libosvár & Hanzal 2010; Vild 2020).

Rozvoj pěstování kukuřice seté na našem území nastal v padesátých letech minulého století (Buba 2017). Osevní plocha kukuřice na zrno byla v roce 2023 74 tis. ha. Hektarový výnos činil 7,14 t/ha (Český statistický úřad 2023).

Z celkové plochy kukuřice se cca na 85 000 ha pěstuje na siláž, do bioplynových stanic a na tvorbu bioethanolu (Libosvár & Hanzal 2010; Vild 2020). Většina pěstované kukuřice na Vysočině je určena k silážování. Kukuřice na zrno se nejvíce pěstuje v Jihomoravském kraji (Buba 2017).

Brant et al. (2020) uvádí, že kukuřice na siláž je u nás jednou z nejdůležitějších krmných plodin pro skot. Využívá se jak pro krmení masného skotu, tak je základem krmných dávek dojníc. Píce má totiž vysoký obsah škrobu, a tím je značně zvýšena její energetická hodnota. Čím méně má silážní kukuřice palic, tím se snižuje kvalita siláže, neboť zde není obsaženo tolik škrobu. Kromě krmivářského užití (Bacenetti et al. 2015), nachází silážní kukuřice své uplatnění v produkci bioplynu (González-García et al. 2013), díky svému vysokému výnosovému potenciálu a snadné konzervovatelnosti, která jak uvádí Fuksa (2018), vede ke kontinuálnímu používání v bioplynových stanicích.

Kukuřice na siláž bývá nejčastěji sklížena tehdy, když odpovídá mléčně-voskové fázi nebo je v začátcích voskové zralosti, taková kukuřice by tedy měla obsahovat 27-33 % sušiny (Šnobl et al. 2007). V bramborářské výrobní oblasti lze dosáhnout výnosu 12 tun sušiny z jednoho hektaru, v řepářské oblasti se výnos sušiny pohybuje okolo 14 tun (Šantrůček et al. 2008).

3.1.3 Škůdci a choroby

Nejvýznamnějším škůdcem kukuřice seté je zavíječ kukuřičný (*Ostrinia nubilalis*), přežívá v posklizňových zbytcích jako housenka, jenž se kuklí až na jaře (Brant et al. 2020), ty pak okusují hlavně listy. Vytváří chodbičky ve stéblech, vznikají pozerky na palicích. Zrno díky němu je pak lehce napadnutelné houbovými patogeny, a to hlavně rodem *Fusarium* (Hudec & Gutten 2007). Při napadení zavíječem jsou stébla náchylnější k polehání, kukuřice má nižší kvalitu a výnos. Účinné jsou insekticidy, které obsahují látky jako například *indoxacarb*, pyretroidy nebo *chlorantraniliprol* (Šmahel 2015). Podle Kocourka & Říhy ml. (2005) tato můra zapříčiňuje u kukuřice na zrno ztráty okolo 10-20 %. Z nechemických metod ochrany je důležitá likvidace posklizňových zbytků, případně se mohou využít parazitické vosičky (*Trichogramma evanescens*) (Hudec & Gutten 2007).

V nejteplejších oblastech pěstování je rozšířen také bázlivec kukuřičný (*Diabrotica virgifera virgifera*). Tonhasca & Stinner (1991) uvádějí, že na oraných půdách, přežívá mnohem méně vajíček, než pokud jsou využívány bezorebné technologie. Bázlivec má jednu generaci za rok, larvy se líhnou na jaře a škodí během června na kořenovém systému kukuřice, napadená rostlina se ohýbá a následně dochází k tvorbě tzv. husích krků. Dospělec se objevuje od června do srpna, vajíčka klade v období července až září do půdy, kde prezimuje

do následujícího jara. Dospělý brouk ožírá hlavně blizny a zrna v mléčné zralosti (Hudec & Gutten 2007; Meinke et al. 2009).

Bzunka ječná (*Oscinella frit* L.) je jedním z hlavních škůdců objevujících se na jaře. Vajíčka bzunka klade od vzejití až do čtvrtého listu kukuřice. V našich podmínkách má 3 generace za rok, pro kukuřici je nejškodlivější první generace, která se vyskytuje v dubnu nebo květnu, většinou škodí až do konce června. Larva první generace poškozuje hlavní výhon mladých kukuřic, které následně hynou nebo vytvářejí postranní výhony a stávají se trsovitě. Bzunka také zvyšuje náchylnost kukuřice k houbovým patogenům, a to zejména k *Ustilago maydis* (Bereš 2015; Kazda et al. 2010).

Výskyt virových onemocnění se velmi liší v závislosti na regionu (Oerke & Dehne 2004). Lapiere & Signoret (2004) uvádějí, že u kukuřice se vyskytuje více než 50 virových onemocnění. Příznaky, které jsou typické pro virová onemocnění, jsou pruhy na listech, mozaika či chloróza. Jestliže je kukuřice napadena v raných fázích růstu, dochází k zakrnění listů. Na starších rostlinách se virus projevuje zčervenáním nebo zfialováním listů (Redinbaugh & Zambrano 2014). Mezi nejrozšířenější virové onemocnění se řadí virová mozaika kukuřice (Ali & Yan 2012; Shulka et al. 1994).

Napadení kukuřice houbami rodu *Fusarium* je možné přes celé vegetační období. Houby *Fusarium* produkují velké množství mykotoxinů, které mohou znehodnocovat potraviny nebo krmiva. Při napadení kukuřice houbovými chorobami dochází k hnilobám, které postihují kořeny, stonky, listy či semena (Oldenburg et al. 2017). Houba se do půdy dostává infikovanými stonky nebo semeny. Infekce kukuřice je zesílena srážkami v pozdní sezóně (Omotayo & Babalola 2023).

Vedle fuzarióz se na kukuřici objevuje také helminthosporiová skvrnitost, jež je způsobena houbou *Setosphaeria turcica*. Tato choroba je známa i pod názvem severní spála kukuřice. Houba *Cochliobolus heterostophus* je původcem listové spály, známá je také jako jižní spála kukuřice. Aby kukuřice nebyla napadena snětí kukuřičnou (*Ustilago maydis*), je zapotřebí kontrolovat dávky dusíku, neboť s vyššími hodnotami dusíku, je pak riziko napadení vyšší (Brant et al. 2020). Jedná se o patogenní houbu, která způsobuje nádory na všech nadzemních orgánech kukuřice. Při vzniku těchto nádorů, dochází k naprosté změně fyziologie hostitele, morfologie buněk a vývoje orgánů (Matei & Doehlemann 2016). Škodlivost snětí kukuřičné obvykle nepřesahuje 10 %, u běžně pěstovaných hybridů je škodlivost kolem 2 % (Šantrůček et al. 2008).

3.1.4 Šlechtění

Významnou plodinou se kukuřice stala po roce 1918, kdy se začal při šlechtění využívat heterózní efekt. Od roku 1983 jsou známy první geneticky modifikované odrůdy kukuřice, které rozšiřují možnosti využití kukuřice (Šantrůček et al. 2008).

Od 30. let minulého století se na polích začala výrazně pěstovat kukuřice setá, rozšiřovaly se hybridní druhy a došlo k optimalizaci pěstebních postupů (Duvick 2005). Tehdejší šlechtitelé dosahovali chtěných fenotypů podle Schilling et al. (2018) až po stovkách provedených křížení kukuřice. Genetická variabilita pro selekci byla docílena přirozenými mutacemi, později se začalo využívat ozařování a mutagenese (Oladosu et al. 2016; Qi 2006).

3.2 Plevelné spektrum kukuřice

Regulace plevelů má zásadní vliv na úspěšný růst kukuřice, neboť její konkurenční schopnost je relativně nízká, zejména ve velmi raných růstových fázích. Jedná se o obilovinu, která je nejnáchylnější ke konkurenci plevelů. V prvních týdnech vegetace zvyšuje kukuřice svou hmotu pouze o 2-3 %, načež u plevelů se tato hodnota pohybuje v rozmezí 15-18 %.

Plevelné spektrum kukuřice zahrnuje dvouděložné i trávovité plevely. K regulaci plevelů se využívá zejména mechanických a chemických metod, kdy používání herbicidů se zvyšuje vzhledem k rostoucím pěstebním plochám kukuřice a taktéž k výrobním nákladům. Kvůli negativnímu vlivu plevelů na výnos kukuřice, se nejčastěji využívá kombinace 2, 3 nebo více účinných látek herbicidů, a to kvůli jejich synergickému působení (Meseldžija et al. 2018; Golebiowska & Kieloch 2016).

Jak uvádí von Redwitz et al. (2016), plevelné druhy snadněji přežívají v plodinách s podobným životním cyklem. Nejlepší podmínky pro takové plevely poskytují právě monokultury. U kukuřice to platí především pro ježatku kuří nohu. Kukuřice bývá většinou během vegetace ošetřována proti plevelům pouze jednou, čímž později vzcházející plevely nemusí být zasaženy a mohou tak vyprodukovat semena.

V porostech kukuřice se nejčastěji vyskytují jednoleté pozdní jarní plevely jako jsou laskavce, merlíky nebo rdesna, ty pro své klíčení potřebují teplotu půdy minimálně okolo 10 °C (Kohout 1997). V závislosti na lokalitě, porost může být zaplevelen také dalšími pozdními jarními druhy jako durman obecný, bažanka roční, béry nebo mračňák Theophrastův (Smutný 2012). Z trávovitých plevelů zapleveluje kukuřici hlavně ježatka kuří noha. Tyto plevely doplňují i vytrvalé plevely jako pcháč oset či pýr plazivý, rozmnožují se hlavně vegetativně v závislosti na intenzitě zpracování půdy (Kohout 1997; Jursík et al. 2018). Snížení výnosu kukuřice v důsledku zaplevelení se většinou pohybuje v rozmezí 30-70 %. Přítomnost menšího množství plevelů v porostech kukuřice však není nikterak škodlivá, škody narůstají s intenzitou zaplevelení, a to v závislosti na plevelném druhu, dobou vzejití, půdními a klimatickými podmínkami a načasováním herbicidního ošetření (Rusu et al. 2010).

V porostech kukuřice můžeme nalézt i přezimující druhy jako heřmánkovec nevonný, svízel přítula nebo kokoška pastuší tobolka (Jursík et al. 2018; Šmahel 2015).

3.2.1 Konkurenční schopnost plevelů v kukuřici

Čím větší zaplevelení, tím výnosové ztráty kukuřice budou vyšší, neboť kukuřice patří mezi plodinu, jež má nižší až střední schopnost konkurence vůči zaplevelení. Kritické období u kukuřice se nachází v rozmezí BBCH 09-16 (18), tedy v období, kdy kukuřice začíná vzcházet až do vzniku 6-8 listů (Jursík et al. 2018; Šmahel 2015). V tomto období je důležité porost kukuřice udržovat nezaplevelený, aby bylo dosaženo maximálního výnosu. Toto období je však odlišné podle klimatických podmínek, druhového složení plevelného společenstva a jeho počáteční hustotě (Doğan et al. 2004).

Při pěstování kukuřice jako monokultury, jak uvádí Šnobl et al. (2007), je mnohem pravděpodobnější větší výskyt škůdců a chorob, kteří na stanovišti mohou zůstat přes posklizňové zbytky. Taktéž se dá předpokládat větší míra zaplevelení, odčerpávání stejných živin, ve většině případů bývá zhoršen vodní režim, taktéž struktura půdy. V našich podmínkách se kukuřice monokulturně pěstuje 3 až 4 roky, neboť poté dochází k větší kumulaci posklizňových zbytků na pozemku, které jsou v tomto množství pomaleji rozložitelné a zbytečně zadržují vodu, která by byla potřebná pro vývoj kukuřice. Kvůli šíření bázlivce kukuřičného se pěstování kukuřice jako monokultury nedoporučuje (Kazda et al. 2010). Každopádně monokulturní pěstování kukuřice vede k selekci plevelného společenstva na stanovišti ve prospěch druhů, které se mohou u kukuřice velmi dobře uplatňovat (Smutný et al. 2018). Jak uvádějí Maqbool et al. (2006), intenzitu zaplevelení lze snížit, jestliže dojde ke snížení meziřádkové vzdálenosti ze 75 cm na 50 cm a vyšší hustotě setí kukuřice ze 7 na 10 rostlin/m². Produkce biomasy plevelů se podle Zimdahla (2004) snižuje výběrem raných hybridů s velkými listy. Hustota plevelů 5 až 8 týdnů po zasetí poskytuje většinou nejlepší odhad účinku zaplevelení na výnos než hustota zaplevelení bezprostředně před sklizní kukuřice.

V zaplevelených porostech kukuřice jsou patrné symptomy vodního stresu, což se projevuje nižším vodním potenciálem listů, snížením průduchové vodivosti listů

a sníženou intenzitou fotosyntézy. Vodní stres během intenzivního vegetativního růstu může omezit výšku porostu, hmotnost vyprodukované biomasy a vzhled listů, nemusí však omezit výnos. Ke snížení výnosu dojde, jestliže vodní deficit nastane během generativní fáze. Kukuřice pěstovaná v zaplevelených podmínkách mívá méně vyvinutý kořenový systém. Nižší obsah dusíku v půdě v důsledku odčerpávání plevely může u kukuřice vést k chlorózám a zrychlenému stárnutí listů. Dochází také ke snížení koncentrace chlorofylu v palicích při tvorbě blizen. U kukuřice je následně snížena celková produkce sušiny a také výnos. Vlhkost půdy ovlivňuje dostupnost živin (mineralizaci), následná konkurence o živiny mezi plevely a kukuřicí se tak mění podle půdní vlhkosti. Konkurence o světlo je také důležitým faktorem, a to z hlediska fotosyntézy, celkové morfologie rostliny a výnosu sušiny kukuřice. Kukuřice je dobrým konkurentem o hustotu fotosyntetického fotonového toku (PPFD), většina PPFD je zachycena převážně nejmladšími a nejvýkonnějšími listy kukuřice, přímá konkurence plevelů je pak relativně slabá. Snížení PPFD vede ke snížení rychlosti fotosyntézy. Jakékoliv snížení indexu listové plochy (LAI) pod optimum znamená menší zachycení PPFD, a tedy přímé ovlivnění výnosu kukuřice. Jestliže dojde ke snížení LAI během tvorby blizen dochází obvykle k redukcii počtu zrn v palicích. Plevely vykazují dvě hlavní strategie při získávání světla. Zaprvé se jedná o umístění listů nad konkurenční rostliny (durman obecný) nebo o vertikální posun v distribuci listové plochy (například kukuřice, jestliže je vyseta hustěji). Syndrom vyhýbání se stínu zahrnuje morfologické změny jako tenčí listy, prodloužená internodia a menší poměr mezi kořeny a nadzemní biomasou (Rajcan & Swanton 2001). Rajcan & Swanton (2001) poukázali na fakt, že rostliny kukuřice mají v raných fázích schopnost detekovat přítomnost sousedních rostlin jako potenciální konkurenty, a pak se pokouší během svého růstu vyhýbat stínu.

3.3 Ježatka kuří noha (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.)

3.3.1 Popis

Rod *Echinochloa* náleží do čeledi lipnicovitých (*Poaceae*) zahrnuje více než 250 druhů rostlin, mnohé z nich jsou považovány za plevele. Plevelné druhy, které se řadí do tohoto rodu, se liší svým růstovým habitem, rozšířením a morfologií. Nejvýznamnější druhy tohoto rodu jsou *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv., *Echinochloa colona* (L.) Link., *E. oryzicola* (Vasinger) Vasinger., *E. oryzoides* (Ard.) Fritsc., *E. muricata* (Beauv.) Fern a *E. phyllopogon* (Stapf) Vasc (Bajwa et al. 2015).

Ježatka kuří noha (*Echinochloa crus-galli*) je jednoletý pozdně jarní plevel. Jde o světle až tmavě šedozeleně zbarvenou volně trsnatou travu, která může měřit až 1,5 metru, většinou je však její velikost v rozmezí 30 až 100 centimetrů. V půdě má mohutný kořenový systém svazčitých kořenů. V raných fázích roste často poléhavě, později se napřimuje, bohatě odnožuje (4-20 odnoží) a v kolénkách může zakořeňovat (Jursík et al. 2018; Mikulka 2010).

Stébla ježatky jsou lysá, kolénka mohou být řídce chlupatá. Listy má lysé a hladké, na okrajích jsou pak drsné, jazýček u ježatky je nahrazen bělavými chloupky, ouška zde chybí. Květenstvím u ježatky kuří nohy jsou přímé nebo převislé laty, jež jsou tvořeny několika hroznovitě uspořádanými lichoklasy. Klásky jsou jednokvěté, které mají tři nestejně dlouhé štětinaté plevy, z nichž jedna vybíhá v osinu. Klásků na rostlině může být až 15. Barva klásků je zelená a fialová. Ježatka kvete od července do října. Plodem jsou obilky okrouhlého až vejčitého tvaru, které jsou černé, hladké a lesklé, s ostrou hranou. Obilky se v době zralosti zabarvují do světle hnědé barvy. Jedna rostlina ježatky vyprodukuje až několik tisíc obilek. Obilky jsou po dozrání dormantní po dobu 3 až 6 měsíců. Primární dormance je ovlivněna především délkou dne, při kterém dozrávají. Hromadně vzcházejí až následující rok na jaře, a to při vyšších teplotách půdy a vyšší vlhkosti, z hloubky až 12 cm. Do půdní zásoby

se obilky dostávají opadem z mateřské rostliny, na níž obilky dozrávají postupně několik týdnů. Obilky si udržují klíčivost 8-10 let (Kazda et al. 2010; Kohout et al. 1996; Perron & Légère 2008; Khan et al. 2017).

3.3.2 Požadavky na stanoviště

Ježatka kuří noha je rozšířena po celém světě, přizpůsobila se různým biotopům a klimatickým podmínkám. Klimatické změny mění rozšíření plevelů a některé plevely se postupně dostávají do vyšších zeměpisných šířek. Se zkracujícími se zimními obdobími se podmínky pro plevely využívající C₄ metabolismu stávají příznivější kvůli delšímu vegetačnímu období v těchto zeměpisných šířkách. Aby ježatka dokončila svůj životní cyklus, přizpůsobuje se teplotním a vlhkostním podmínkám prostředí (Bajwa et al. 2015). V nejvyšších zeměpisných šířkách (skandinávské či pobaltské oblasti), se ježatka rozšiřuje hlavně v důsledku oteplování. Prodloužení vegetačního období však může být limitováno délkou dne. Kratší den (9-13 hodin) umožňuje ježatce rychleji přejít do reprodukční fáze, naopak dny trvající 16 hodin podporují vegetativní růst ježatky (Maun & Barret 1986; Bajwa et al. 2015).

V ČR vyhovují ježatce teplé nížinné oblasti, v posledních letech se však dostává také do vyšších poloh, a to díky zvyšujícím se teplotám. Vyhovují jí vlhké, výživné, humózní půdy podél cest, v příkopech, na rumištích, úhorech a skládkách, březích vod a na orné půdě. Kdysi byla rozšířena zejména na lehkých půdách, nyní se dostává do míst s těžkými půdami. Její intenzivní výskyt je zapříčiněn vyšším zastoupením okopanin, především kukuřice v osevních sledech. Dokáže se však přizpůsobit podmínkám, tudíž je možné ji nalézt také na suchých či výživově chudých lokalitách, kde však dosahuje nižšího vzrůstu, vytváří pak méně lat a obilek. Na výživných půdách pak dochází k tvorbě mohutných rostlin (Kazda et al. 2010; Deyl 1964; Jursík et al. 2018). Vhodné pH pro klíčení ježatky je v rozmezí 4-8. Jedná se o teplomilný druh, který vyžaduje dvousetdenní periodu bez mrazů, průměrná teplota v červenci by se měla pohybovat mezi 16 a 25 °C s dostatečnou vlhkostí půdy. Ježatka velmi dobře snáší zaplavování (Jursík et al. 2018; Roche & Muzik 1964; Korres et al. 2016; Bajwa et al. 2015). Růst ježatky je méně intenzivní v suchých podmínkách, ve vlhkých podmínkách urychluje kvetení (Maun & Barret 1986; Bajwa et al. 2015). Delší primární dormanci mívají první dozrálé obilky (červenec). Později dozrálé obilky (konec srpna až září) mívají dormanci poněkud kratší (Jursík et al. 2018; Torma & Hodi 2002; Jabran 2020).

3.3.3 Růst a konkurenční schopnost

V porostu kukuřice nevyprodukuje jedna rostlina ježatky více než 3 500 obilek, zatímco v méně konkurenčních plodinách, jako je například cukrovka, může jedna rostlina vyprodukovat až 80 000 obilek. V případě, že je na stanovišti minimální konkurence ostatních plevelů, mohou rostliny ježatky kuří nohy vytvořit až několik stovek tisíc obilek na m² (Jursík et al. 2018; Torma & Hodi 2002; Jabran 2020).

Nejvyšší intenzita vzcházení ježatky je na jaře a pokračuje celou první polovinu vegetačního období kukuřice. Aby došlo k zabránění reprodukce později vzcházejících ježatek v porostu kukuřice, je doporučeno využití podsevu krycích plodin (luštěniny, směsi trav a luštěnin). Tyto krycí plodiny se do kukuřice vysévají 4 až 5 týdnů po kukuřici, po ošetření herbicidy s minimální reziduální aktivitou (Jung et al. 2012; von Redwitz et al. 2016). Předpokládá se, že potlačení těchto později vzcházejících biotypů eliminuje vývoj rezistence vůči herbicidům (von Redwitz et al. 2016).

V pokusech na krmené kukuřici Jabran (2020) prokázal, že zaplevelení ježatkou kuří nohou může mít závažný negativní vliv na růstové parametry kukuřice (hmotnost nadzemní i podzemní biomasy, výška rostlin, délka a šířka listů, počet listů). Jestliže kukuřice a ježatka

vzchází ve stejnou dobu či velmi podobně, škody na kukuřici mohou být mnohem vyšší než při pozdějším vzejití ježatky.

Ježatka využívá C_4 metabolismu, což umožňuje efektivní růst při vysokých teplotách a lepší hospodaření s vodou. Při krátkých dnech ježatka vytváří nízké rostliny s mnoha odnožemi, na kterých se následně vytvářejí drobné laty. Při dlouhém dni produkuje ježatka kuří noha mohutné rostliny s velkým množstvím obilek. Jestliže ježatka vzejde až v druhé polovině vegetace, jen velmi obtížně se prosazuje v dobře zapojených plodinách. Jestliže má ježatka optimální podmínky, pak je dynamika počátečního růstu a vývoje velmi rychlá, takže již po 10 dnech po vzejití může vytvářet první odnože. Konkurenční schopnost ježatky je velmi odvislá od vlhkosti půdy (Jursík et al. 2018; Holm et al. 1977; Korres et al. 2016; Claerhout et al. 2015).

Ve srovnání s C_3 rostlinami jsou C_4 rostliny mnohem odolnější vůči suchu, například Agostinetto et al. (2022) uvádí ve své práci, že rýže (C_3 rostlina) se za sucha potýkala s větším buněčným poškozením nebo sníženou fotosyntetickou aktivitou. Rovněž u ní došlo k poškození lipidů a proteinů do 5 dnů po vystavení stresu suchem, kdežto u ježatky (C_4 rostlina) nedošlo k ovlivnění důležitých biochemických procesů. Každopádně jak u C_3 a C_4 rostlin (v tomto případě rýže a ježatky) došlo vlivem sucha ke snížení obsahu proteinu o přibližně 10 %. U ježatky nedocházelo k uzavírání stomat, přesto se snížila rychlost fotosyntézy, která však byla u rýže ještě o 40 % nižší.

3.3.3.1 Vzcházení ježatky

Podle Vleeshouwerse & Kropffa (2000) je vzcházení výsledkem dvou různých procesů, a to klíčení a preemergentního růstu. Každý z těchto procesů je ovlivněn řadou abiotických a biotických faktorů, které určují dynamiku polní vzcházevosti ježatky. Klíčivost obilek je ovlivněna teplotou půdy a jejím kolísáním, vlhkostí půdy, světelnou expozicí, pH půdy a koncentrací kyslíku a dusičnanů v půdě (Merfield 2013).

V polních podmínkách ježatka obvykle začíná vzcházet až po jarní kultivaci půdy (Potvin 1986). Minimální teplota potřebná pro klíčení obilek ježatky se pohybuje mezi 10 až 15 °C, a to podle světelných podmínek, ročníku a původu obilek. Optimální teplota pro klíčení obilek ježatky je mezi 20 až 25 °C. Na klíčivost obilek pozitivně působí kolísání teplot (Jursík et al. 2018; Torma & Hodi 2002). Šoštarčić et al. (2021) ve svých pokusech založených v Chorvatsku na klíčivost ježatky kuří nohy došli k závěru, že klíčivost byla nejvyšší při teplotách 16 až 24 °C, při 12 a 28 °C se klíčivost průkazně snižovala.

Vzcházevostí ježatky kuří nohy se zabývali také Royo-Esnal et al. (2022), kteří testovali obilky norských a italských populací. Vyšší vzcházevost byla zaznamenána u italských populací než u norských. Norské populace ježatky měly tendenci k dřívějšímu vzcházení. Celková vzcházevost i dynamika vzcházení během vegetace se mezi jednotlivými populacemi lišila.

Potvin (1986) popsal vliv lokality na reprodukční schopnost ježatky. Například v americké Louisianě se první semena tvoří přibližně v polovině dubna, kdežto v Quebecu dochází k jejich tvorbě až na konci května či na začátku června.

3.3.4 Škodlivost

Ježatka kuří noha je velmi významným plevem, škodícím na celém našem území. Intenzivně se šíří od šedesátých let minulého století, kdy se začala pěstovat kukuřice v monokulturách s používáním vysokých dávek triazinových herbicidů (Kazda et al. 2010; Jursík et al. 2018; Martinková & Honěk 1998; Perron & Légère 2008). Tento plevel označuje Holm et al. (1977) za třetí nejškodlivější plevel na světě. Jeho výskyt je nejčastější v širokořádkových plodinách, okopaninách, zelenině, kukuřici a rýži. Poslední dobou se objevuje v řídkých porostech jarních obilnin, kde zvláště po vyšších dešťových srážkách na začátku června vytváří mohutný kořenový systém (Kazda et al. 2010; Jursík et al. 2018;

Martinková & Honěk 1998; Perron & Légère 2008). Jedná se o vysoce konkurenční plevel, proti kterému je potřeba zasáhnout velmi brzy po jeho vzejití, aby se zabránilo ztrátě na výnosu. Při silném výskytu mohou rostliny ježatky absorbovat až 60-80 % dostupného kyslíku z půdy (Claerhout et al. 2015). Ježatka má všechny nezbytné předpoklady pro úspěšnou konkurenci v různých geografických a klimatických podmínkách (Bajwa et al. 2015).

Je úspěšným plevelem díky velké produkci středně velkých, snadno dispergovatelných obilek, které si udržují dlouhou dormanci a poměrně vysokou odolnost vůči herbicidům (Maun & Barrett 1986). Ježatka při vysokém zaplevelení dokáže významně snižovat plochu listů kukuřice o cca 22 % a výnos zrna o 24-35 % (Jabran 2020). Ježatka může také inhibovat klíčení obilek a růst mladých rostlin kukuřice, a to díky alelopatickým látkám, které vylučuje (Khan et al. 2017).

Morfologické, fyziologické a biochemické vlastnosti tohoto plevele mu umožňují velmi silně konkurovat v rýži a dalších polních plodinách. Ježatka v rýži celosvětově způsobuje ztráty na výnose okolo 35 %, nicméně na některých lokalitách může být snížení výnosu až o 70 % (Bajwa et al. 2015).

Při průměrné hustotě 100 rostlin ježatky/m² byl výnos kukuřice redukován v průměru na 18 % v porovnání s nezaplevelenou kontrolou v Nizozemsku, přičemž výnosové ztráty mezi jednotlivými roky byly způsobeny vlivem rozdílné vzcházivosti mezi kukuřicí a ježatkou, a pak následnou kompeticí o světlo (Kropff et al. 1984). Také Bosnic & Swanton (1997) poukázali na důležitost termínu vzejití ježatky v porostu kukuřice. Jestliže došlo ke vzcházení ježatky kuří nohy spolu s kukuřicí, kdy ježatka měla hustotu 200 ks/m², výnos kukuřice byl zredukován o 26 až 35 %. Pokud ježatka kuří noha vzcházela až po vytvoření čtvrtého listu u kukuřice, výnosové ztráty byly menší než 6 %. Pokud ježatka vzešla do třetího listu kukuřice, vyprodukovala průměrně 34 600 obilek/m². Pokud ježatka vzešla až po vytvoření čtvrtého listu kukuřice, byla schopna vytvořit pouze 1 200 až 2 800 obilek/m².

3.3.5 Metody regulace

Ježatka kuří noha je dnes hospodářsky nejvýznamnějším plevelem kukuřice (Jursík et al. 2020). Spektrum herbicidů do kukuřice je poměrně široké, avšak často dochází k selhání jejich účinnosti, a to zejména v aridních oblastech či za sucha (hlavně herbicidy, které jsou přijímány kořeny). Výběr správného herbicidu je potřeba přizpůsobit plevelnému spektru a povětrnostním podmínkám (Jursík & Hřmanová 2022; Jursík et al. 2020).

Nejčastěji uváděným mechanismem rezistence u ježatky kuří nohy je strukturální změna cílového místa účinku herbicidu. Claerhout et al. (2015) uvádí, že rezistence některých populací ježatky vůči inhibitorům ALS (inhibitory acetolaktát syntázy) je způsobena také zvýšenou metabolickou aktivitou některých enzymů. Nejnížší citlivost na herbicidní ošetření byla pozorována u populací, které rostly v monokulturách kukuřic. Tyto populace vykazovaly různý stupeň rezistence k herbicidům s několika mechanismy účinku: *cycloxydim*, *topramezone* a *nicosulfuron*. Populace z běžných osevních sledů ošetřovaná proti plevelům konvenčním způsobem vykazovaly střední úroveň citlivosti k herbicidům. Citlivost testovaných populací na *dimethenamid* a *S-metalochlor* nebyla v této studii osevním postupem ovlivněna.

3.3.5.1 Vznik rezistence u ježatky

Rychlost, s jakou si populace v populaci plevelů vyvine rezistenci vůči herbicidům, je ovlivněna biologickými a genetickými vlastnostmi plevelů, ale také selekčním tlakem, který lze ovlivnit volbou pěstební technologie, osevního postupu a používanými herbicidy. Střídání plodin a herbicidů diverzifikuje selekční tlak, tím se dá zpomalit evoluční proces vývoje rezistence plevelů vůči herbicidům (Claerhout et al. 2015).

Populace ježatky kuří nohy nesou vysoké riziko vývoje rezistence vůči herbicidům, a to díky jejich vysoké genetické variabilitě, reprodukční schopnosti a dlouhověkosti obilek v půdě. Podle počtu hlášených unikátních případů rezistence je ježatka celosvětově na 8. místě, ježatka si vyvinula rezistenci vůči herbicidům s několika mechanismy účinků, a to vůči inhibitorům acetolaktát syntázy, inhibitorům acetyl-CoA karboxylázy (ACCázy), inhibitorům mikrotubulů, inhibitorům řetězců mastných kyselin s dlouhými řetězci, inhibitorům fotosystému II a inhibitorům karotenoidů. Nejčastěji se v polních podmínkách v porostech kukuřice vyskytuje rezistence proti inhibitorům fotosyntézy II a inhibitorům acetolaktát syntázy (ALS herbicidům) (Claerhout et al. 2015). Bajwa et al. (2015) uvádějí, že ježatka patří mezi nejnebezpečnější rezistentní plevele světa.

Jak uvádí von Redwitz et al. (2016), je téměř nemožné provádět polní pokusy o vývoji rezistence vůči herbicidům, jsou tedy velmi důležité počítačové simulační metody (např. PROSPER), které pomáhají předpovídat vývoj účinnosti na populaci plevelů v polních podmínkách.

3.3.5.2 Regulace ježatky v kukuřici

Proti ježatce je registrována celá řada herbicidů, u kterých se však musí počítat s nižší účinností za sucha, a to hlavně u přípravků, jež jsou přijímány kořeny (Jursík & Hřímanová 2022). Herbicidy aplikované na půdu mohou zamezit vzházení plevelů po výsevu kukuřice. Reziduální působení půdních herbicidů je přibližně 10-50 dní, v závislosti na herbicidu, povětrnostních a půdních podmínkách. Následně může začít ježatka vzházet, což často vyžaduje opravný herbicidní zásah (Delchev 2022).

Využit se kromě chemické regulace dají také mechanické způsoby regulace, především plečkování. Ježatka kuří noha má mohutný kořenový systém, což může značně snižovat účinnost plečkování. V půdě je ježatka velmi dobře ukotvena, v průběhu odnožování dochází k přisednutí spodních částí stébel k půdě, čímž se zvýší jejich odolnost vůči pasivním a aktivním plečkám, a to zejména na utužených půdách a ve vyšších růstových fázích (Jursík et al. 2020).

Při regulaci ježatky je možné využít i nové poznatky ohledně využití mykoherbicidů či bioherbicidů. Ve svém výzkumu v Číně Gu et al. (2023) izolovali houbový izolát z ježatky, která vykazovala známky nekróz a vadnutí. Po testech patogenity byl identifikován izolát B-48 s vysokou úrovní patogenity vůči ježatce. Tento kmen byl následně identifikován jako *Colletotrichum echinocloeae*. Inokulace ježatky touto houbou způsobila výrazné snížení biomasy, vysoce patogenní pro ježatku byla ve fázi tří až čtyř listů, kdy se aplikují postemergentní herbicidy. Inokulace v koncentraci 107 spor/ml *Colletotrichum echinocloeae* by mohla snížit hmotnost nadzemní biomasy ježatky o více než 50 %.

Yang et al. (2021) zkoumali potenciál dihydrokumarinu, který vznikl při hydrogenaci kumarinu. Dihydrokumarin je přírodní látka získávána z několika rostlin. Ve svém výzkumu zjistili, že kumarin ve vyšších koncentracích silně inhibuje růst kořenů a nadzemní biomasy ježatky, zatímco dihydrokumarin vykazoval větší inhibiční účinek při nižších koncentracích (0,02 a 0,005 g/l). Dihydrokumarin potlačoval růst semenáčků ježatky při velmi nízké koncentraci (0,005 g/l), zatímco kumarin v této dávce naopak růst ježatky spíše podporoval. Také tato studie může poskytnout nový přístup k syntéze nových herbicidů. Působení dihydrokumarinu potvrdili také Yang et al. (2022), kteří pozorovali, že došlo ke kumulaci reaktivních forem kyslíku v kořenech ježatky, narušení membrány kořenových buněk a celkové snížení aktivity kořenových buněk. Z výsledků transkriptomických analýz usoudili, že dihydrokumarin reguloval transdukcii hormonálního signálu a biosyntézu fenylpropanoidů, což ovlivnilo růst trávy. Ve svých pokusech Khan et al. (2017) zkoumali vliv různých hustot výsevu kukuřice na potlačení růstu ježatky kuří nohy. Vyšší hustota porostu kukuřice snižovala

zaplevelení ježatkou, nicméně při nejvyšší testované hustotě porostu kukuřice (12 rostlin kukuřice/m²) došlo k poklesu výnosu kukuřice, pravděpodobně zde došlo k vnitrodruhové konkurenci mezi kukuřicí. Nejlepšího výsledku bylo dosaženo při středně hustém výsevu (9 rostlin/m²), kdy došlo k dobrému potlačení ježatky a nejvyššímu výnosu kukuřice.

3.3.5.2.1 Preemergentní a časně postemergentní ošetření

Preemergentní ošetření se provádí po zasetí plodiny, a to ještě před jejím vzejitím. Herbicidy jsou přijímány především kořeny, koleoptile (trávy) a hypokotylem (dvouděložné). Většina preemergentních herbicidů je účinná na plevely pouze při jejich klíčení a vzcházení, případně maximálně ve fázi prvních pravých listů. Při preemergentní aplikaci by mělo být využito větší dávky vody (minimálně 300 l/ha), aby došlo k vytvoření rovnoměrného herbicidního filmu na povrchu půdy. Nejvíce je tohoto aplikačního termínu využíváno v ozimé řepce a také kukuřici. V kukuřici je k této aplikaci využíváno látek jako *dimethenamid*, *pethoxamid*, *isoxaflutole*, *terbuthylazin* (Jursík et al. 2018). Tyto herbicidy mohou snížit hustotu plevelů a oddálit, či zrušit postemergentní zásah, čímž se snižuje selekční tlak na vývoj rezistence vůči postemergentním herbicidům. Aby nedošlo k vytvoření rezistence, doporučuje se použití herbicidních mixů obsahujících několik účinných látek s různým místem účinku. Tyto mixy také poskytují pokrytí širšího plevelného spektra. Účinnost se zvyšuje, když účinné látky mají podobnou reziduální aktivitu v půdě (Silva et al. 2023).

Časná postemergentní aplikace herbicidů se provádí v období prvních pravých listů plodiny a herbicidy určené pro tento aplikační termín vykazují zpravidla také určité reziduální působení v půdě (Jursík et al. 2018).

V tomto aplikačním termínu lze proti ježatce kuří noze využít nejrůznější půdní herbicidy, především *dimethenamid*, *penthoxamid*, *S-metalochlor*, *flufenacet*, *isoxaflutole*, *mesotrione* a *sulcotrione*. Po vzejití ježatky kuří nohy účinnost těchto látek většinou klesá, působí do fáze 1-3 listů, a to v závislosti na použitém herbicidu a povětrnostních podmínkách. Ve fázi 2-3 listů je vhodné využít kombinované přípravky, kdy na ježatku působí dvě účinné látky například herbicidy Adengo nebo Lumax (Jursík & Hírmanová 2022). Herbicidy na bázi *isoxaflutole* (např. Merlin Flexx) vykazují obvykle dobrou účinnost na trávovité a dvouděložné plevely, pokud jsou aplikovány před a po vzejití kukuřice (Jursík et al. 2020).

Za extrémně suchého počasí je vhodné využít přípravky s *mesotrione*, *sulcotrione* nebo *isoxaflutole* až po vzejití ježatky, nejlépe v kombinaci s olejovým adjuvancem. Kromě olejových adjuvantů mohou výrazně zlepšit penetraci skrze povrch listů ježatky také herbicidy formulované jako emulzní koncentráty, které často obsahují syntetická rozpouštědla. V extrémně suchých podmínkách nemohou zajistit reziduální působení, ale mohou přispět k výraznému zvýšení účinnosti listových herbicidů použitých v TM kombinacích (Jursík et al. 2020).

3.3.5.2.2 Postemergentní ošetření

Klasické postemergentní herbicidy jsou v kukuřici aplikovány po vzejití většiny plevelů, k čemuž dochází nejčastěji ve fázi 5-6 listů kukuřice. Postemergentní herbicidy většinou méně zatěžují životní prostředí, v půdě bývají rychleji odbourávány nebo pevněji poutány. Plodina se však musí na počátku růstu vyrovnávat s konkurencí již vzešlých plevelů, které jsou obvykle odstraněny až když již mohou konkurenčně působit. V kukuřici se nejvíce využívají inhibitory acetolaktát syntázy, růstové herbicidy a inhibitory syntézy p-hydroxyfenyl pyruvát dioxygenázy (Jursík et al. 2018).

Většina sulfonylmočoviny herbicidů je registrována pro ošetření od druhého do šestého listu kukuřice, toto ošetření bývá na konci tohoto intervalu méně selektivní a za sucha také méně efektivní, plevely odumírají velmi pomalu a dlouho konkurují o vodu. Tyto okolnosti pak vedou ke zpomalení růstu kukuřice, což následně může projevit na výnosu.

Jestliže je potřeba časnější ošetření, je lepší použít Tank Mix (dále jen TM) kombinace s půdními herbicidy (Jursík & Hírmanová 2022). Toto ošetření by mělo být provedeno ve fázi 3-4 listů kukuřice. Výhodou je zde variabilní volba dávky, což může být v případě snížení dávky sulfonylmočoviny pozitivní z pohledu selektivity ošetření. V takovéto TM kombinaci půdní herbicid zajišťuje reziduální působení na nově vzcházející ježatku a urychluje účinnost sulfonylmočoviny (Jursík et al. 2020). V kukuřici se nejčastěji ze sulfonylmočoviny využívá *foramsulfuron*, *rimsulfuron* a *nicosulfuron*. Kukuřice je tolerantní k sulfonylmočovinným herbicidům díky rychlé metabolizaci jejich molekul, k tomu je využíváno cytochromu P450 monooxygenázy, který tyto herbicidní molekuly metabolizuje na herbicidně neaktivní produkty. Citlivé trávovité a dvouděložné plevely nejsou schopny rychle metabolizovat tyto herbicidní molekuly, a tak dochází k jejich regulaci (The Cattle Site 2013). Mezi hlavní příznaky fytoxicity způsobené sulfonylmočovinnými patří chlorotické okraje listů a načervenalé nebo nafialovělé žilky. Listy jsou svráštělé, dochází ke snížení nebo paralýze růstu a vývoje rostliny, náchylné rostliny mohou uhynout kvůli neschopnosti produkovat esenciální aminokyseliny potřebné k životu (Felisberto et al. 2017).

3.3.6 Vliv povětrnostních podmínek na účinnost půdních herbicidů

Účinnost půdních herbicidů a jejich reziduální působení ovlivňují vlastnosti samotného herbicidu, dále zrnitostní složení půdy, obsah organické hmoty, pH půdy, ale především její vlhkost (Cornell CALS 2023; South Central FS 2023; Menalled & Dyer 2010).

Herbicidy v půdě obvykle disociují na ionty, které se vážou na kladné či záporné půdní agregáty (Menalled & Dyer 2010). Půdy s vysokým obsahem jílovitých částic mají vyšší schopnost adsorbovat herbicidy, takže na těchto půdách je třeba použít vyšší dávky herbicidů než na půdách lehčích. Stejně jako jílovité částice, je i většina humusových látek nabitá záporně (jde většinou o kyseliny), což jim zajišťuje vysokou sorpční kapacitu. Naopak půdy písčité s malou sorpční kapacitou adsorbují méně herbicidů, což může při vyšší intenzitě srážek způsobit poškození plodiny (Cornell CALS 2023; Menalled & Dyer 2010).

Aby půdní herbicidy byly účinné, jsou potřebné srážky. Za sucha může účinnost značně klesat. Důležitý je dostatek dešťových srážek během 5-7 dnů po aplikaci (až 2 týdny), aby se herbicid rozptýlil ve vodní fázi půdy a mohl být přijat vzcházejícími plevely. Množství srážek potřebné k dosažení rovnoměrného provlhčení půdního povrchu je obtížné definovat, každopádně dle Hager (2023) se jedná přibližně o 12,7-25,4 mm během 7 až 10 dní po aplikaci.

Srážky tudíž hrají klíčovou roli nejen v aktivaci samotného půdního herbicidu, ale taktéž při jeho zapravení do půdy. Některé herbicidy také mohou být náchylné k vypařování či fotodegradaci (South Central FS 2023; Landau et al. 2021). Fotodegradaci půdního herbicidu snižuje zapravení do půdy, kterého lze dosáhnout mechanicky či závlahou/deštěm. S teplotou a vlhkostí půdy se zvyšuje mikrobiální i chemická degradace. Molekuly herbicidů, které jsou silně adsorbovány na částice půdy, jsou v půdě méně pohyblivé. Ke zvýšenému proplavování herbicidů dochází hlavně na lehčích (písčitých) půdách s nízkým obsahem organické hmoty (Menalled & Dyer 2010).

Selhání půdních herbicidů se většinou objevuje v letech, kdy je vlhkost půdy omezena během prvních několika týdnů po vysetí plodiny. Když se zvýší půdní vlhkost, herbicid se desorbuje a znovu vstoupí do půdního roztoku (Hartzler 2023).

Na sorpci půdních herbicidů má významný vliv také pH půdy. Při poklesu pH pod 7 se koncentrace vodíkových iontů ve vodném roztoku zvyšuje. Herbicidy tak mohou začlenit vodíkové ionty do své molekulární struktury, a tím změnit náboj molekuly herbicidu (Hartzler 2023).

Vliv na účinnost preemergentních herbicidů má také teplota. Obecně se uvádí, že se zvyšující se teplotou půdního povrchu účinnost preemergentních herbicidů klesá v důsledku zvýšené těkavosti, fotochemického a mikrobiálního rozkladu v půdě. Vyšší teplota

půdy navíc urychluje klíčení a počáteční růst plevelů, čímž se zkracuje období, kdy je plevel vystaven efektivnímu působení půdních herbicidů (Landau et al. 2021).

Těkavost se zvyšuje s rostoucí relativní vlhkostí půdy. Těkavost se může snížit zapravením herbicidů do půdy (mechanicky, závlahou, anebo srážkami). Jestliže dojde k zapravení herbicidu příliš hluboko do půdy, může dojít k zasažení klíčících semen plodiny, což se projeví fytotoxicitou (Menalled & Dyer 2010).

Aby bylo zabráněno ztrátě výnosu kukuřice způsobené zaplevelením, musí být plevele odstraňovány do fáze 8 listů v kukuřici (Landau et al. 2021). Kritické období pro regulaci plevelů se pohybuje od jednoho do osmi týdnů po vzejití kukuřice (Rajcan & Swanton 2001). Studie od Landau et al. (2021) poukázala na celosvětový problém s proměnlivým počasím a jeho vlivu na účinnost půdních herbicidů, kdy byla porovnána účinnost herbicidů ve 252 pokusech. Ke snížení účinnosti *atrazinu*, *acetochloru*, *S-metalochloru* a *mesotrione* došlo za podmínek s omezeným množstvím srážek.

3.3.7 Inhibitory syntézy p-hydroxyfenyl pyruvát dioxygenázy (HPPD inhibitory)

Jedná se o herbicidy, které inhibují 4-hydroxyfenylpyruvát dioxygenázu. Primárně se využívají v kukuřici, ječmeni, ovsu, rýži, čiroku, cukrové třtině a pšenici. Do těchto herbicidů patří isoxazoly, pyrazolony, triketony a isoxyzolidony. Využívají se především pro selektivní preemergentní či časnou postemergentní aplikaci. Cílový enzym je nezbytný pro syntézu plastochinonu a tokoferolů. Plastochinon je kofaktorem při biosyntéze karotenoidů, které chrání chlorofyl v rostlinách. Kvůli nedostatku plastochinonu, tokoferolů a syntézy karotenoidů v důsledku inhibice HPPD u rostlin dochází k oxidačnímu poškození a destrukci chlorofylu, následně i celých chloroplastů. Působení se projevuje albifikací listů bez deformace a následně uhynutím rostliny. Tyto herbicidy se používají hlavně k regulaci jednoletých trav a dvouděložných plevelů (Jhala et al. 2022).

Mesotrione byl nejrozšířenější účinnou látkou v USA v roce 2018, kdy byl aplikován na 42 % veškeré plochy kukuřice. Mezi další herbicidy z této skupiny, které se v kukuřici používají, náleží *isoxaflutole* nebo *tembotrione* (Willemse et al. 2021).

3.3.7.1 *Mesotrione*

Účinná látka *mesotrione* se řadí mezi selektivní triketonové herbicidy, vyznačuje se mírnou rozpustností ve vodě a vysokou rozpustností v acetonu. Byl vyvinut jako náhrada za triazinové herbicidy. Vývoj tohoto herbicidu byl inspirován přírodním fytotoxinem v rostlině *Callistemon citrinus* společností Syngenta Participations AG. Je široce používán k regulaci plevelů (především jednoletých) v kukuřici, ale i v některých dalších plodinách (mák), a to samostatně nebo v kombinacích s jinými látkami (herbicidy). Používá se preemergentně i postemergentně. *Mesotrione* blokuje enzym HPPD (p-hydroxyfenyl pyruvát dioxygenázu), který se podílí na přeměně aminokyseliny tyrosinu na plastochinon a alfa-tokoferol. Projevuje se narušením tvorby karotenoidů a následnou destrukcí chlorofylu, což se projevuje vybělováním pletiv, poté dochází k uhynutí rostlin. Počáteční příznaky účinku *mesotrione* jsou patrné 5 až 7 dní po aplikaci. *Mesotrione* vykazuje příznivý environmentální a toxikologický profil s relativně nízkou toxicitou pro savce, ptáky a hmyz. V prostředí se snadno rozkládá, poločas rozpadu je 5 až 15 dnů, což eliminuje dlouhodobé dopady na životní prostředí (Kaczynski et al. 2016; Nurse et al. 2010; Du et al. 2018).

Pannacci & Covarelli (2009) ve svém článku uvedli, že postemergentní dávka *mesotrione* může být snížena v závislosti na druzích plevelů, a to až na šestinu registrované aplikační dávky, a to zejména na mračňák Theoprastův, laskavec ohnutý, merlík bílý nebo lilek černý. Každopádně snížená dávka *mesotrione* na ježatku kuří nohu vedla k výraznému poklesu účinnosti v porostech kukuřice. *Mesotrione* vykazoval dobrou selektivitu vůči plodině, nejvyšší

dávky však vykazovaly přechodné fytotoxické účinky bez dopadu na výnos plodiny. Kukuřice je vysoce tolerantní k *mesotrione*, protože je schopná jej velmi rychle rozkládat na neaktivní metabolity (Cornes 2023).

Studie od Du et al. (2018) poukazují na negativní účinky na necílové organismy. Při působení 96 hodin LC50 pro sumečka stříbrného (*Rhamdia quelen*) bylo 532 mg/l, což byla významně vyšší hodnota než u *atrazinu* (10,2 mg/l). Koncentrace *mesotrione* 180 mg/l pak výrazně vyvolala oxidační stres a poškození DNA u kapra obecného *Cyprinus carpio*. Oxidační stres a poškození DNA může být vyvolán také u dvou brazilských ryb, a to *Oreochromis niloticus* a *Geophagus brasiliensis*, v subletálních koncentracích.

3.3.7.2 Isoxaflutole

Jedná se o půdní herbicid, jež se řadí do chemické skupiny isoxazolů, je účinný vůči dvouděložným i travním plevelům v kukuřici, máku, cukrové třtině, sóji a dalších plodinách. Typický příznakem působení na plevele je bělení listových pletiv, podobně jako u *mesotrione*, jedná se taktéž o HPPD inhibitor. Po aplikaci (v půdě, vodě nebo v rostlinách) se *isoxaflutole* velmi rychle přetvoří na stabilní molekulu diketonitril (DKT), která je zodpovědná za následnou degradaci enzymu 4-hydroxyfenylpyruvát dioxygenázu, jehož inhibice má za následek vyčerpání plastochinonu, který je kofaktorem fytoendesaturázy. Diketonitril se v rostlinách tvoří rychle po příjmu kořeny. Je vysoce mobilní v xylému i floému (Pallet et al. 1998; Jursík et al. 2018; Datta et al. 2009; de Santo et al. 2020; Pallett et al. 2001). V roce 2013 byla vyvinuta geneticky modifikovaná sója tolerantní vůči *glyphosátu* i *isoxaflutole*, která měla řešit rezistentní populace laskavců vůči *glyphosate* v Severní a Jižní Americe (de Santo et al. 2020). *Isoxaflutole* má nižší selektivitu na rizikových pozemcích s lehčími půdami a vyšším pH, zde je třeba volit nižší dávky, případně vůbec nepoužívat. V půdě je rychle hydrolyzován na herbicidně aktivní formu diketonitril, který je ve vodě dobře rozpustný a poměrně dlouho perzistentní (Jursík et al. 2018).

3.3.8 Inhibitory biosyntézy mastných kyselin s velmi dlouhým řetězcem (VLCFA inhibitory)

Místo a mechanismus působení v rostlině není úplně znám, předpokládá se, že alkylují sulfhydrylové skupiny některých esenciálních rostlinných enzymů, čímž ovlivňují různé biochemické procesy, a to především syntézu mastných kyselin, lipidů, kutikulárních vosků, flavonoidů, bílkovin a podobně. Narušují tak dělení, normální růst a vývoj buněk (Jursík et al. 2018). Po mnoha letech využívání si rezistenci vytvořilo pravděpodobně 12 trav, a to hlavně u rodů *Avena*, *Echinochloa* a *Lolium* (Busi 2014). VLCFA herbicidy jsou půdními herbicidy, které se používají k regulaci jednoletých trav a některých dvouděložných plevelů. Primárním místem účinku těchto herbicidů jsou kořeny klíčících plevelů. Do této skupiny se řadí acetamidové a tetrazolinové herbicidy. Většinou dochází k eliminaci plevele před vzejitím, nedochází však k inhibici klíčení semen (Al-Khatib 2023).

K poškození plodiny acetamidy dochází hlavně na lehčích půdách s nižším obsahem humusu, kde může dojít k proplavení herbicidu až ke kořenům vzcházející plodiny, to se projevuje následným problematickým vzcházením, zakrňováním, ale může dojít až k výnosové depresi. Acetamidy jsou poměrně dobře rozpustné ve vodě, délka jejich reziduálního působení je variabilní (Jursík et al. 2018).

3.3.8.1 Dimethenamid-P

Dimethenamid-P se řadí mezi chloracetamidy. Jedná se o inhibitor mastných kyselin s velmi dlouhým řetězcem (VLCFA). Využívá se k preemergentní nebo časně postemergentní

regulaci jednoletých travovitých a dvouděložných plevelů v sóji, cukrové řepě, ozimé řepce, slunečnici a kukuřici. Nejlepší výsledky vykazuje při aplikaci na vlhkou půdu nebo pokud po aplikaci následují srážky. *Dimethenamid-P* má středně dlouhý poločas rozpadu, v aerobních podmínkách se jedná o 10 až 38 dní. V anaerobních je pak mírně delší (přibližně 54 dní). Disipace v polních podmínkách se pohybuje v rozsahu 1 až 5 týdnů (Australian Pesticides and Veterinary Medicines Authority 2007).

Jde o relativně dobře rozpustný herbicid ve vodě s velmi malou těkavostí. Na základě podmínek prostředí může být perzistentní ve vodě. Jedná se o středně toxický herbicid pro ptáky, ryby, vodní bezobratlé a řasy. Mírně toxický je pro žížaly, zatímco jeho toxicita vůči včelám je nízká (Lewis et al. 2016). Vzhledem k tomu, že řada acetamidových herbicidů je toxická vůči necílovým organismům, Park et al. (2023) provedli studii vývojové toxicity účinné látky *dimethenamid* na zvířecím modelu (dáníích). Zjistili, že tato látka způsobuje morfologické vývojové abnormality, vyvolává oxidativní stres a způsobuje potíže při vývoji larev. Celkově tato látka podle nich může mít velmi škodlivé účinky na vodní ekosystémy.

3.3.8.2 *Pethoxamid*

Pethoxamid je zařazen do skupiny chloracetamidů, jedná se o inhibitor mastných kyselin s velmi dlouhým řetězcem (VLCFA), který je využíván k preemergentní a časně postemergentní aplikaci. Používá se v kukuřici, slunečnici, sóji a dalších plodinách. Využívá se k regulaci zejména travovitých, ale i některých dvouděložných plevelů (Soltani et al. 2019; Rodríguez-Cruz et al. 2019). Jedná se o půdní herbicid, který je přijímán kořeny a mladými výhonky a inhibuje jejich buněčné dělení. *Pethoxamid* je schopen regulovat pouze plevele, které ještě nevzešly. Jeho adsorpce je poměrně nízká, má vysokou mobilitu v půdě (Rodríguez-Cruz et al. 2019). Jedná se o účinnou látku, jejíž účinnost je výrazně ovlivněna půdní vlhkostí a snižuje se s klesajícím obsahem půdní vlhkosti. Za sucha je vhodné mělké mechanické zapravení do půdy. Jeho reziduální působení je v půdě v rozmezí pěti až osmi týdnů, a to v závislosti na dávce a vlhkosti půdy (Dhareesank et al. 2006; AgData 2024).

4 Metodika

V letech 2022 a 2023 byly na Demonstračním a pokusném pozemku fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů České Zemědělské univerzity založeny dva maloparcelní pokusy. Testována byla účinnost 4 herbicidů v pěti aplikačních termínech viz Tabulka 1 na ježatku kuří nohy (v porostu kukuřice seté). Dále byla v průběhu pokusu hodnocena vzcházivost ježatky kuří nohy a v době zrání obilek také její nadzemní biomasa a reprodukční schopnost. Na konci pokusu proběhla sklizeň a vyhodnocení výnosu zrna kukuřice.

Tabulka 1 *Herbicidy a aplikační termíny*

Varianta	Přípravek	Dávka (l/ha)	Termín aplikace	Termín ošetření 2022	Termín ošetření 2023
1	Neošetřená kontrola	-	-	-	-
2	Outlook	1,4	T1	9. 5.	10. 5.
3	Somero	2,0	T1	9. 5.	10. 5.
4	Merlin Flexx	0,4	T1	9. 5.	10. 5.
5	Callisto 100 SC	1,0	T1	9. 5.	10. 5.
6	Outlook	1,4	T2	13. 5.	15. 5.
7	Somero	2,0	T2	13. 5.	15. 5.
8	Merlin Flexx	0,4	T2	13. 5.	15. 5.
9	Callisto 100 SC	1,0	T2	13. 5.	15. 5.
10	Outlook	1,4	T3	18. 5.	19. 5.
11	Somero	2,0	T3	18. 5.	19. 5.
12	Merlin Flexx	0,4	T3	18. 5.	19. 5.
13	Callisto 100 SC	1,0	T3	18. 5.	19. 5.
14	Outlook	1,4	T4	23. 5.	24. 5.
15	Somero	2,0	T4	23. 5.	24. 5.
16	Merlin Flexx	0,4	T4	23. 5.	24. 5.
17	Callisto 100 SC	1,0	T4	23. 5.	24. 5.
18	Outlook	1,4	T5	27. 5.	29. 5.
19	Somero	2,0	T5	27. 5.	29. 5.
20	Merlin Flexx	0,4	T5	27. 5.	29. 5.
21	Callisto 100 SC	1,0	T5	27. 5.	29. 5.
22	Neošetřená kontrola	-	-	-	-

4.1 Charakteristika polního pokusu

4.1.1 Podmínky stanoviště

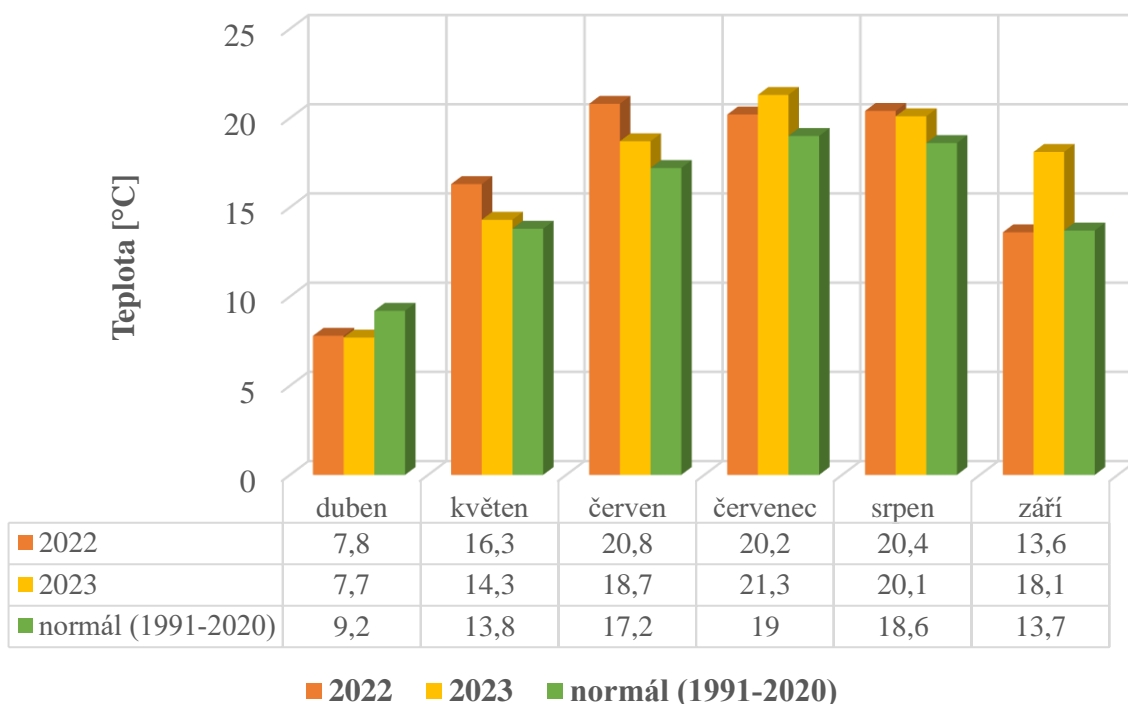
V městské části Praha-Suchdol se nachází Demonstrační a experimentální pracoviště-pozemek, kde byly tyto pokusy provedeny. Pozemek se rozléhá v nadmořské výšce 285 m.n.m., jeho zeměpisné souřadnice jsou 50°7'52.372"N, 14°22'11.299"E. Pozemek spadá do řepařské výrobní oblasti, půdním typem je černozem na spraši s vysokým obsahem uhlíkatů.

4.1.2 Povětrnostní a klimatická charakteristika

Demonstrační a pokusný pozemek se rozkládá v klimatickém regionu T2 (mírně teplý). Tento klimatický region se vyznačuje dlouhým teplým a suchým létem, jaro a podzim bývají mírně teplé až teplé. Zima bývá krátká, mírně teplá, sněhová pokrývka se zde vyskytuje krátce.

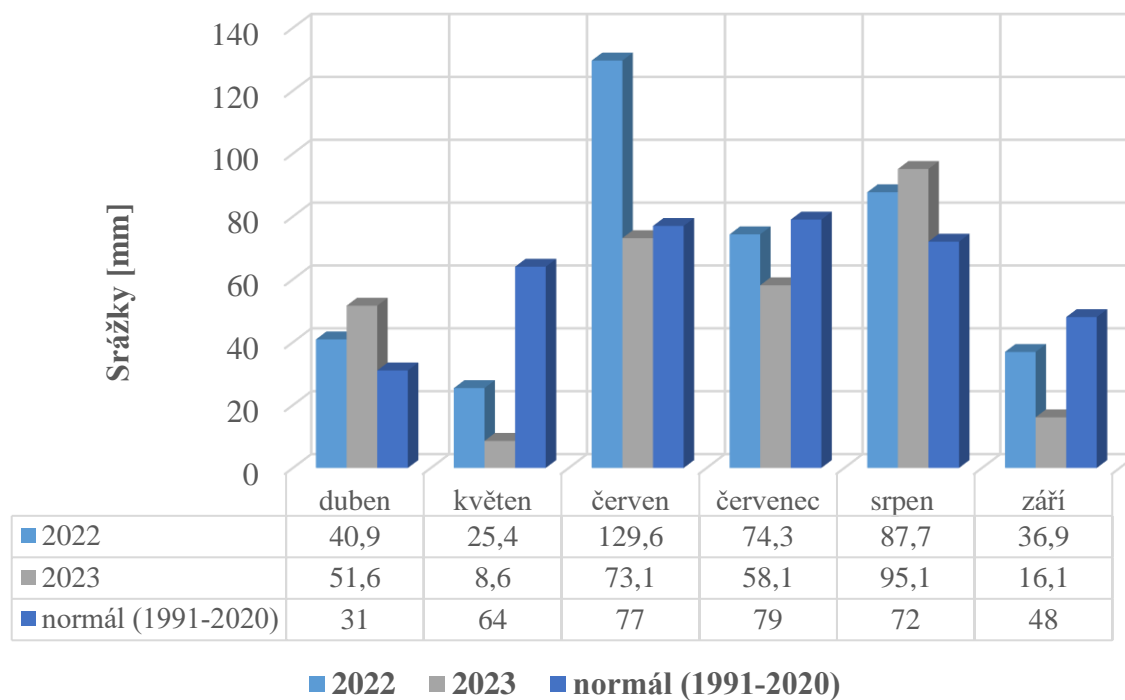
Meteorologická data z průběhu pokusu (duben až září 2022-2023) pocházejí z meteorologické stanice katedry agroekologie a rostlinné produkce na České zemědělské univerzitě v Praze, tato stanice je umístěna přímo na pozemku Demonstračního pozemku. Teploty v průběhu vegetace jsou zaznamenány v Grafu 1, měsíční úhrny srážek v průběhu vegetace kukuřice jsou pak znázorněny v Grafu 2. Oba grafy porovnávají průměrné měsíční teploty/úhrny srážek z pokusných let s příslušnými normály. K tomuto porovnání byla použita data Českého hydrometeorologického ústavu z let 1991-2020. Pro podrobnější posouzení vlivu počasí na účinnost herbicidů a vzcházivost ježatky byly vytvořeny Grafy 3 a 4, které ukazují úhrn srážek a průběh teplot v období jednoho týdne před první aplikací až týden po poslední aplikaci herbicidu.

Průměrná měsíční teplota Praha-Suchdol



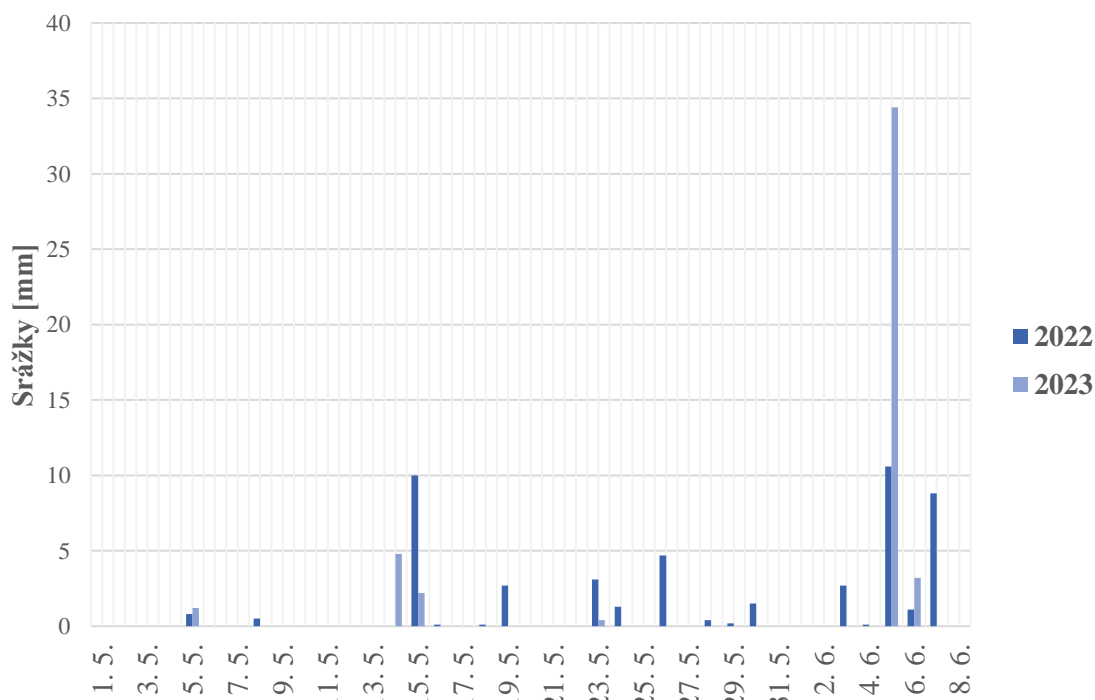
Graf 1 Úhrn srážek na pokusném pozemku v letech 2022 a 2023 v porovnání s dlouhodobým normálem (1991-2020)

Průměrný úhrn srážek Praha-Suchdol



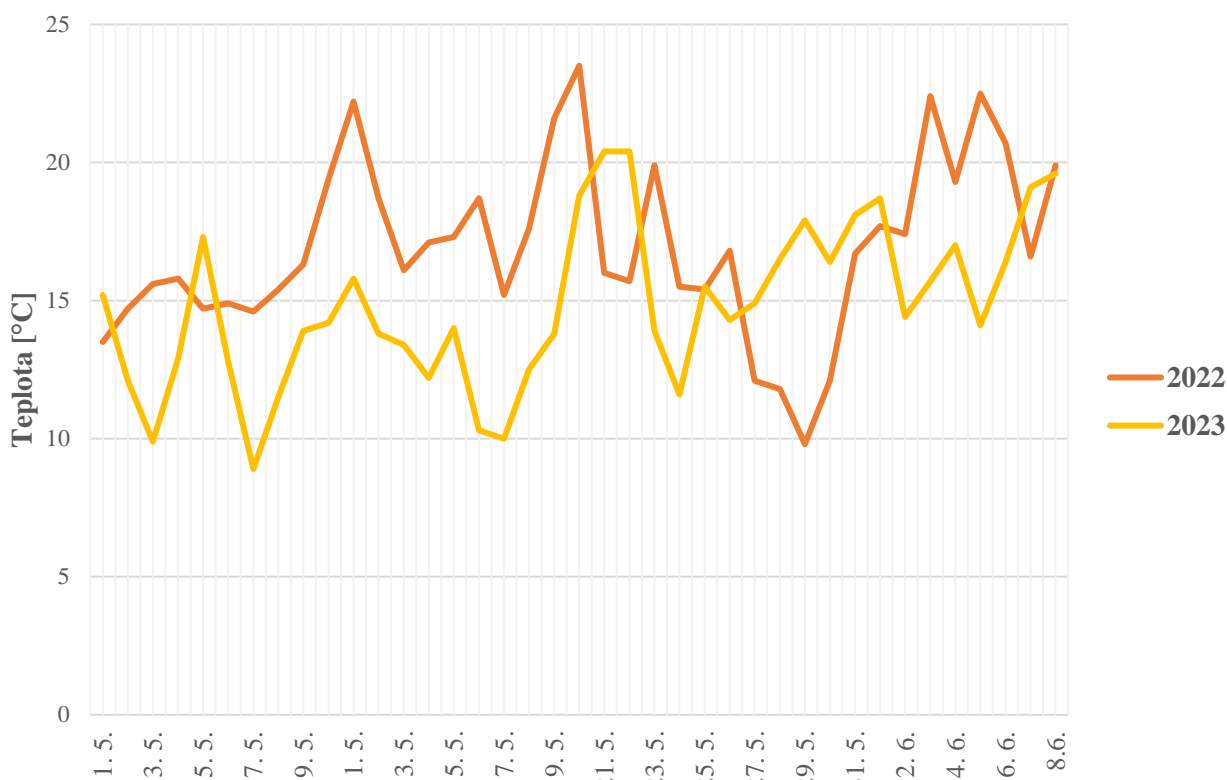
Graf 2 Úhrn srážek na pokusném pozemku v letech 2022 a 2023 v porovnání s dlouhodobým normálem (1991-2020)

Srážky v průběhu aplikace herbicidů



Graf 3 Úhrn srážek v průběhu aplikace herbicidů v letech 2022 a 2023

Teploty před prvním a po posledním aplikačním termínu herbicidu



Graf 4 Průměrné denní teploty v průběhu aplikace herbicidů v letech 2022 a 2023

4.1.3 Zpracování půdy a hnojení pokusného pozemku

Na podzim byla provedena podzimní orba do hloubky 25 cm. Na jaře (2-3 dny před setím) došlo k zapravení močoviny v dávce 250 kg/ha a prokypření půdy do hloubky 10 cm kompaktořem a vířivými branami. V obou letech byla půdní příprava a hnojení stejné.

4.2 Založení a průběh pokusu

4.2.1 Založení pokusu

V pokusech byla použita kukuřice odrůdy Feroxy. Jedná se o zrnový hybrid s hodnotou FAO 270. Tato odrůda má velmi dobrou odolnost vůči stresu z nedostatku vláhy.

Kukuřice byla vyseta 22. 4. 2022, resp. 26. 4. 2023. Parcely měly velikost 7 x 2,25 m, spon kukuřice byl 0,75 x 0,18 m. Na každé parcele se nacházely tři řádky kukuřice. Testované varianty (22) byly založeny v blocích ve třech opakování. Celkově byl pokus složen z 66 parcel. Schéma pokusu je uvedeno v Tabulce 2. Povětrnostní podmínky, při aplikaci herbicidů jsou uvedeny v Tabulkách 3 a 4.

Tabulka 2 *Binomické schéma pokusu*

4	22	6	3	8	1	20	7	2	11	16
18	13	9	17	14	10	19	15	12	5	21
14	17	21	9	19	22	5	10	4	13	6
7	15	11	8	12	20	1	18	3	16	2
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Tabulka 3 *Povětrnostní podmínky v době herbicidní aplikace pokusu v roce 2022*

Datum	Termín aplikace	Počasí při aplikaci v roce 2022			
		Oblačnost (%)	Teplota (°C)	Vlhkost půdy	Rychlost a směr větru
9. 5. 2022	T1	20	17	suchá	SV 1 m/s
13. 5. 2022	T2	0	19	suchá	Z 2 m/s
18. 5. 2022	T3	60	17	suchá	JV 1 m/s
23. 5. 2022	T4	10	18	suchá	S 1 m/s
27. 5. 2022	T5	60	17	suchá	JZ 2 m/s

Tabulka 4 *Povětrnostní podmínky v době herbicidní aplikace v roce 2023*

Datum	Termín aplikace	Počasí při aplikaci v roce 2023			
		Oblačnost (%)	Teplota (°C)	Vlhkost půdy	Rychlost a směr větru
10. 5. 2023	T1	60	16	suchá	SZ 1 m/s
15. 5. 2023	T2	100	14	mokrá	0 m/s
19. 5. 2023	T3	50	13	suchá	V 2 m/s
24. 5. 2023	T4	100	13	suchá	S 1 m/s
29. 5. 2023	T5	0	20	suchá	SV 2 m/s

4.2.2 Aplikace herbicidů

K aplikaci herbicidů bylo využito maloparcelkového trakařového postřikovač Schachtner. Postřiková kapalina byla aplikována pod tlakem 0,25 MPa v dávce vody 300 l/ha. Herbicidy byly aplikovány v 5 aplikačních termínech s 5denními rozestupy. Růstová fáze kukuřice a ježatky kuří nohy v jednotlivých aplikačních termínech je uvedena v Tabulce 5 a 6. Plošná aplikace herbicidu Arrat s adjuvantem Mero v dávce 0,15 kg/ha a 1 l/ha byla provedena ve fenologické fázi kukuřice 12-13 a 15-16 za účelem eliminace dvouděložných plevelů na celém pokusném pozemku.

Tabulka 5 *Růstová fáze ježatky kuří nohy a kukuřice v době aplikace herbicidů v roce 2022*

Datum	Termín aplikace	BBCH	
		Kukuřice	Ježatka kuří noha
9. 5. 2022	T1	10	09
13. 5. 2022	T2	12	11
18. 5. 2022	T3	13	12
23. 5. 2022	T4	14	14
27. 5. 2022	T5	15	21

Tabulka 6 *Růstová fáze ježatky kuří nohy a kukuřice v době aplikace herbicidů v roce 2023*

Datum	Termín aplikace	BBCH	
		Kukuřice	Ježatka kuří noha
10. 5. 2023	T1	10	10
15. 5. 2023	T2	12	11
19. 5. 2023	T3	13	12
24. 5. 2023	T4	14	14
29. 5. 2023	T5	15	21

4.2.3 Hodnocení účinnosti herbicidů

K vyhodnocování účinnosti herbicidů bylo využito procentuální odhadové metody, kdy 0 % je bez poškození ježatky, 100 % je parcela bez zaplevelení nebo s odumřelými rostlinami. Vizuální hodnocení účinnosti bylo provedeno 3 týdny po poslední aplikaci herbicidů (těsně před zapojením porostu). Hodnocení proběhlo v roce 2022 16. června a v roce 2023 7. června.

4.2.4 Hodnocení vzcházivosti ježatky kuří nohy

Při hodnocení vzcházivosti ježatky kuří nohy se v obou letech počítaly nově vzcházející rostliny do fáze tří pravých listů. Na každé parcele byla náhodně vybrána 3 místa o ploše 0,25 m², na kterých se pak hodnotila vzcházivost. Hodnocení probíhalo jedenkrát týdně. Vzcházivost byla sledována od prvního dne po zasetí do 13. července, což vyjadřuje 82 dní po zasetí kukuřice v roce 2022 a 79 dní od zasetí kukuřice v roce 2023. K lepšímu porozumění vzcházivosti ježatky kuří v čase u neošetřené kontroly a nejlepšího herbicidního zásahu v každém sledovaném roce, byl vytvořen nelineární model s kumulativním počtem rostlin ježatky za využití Gompertzovy rovnice ve vybraných termínech (T4 a T5). Jak bylo uvedeno v kapitole 5 (Povětrnostní a klimatická charakteristika), povětrnostní podmínky se v testovaných ročnících výrazně lišily (zejména na začátku vegetace), to zapříčinilo odlišné hustoty zaplevelení až čtyřikrát vyšší zaplevelení na neošetřených kontrolách v roce 2023 ve srovnání s rokem 2022 (Tabulka 9). Částečně se tato vysoká hustota zaplevelení dá vysvětlit téměř každoročním stejným vzorcem v průběhu počasí, kdy vysoké teploty přicházejí se zpožděním a srážky se snižují (Graf 1 a 2), každopádně v roce 2023 byl pokus založen na jiné části pole než rok předcházející, kde bylo mnohem vyšší zaplevelení. Proto tyto dva ročníky jsou v následujících grafech a tabulkách rozebírány samostatně.

4.2.5 Hodnocení hmotnosti nadzemní biomasy, reprodukční schopnosti ježatky kuří nohy a výnosu zrna kukuřice

Ze všech parcel se v termínech 28. až 29. 8. 2022 a 1. až 2. 9. 2023 těsně před sklizní palic odebrala nadzemní biomasa ježatky kuří nohy z plochy 1 m². Následně došlo ke zvážení, pak byly z biomasy odebrány obilky, které se následně zvažily. Ze získaných obilek byl odebrán vzorek o hmotnosti 1 gram. Následně byl zjištěn počet semen v tomto vzorku, a tedy hmotnost tisíce semen (HTS). Počet obilek ježatky byl pak vypočten z HTS a hmotnosti dozrálých obilek na ploše 1 m².

Výnos palic kukuřice byl hodnocen v termínech 2. 9. 2022 a 14. 9. 2023, z prostředních řádků každé parcely se sklídily veškeré palice, ty byly usušeny a zrno pak vyloupáno, zváženo a poté přepočítáno na t/ha.

4.2.6 Statistické zpracování výsledků

Výsledky získané z účinnosti herbicidů, hmotnosti nadzemní biomasy, reprodukční schopnosti ježatky a výnosů zrna kukuřice byly zpracovány analýzou rozptylu (ANOVA) s využitím Fisherova LSD testu pomocí programu STATISTICA. Tabulky jsou označeny homogenními skupinami, které vyjadřují, jestli jednotlivé průměry jsou si podobné nebo zda tvoří nějaké identifikovatelné shluky (CIT.VFU 2024). Získaná data ze vzcházivosti jsou z části také zpracována v programu STATISTICA pomocí analýzy rozptylu ANOVA Fisherovým LSD testem (jednotlivé dny od zasetí kukuřice) a termíny. Kumulativní údaje o vzcházivosti v průběhu času byly použity k přizpůsobení nelineárního regresního modelu pro některá vybraná ošetření (neošetřené kontroly, Merlin Flexx v termínech T3 a T5), aby bylo možné lépe porozumět dynamice vzcházení. Za tímto účelem byla Gompertzova rovnice přizpůsobena kumulativním datům vzcházení v R Studio (Onofri et al. 2022), která odpovídá rovnici:

Rovnice 1_Gompertzova rovnice

$$y(t) = ae^{-be^{-ct}}$$

Gompertzova křivka je sigmodní model, který se často využívá při použití růstových dat k modelování vzcházivosti (Onofri et al. 2022). Parametr **a** představuje asymptotu získanou provedením limity funkce (neboli horní limit, kterého lze dosáhnout), **b** je posunutí na ose x (inflexní bod, který představuje v našem případě osa x dny od zasetí kukuřice) a parametr **c** vyjadřuje sklon v inflexním bodě (rychlost změny v nejstrmější části křivky) a parametr **t** představuje čas (Gachoki et al. 2022). **AIC** (Akaike informační kritérium) je index, který vyjadřuje přizpůsobení dat křivce, čím menší hodnota tohoto kritéria, tím lepší a vhodnější model je vytvořen (Pickackova et al. 2021; Bakhshi et al. 2017).

Grafy byly vytvořeny v programu Excel, kde chybové úsečky jsou tvořeny směrodatnými odchylkami. Grafy z programu STATISTICA mají chybové úsečky vytvořené za pomoci směrodatných chyb.

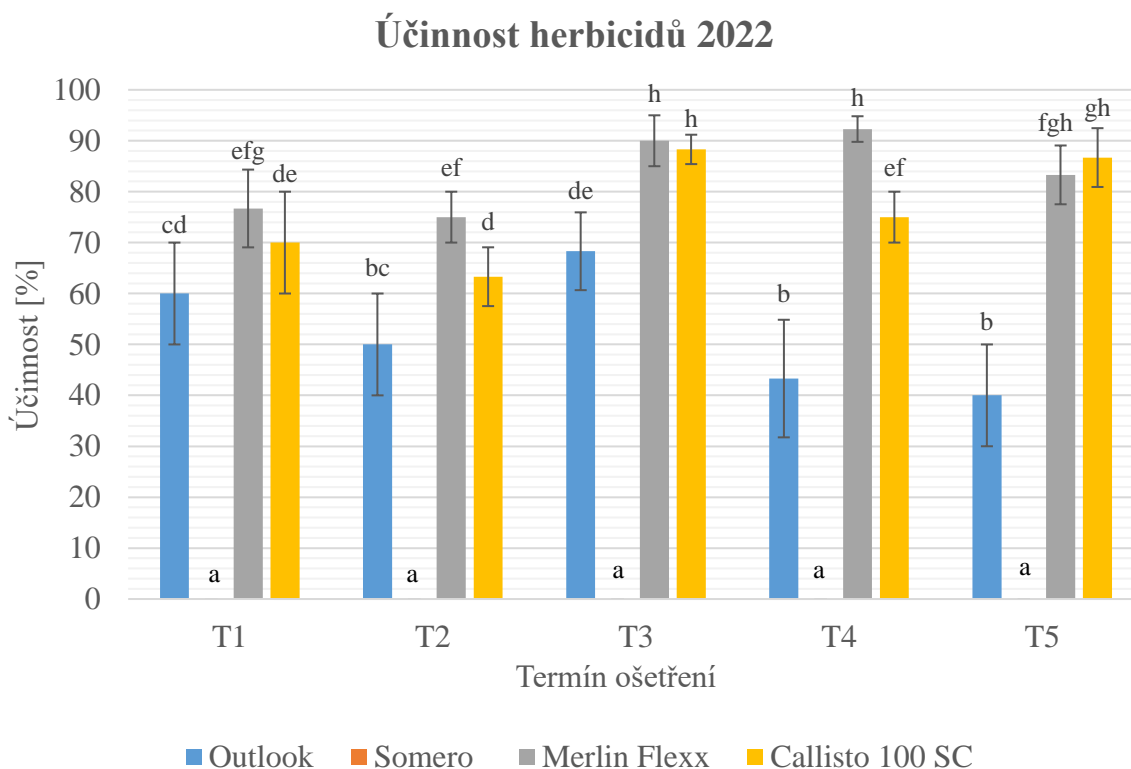
5 Výsledky

5.1 Hodnocení účinnosti herbicidů

V roce 2022 byla zaznamenána nejvyšší účinnost u herbicidů Merlin Flexx (84 %). Účinnost herbicidu Callisto 100 SC byla průkazně nižší (77 %) podobně jako účinnost herbicidu Outlook (52 %). Nulovou účinnost vykázal herbicid Somero ve všech testovaných aplikačních termínech (Tabulka 8). Herbicid Merlin Flexx vykázal nejvyšší účinnost (90, resp. 92 %) pokud byl aplikován v T3, resp. T4 aplikačním termínu (Graf 5). Účinnost herbicidu Callisto 100 SC byla nevyšší (88 %) v aplikačním termínu T3 a T5. Herbicid Outlook vykázal nejvyšší účinnost v aplikačním termínu T3 (68 %), naopak v aplikačních termínech T4 byla jeho účinnost nejnižší (50 %).

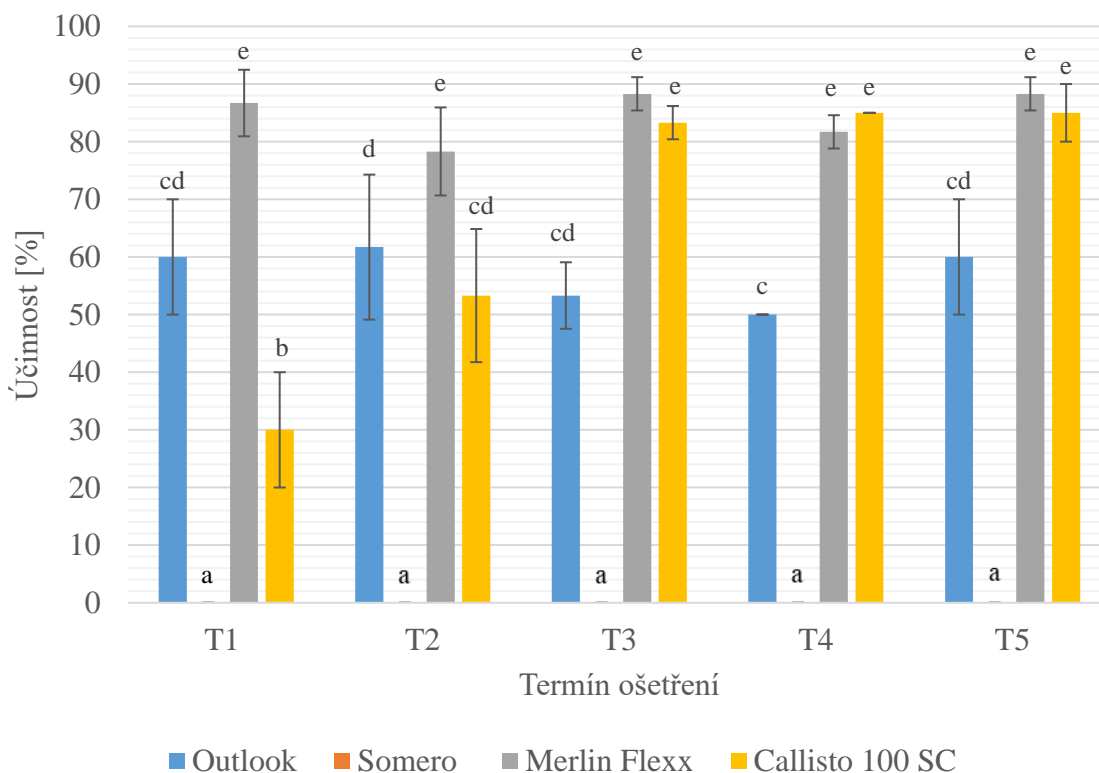
Z testovaných aplikačních termínů, bylo dosaženo nejvyšší účinnosti herbicidů v T3 aplikačním termínu (62 %), což byla oproti ostatním aplikačním termínům, průkazně vyšší hodnota (Tabulka 7).

V roce 2023 byla zaznamenána nejvyšší účinnost také u herbicidu Merlin Flexx (85 %), přičemž rozdíly mezi testovanými aplikačními termíny nebyly průkazné (78-88 %) (viz Tabulka 7). U herbicidu Callisto 100 SC byla průkazně nižší účinnost (67 %). Nulovou účinnost opět vykázal herbicid Somero ve všech aplikačních termínech (Graf 6). Herbicid Callisto 100 SC měl nejvyšší účinnost (83-85 %) v aplikačních termínech T3-T5. Nejvyšší účinnost (62 %) herbicidu Outlook byla vykázána v aplikačním termínu T2, naopak nejnižší účinnosti (50 %) bylo dosaženo u aplikačního termínu T4. Z testovaných aplikačních termínů v roce 2023 vykázal termín T5 nejvyšší účinnost (58 %), což byla prokazatelně vyšší účinnost než u termínu T1 (44 %). Rozdíly v účinnosti mezi všemi testovanými herbicidy byla průkazné v obou pokusných letech (Tabulka 8).



Graf 5 Účinnost herbicidů v roce 2022 (chybové úsečky představují směrodatnou odchylku, písmena vyjadřují homogenní skupiny pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD))

Účinnost herbicidů 2023



Graf 6 Účinnost herbicidů v roce 2023 (chybové úsečky představují směrodatnou odchylku, písmena vyjadřují homogenní skupiny pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD))

Tabulka 7 Průměrná účinnost všech testovaných herbicidů v testovaných aplikačních termínech v letech 2022 a 2023 (písmeno za číslem udává homogenní skupinu pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD))

Termín ošetření	2022	2023
T1	51,7 % ^b	44,2 % ^b
T2	47,1 % ^b	48,3 % ^{ab}
T3	61,7 % ^a	56,3 % ^a
T4	52,7 % ^b	54,2 % ^{ab}
T5	52,5 % ^b	58,3 % ^a
p hodnota	0,00458	0,00314

Tabulka 8 Průměrná účinnost všech aplikačních termínů pro testované herbicidy v letech 2022 a 2023 (písmeno za číslem udává homogenní skupinu pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD))

Herbicid	2022	2023
Outlook	52,3 % ^b	57,0 % ^b
Somero	0 % ^a	0 % ^a
Merlin Flexx	83,5 % ^d	84,7 % ^d
Callisto 100 SC	76,7 % ^c	67,3 % ^c
p hodnota	<0,00001	<0,00001

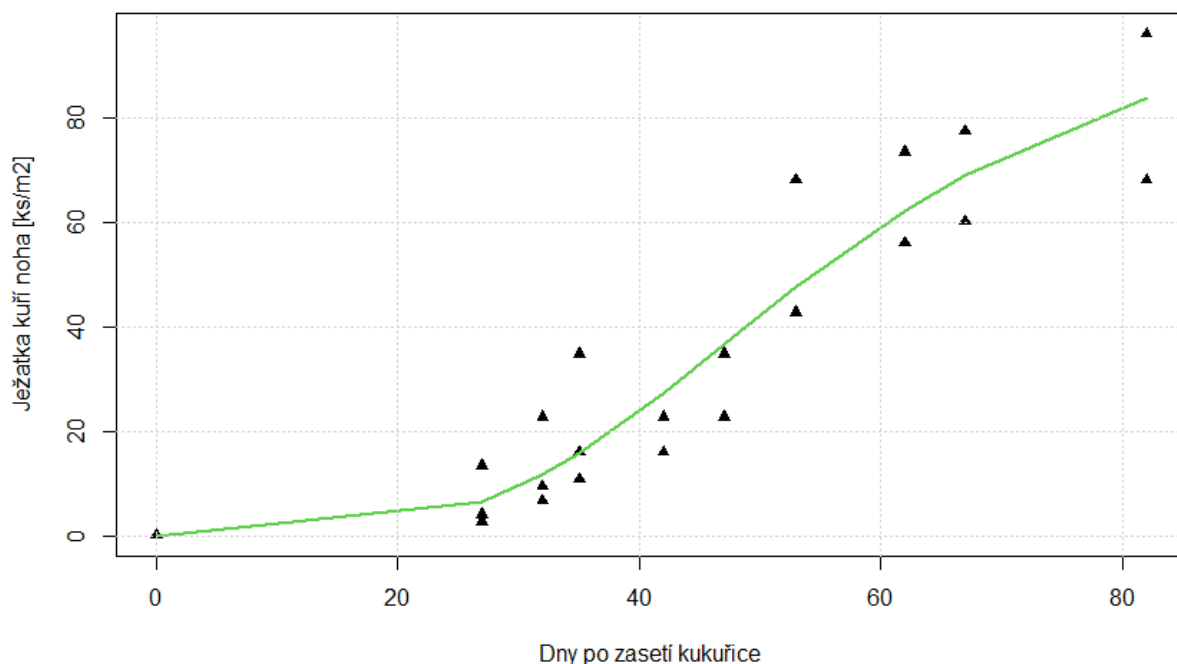
5.2 Hodnocení vzházivosti ježatky kuří nohy

Tabulka 9 Statistické zpracování neošetřené kontroly a herbicidu Merlin Flexx v termínech T3 a T5 v letech 2022 a 2023 za využití Gompertzovy funkce (parametry vyjadřují: A-horní limit, B–inflexní bod, C–sklon v inflexním bodě, AIC–přízpusobení křivky)

	A	B	C	AIC
Neošetřená kontrola 2022	99,0	46,9	19,7	183,5
Merlin Flexx 2022	17,1	30,8	8,1	140,4
Neošetřená kontrola 2023	635,9	44,1	16,2	297,6
Merlin Flexx 2023	283,5	33,8	26,1	299,9

V roce 2022 na neošetřené kontrole začala ježatka kuří noha vzházet 27. den po zasetí kukuřice. Vzházivost ježatky kuří nohy na neošetřené kontrole byla kontinuální. Největší změna ve vzházivosti byla zaznamenána přibližně ve 47. dni (inflexní bod B viz Tabulka 9).

Průběh vzcházivosti ježatky kuří nohy na neošetřené kontrole 2022



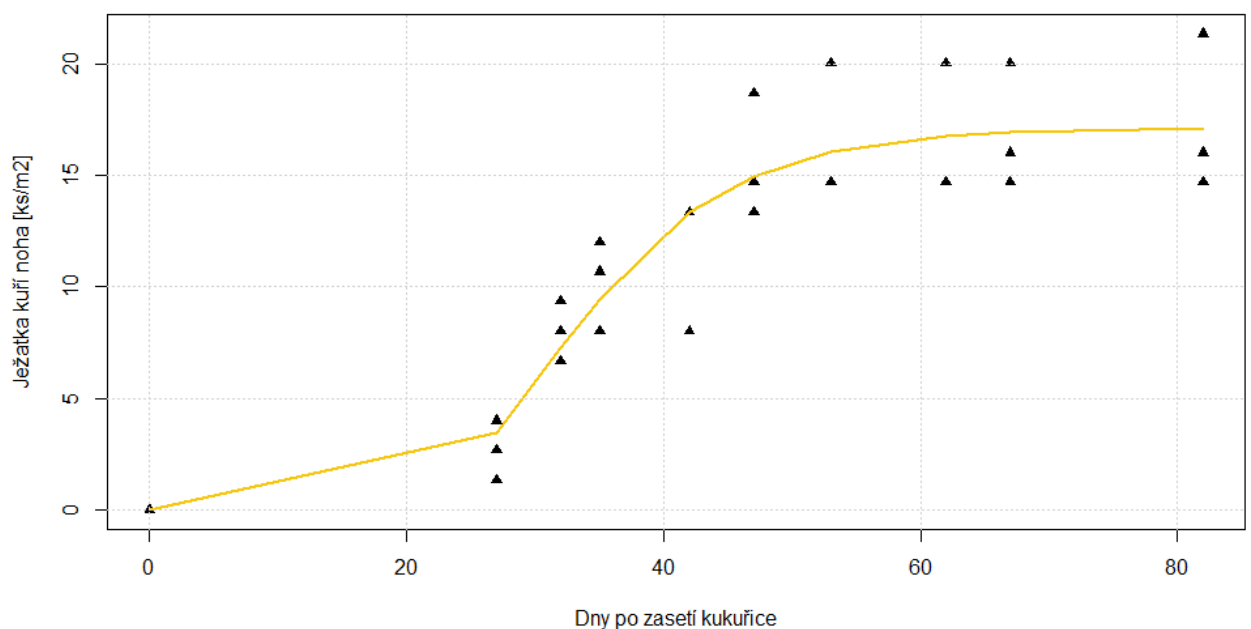
Obrázek 1 Průběh vzcházivosti ježatky kuří nohy na neošetřené kontrole v roce 2022 (proloženo Gompertzovou funkcí)

Nejlepšího herbicidního výsledku bylo zaznamenáno po ošetření herbicidem Merlin Flexx (Obrázek 2), v aplikačním termínu T4 (ošetřeno za 31 dní od zasetí kukuřice) viz Graf 5. Díky působení účinné látky byla celková vzcházivost ježatky kuří nohy mnohem nižší (Obrázek 2). Inflexního bodu vzcházivost dosáhla okolo 31. dne po zasetí kukuřice, zde došlo ke změně v rychlosti vzcházení ježatky kuří nohy. 17,1 rostlin ježatky/m² bylo horní hranicí vzcházivosti ježatky na parcelách ošetřených herbicidem Merlin Flexx (Tabulka 9). Při porovnání kumulativního vzcházení ježatky kuří nohy na neošetřené kontrole a parcelách ošetřených herbicidem Merlin Flexx v aplikačním termínu T4, tak na neošetřené kontrole byl horní limit počtu vzešlých ježatek značně vyšší, jednalo se o 99 ks/m² oproti 17 ks/m². Na parcelách ošetřených herbicidem Merlin Flexx byl začátek vzcházení ježatky kuří nohy pomalejší (zastaveno účinkem herbicidu) a inflexního bodu bylo dosaženo dříve, když došlo k rychlejšímu nástupu změny vzcházení, a to okolo 31. dne ve srovnání se 47. dnem. Zde byla patrná účinnost herbicidu oproti přirozenému procesu vzcházení ježatky kuří nohy, proto je i patrná pozdější změna (Obrázek 1 a 2). V těchto dvou termínech (Merlin Flexx T4 a neošetřená kontrola) následně došlo ke zpomalování ve vzcházení ježatek. Na parcelách ošetřených herbicidem Merlin Flexx se vzcházivost ustálila dříve, a to přibližně do 50. dne, zatímco neošetřené parcely se ustálily až v 80. dni. Parametr C ukázal, jak rychle došlo ke vzcházení ježatky kuří nohy u herbicidu Merlin Flexx (T4) a neošetřené kontroly (Tabulka 9). Na neošetřené kontrole rychlost vzcházení ježatky kuří nohy byla rychlejší (19,7 ks/m² za den) než u varianty ošetřené herbicidem Merlin Flexx (8,1 ks/m² za den) okolo 31. dne po zasetí kukuřice. U neošetřené kontroly došlo tedy ke zrychlenému vzcházení ježatky kuří nohy, na křivce šlo vidět, že díky parametru C došlo ke zrychlenému zvyšování nárůstu kumulativního množství ježatek kuří nohy, kdy se mnohem více přibližovala k asymptotické horní hodnotě parametru A (99 ks/m²) viz Tabulka 9. Na variantách ošetřených herbicidem Merlin Flexx byla hodnota parametru C nižší (8,1 ks/m² za den), z čehož vyplynulo, že růst křivky vzcházivosti byl pomalejší. Na počátku vzcházení ježatky kuří nohy (od 27. dne),

se rychlost jejího vzcházení zvyšovala do přibližně 31. dne od zasetí kukuřice, kdy po tomto dni došlo ke zpomalování vzcházení ježatky, křivka ukazuje, že klíčivost ježatky se v průběhu delší doby od zasetí kukuřice rychleji blížíla asymptotické horní hodnotě A ($17,1 \text{ ks/m}^2$) než u neošetřené kontroly (Obrázek 1 a 2).

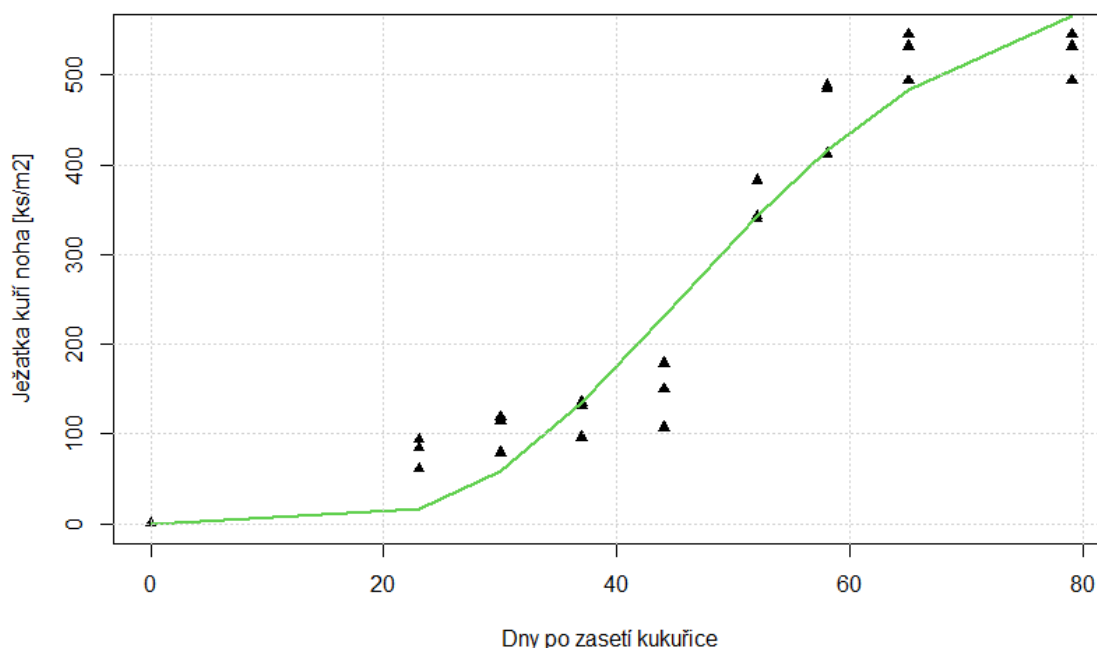
Tato analýza poskytla dobrou shodu křivky k těmto datům pro obě varianty (neošetřená kontrola 2022 a Merlin Flexx T4), porovnání Akaikeho informačního kritéria (AIC) poukázalo na to, jak vhodně byly vytvořeny Gompertzovy modely. Gompertzova funkce pro neošetřenou kontrolu (hodnota AIC byla 183,5) v roce 2022 měla tendenci se více lišit od skutečně pozorovaných dat než u Merlin Flexx T4 (hodnota AIC činila 140,4) v téže roce. Tato větší variabilita dat mohla naznačit na ovlivnění vzcházení různými faktory (prostředí, klimatické podmínky nebo půdní vlastnosti). Kdežto nižší hodnota AIC u herbicidně ošetřených parcel herbicidem Merlin Flexx v aplikačním termínu T4 poukázala na nižší variabilitu dat, tudíž tento model lépe vysvětloval vzcházení ježatky kuří nohy díky účinnosti herbicidu.

Průběh vzcházení ježatky kuří nohy u herbicidu Merlin Flexx v aplikačním termínu T4 v roce 2022



Obrázek 2 Průběh vzcházení ježatky kuří nohy u herbicidu Merlin Flexx v aplikačním termínu T4 v roce 2022 (proloženo Gompertzovou funkcí)

Průběh vzcházivosti ježatky kuří nohy na neošetřené kontrole 2023



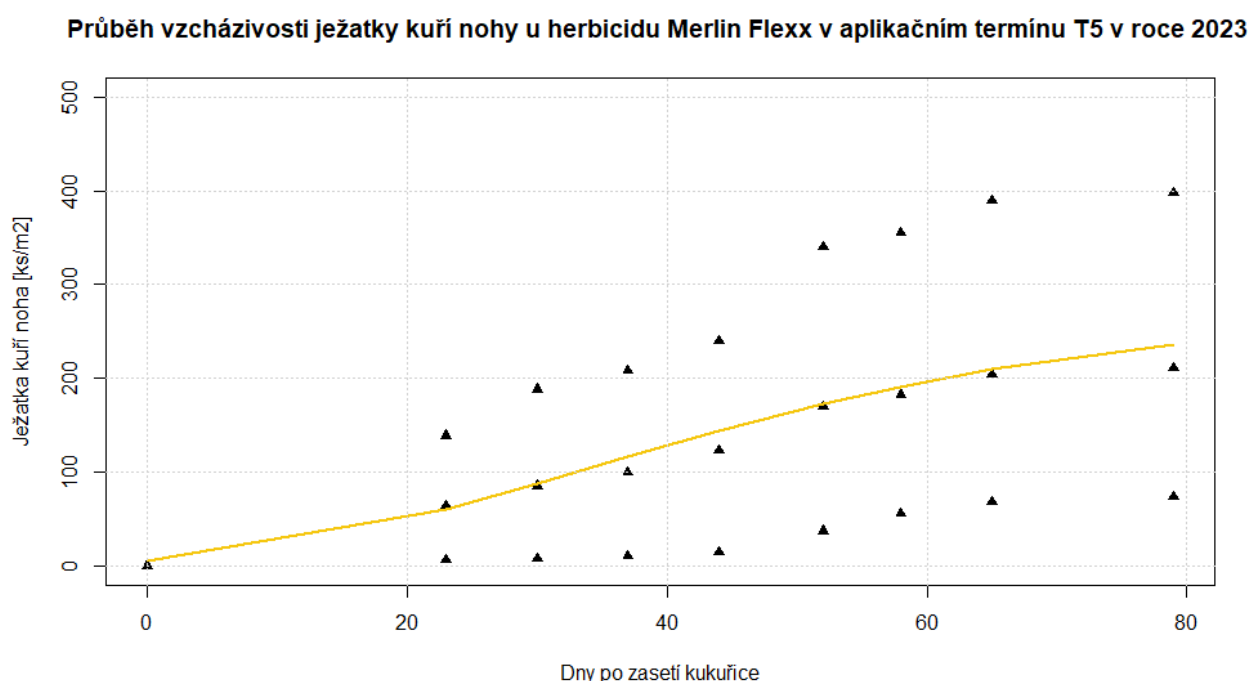
Obrázek 3 Průběh vzcházivosti ježatky kuří nohy na neošetřené kontrole v roce 2023 (proloženo Gompertzovou funkcí)

V roce 2023 na neošetřené kontrole došlo kde vzcházení ježatky kuří nohy 23. den po zasetí kukuřice. Trend byl opět postupně rostoucí, s přibývajícimi dny po zasetí kukuřice taktéž přibývalo nově vzešlých ježatek. Největší změny a nejvyšší rychlosti (16,2 ks/m² za den) ve vzcházivosti byl zaznamenán přibližně 44. den (inflexní bod B viz Tabulka 9), od tohoto dne došlo ke zpomalování vzcházení ježatky kuří nohy. Parametr C svou nižší hodnotou v porovnání s hodnotou u Merlin Flexx T5 poukázal na to, že funkce vzcházivosti se rychleji blížila ke své asymptotické horní hodnotě A (635,9 ks/m²).

Nejlepšího herbicidního výsledku bylo zaznamenáno u parcel ošetřených herbicidem Merlin Flexx (Obrázek 4), a to opět v účinnosti a v množství zaplevelení v aplikačním termínu T5 (k ošetření došlo 33 dní od zasetí kukuřice) viz Graf 6. Jednalo se o termín s nejvyšší celkovou účinností herbicidního ošetření. Z tohoto důvodu byl celkový kumulativní výskyt ježatky kuří nohy mnohem nižší u tohoto ošetření, a to více než dvakrát (Tabulka 9). Inflexního bodu vzcházivosti dosáhla okolo 34. dne po zasetí kukuřice, okolo tohoto dne ježatka měla rychlost vzcházivosti, a to 26,1 ks/m² za den. Tímto dnem došlo ke změně v rychlosti vzcházení ježatky kuří nohy. Maximální dosažené množství vzcházejících ježatek by dle modelu nepřekročilo hranici 283,5 ks/m² (Tabulka 9). Při porovnání kumulativního vzcházení ježatky kuří nohy na neošetřené kontrole a parcelách ošetřených herbicidem Merlin Flexx u aplikačního termínu T5, tak na neošetřené kontrole byl horní limit ježatek podstatně vyšší (635,9 ks/m² oproti 283,5 ks/m²). Toto vyšší množství bylo dáno opět přirozeným způsobem vzcházení ježatky kuří nohy. U herbicidně ošetřené varianty došlo k rychlejšímu příchodu změny ve vzcházivosti, a to okolo 34. dne oproti 44. dni (Obrázek 3 a 4), od těchto dní následně došlo ke zrychlování, respektive zpomalování ve vzcházení ježatek. Parametr C ukázal, jak rychle došlo ke vzcházení ježatky kuří nohy na těchto dvou testovaných variantách (Tabulka 9). Na neošetřené kontrole rychlost vzcházení ježatky kuří nohy byla nižší (16,2 ks/m² za den) než u varianty ošetřené herbicidem Merlin Flexx T5 (26,1 ks/m² za den) v okolí svých

inflexních bodů (Tabulka 9). U neošetřené kontroly došlo tedy k počátečnímu zrychlenému vzcházení ježatky kuří nohy, na křivce šlo vidět, že díky parametru C došlo od inflexního bodu (44. den od zasetí kukuřice) ke zpomalení vzcházení ježatky kuří nohy, kdy se rychlost vzcházení postupně zpomalovala, když došlo k přibližování k asymptotické horní hodnotě parametru A (635,9 ks/m²) viz Tabulka 9. Na variantě ošetřené herbicidem Merlin Flexx byla hodnota parametru C vyšší (26,1 ks/m² za den), z čehož vyplynulo, že růst křivky vzcházení byl zpomalený. Na počátku vzcházení ježatky kuří nohy (od 23. dne), jejich rychlost vzcházení byla pomalejší do přibližně 31. dne (inflexní bod) od zasetí kukuřice. Kdy v okolo tohoto dne došlo k postupnému zrychlování vzcházení ježatky, když se křivka přibližovala k asymptotické horní hodnotě A (283,5 ks/m²) než u neošetřené kontroly (Obrázek 3 a 4).

Tato analýza taktéž poskytla dobré fitování křivky k těmto datům pro obě varianty (neošetřená kontrola 2023 a Merlin Flexx T5), porovnání Akaikeho informačního kritéria (AIC) poukázalo na to, jak vhodně byly vytvořeny modely vzcházení. Oba modely měly velmi si blízké AIC (297,6, respektive 299,9), tímto oba modely dosahovaly podobné míry variability a tím i přesnosti vysvětlení dat vzcházení ježatky kuří nohy v roce 2023.



Obrázek 4 Průběh vzcházení ježatky kuří nohy u herbicidu Merlin Flexx v aplikačním termínu T5 v roce 2023 (proloženo Gompertzovou funkcí)

Tabulka 10 *Hustota zaplevelení ježatkou kuří nohou 53. den (2022), resp. 52. den (2023) od zasetí kukuřice v závislosti na testovaných aplikačních termínech herbicidů (písmeno za číslem udává hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD))*

Termín ošetření	2022 [ks/m ²]	2023 [ks/m ²]
Neošetřená kontrola	70,2 ^{ab}	355,1 ^b
T1	40,4 ^a	229,4 ^a
T2	64,3 ^b	283,3 ^a
T3	34,7 ^a	227,8 ^a
T4	34,3 ^a	176,4 ^a
T5	54,6 ^{ab}	156,3 ^a
p hodnota	0,04401	0,20624

Tabulka 11 *Hustota zaplevelení ježatkou kuří nohou 53. den (2022), resp. 52. den (2023) od zasetí kukuřice v závislosti na testovaných herbicidech (písmeno za číslem udává hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD))*

Herbucid	2022 [ks/m ²]	2023 [ks/m ²]
Neošetřená kontrola	70,2 ^a	355,1 ^{cd}
Outlook	46,6 ^a	111 ^a
Somero	56,5 ^a	153,2 ^{ab}
Merlin Flexx	35,8 ^a	243,8 ^{bc}
Callisto 100 SC	43,8 ^a	350,7 ^c
p hodnota	0,26227	0,00009

Tohle období pro kukuřici představovalo růstovou fází 7 až 9 listů, jedná se tedy o poslední stádium vegetace, kdy plevele ještě mohly konkurovat kukuřici, i když počáteční podmínky pro vzcházení v roce 2023 nebyly optimální jak pro kukuřici, tak pro ježatku kuří nohu. Od této fáze začala kukuřice růst rychleji, došlo k většímu hromadění sušiny, přičemž od této růstové fáze se začínají vyvíjet klasové výhonky. Vzhledem k dřívějšímu vysvětlení celkového rozdílu v hustotě vzcházení podle roku, je analýza provedena pro každý rok samostatně.

Do 53. dne všechna herbicidní ošetření snižovala hustotu zaplevelení ježatkou ve srovnání s neošetřenou kontrolou. Nebyla však pozorována žádná interakce mezi herbicidem a načasováním jeho aplikace, ale hlavní účinky byly významné samy o sobě. V roce 2022 mělo načasování aplikace herbicidů průkazný vliv na kumulativní vzcházení ježatky do 53. dne, zatímco v roce 2023 výběr termínu ošetření na vzcházení ježatky statisticky průkazný

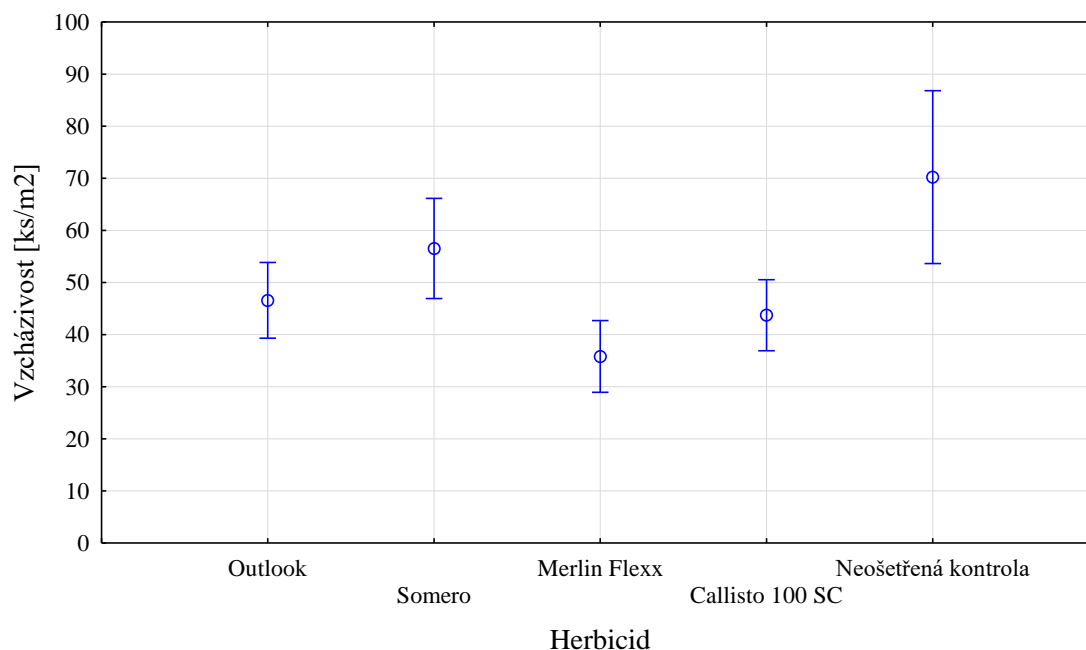
vliv neměl (Tabulka 10). V této tabulce je kumulativní vzcházení k 53. dni odděleno načasováním a kombinováno s použitými herbicidy.

Vliv herbicidního ošetření na vzcháživost ježatky kuří nohy v roce 2022 (53. den po zasetí kukuřice)

Současný efekt: $F(3, 54)=1,3683$, $p=0,26227$

Dekompozice efektivní hypotézy

Vertik. sloupce označ. +/- sm. chyby



Graf 7 Vliv herbicidního ošetření na vzcháživost ježatky kuří nohy 53. den po zasetí kukuřice v roce 2022

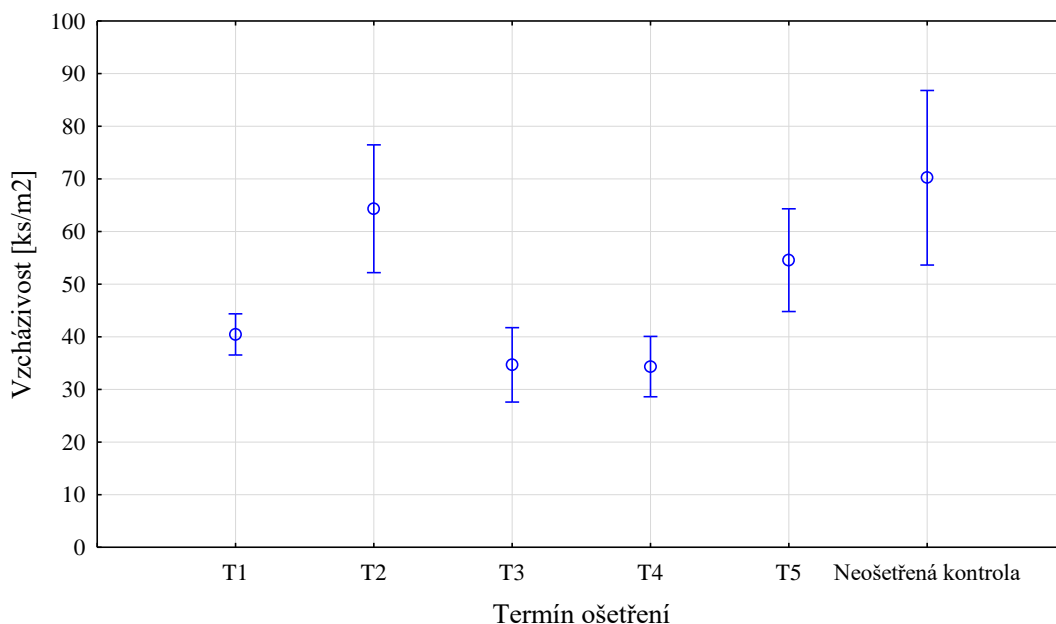
V roce 2022 všechny aplikační termíny (T1 až T5) statisticky významně snižovaly hustotu zaplevelení ježatky kuří nohy oproti neošetřené kontrole (Graf 8). Druhý aplikační termín (T2), který byl proveden přibližně ve fázi BBCH kukuřice 11-13, měl vyšší hustotu zaplevelení než načasování aplikace herbicidu o 5 dní dříve a o 5 dní později. Pouze tento aplikační termín vykazoval průkazně vyšší hustotu ($64,3 \text{ ks/m}^2$) zaplevelení oproti ostatním termínům (Graf 8). Všechny testované herbicidy (při hodnocení 53. den po zasetí kukuřice) vykazovaly nižší hustoty zaplevelení ježatkou kuří nohou ve srovnání s neošetřenou kontrolou ($70,2 \text{ ks/m}^2$) viz Graf 7. Každý z testovaných herbicidů vykazoval tendenci ve snižování hustoty zaplevelení, ale rozdíl nebyl statisticky průkazný.

Vliv aplikačního termínu herbicidů na vzcháživost ježatky kuří nohy v roce 2022 (53. den po zasetí kukuřice)

Současný efekt: $F(4, 54)=2,6330$, $p=0,04401$

Dekompozice efektivní hypotézy

Vertik. sloupce označ. +/- sm. chyby



Graf 8 Vliv aplikačního termínu herbicidů na vzcháživost ježatky kuří nohy 53. den po zasetí kukuřice v roce 2022

V roce 2023 bylo dosaženo průkazně nejnižší hustoty zaplevelení ježatkou kuří nohou po aplikaci herbicidů v aplikačním termínu T5 (156,3 ks/m²), zatímco nejvyšší hustota zaplevelení byla zaznamenána na neošetřené kontrole (355,1 ks/m²). Jediné statisticky průkazné snížení bylo pozorováno u termínu T5 v porovnání s neošetřenou kontrolou (Graf 10).

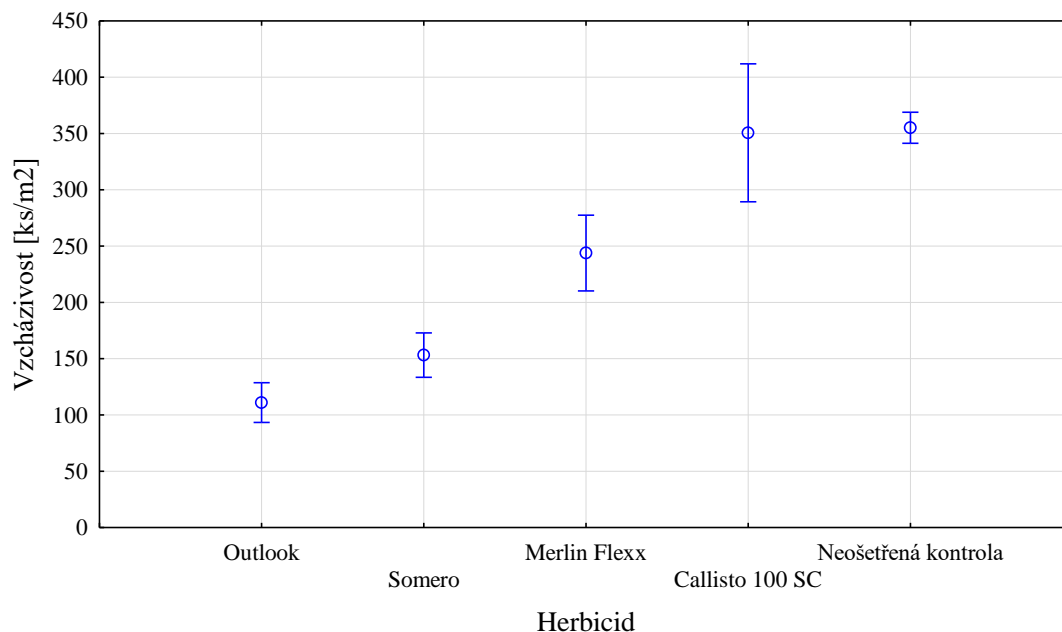
Herbicide Outlook při hodnocení 52. den od zasetí kukuřice výrazně snížil hustotu zaplevelení (111 ks/m²) ježatkou kuří nohou v porovnání s ostatními herbicidy. Statisticky průkazný rozdíl byl u herbicide Outlook a neošetřenou kontrolou a herbicidem Callisto 100 SC (Graf 9). Statisticky průkazný rozdíl byl ještě zaznamenán u herbicide Merlin Flexx (243,8 ks/m²) v porovnání s herbicidem Callisto 100 SC (350,7 ks/m²) viz Tabulka 11. V Grafu 10 lze vidět, jak obě testované skupiny herbicidů v tomto roce měly v tomto hodnocení podobné výsledky, herbicidy inhibující VLCFA (Outlook a Somero) měly vyšší vliv na zaplevelení a HPPD inhibitory (Merlin Flexx a Callisto 100 SC) měly nižší vliv v tomto momentu při hodnocení.

Vliv herbicidního ošetření na vzcházivost ježatky kuří nohy v roce 2023 (52. den po zasetí kukuřice)

Současný efekt: $F(3, 54)=8,6698$, $p=0,00009$

Dekompozice efektivní hypotézy

Vertik. sloupce označ. +/- sm. chyby



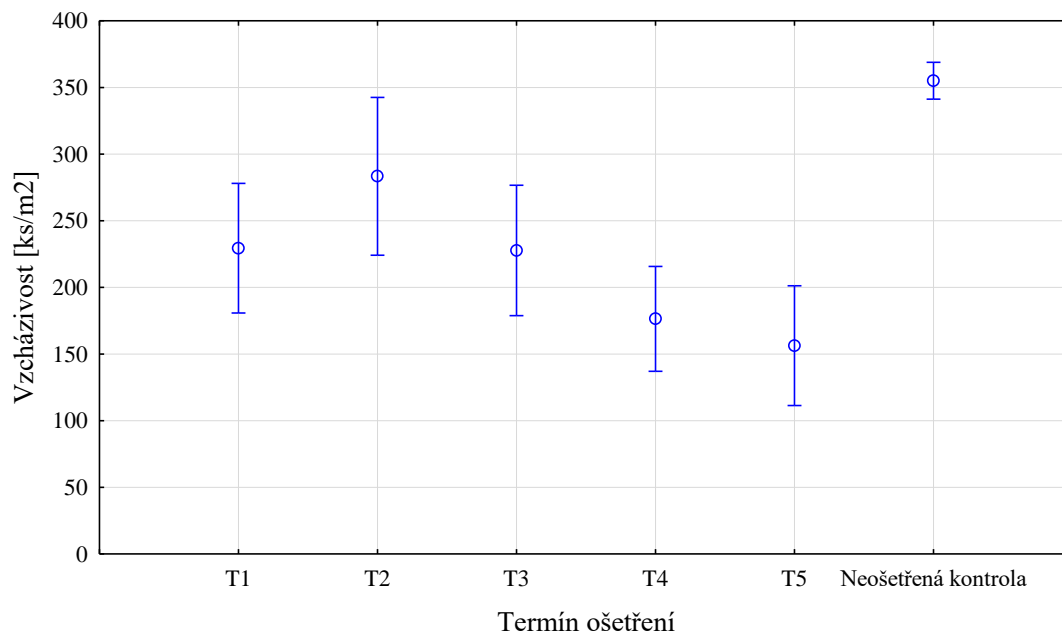
Graf 9 Vliv herbicidního ošetření na vzcházivost ježatky kuří nohy 52. den po zasetí kukuřice v roce 2023

Vliv aplikačního termínu herbicidů na vzcházivost ježatky kuří nohy v roce 2023 (52. den po zasetí kukuřice)

Současný efekt: $F(4, 54)=1,5310$, $p=0,20624$

Dekompozice efektivní hypotézy

Vertik. sloupce označ. +/- sm. chyby



Graf 10 Vliv aplikačního termínu herbicidů na vzcházivost ježatky kuří nohy 52. den po zasetí kukuřice v roce 2023

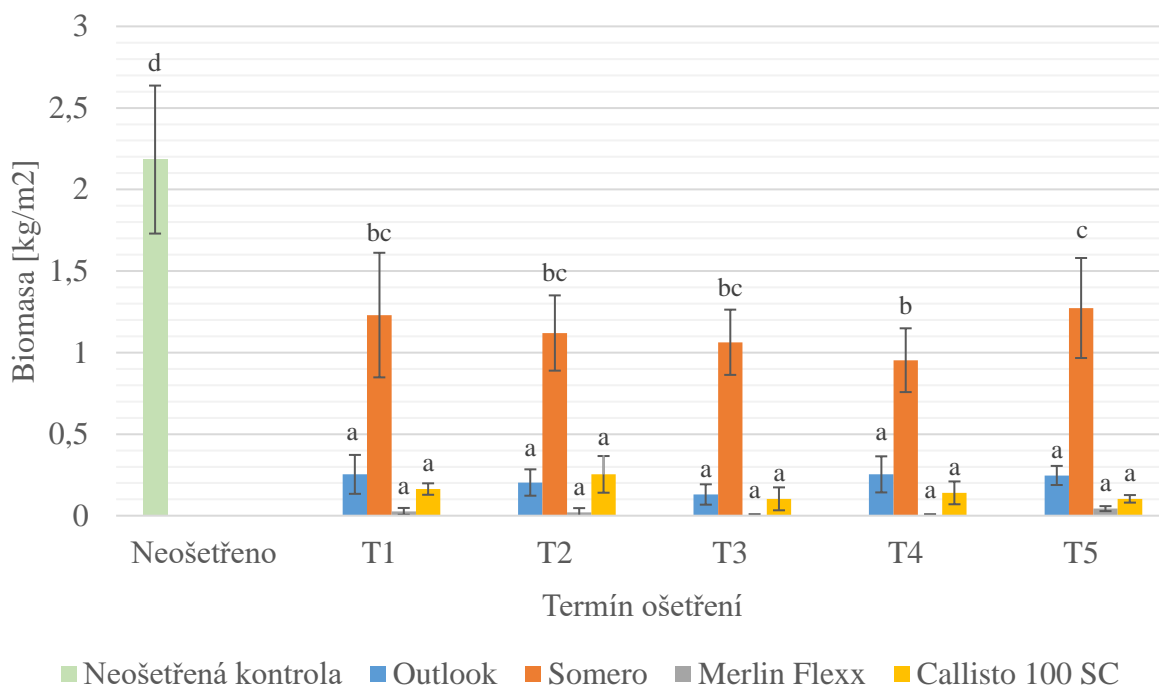
5.3 Hodnocení hmotnosti nadzemní biomasy ježatky kuří nohy

V roce 2022 byla zaznamenána nejvyšší produkce nadzemní biomasy ježatky kuří nohy u herbicidu Somero ve všech aplikačních termínech (Graf 11). Nejnižší průměrná hmotnost nadzemní biomasy (viz Tabulka 13) ježatky kuří nohy byla po aplikaci herbicidu Merlin Flexx (19 g/m^2), průměrná hmotnost nadzemní biomasy ježatky kuří nohy po aplikaci herbicidů Callisto 100 SC byla průkazně nižší (153 g/m^2). Herbicid Outlook redukoval oproti oběma předchozím herbicidům biomasu ježatky kuří nohy průkazně méně (217 g/m^2). Hmotnost nadzemní biomasy ježatky kuří nohy u herbicidu Somero nebyla na rozdíl od předchozích herbicidů ovlivněna a dosahovala v průměru $1\,128 \text{ g/m}^2$. Nejnižší produkce nadzemní biomasy u herbicidu Merlin Flexx bylo dosaženo v aplikačním termínu T3 a T4 (3 g/m^2) viz Graf 11. Každopádně mezi jednotlivými termíny aplikace herbicidu Merlin Flexx nebyl zaznamenán žádný průkazný rozdíl v hmotnosti nadzemní biomasy ježatky.

Nejnižší hmotnost nadzemní biomasy (100 g/m^2) byla zaznamenána u herbicidu Callisto 100 SC v aplikačních termínech T3 a T5 (Graf 13), naopak k nejvyšší produkci biomasy došlo u termínu T2 (399 g/m^2). Z testovaných aplikačních termínů, měl nejvyšší regulační efekt na nadzemní biomasu ježatky T3 aplikační termín (325 g/m^2). Mezi testovanými aplikačními termíny nebyl žádný významný statistický rozdíl v hmotnosti nadzemní biomasy ježatky kuří nohy (Tabulka 12).

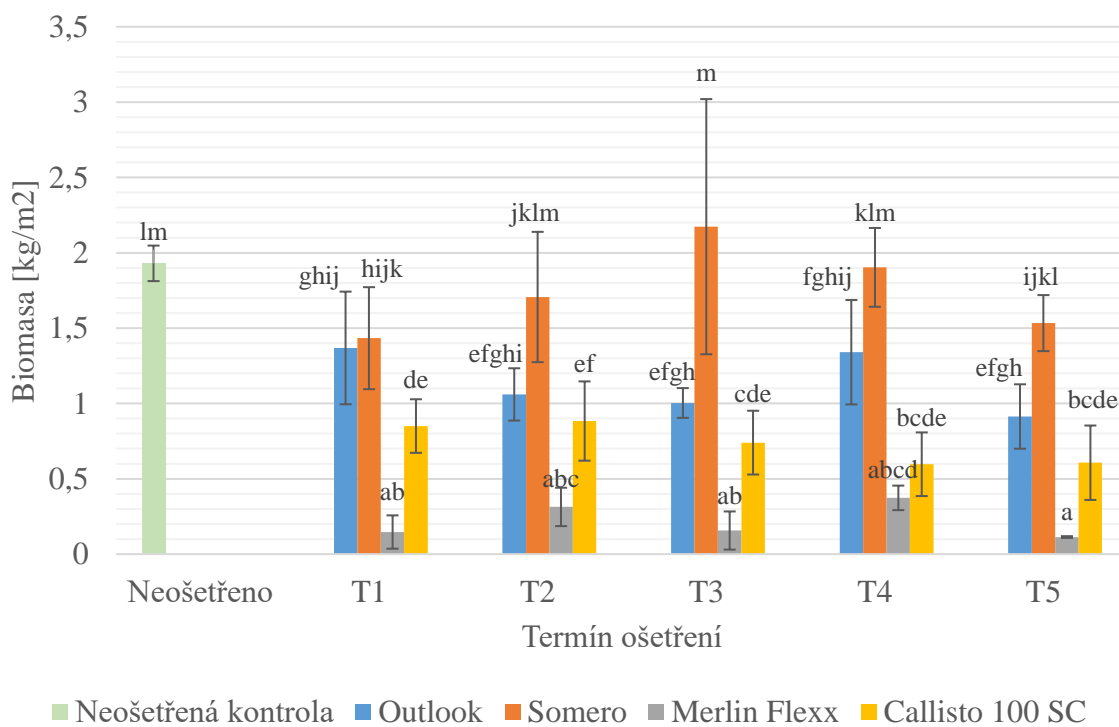
V roce 2023 opět nebyl zaznamenán průkazný rozdíl v hmotnosti biomasy ježatky. Největší rozdíly se projevily mezi aplikačním termínem T4 ($1\,053 \text{ g/m}^2$) a T5 (792 g/m^2) viz Tabulka 12. Nejvyšší produkce nadzemní biomasy ježatky kuří nohy byla zaznamenána po aplikaci herbicidu Somero, a to téměř ve všech aplikačních termínech (Graf 12). Naopak nejnižší průměrná hmotnost ježatky kuří nohy byla po aplikaci herbicidu Merlin Flexx (221 g/m^2), což je průkazně nižší hmotnost nadzemní biomasy ježatky (Tabulka 13). Mezi všemi testovanými herbicidy byly průkazné rozdíly v hmotnosti nadzemní biomasy ježatky kuří nohy (Tabulka 13). Hmotnost nadzemní biomasy ježatky po aplikaci herbicidu Somero v aplikačním termínu T1 ($1\,433 \text{ g/m}^2$) a T5 ($1\,533 \text{ g/m}^2$) byla nižší než v termínu T3 ($2\,173 \text{ g/m}^2$).

Nadzemní biomasa ježatky kuří nohy 2022



Graf 11 Nadzemní biomasa ježatky kuří nohy v roce 2022 (chybové úsečky představují směrodatnou odchylku, písmena vyjadřují homogenní skupiny pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD))

Nadzemní biomasa ježatky kuří nohy 2023



Graf 12 Nadzemní biomasa ježatky kuří nohy v roce 2023 (chybové úsečky představují směrodatnou odchylku, písmena vyjadřují homogenní skupiny pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD))

Tabulka 12 Průměrná hmotnost nadzemní biomasy ježatky kuří nohy po aplikaci všech zkoušených herbicidů v testovaných aplikačních termínech v letech 2022 a 2023 (písmeno za číslem udává homogenní skupinu pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD))

Termín ošetření	2022 [kg/m ²]	2023 [kg/m ²]
Neošetřená kontrola	2,183 ^b	1,930 ^c
T1	0,418 ^a	0,950 ^{ab}
T2	0,399 ^a	0,991 ^{ab}
T3	0,325 ^a	1,018 ^{ab}
T4	0,338 ^a	1,053 ^b
T5	0,417 ^a	0,792 ^a
p hodnota		
	0,48128	0,26545

Tabulka 13 Průměrná hmotnost nadzemní biomasy ježatky kuří nohy ze všech aplikačních termínů pro testované herbicidy v letech 2022 a 2023 (písmeno za číslem udává homogenní skupinu pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD))

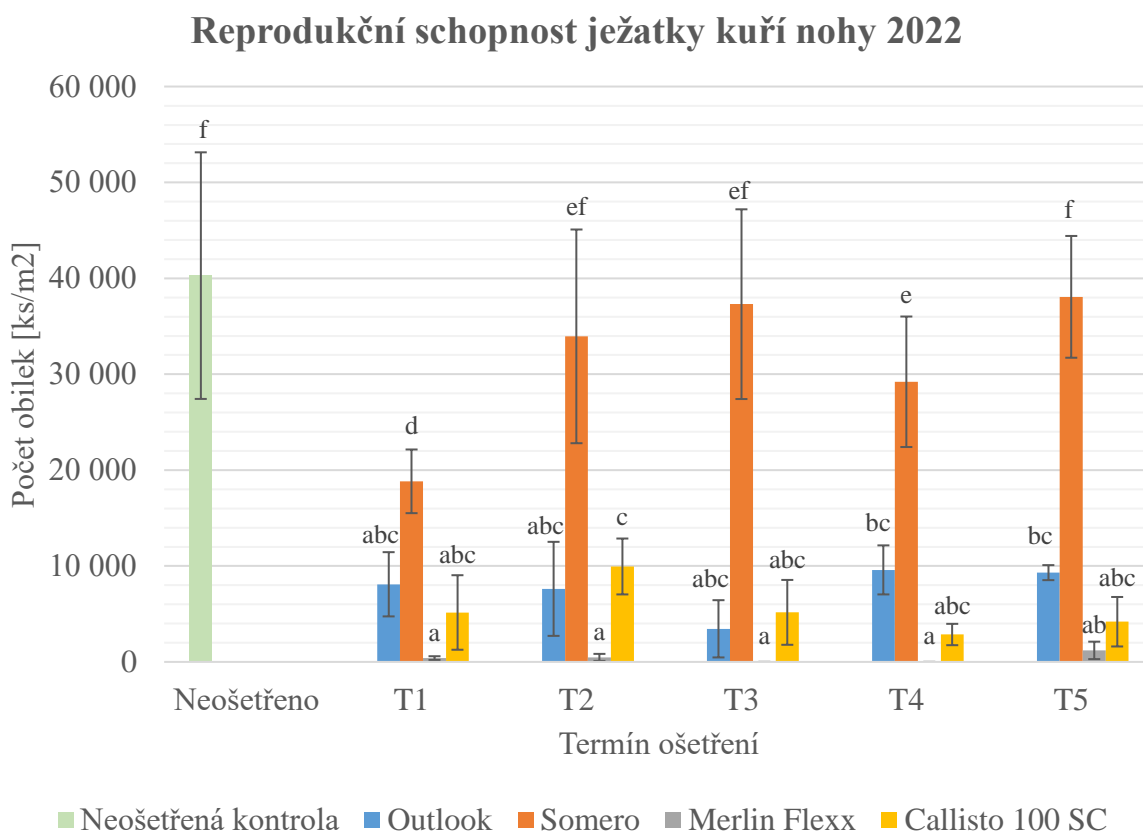
Herbucid	2022 [kg/m ²]	2023 [kg/m ²]
Neošetřená kontrola	2,183 ^d	1,930 ^d
Outlook	0,217 ^b	1,137 ^c
Somero	1,128 ^c	1,750 ^d
Merlin Flexx	0,019 ^a	0,221 ^a
Callisto 100 SC	0,153 ^b	0,735 ^b
p hodnota		
	<0,00001	<0,00001

5.4 Hodnocení reprodukční schopnosti ježatky kuří nohy

V roce 2022 byly zaznamenány průkazné rozdíly v reprodukční schopnosti u všech testovaných herbicidů. Nejnižší reprodukční schopnost ježatky byla u herbicidu Merlin Flexx (413 ks/m²). Reprodukční schopnost u herbicidu Callisto 100 SC byla vyšší (5 463 ks/m²) podobně jako u herbicidu Outlook (7 612 ks/m²). Nejvyšší produkce obilek byla sledována u herbicidu Somero ve všech aplikačních termínech (Graf 13). U herbicidu Merlin Flexx byla nulová reprodukční schopnost v aplikačním termínu T3 a T4 (Graf 13). U herbicidu Callisto 100 SC bylo zaznamenáno nejnižší produkce obilek v termínu T4 (2 856 ks/m²). Nejnižší

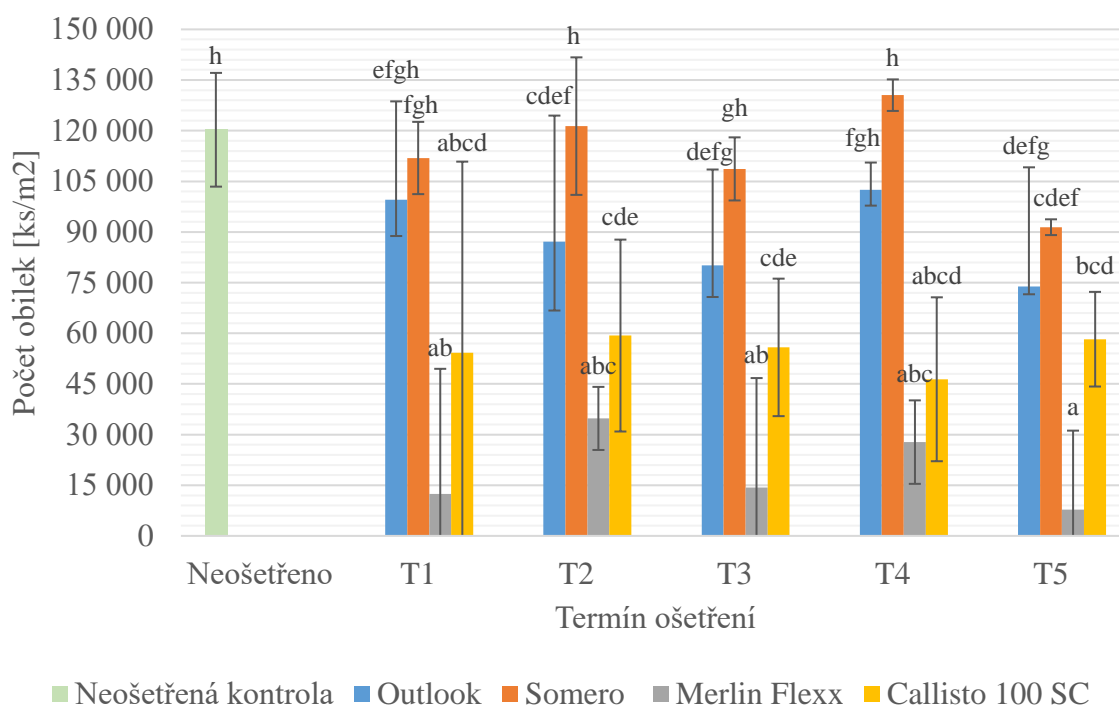
reprodukční schopnost u herbicidu Outlook byla v aplikačním termínu T3 (3 451 ks/m²), naopak nejvyšší reprodukční schopnost byla zaznamenána u aplikačního termínu T4 a T5 (okolo 9 000 ks/m²).

V roce 2023 byly zaznamenány taktéž ve všech herbicidních ošetření průkazné statistické rozdíly. Nejnižší reprodukční schopnost byla u herbicidu Merlin Flexx (17 258 ks/m²). Reprodukční schopnost u herbicidu Callisto 100 SC byla průkazně vyšší (51 506 ks/m²) podobně jako u herbicidu Outlook (83 596 ks/m²) (viz Tabulka 14). Nejvyšší produkce obilek byla sledována u herbicidu Somero ve všech aplikačních termínech (Graf 14). U herbicidu Merlin Flexx nejnižší reprodukční schopnost se zaznamenala v aplikačním termínu T5 (Graf 14), kde množství obilek bylo 7 820 ks/m². U herbicidu Callisto 100 SC nejnižší vyprodukované množství obilek bylo u termínu T4 (46 382 ks/m²). Nejnižší reprodukční schopnost u variant ošetřených herbicidem Outlook bylo v aplikačním termínu T5 (73 888 ks/m²), naopak nejvyšší reprodukční schopnost byla zaznamenána u aplikačního termínu T4 (102 473 ks/m²).



Graf 13 Reprodukční schopnost ježatky kuří nohy v roce 2022 (chybové úsečky představují směrodatnou odchylku, písmena vyjadřují homogenní skupiny pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD))

Reprodukční schopnost ježatky kuří nohy 2023



Graf 14 Reprodukční schopnost ježatky kuří nohy v roce 2023 (chybové úsečky představují směrodatnou odchylku, písmena vyjadřují homogenní skupiny pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD))

Tabulka 14 Průměrné množství obilek ježatky kuří nohy po aplikaci všech zkoušených herbicidů v testovaných aplikačních termínech v letech 2022 a 2023 (písmeno za číslem udává homogenní skupinu pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD))

Herbucid	2022 [ks/m ²]	2023 [ks/m ²]
Neošetřená kontrola	42 282,7 ^d	121 350,0 ^d
Outlook	7 612,9 ^b	83 596,7 ^c
Somero	31 473,3 ^c	106 788,0 ^d
Merlin Flexx	413,5 ^a	17 258,7 ^a
Callisto 100 SC	5 463,1 ^b	51 506,3 ^b
p hodnota	<0,00001	<0,00001

Tabulka 15 Průměrné množství obilok ježatky kuří nohy ze všech aplikačních termínů pro testované herbicidy v letech 2022 a 2023 (písmeno za číslem udává homogenní skupinu pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD))

Termín ošetření	2022 [ks/m ²]	2023 [ks/m ²]
Neošetřená kontrola	42 282,7 ^d	121 350,0 ^d
T1	8 118,9 ^a	64 382,9 ^{ab}
T2	12 996,6 ^b	69 439,2 ^{ab}
T3	11 480,8 ^{ab}	64 382,9 ^{ab}
T4	10 415,7 ^{ab}	76 180,8 ^b
T5	13 191,7 ^b	49 551,3 ^a
p hodnota	0,21133	0,15785

5.5 Hodnocení výnosu zrna kukuřice seté

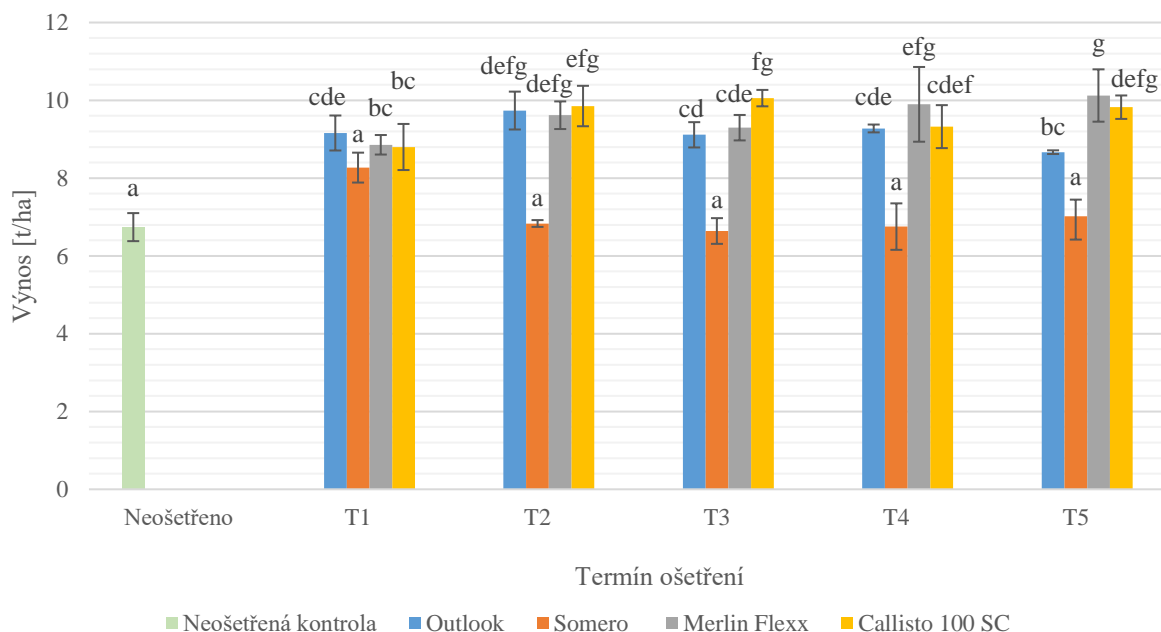
V roce 2022 byl zaznamenán nejvyšší průměrný výnos zrna u herbicidů Merlin Flexx a Callisto 100 SC (9,6 t/ha). Výnosy zrna v roce 2022 byly dost vyrovnané. U herbicidu Outlook bylo dosaženo výnosu zrna 9,2 t/ha (Tabulka 17). Herbicid Somero vykazoval průměrný výnos 7,1 t/ha, jednalo se tak o průkazně nižší výnos zrna oproti ostatním herbicidům (Tabulka 17).

Nejvyššího výnosu (10 t/ha) dosáhl herbicid Merlin Flexx, pokud byl aplikován v aplikačním termínu T5 (Graf 15). U herbicidu Callisto 100 SC nejvyššího výnosu zrna (10 t/ha) bylo dosaženo v aplikačním termínu T3. Herbicid Outlook vykázal nejvyšší výnos zrna v aplikačním termínu T2 (9,7 t/ha), naopak výnos byl v termínu T5 nejnižší (7 t/ha). Z testovaných aplikačních termínů, bylo dosaženo nejvyššího výnosu zrna (9 t/ha) v T2 aplikačním termínu (Tabulka 16).

V roce 2023 byl zaznamenán nejvyšší průměrný výnos zrna u herbicidu Merlin Flexx (5,3 t/ha), což byl statisticky průkazně vyšší výnos zrna než u herbicidů Outlook a Somero (Tabulka 17). Na parcelách ošetřených herbicidem Callisto 100 SC bylo dosaženo průměrného výnosu zrna 5 t/ha (Tabulka 17). Herbicid Outlook vykázal výnos zrna 4,7 t/ha. Po aplikaci herbicidu Somero byl zaznamenán průměrný výnos pouze 3 t/ha, jednalo se tak o nejnižší výnos ze všech testovaných herbicidů. Nejvyššího výnosu (5,7 t/ha) bylo dosaženo po aplikaci herbicidu Merlin Flexx v aplikačním termínu T2 (Graf 16). U herbicidu Callisto 100 SC bylo dosaženo nejvyššího výnosu zrna (5,9 t/ha) v aplikačním termínu T4. Herbicid Outlook vykázal nejvyšší výnos zrna v aplikačním termínu T3 (5,2 t/ha), naopak v termínu T4 byl výnos nejnižší (4,2 t/ha). Z testovaných aplikačních termínů, bylo dosaženo nejvyššího výnosu zrna (4,8 t/ha) v T5.

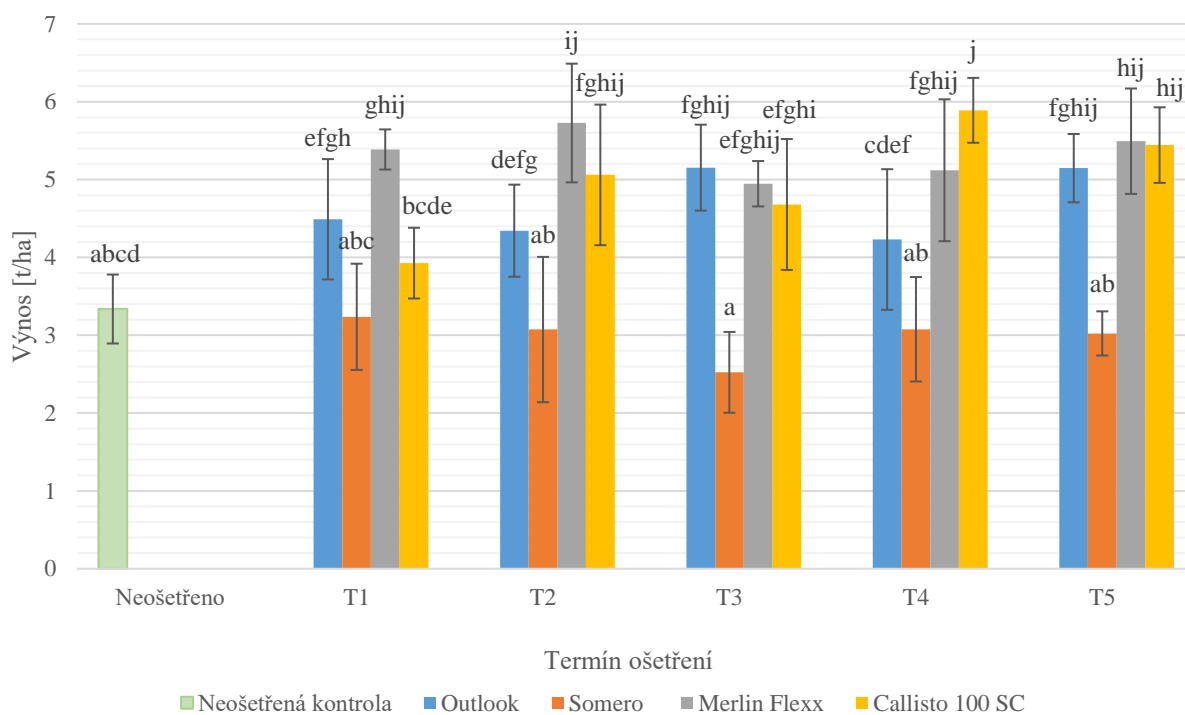
Mezi jednotlivými aplikačními termíny herbicidů nebyly v žádném roce statisticky průkazné rozdíly ve výnosu zrna kukuřice. V roce 2022 byl výnos na herbicidně ošetřených variantách průkazně vyšší oproti neošetřené kontrole. Ošetření herbicidy Outlook, Merlin Flexx a Callisto 100 SC vedlo ke statisticky průkaznému zvýšení výnosu zrna kukuřice oproti neošetřené kontrole (Tabulka 17). I v roce 2023 mělo herbicidní ošetření statistický průkazný vliv (kromě herbicidu Somero) na výnos kukuřice.

Výnos zrna kukuřice 2022



Graf 15_Výnos zrna kukuřice v roce 2022 v závislosti na použitém herbicidu a termínu aplikace (chybové úsečky představují směrodatnou odchylku, písmena vyjadřují homogenní skupiny pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD))

Výnos zrna kukuřice 2023



Graf 16_Výnos zrna kukuřice v roce 2023 v závislosti na použitém herbicidu a termínu aplikace (chybové úsečky představují směrodatnou odchylku, písmena vyjadřují homogenní skupiny pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD))

Tabulka 16 Průměrné výnosy zrna kukuřice po aplikaci všech zkoušených herbicidů v testovaných aplikačních termínech v letech 2022 a 2023 (písmeno za číslem udává homogenní skupinu pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD))

Termín ošetření	2022 [kg/m ²]	2023 [kg/m ²]
Neošetřená kontrola	6,74 ^a	3,34 ^a
T1	8,77 ^b	4,26 ^b
T2	9,01 ^b	4,55 ^b
T3	8,78 ^b	4,33 ^b
T4	8,81 ^b	4,58 ^b
T5	8,91 ^b	4,78 ^b
p hodnota	0,86397	0,38692

Tabulka 17 Průměrné výnosy zrna kukuřice ze všech aplikačních termínů pro testované herbicidy v letech 2022 a 2023 (písmeno za číslem udává homogenní skupinu pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD))

Herbicide	2022 [kg/m ²]	2023 [kg/m ²]
Neošetřená kontrola	6,74 ^a	3,34 ^a
Outlook	9,19 ^b	4,67 ^b
Somero	7,10 ^a	2,99 ^a
Merlin Flexx	9,56 ^b	5,33 ^c
Callisto 100 SC	9,57 ^b	5,00 ^{bc}
p hodnota	<0,00001	<0,00001

6 Diskuze

K lepšímu porozumění vzcházivosti ježatky kuří nohy v čase na neošetřené kontrole a účinných herbicidních variantách v každém sledovaném roce, byl vytvořen nelineární model s kumulativním počtem rostlin ježatky za využití Gompertzovy rovnice ve vybraných termínech (T4 a T5). Rozdílné povětrnostní podmínky v obou pokusných letech a zásoba obilek v půdě zapříčinily odlišnou intenzitu zaplevelení (až čtyřikrát vyšší zaplevelení na neošetřených kontrolách v roce 2023 ve srovnání s rokem 2022). Částečně se tato vysoká hustota zaplevelení dá vysvětlit téměř každoročním stejným vzorcem v průběhu počasí, kdy vysoké teploty přicházejí se zpožděním a srážek bývá nedostatek, každopádně v roce 2023 byl pokus založen na jiné části pole než rok předcházející, kde byla mnohem vyšší zásoba obilek ježatky v půdě. Tento fakt potvrzují pozorování Majchrzaka et al. (2024) v regionu Wielkopolska (Polsko), kde se ježatka kuří noha nejintenzivněji vyskytovala v suchých a teplých letech. Méně pak v letech chladnějších a s průměrnými srážkami. V našem případě byl teplejším a sušším rokem rok 2023, což se také projevilo na intenzitě zaplevelení ježatkou a následně také výnosu kukuřice. Nižší výnosy kukuřice v roce 2023 byly zapříčiněny nejenom nevhodnými podmínkami pro růst v jejich raných růstových fázích, ale také tím, že vyšší intenzita zaplevelení ježatkou kuří nohou způsobovala její vyšší konkurenční i alelopatické působení (inhibice růstu kořenů kukuřice), jak uvádí Majchrzak et al. (2024).

Při hodnocení vzcházivosti ježatky kuří nohy byl vybrán termín 53., respektive 52. den po zasetí kukuřice (rok 2022, resp. 2023). Tento termín byl vybrán proto, že korespondoval s důležitou růstovou fází kukuřice z pohledu utváření konkurenčních vztahů mezi ježatkou a kukuřicí. Jednalo se o růstovou fázi, kdy měla kukuřice 7 až 9 listů, kdy toto období bylo de facto poslední fází vegetace, kdy vzešlé rostliny ježatky kuří nohy mohly ještě výrazně ovlivnit růst a vývoj kukuřice. Po tomto kritickém období, jak uvádí Pískáčková & Jursík (2023), nově vzešlé ježatky obvykle již neohrožují výnos kukuřice, ale dá se zde předpokládat, že populace ježatky bude selektována podle její odolnosti vůči aplikovaným herbicidům, neboť vzcházející rostliny jsou vystavovány subletálním dávkám herbicidů a následně se mohou reprodukovat a tím zvyšovat půdní zásobu obilek. V hustých a dobře zapojených porostech kukuřice se však obvykle takto pozdě vzešlé ježatky nedokáží reprodukovat, nebo je jejich reprodukční schopnost velmi nízká. Také studie Mahmoodi & Rahini (2009) potvrzuje podobnou kritickou fázi kukuřice z pohledu zaplevelení v různých oblastech. Například v Mexiku toto období trvá přibližně 50 dní od zasetí kukuřice, v USA přibližně 6 týdnů nebo v jihovýchodní Americe přibližně 53 dní. V roce 2022 měl velký vliv na dynamiku vzcházení ježatky použitý aplikační termín, v roce 2023 měl větší vliv použitý herbicid. Pískáčková & Jursík (2023) došli k závěru, že ve vlhčích letech byla intenzita zaplevelení ježatkou po aplikaci účinné látky *pethoxamid* podobná jako na neošetřené kontrole, ale výrazně nižší ve srovnání s neošetřenou kontrolou v sušších letech, což se také potvrdilo v našich pokusech. Dále je třeba poukázat

na vyšší listový příjem *mesotrione* (kratší reziduální aktivita) a *isoxaflutole* (nižší listový příjem v suchých podmínkách), jak uvádí ve výsledcích pokusů v kukuřici Pískáčková & Jursík (2023). Toto tvrzení můžeme potvrdit našimi výsledky, kdy po aplikaci *isoxaflutole* ve vlhčím roce 2022, byl výskyt ježatky kuří nohy průkazně nižší než na neošetřené kontrole. Ale v sušším roce 2023 jeho účinnost byla nižší. Účinnost *mesotrione* byla nižší v obou sledovaných letech, tento herbicid měl podobný průměrný výskyt ježatky jako u neošetřené kontroly, nicméně většina rostlin vzešla až po jeho aplikaci, jeho reziduální působení na ježatku kuří nohu bylo tedy nedostatečné.

Nejefektivnějšími termíny pro aplikaci testovaných herbicidů byly pozdnější aplikační termíny (T3-T5). V době aplikace herbicidů v jednotlivých aplikačních termínech v roce 2022 byl povrch půdy suchý až přeschlý a vytvoření kompaktního herbicidního filmu bylo prakticky

nemožné. Herbicid je totiž přijímán kořínky vzcházejících plevelů z půdního roztoku. Za sucha vzcházejí plevele spíše ze spodních vrstev půdy, kde je koncentrace herbicidu v půdním roztoku minimální a herbicidy jsou tedy méně efektivní (Jursík et al. 2018). Přibližně týden před každým ošetřením byly teploty nad 15 °C, což byly téměř ideální podmínky pro klíčení ježatky. Teploty v květnu byly nad teplotním normálem 13,8 °C. Ochlazení přišlo po posledním herbicidním ošetření (27. 5. 2022), kdy průměrné denní teploty na 3 dny klesly pod 15 °C, následně však opět stouply i nad 20 °C. Obilky ježatky kuří nohy mají největší potenciál vzcházení na přelomu května a června, když teploty půdy přesahují 15 °C (Mohler et al. 2016). Srážky byly v tomto měsíci (květen) velmi podnormální, s celkovým úhrnem 25,4 mm, což je přibližně množství, které spadne-li jednorázově, zajišťuje podle Hager (2023) dobrou účinnost půdních herbicidů. Pokud jsou však srážky rozděleny do mnoha dní, z nichž žádná srážková perioda nepřesáhne úhrn 10 mm, na účinnost půdních herbicidů pak mají vliv minimální. Navíc vysoké teploty po srážkách vedou k rychlému oschnutí půdy. Kukuřice v roce 2022 lépe konkurovala ježatce na začátku vegetace, což vedlo k nižšímu zaplevelení než v následujícím roce. Týden před T3 (2022) ošetřením napršelo přibližně 6 mm vody, po třetím ošetření (v rozmezí cca týden po aplikaci herbicidu) došlo k úhrnu srážek 5,9 mm, po čtvrtém 10 mm a po pátém 2,1 mm. Z tohoto můžeme usoudit, že nejlepší vlhkostní podmínky před a po ošetření pro dobrou herbicidní účinnost měl T3 a T4 aplikační termín. V těchto aplikačních termínech účinná látka *isoxaflutole* dosáhla nejvyšší účinnosti ze všech testovaných účinných látek (nad 90 %). Jak uvádí Jursík et al. (2020), účinná látka *isoxaflutole* se využívá zejména k regulaci trávovitých plevelů. V půdě vykazuje poměrně dlouhé reziduální působení a je dobře rozpustná ve vodě, což se potvrdilo i v našich pokusech. Po aplikaci *isoxaflutole* v těchto termínech (T3 a T4) v roce 2022 vytvořila ježatka nejnižší hmotnost nadzemní biomasy a její reprodukční schopnost byla zanedbatelná. Průměrná účinnost herbicidů v testovaných 15 °C aplikačních termínech se v roce 2022 pohybovala mezi 47,1 % až 61,7 %, zatímco v roce 2023 se pohybovala mezi 44,2 % až 58,3 %. Výsledky ANOVA (LSD) ukázaly statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými termíny v obou letech. Zejména aplikační termíny T3 a T5 vykazovaly v roce 2023 vyšší účinnost než v roce předchozím, což naznačuje variabilitu v reakci ježatky kuří nohy na různé podmínky a aplikace herbicidů. Na variantách v roce 2022, které byly ošetřeny HPPD inhibitory (*isoxaflutole* a *mesotrione*) došlo k vytvoření nejvyšších výnosů kukuřice, stejně tomu tak bylo i v roce následujícím. Výnosově se kukuřici nejlépe dařilo u obou HPPD inhibitorů při aplikování herbicidu v termínu T5 (ošetřeno 27. 5. 2022), tyto výnosy byly jedny z nejvyšších (okolo 10 t/ha).

V roce 2023, kdy bylo jaro chladnější a sušší, došlo k pomalejšímu vzcházení kukuřice. Žádný herbicidní zásah nevedl k úplné eliminaci ježatky, částečně také kvůli jejímu sekundárnímu vzcházení (intenzivní srážky v červnu) a regeneraci nedostatečně poškozených rostlin. V tomto roce bylo dosaženo nejlepších výsledků ve třetím a pátém aplikačním termínu. V období jednoho týdne před aplikací herbicidů T3, spadlo 7 mm srážek a týden po aplikaci 0,4 mm srážek, což nebyly optimální podmínky pro účinnost půdních herbicidů a ani pro růst kukuřice nebo ježatky. Týden po pátém ošetření nepřišly žádné srážky, ale během následujících tří týdnů spadlo téměř 38 mm. Tato srážková epizoda vedla k mobilizaci reziduí herbicidů v půdě, které byly snadno přijímány rostlinami ježatky, přičemž na některých rostlinách, které byly herbicidem více zasaženy, došlo k výrazným projevům poškození. U herbicidu obsahující úč. látku *isoxaflutole* se poškození projevovalo vybělováním pletiv a poškozením odnoží. Poškození způsobené úč. látkou *dimethenamid-P* se projevovalo krabacením listů a retardací růstu. Žádné dodatečné příznaky poškození nebyly pozorovány na parcelách ošetřených herbicidy obsahující *pethoxamid* a *mesotrione*. Na variantě ošetřené ve třetím aplikačním termínu herbicidem obsahující *pethoxamid* ježatka vytvořila více než 2 kg biomasy z jednoho m² a její reprodukční schopnost převyšovala 100 000 ks obilek/m². V situaci, kdy je na stanovišti minimální konkurence ostatních plevelů, mohou rostliny ježatky kuří nohy

vytvořit až několik stovek tisíc obilek na m², výsledky tedy potvrzují tvrzení Jursíka et al. (2018), Torma & Hodi (2002) a Jabrana (2020). Na této obrovské produkci obilek ježatky se podílelo také opožděné a rozvleklé zapojování porostu kukuřice, kdy ježatka se dokázala lépe vyrovnat s nepříznivými vláhovými poměry na stanovišti v průběhu května, což se výrazně projevilo na výnosu kukuřice. Sekundární vzcházivost ježatky byla po aplikaci účinné látky *pethoxamid* ze všech čtyř herbicidů nejnižší, protože rostliny ježatky vzešlé v první vlně, již nedovolily vzejít novým rostlinám (vnitrodruhová konkurence). Naopak sekundárně vzešlé rostliny ježatky kuří nohy, které vzešly především na parcelách ošetřených účinnou látkou *mesotrione*, nedokázaly kukuřici již efektivně konkurovat, ale jejich reprodukční schopnost byla (s ohledem na pomalejší dynamiku zapojování porostu kukuřice) poměrně velká. To potvrzuje studie od Bosnic & Swanton (1997), kteří tvrdí, že ježatka v důsledku konkurenčního působení kukuřice (po zapojení porostu) není schopna vyprodukovat velké množství obilek.

Bajwa et al. (2015) ve své práci poukazují na vliv zaplevelení ježatkou kuří nohou, která například v rýži může způsobit ztráty na výnose v rozmezí 21-79 %, v našem pokuse se jednalo přibližně o 30, respektive 35 % (rok 2023) při srovnání neošetřené kontroly a herbicidně ošetřených parcel herbicidem Merlin Flexx. Také Majchrzak et al. (2024) uvádí, že výnos zrna kukuřice vlivem zaplevelení ježatkou kuří nohou může být redukován o 24-35 %, což se potvrdilo v našich pokusech.

Jak uvádí ve své práci Starkey et al. (2016), HPPD inhibitory, zejména *isoxaflutole* jsou dobrou volbou pro regulaci ježatky kuří nohy. V jejich pokusech měl *isoxaflutole* účinnost na ježatku 96 až 99 %, v našem případě to bylo maximálně 90 % (průměrně se hodnota pohybovala okolo 80 %). Účinnost *mesotrione* v pokusech Starkey et al. (2016) činila přes 85 %, zatímco v našich pokusech se pohybovala okolo 77 % (2022), respektive 67 % (2023). Dále v pokusech Dimitrova et al. (2013) v Bulharsku vykázal *isoxaflutole* na pozdní jarní plevelu účinnost 96 %. Vysoká účinnost se tedy shoduje s našimi výsledky. V pokusech na Novém Zélandě publikovanými James et al. (2006) účinná látka *mesotrione* měla vyšší účinnost na dvouděložné plevely (>94 %) než na trávovité (cca 85 %). Což bylo pozorováno také v našich pokusech. *Mesotrione* má dle Andr et al. (2014) relativně krátkou perzistenci v půdě cca 2 týdny. Taktéž má nižší účinnost za sušších podmínek (Kaczynski et al. 2016; Nurse et al. 2010; Du et al. 2018). Což je v souladu s výsledky našich pokusů v roce 2023, kdy *isoxaflutole* měl vyšší účinnost na trávovité plevely než *mesotrione*.

Z testovaných acetamidů (*pethoxamid* a *dimethenamid-P*) vykázal lepší účinnost na ježatku kuří nohu v obou letech jednoznačně *dimethenamid-P* obsažený v herbicidu Outlook. Tento herbicid, jak uvádí Neal (2022), potřebuje pro dosažení dobré účinnosti vlhkou půdu při aplikaci, případně srážky po aplikaci. Účinnost tohoto herbicidu se při porovnání obou pokusných ročníků lišila o 5 %, přičemž v obou letech vykazoval účinnost nad 50 %. Kdežto u účinné látky bylo zaznamenáno v obou letech nulové herbicidní účinnosti, což se projevilo také na hmotnosti nadzemní biomasy, reprodukční schopnosti (desetitísíce, respektive statisíce obilek/m² v roce 2023) a následném výnosu kukuřice, který byl nejnižší ze všech ošetření spolu s neošetřenou kontrolou: výnosy byly okolo 7, respektive 3 t/ha (v roce 2022, resp. 2023). Godwin (2017) ve své práci uvádí, že acetamidy (inhibitory VLCFA) zabráňují buněčnému dělení především ve vývoji klíčků a kořenových špiček plevelů, tudíž je ovlivňují během klíčení, ale ještě před vzejitím, tudíž se spíše používají pro preemergentní ošetření. Reziduální působení účinné látky *pethoxamid* se pohybuje okolo 8 týdnů, přičemž za suchých podmínek je značně omezeno (AgData 2024), což se na nulové účinnosti látky *pethoxamid* v obou letech prokázalo. Každopádně v pokusech v roketě seté publikované Doležalovou et al. (2020), byla prokázána průměrná účinnost na plevely v rozmezí 86 až 93,3 % (při preemergentní aplikaci) účinné látky *pethoxamid*. V dalších pokusech vykázal *pethoxamid* účinnost více než 92 % na ježatku kuří nohu v rýži (Norsworthy et al. 2018). Také

Doherty et al. (2016) uvádějí, že účinnost *pethoxamid* na ježatku se pohybovala v rozmezí 97 až 99 %, obě účinnosti při preemergentní aplikaci. Norsworthy et al. (2018) zaznamenali, že opožděním aplikace se snižuje účinnost *pethoxamid* na ježatku kuří nohu (translokace herbicidu ve větších rostlinách je omezená). Také Jursík et al. (2013) uvádí, že ve svých pokusech ve slunečnici v Praze byla účinnost látky *pethoxamid* silně ovlivněna vlhkostí půdy a v suchých podmínkách účinnost byla nedostatečná, tudíž jeho využití spíše doporučují do oblastí s intenzivními srážkami nebo se zavlažováním. V našich podmínkách takovéto srážkové podmínky nenastaly, tudíž se potvrdila nízká (nulová) účinnost této účinné látky.

Obecně nižší výnosy v roce 2023 mohly být způsobeny dle Hanina (2023) dlouhým studeným jarem, poté obdobím sucha (květen) a následně dvěma obdobími nadprůměrných srážek (na začátku a uprostřed června). Po deštích kukuřice začala znova růst, ale byla značně opožděná ve vývoji, což se také projevilo na intenzitě zaplevelení a reprodukční schopnosti ježatky v porovnání s rokem 2022. Jak uvádí Cakir (2004) kukuřice až po vytvoření 10 listů začne rychleji růst a akumulovat živiny. V období vegetativního růstu je relativně tolerantní vůči vláhovému deficitu, ale při vodním stresu v období během opylování dochází k rapidnímu snižování počtu zrn v palici a také omezení přívodu zásobních látek do zrna. Dále jak uvádí Kebede et al. (2014), růst a vývoj zrna kukuřice je závislý na dodávce asimilátů, doplněné remobilizovanými zásobami sacharidů ze stonku během plnění zrna. Kukuřice tedy v našem případě (v roce 2023) již nestihla dohnat počáteční zpomalení, a to také vlivem vodního stresu při opylování, kdy již následně nebyla schopna vytvořit takové výnosy jako v roce 2022, výnosy se od sebe při srovnání těchto testovaných let lišily přibližně o 4 t/ha.

7 Závěr

Kukuřice je širokořádkovou plodinou, která má v raných růstových fázích relativně nízkou konkurenční schopnost a je tedy velmi citlivá k zaplevelení. Během prvních týdnů vegetace kukuřice zvyšuje svou hmotnost pouze o 2-3 % denně, zatímco u plevelů může tato hodnota dosahovat 15-18 %. Vysoká míra zaplevelení může negativně ovlivňovat výnos kukuřice, a proto se často využívá kombinace několika účinných látek herbicidů, aby se dosáhlo vzájemného synergického působení. Výnos kukuřice je silně ovlivněn povětrnostními podmínkami a škodlivými organismy včetně plevelů. Cílená ochrana proti plevelům je klíčová zejména v době kritického období kukuřice, které je obvykle od fáze 2-3 listů po fázi 6-8 listů.

Ježatka kuří noha je jedním z hospodářsky nejvýznamnějších plevelů kukuřice. Její úspěšnost spočívá v produkci středně velkých obilek, které jsou snadno dispergovatelné a mají dlouhou životnost v půdě. Při intenzivním zaplevelení může ježatka snížit plochu listů kukuřice o přibližně 22 % a výnos zrna o 24 až 35 %. Existuje mnoho herbicidů, které jsou proti ní zaregistrovány, ale u některých přípravků (zejména půdních herbicidů) může být účinnost za sucha snížena.

Ze získaných dvouletých výsledků lze vyvodit tyto závěry a doporučení pro praxi:

- Oba ročníky byly značně rozdílné v průběhu počasí a rychlosti vzcházení kukuřice, ježatky kuří nohy. Sezóna roku 2022 byla teplejší než v roce 2023, teploty po většinu vegetace byly nadprůměrné. V roce 2023 teploty nebyly tak vysoké, ale nad normály byly (kromě dubna). Oba roky byly poměrně suché v počátcích vegetace kukuřice (zejména rok 2023 při aplikování herbicidů).
- V roce 2022 bylo dosaženo vyšší účinnosti u většiny herbicidů, což se projevilo nižší vzcházevostí ježatky kuří nohy, nižší hmotností její nadzemní biomasy, nižší reprodukční schopností a taktéž byl zaznamenán vyšší výnos zrna kukuřice.
- Vlivem pomalejšího růstu kukuřice a horšímu reziduálnímu účinku herbicidů došlo v roce 2023 k vyššímu vzcházení ježatky kuří nohy. Ježatka kuří noha více v tomto roce konkurovala kukuřici, což se projevilo hlavně na velmi vysoké produkci obilek ježatky kuří nohy, která byla i více než 100 000 ks/m².
- V obou pokusných letech měl termín aplikace průkazný vliv na účinnost na ježatku kuří nohu. V roce 2022 bylo dosaženo nejvyšší účinnosti v aplikačním termínu T3 (před ošetřením se teploty pohybovaly nad 15 °C, týden před ošetřením spadlo přibližně 6 mm srážek a do týdne po aplikaci herbicidu spadlo dalších 5,9 mm). V následujícím roce bylo dosaženo nejvyšší účinnosti opět v aplikačním termínu T3 (při aplikaci herbicidu teploty byly pod 15 °C, týden před aplikací spadlo 7 mm), ale také v T5 (týden po pátém ošetření sice nepřišly žádné srážky, ale během následujících tří dnů spadlo přibližně 38 mm srážek). Nejvyšší účinnost na ježatku kuří nohu byla v obou letech zaznamenána u herbicidu Merlin Flexx.
- Vliv zaplevelení ježatkou kuří nohou na výnos kukuřice byl mnohem vyšší v roce 2023, a to kvůli velmi suchému počasí v počátečních fázích růstu kukuřice.
- Hmotnost nadzemní biomasy ježatky kuří nohy nebyl průkazně ovlivněn žádným z testovaných aplikačních termínů herbicidů.
- Herbicid Merlin Flexx průkazně redukoval hmotnost nadzemní biomasy ježatky kuří nohy, a to také herbicid Callisto 100 SC.
- Aplikační termín nevykazoval statisticky průkazný vliv na reprodukční schopnost ježatky kuří nohy, ačkoli byly zaznamenány rozdíly mezi jednotlivými termíny ošetření v obou letech.

- Nejnižší reprodukční schopnost ježatky kuří nohy byla zaznamenána po ošetření herbicidem Merlin Flexx. Významná redukce reprodukční schopnosti ježatky byla zaznamenána také po aplikaci herbicidu Callisto 100 SC.
- Herbicid Outlook s účinnou látkou *dimethenamid-P* však při dobrých povětrnostních podmínkách dokázal ježatku kuří nohu potlačovat, zejména v raných růstových fázích.
- Herbicid Somero s účinnou látkou *pethoxamid* vykazoval naprosto nulovou účinnost na ježatku kuří nohu v obou sledovaných letech, což vedlo k výraznému snížení výnosu kukuřice. V roce 2023 vyprodukovala ježatka kuří noha po aplikaci tohoto herbicidu přes 100 000 semen/m², tedy podobné množství jako na neošetřené kontrole.
- Při použití herbicidu Somero je potřeba výrazně dbát na půdní a vláhové podmínky. Za sucha a na půdách s vyšší sorpční schopností může být účinnost tohoto herbicidu velmi nízká, případně nulová.
- Herbicidy inhibující VLCFA (Somero a Outlook) vykazaly horší výsledky ve všech námi sledovaných parametrech.
- V obou pokusných letech vykazaly průkazně lepší výsledky oba testované HPPD inhibitory (herbicid Merlin Flexx s účinnou látkou *isoxaflutole* a Callisto 100 SC s účinnou látkou *mesotrione*).
- Při volbě ochrany proti ježatce kuří noze, je třeba volit kombinace více účinných látek herbicidů (směsné přípravky, či TM kombinace).

Vypořádání se se stanovenými hypotézami:

1) Výběr herbicidu má průkazný vliv na účinnost na ježatku kuří nohu v závislosti na povětrnostních podmínkách a růstové fázi ježatky.

- Ano, výběr herbicidu má průkazný vliv na účinnost na ježatku kuří nohu v závislosti na povětrnostních podmínkách a růstové fázi ježatky. Oba testované ročníky se lišily v teplotách a srážkách v období herbicidního ošetření (květen). V roce 2022 byly teploty v období května a června stabilnější (přesahovaly 15 °C, vyšší než normál), srážky byly pravidelnější. V porovnání s rokem 2023, jež měl ve stejném období teploty mírně kolísavější, srážek bylo mnohem méně. Lepší podmínky pro působení půdních herbicidů byly v roce 2022, kdy výběr aplikačního termínu průkazně ovlivňoval účinnost testovaných herbicidů.

2) Výběr herbicidu a termínu aplikace má průkazný vliv na dynamiku vzcházení ježatky kuří nohy během vegetace.

- Nepodařilo se prokázat, že výběr herbicidu a termínu aplikace má průkazný vliv na dynamiku vzcházení ježatky kuří nohy během vegetace. Vliv ročníku na testované herbicidy byl zásadní.
- Průkazný vliv na dynamiku vzcházení měl aplikační termín herbicidů pouze v roce 2022. V tomto roce byly jednoznačně lepší podmínky pro rychlejší vzcházení ježatky, ale také lepší vláhové podmínky pro účinnost půdních herbicidů.

3) Snížení účinnosti na ježatku kuří nohu se negativně projeví na výnosu kukuřice.

- Ano, v případě že došlo ke snížení účinnosti herbicidů na ježatku kuří nohu, tak bylo dosaženo nižších výnosů kukuřice. V obou sledovaných letech byly mezi jednotlivými herbicidy statisticky významné rozdíly ve výnosu zrna kukuřice, které korelovaly se zaplevelením ježatkou kuří nohou.

8 Literatura

- AgData. 2024. Dimethenamid-P. Agropages. Available from <https://www.agropages.com/AgroData/Detail-471.htm> (accessed March 2024).
- AgData. 2024. Pethoxamid. Agropages. Available from <https://www.agropages.com/AgroData/Detail-1071.htm> (accessed February 2024).
- Agostinetti D, Oliveira C, Langaro AC, da Silva JDG, Barbieri GF. 2022. Differences in biochemical, physiological and molecular response mechanisms of rice, weedy rice and barnyardgrass subjected to drought. *Pesquisa Agropecuária Tropical* **52**. Available from <https://www.scielo.br/j/pat/a/cyZLcWJKyYrWbPKrpRHgSGN/#> (accessed August 2023).
- Agromanuál. 2024. Fusariózy palic kukuřice. Agromanuál. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/atlas/choroby/choroba/fuzariozy-palic-kukurice> (accessed January 2024).
- Ali F, Yan J. 2012. Disease Resistance in Maize and the Role of Molecular Breeding in Defending Against Global Threat. *Journal of Integrative Plant Biology* **54(3)**: 134-151.
- Al-Khatib K. 2023. Long Chain Fatty Acid Inhibitors. University of Carolina Herbicide Symptoms. Available from https://herbicidesymptoms.ipm.ucanr.edu/MOA/Long_Chain_Fatty_Acid_Inhibitors/ (accessed December 2023).
- Andr J, Hejník V, Jursík M, Fendrychová V. 2014. Effects of application terms of three soil active herbicides on herbicide efficacy and reproductive ability for weeds in maize. *Plant, Soil and Environment* **10**: 452-458.
- Australian Pesticides and Veterinary Medicines Authority. 2007. Evaluation of the active DIMETHENAMID – P in the product FRONTIER – P HERBICIDE. Australian Pesticides and Veterinary Medicines Authority, Australia, Canberra.
- Bacenetti J, Fusi A, Negri M, Fiala M. 2015. Impact of cropping system and soil tillage on environmental performance of cereal silage productions. *Journal of Cleaner Production* **86**: 49-59. Yang H, Zhou S, Wu L, Wang L. 2022. Interference of Dihydrocoumarin with Hormone Transduction and Phenylpropanoid Biosynthesis (*Echinochloa crus-galli*) Root Growth. *Plants* **11(19)**: 2505.
- Bajwa AA, Jabran K, Shahid M, Ali HH, Chauhan BS, Ehsanullah. 2015. Eco-biology and management of *Echinochloa crus-galli*. *Crop Protection* **75**: 151-162.
- Bakhshi E, Khoei RAA, Azarkeivan A, Kooshesh M, Biglarian A. 2017. Survival analysis of thalassemia major patients using Cox, Gompertz proportional hazard and Weibull accelerated failure time models. *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran* **31**: 97.
- Bereś PK. 2015. The occurrence and harmfulness of *Oscinella frit* L. (Diptera: Chloropidae) to maize cultivars cultivated for grain in south-eastern Poland. *Acta Scientiarum Polonorum Agricultura* **14(3)**: 15-24.
- Bosnic AC, Swanton CJ. 1997. Influence of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) time of emergence on density of corn (*Zea mays*). *Weed Science* **45**: 276-282.

- Brant V, Fuksa P, Hakl J, Jursík M, Kroulík M, Peokinová E, Škeříková M, Šmöger J, Zábanský P. 2020. Efektivní hospodaření s vodou a eliminace degradace půdy v pěstebních systémech kukuřice seté. Agrární komora České republiky, Praha.
- Buba L. 2017. Kukuřice jako agrokomodita [BSc. Thesis]. Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- Busi R. 2014. Resistance to herbicides inhibiting the biosynthesis of very-long-chain fatty acids. *Pest Management Science* **70(9)**: 1378-1384.
- Cakir R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research* **89**: 1-16.
- CIT.VFU. 2024. Analýza rozptylu (ANOVA). CIT.VFU. Available from <https://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/Predn3/ANOVA.htm> (accessed February 2024).
- Claerhout S, Reheul D, de Cauwer B. 2015. Sensitivity of *Echinochloa crus-galli* populations to maize herbicides: a comparison between cropping systems. *Weed Research* **55(5)**: 470-481.
- Claerhout S, Reheul D, de Cauwer B. 2015. Sensitivity of *Echinochloa Crus-Galli* Populations to maize herbicides: A Comparison between Cropping Systems. *Weed Research* **79(2)**. Available from https://www.researchgate.net/publication/277088816_Sensitivity_of_Echinochloa_crus-galli_populations_to_maize_herbicides_A_comparison_between_cropping_systems (accessed August 2023).
- Cornell CALS. 2023. Factors Affecting Soil-Applied Herbicides. Cornell CALS. Available from <https://cals.cornell.edu/field-crops/corn/weed-control-corn/factors-affecting-soil-applied-herbicides> (accessed October 2023).
- Cornes D. 2023. Callisto: a very successful maize herbicide inspired by allelochemistry. The regional institute online publishing. Available from http://www.regional.org.au/au/allelopathy/2005/2/7/2636_cornesd.htm (accessed November 2023).
- Coufal L. 2004. Fenologický atlas. Český hydrometeorologický ústav, Praha.
- Coyne C. 2010. Přírodní bohatství Země. Reader's Digest Výběr, Praha.
- Crhová L. 2022. PŘECHOD NA NOVÝ KLIMATICKÝ NORMÁL 1991-2020. INFOMET. Available from <http://www.infomet.cz/index.php?id=read&idd=1643815773> (accessed November 2023).
- Český statistický úřad. 2023. Úroda brambor, kukuřice i máku bude letos nižší. Český statistický úřad. Available from https://www.czso.cz/documents/11350/190968954/ckl1102623_komentar.pdf (accessed January 2024).
- Datta A, Sindel BM, Kristiansen P, Jessop RS, Felton WL. 2009. Effect of isoxaflutole on the growth, nodulation and nitrogen fixation of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Crop Protection* **28(11)**: 923-927.
- De Santo FB, Ramos GA, Filho AMR, Marchioro CA, Niemeyer JC. 2020. Ecotoxicity of the isoxaflutole herbicide to soil invertebrates. *Revista de Ciências Agroveterinárias* **19(2)**: 217-223.

- Delchev G. 2022. PRODUCTIVITY OF DUO SYSTEM AND CONVENTIONAL GRAIN MAIZE (*Zea mays* L.) BY INFLUENCE OF SOME HERBICIDE TANK MIXTURES. Series A. Agronomy **65(1)**: 283-288.
- Deyl M. 1964. Plevele polí a zahrad. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha.
- Dhareesank A, Kobayashi K, Usui K. 2006. Residual phytotoxic activity of pethoxamid in soil water under different soil moisture conditions. Weed Biology and Management **6(1)**: 50-54.
- Dimitrova M, Zhalnov I, Zhelyazkov I, Stoychev D. 2013. Efficiency and Selectivity of New Herbicides on Fodder Maize. AgroLife Scientific Journal **2(1)**: 47-51.
- Doğan MN, Ünay A, Boz Ö, Albay F. 2004. Determination of Optimum Weed Control Timing in Maize (*Zea mays* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry **28(5)**: 349-354.
- Doherty RC, Barber LT, Norsworthy JK, Hill ZT. 2016. Residual weed control and crop response to pethoxamid systems in rice. Arkansas Agricultural Experiment Station Research Series **634**: 159-162.
- Doležalová I, Petrželová I, Duchoslav M. 2020. Selectivity and efficacy of herbicides dimetachlor and pethoxamid in rocket crop. Plant Protection Science **56(4)**: 305-316.
- Dragičević VD, Šaponjić BV, Terzić DR, Simić MS, Đorđević NŽ, Dumanović ZJ. 2016. ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND CROP DENSITY AS THE LIMITING FACTORS OF FORAGE MAIZE PRODUCTION. Journal of Agricultural Sciences **61(1)**: 11-18.
- Du Z, Zhu Y, Zhu L, Zhang J, Li B, Wang J, Wang J, Zhang C, Cheng C. 2018.- Effects of the herbicide mesotrione on soil enzyme activity and microbial communities. Ecotoxicology and Environmental Safety **164**: 571-578.
- Duvick DN. 2005. The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea mays* L.). Advances in Agronomy **86**: 83-145.
- Eckart E. 2007. Solanaceae and Convolvulaceae: Secondary metabolites: Biosynthesis, Chemotaxonomy, Biological and Economic Significance. Springer Berlin, Heidelberg.
- Felisberto PAC, Felisberto G, Ramos AR, Timossi PC. 2017. Maize crop phytotoxicity in response to sub-doses of sulfometuron-methyl. Planta Daninha **35**: 1-10.
- Fuksa P, Hakl J, Kocourková D, Veselá M. 2004. Influence of weed infestation on morphological parameters of maize (*Zea mays* L.). Plant Soil Environment **50(8)**: 371-378.
- Fuksa P. 2018. Vliv organizace porostu silážní kukuřice na produkci bioplynu. Agromanuál **13(7)**: 99-103.
- Gachoki P, Muraya M, Njoroge G. 2022. Modelling Plant Growth Based on Gompertz, Logistic Curve, Extreme Gradient Boosting and Light Gradient Boosting Models Using High Dimensional Image Derived Maize (*Zea Mays* L.) Phenomic Data. American Journal of Applied Mathematics and Statistics **10(2)**: 52-64.
- Gantoli G, Ayla VR, Gerhards R. 2013. Determination of the Critical Period for Weed Control in Corn. Weed Technology **27**: 63-71.
- Godwin JA. 2017. Evaluation of Very-Long-Chain Fatty Acid-Inhibiting Herbicides in Arkansas Rice Production [MSc. Thesis]. University of Arkansas.

- Golebiowska H, Kieloch R. 2016. The competitive ability of *Chenopodium album* and *Echinochloa crus-galli* in maize crops depending on the time of their occurrence or removal. *Acta Agrobotanica* **69(4)**: 1688.
- González-García S, Bacenetti J, Negri M, Fiala M, Arroja L. 2013. Comparative environmental performance of three different annual energy crops for biogas production in Northern Italy. *Journal of Cleaner Production* **43**: 71-83.
- Gu Q, Chu S, Huang Q, Chen A, Li L, Li R. 2023. *Colletotrichum echinocloae*: A potential Bioherbicide Agent for Control of Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.). *Plants* **12(3)**: 421.
- Hager A. 2023. Dry Soils and Soil-Applied Herbicides. ILSOYADVISOR. Available from <https://www.ilsoyadvisor.com/dry-soils-and-soil-applied-herbicides/> (accessed October 2023).
- Hanina E. 2023. Sezona kukuřice 2023 jako žádná jiná. Agromanuál. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/sezona-kukurice-2023-jako-zadna-jina> (accessed February 2024).
- Hartzler B. 2023. IOWA STATE UNIVERSITY. Absorption of Soil-Applied Herbicides. Available from <https://crops.extension.iastate.edu/encyclopedia/absorption-soil-applied-herbicides> (accessed October 2023).
- Holm L, Doll J, Holm E, Pancho JV, Herberger JP. 1991. The world's worst weeds: distribution and biology. Krieger Publishing Company, Florida.
- Holm LG, Plucknetlt LD, Pancho J, Herberger J. 1977. World's worst weeds. East-West Centre by University Press of Hawaii, Honolulu.
- Hudec K, Gutten J. 2007. Encyklopedie chorob a škůdců. Computer Press (CP Books), Brno.
- Jabran K. 2020. Weed-Competitive Ability of Forage Maize Cultivars against Barnyardgrass. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology* **8(1)**: 174-178.
- Jahodář L. 2009. Farmakobotanika: semenné rostliny. Karolinum, Praha.
- James TK, Rahman A, Hicking J. 2006. Mesotrione – A New Herbicide for Weed control in Maize. *New Zealand Plant Protection* **59**: 242-249.
- Jhala AJ, Kumar V, Yadav R, Jha P, Jugulam M, Williams II MM, Hausman NE, Dayan FE, Burton PM, Dale RP, Norsworthy JK. 2022. 4-Hydroxyphenylpyruvate dioxygenase (HPPD)-inhibiting herbicides: past, present, and future. *Weed Technology* **37(1)**: 1-14.
- Jiménez-López JC, Kotchoni SO, Gachomo EW, Catro López AJ, Rodríguez García MI, Alché Ramírez JD. 2012. Molecular features of maize allergens and their implications in human health. In *Maize: Cultivation, Uses and Health Benefits*. Nova Science Publishers, Inc, New York.
- Jung R, Stever M, Rauber R, Becker H. 2012. Untersaaten mit zusätzlichen Nutzen. *Landwirtschaft ohne Pflug* **5**: 32-37.
- Jursík M, Hiřmanová D. 2022. Účinná regulace problematických plevelů v kukuřici. Agromanuál. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/ucinna-regulace-problematickych-plevelu-v-kukurici> (accessed February 2023).

- Jursík M, Holec J, Hamouz P, Soukup J. 2018. Biologie a regulace plevelů. Kurent s.r.o., České Budějovice.
- Jursík M, Holec J, Soukup J. 2020. Regulace travovitých plevelů v kukuřici. Agromanual. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/index.php?page=clanky%2Fochrana-rostlin-a-pestovani%2Fplevele%2Fregulace-travovitych-plevelu-v-kukurici> (accessed February 2023).
- Jursík M, Kočárek M, Hamouzová K, Soukup J, Venclová V. 2013. Effect of precipitation on the dissipation, efficacy and selectivity of three chloracetamide herbicides in sunflower. *Plant, Soil and Environment* **59(4)**: 175-182.
- Jursík M, Soukup J. 2021. Očekávané restriktce a jejich dopad na regulaci plevelů. Agromanuál. Available from <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/plevele/ocekavane-restriktce-a-jejich-dopad-na-regulaci-plevelu> (accessed August 2023).
- Kaczynski P, Lozowicka B, Hrynko I, Wolejko E. 2016. Behaviour of mesotrione in maize and soil system and its influence on soil dehydrogenase activity. *Science of The Total Environment* **571**: 1079-1088.
- Kazda J, Mikulka J, Prokinová E. 2010. Encyklopedie ochrany rostlin. Profi Press s.r.o., Praha.
- Kebede H, Sui R, Fisher DK, Reddy KN, Bellaloui N, Molin WT. 2014. Corn Yield Response to Reduced Water Use at Different Growth Stages. *Agricultural Sciences* **5(13)**: 1305-1315.
- Khan N, Khan Z, Khan A. 2017. EFFECT OF MAIZE PLANTING DENSITIES ON VARIOUS GROWTH PARAMETRES OF BARNYARD GRASS. *International Journal of Biology and Biotechnology* **14(1)**: 123-128.
- Knezevic S. 2015. The Critical Period of Weed Control in Corn. Cropwatch. Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln. Available from <https://cropwatch.unl.edu/critical-period-weed-control-corn> (accessed May 2024).
- Kocourek F, Říha K ml. 2005. Genetickou modifikací proti zavíječi kukuřičnému. *Úroda* **53(3)**: 27-31.
- Kohout V, Hron F, Chodová D, Martinková Z, Mikulka J, Soukup J, Stach J. 1996. Herbologie (plevele a jejich regulace). Agronomická fakulta ČZU v Praze, Praha.
- Kohout V. 1997. Plevelé polí a zahrad. Agrospoj, Praha.
- Kolektiv. 1954. Speciální pěstování rostlin: učební text pro zemědělské technické školy. SZN, Praha.
- Korres NE, Norsworthy JK, Tehranchian P, Gitsopoulos TK, Loka DA, Oosterhuis DM, Gealy DR, Moss SR, Burgos NR, Miller MR, Palhano M. 2016. Cultivars to face climate change effects on crops and weeds: a review. *Agronomy for Sustainable Development* **36**: 12.
- Kropff MJ, Vossen FJH, Spitters CJT, de Groot W. 1984. Competition between a maize crop and a natural population of *Echinochloa crus-galli* (L.). *Netherlands Journal of Agricultural Science* **32**: 324-327.
- Landau CA, Hager AG, Tranel PJ, Davis AS, Martin NF, Williams II MM. 2021. Future efficacy of pre-emergence herbicides in corn (*Zea mays*) is threatened by more variable weather. *Pest Management Science* **77(6)**: 2683-2689.

- Lapierre H, Signoret P. 2004. Virus and virus diseases of Poaceae (Gramineae). Institut National de la Recherche Agronomique, Paris.
- Lewis KA, Tzilivakis J, Warner D, Green A. 2016. An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* **22(4)**: 1050-1064.
- Libosvár F, Hanzal V. 2010. Rostliny vhodné pro zvěř. Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy.
- Mahmoodi S, Rahimi A. 2009. Estimation of Critical Period for Weed Control in Corn in Iran. *International Journal of Plant Production* **3(2)**: 91-96.
- Majchrzak L, Waligóra H, Zawieja B, Idziak R, Szulc P. 2024. The Evaluation of Sweetcorn (*Zea mays saccharata* Sturt.) Infestation of Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) Depending on Weather Conditions and Crop Rotation. *Agronomy* **14(4)**: 776.
- Maqbool MM, Tanveer A, Ata Z, Ahmad R. 2006. Growth and Yield of Maize (*Zea Mays* L.) as Affected by row Spacing and Weed Competition Durations. *Pakistan Journal of Botany* **38**: 1227-1236.
- Marković M, Protić R, Protić N. 2008. Efficiency and selectivity of herbicides in maize (*Zea mays* L.). *Romanian Agricultural Research* **25**: 77-82.
- Martinková Z, Honěk A. 1998. Competition between maize and barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*) at different moisture regime. *Rostlinná výroba* **44(2)**: 65-69.
- Matei A, Doehlemann G. 2016. Cell biology of corn smut disease – *Ustilago maydis* as a model for biotrophic interactions. *Current Opinion in Microbiology* **34**: 60-66.
- Maun MA, Barrett SCH. 1986. THE BIOLOGY OF CANADIAN WEEDS: 77. *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. *Canadian Journal of Plant Science* **66(3)**: 739-759.
- Meinke LJ, Sappington TW, Onstad DW, Guillemaud T, Miller NJ, Komáromi J, Levay N, Furlan L, Kiss J, Toth F. Western corn rootworm (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) population dynamics. *Agricultural and Forest Entomology* **11(1)**: 29-46.
- Menalled FD, Dyer WE. 2010. Getting the Most from Soil-Applied Herbicides. MONTANA STATE UNIVERSITY. Available from <https://weedawareness.org/assets/documents/Getting%20the%20Most%20from%20Soil%20Applied%20Herbicides.pdf> (accessed October 2023).
- Merfield CN. 2013. False and State Seedbeds: The Most Effective Non-Chemical Weed Management Tools for Cropping and Pasture Establishment. The BHU Future Farming Centre, Lincoln, New Zealand.
- Meseldžija M, Dudić M, Popović O, Begović R. 2018. Herbicides application in spring row crops. Proceedings of the 24th International Symposium on Analytical and Environmental Problems. Szeged, University of Szeged.
- Mohler CL, Teasdale JR, DiTommaso A. 2016. Manage weeds on your farm: A guide to ecological strategies. University of Maryland Printing Services, Maryland.
- Neal J. 2022. Tower (dimethenamid-p). NC State Extension Publications. Available from <https://content.ces.ncsu.edu/tower-dimethenamid-p> (accessed February 2024).
- Norsworthy JK, Fogleman M, Barber T, Gbur EE. 2018. Efficacy of Early-Season Applications of Acetochlor and Pethoxamid in Rice. *Advances in Crop Science and Technology* **6(5)**: 393.
- Novák J, Skalický M. 2007. Botanika II: systém rostlin. Česká zemědělská univerzita, Praha.

- Nurse RE, Hamill AS, Swanton CJ, Tardif FJ, Sikkema PH. 2010. Weed control and yield response to mesotrione in maize (*Zea mays*). *Crop Protection* **29(7)**: 652-657.
- Oerke EC, Dehne HW. 2004. Safeguarding production-Losses in major crops and the role of crop protection. *Crop Protection* **23**: 275-285.
- Oladosu Y, Rafii MY, Abdullah N, Hussin G, Ramli A, Rahim HA, Miah G, Usman M. 2016. Principle and application of plant mutagenesis in crop improvement: a review. *Biotechnology & Biotechnological Equipment* **30**: 1-16.
- Oldenburg E, Höppner F, Ellner F, Weinert J. 2017. Fusarium diseases of maize associated with mycotoxin contamination of agricultural products intended to be used for food and feed. *Mycotoxin Research* **33**: 167-182.
- Omotayo OP, Babalola OO. 2023. *Fusarium verticillioides* of maize plant: Potentials of propitious phytomicrobiome as biocontrol agents. *Frontiers Fungal Biology* **4**: 1-12.
- Onofri A, Mesgaran MB, Ritz C 2022. A unified framework for the analysis of germination, emergence, and other time-to-event data in weed science. *Weed Science*. **70**: 259-271.
- Ottis BV, Talbert RE. 2007. Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* L.) control and rice density effects on rice yield components. *Weed Technology* **21**: 110-118.
- Pallett KE, Cramp SM, Little JP, Veerasekaran P, Crudace AJ, Slater AE. 2001. Isoxaflutole: the background to its Discovery and the basis of its herbicidal properties. *Pest Management Science* **57(2)**: 133-142.
- Pallett KE, Little JP, Sheekey M, Veerasekaran P. 1998. The Mode of Action of Isoxaflutole: I. Physiological Effects, Metabolism, and Selectivity. *Pesticide Biochemistry and Physiology* **62(2)**: 113-124.
- Pannacci E, Covarelli G. 2009. Efficacy of mesotrione use at reduced doses for post-emergence weed control in maize (*Zea mays* L.). *Crop Protection* **28(1)**: 57-61.
- Park J, An G, You J, Park H, Hong T, Song G, Lim W. 2023. Dimethenamid promotes oxidative stress and apoptosis leading to cardiovascular, hepatic, and pancreatic toxicities in zebrafish embryo. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology* **273**: 109741.
- Pelikán M. 2001. Zpracování obilovin a olejnin. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno.
- Perron F, Légère A. 2008. Effects of crop management practises on *Echinochloa crus-galli* and *Chenopodium album* seed production in a maize/soybean rotation. *Weed Research* **40(6)**: 535-547.
- Pískáčková Reinhardt T, Jursík M. 2023. Developing a Localized Emergence Model of *Echinochloa crus-galli* to Predict Early Post-Herbicide Effectiveness in Maize. *Agriculture* **13(11)**: 2072.
- Potvin C. 1986. Biomass Allocation and Phenological Differences among Southern and Northern Populations of the C₄ Grass *Echinochloa Crus-Galli*. *Journal of Ecology* **74**: 915-923.
- Qi Y. 2006. The breeding of maize inbred line Fu746 by radiation induced mutations and its application. *Acta Agriculturae Nucleatae Sinica* **20**: 174-176.
- Rajcan I, Swanton CJ. 2001. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. *Field Crops Research* **71(2)**: 139-150.

- Ranun P, Peña-Rosas J, Garcia-Casal MN. 2014. Global maize production, utilization, and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences* **1312(1)**: 105-112.
- Redinbaugh MG, Zambrano JL. 2014. Chapter Eight – Control of Virus Diseases in Maize. *Advances in Virus Research* **90**: 391-429.
- Reinhardt Piskackova TA, Reberg-Horton SC, Richardson RJ, Jennings KM, Franca L, Young BG, Leon RG. 2021. Windows of action for controlling palmer amaranth (*Amaranthus palmeri*) using emergence and phenology models. *Weed Research* **00**: 1-11.
- Rodríguez-Cruz MS, Pose-Juan E, Marín-Benito JM, Igual JM, Sánchez-Martín MJ. 2019. Pethoxamid dissipation and microbial activity and structure in an agricultural soil: Effect of herbicide rate and organic residues. *Applied Soil Ecology* **140**: 135-143.
- Roche BF, Muzik TJ. 1964. Physiological study of *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. and response of its biotypes to sodium 2,2 dichlorpropionate. *Agronomy Journal* **56**: 155-160.
- Royo-Esnal A, Onofri A, Loddo D, Necajeva J, Jensen PK, Economou G, Taab A, Synowiec A, Calha IM, Andersson L, Uludag A, Uremis I, Murdoch AJ, Tørresen KS. 2022. Comparing the emergence of *Echinochloa crus-galli* populations in different locations. Part I: Variations in emergence timing and behaviour of two populations. *Weed Research* **62(3)**: 192-202.
- Rusu T, Gus P, Bogdan I, Moraru PI, Pop AI, Soptorean ML, Pop LI. 2010. Influence of infestation with *Echinochloa crus-galli* species on crop production in corn. *Journal of Food, Agriculture & Environment* **8(2)**: 760-763.
- Shulka DD, Wardand CW, Brunt AA. 1994. *The Potyviridae*. CAB International, Oxon, UK.
- Schilling S, Pan S, Kennedy A, Melzer R. 2018. MADS-box genes and crop domestication: the jack of all traits. *Journal of Experimental Botany* **69**: 1447-1469.
- Silva TS, Arneson NJ, DeWerff RP, Smith DH, Silva DV, Werle R. 2023. Preemergence herbicide premixes reduce the risk of soil residual weed control failure in corn. *Weed Technology* **37(4)**: 410-421.
- Singh AK, Singh VB, Skrivastava JN, Singh SK, Gupta A. 2020. *Disseases of Maize Crops and Their Integrated Management*. Srivastava JN, Singh AK, editors. *Disseases of Field Crops Diagnosis and Management: Volume 1: Cereals Small Millets and Fiber Crops*. Apple Academic Press Inc., New York.
- Smutný V, Winkler J, Klem K. 2018. *Integrovaná ochrana plevelů v obilninách*. Mendelova univerzita v Brně, Brno.
- Smutný V. 2012. *Možnosti regulace plevelů v podmínkách sušších oblastí*. Kurent s.r.o., České Budějovice.
- Soltani N, Brown LR, Sikkema PH. 2019. Weed Control in Corn and Soybean with Group 15 (VLCFA Inhibitor) Herbicides Applied Preemergence. *International Journal of Agronomy* 2019. Available from <https://www.hindawi.com/journals/ija/2019/8159671/> (accessed March 2024).
- South Central FS. 2023. What Happens to my Soil-Applied Residual Herbicides If it Stays Dry? South Central FS. Available from <https://www.southcentralfs.com/products-services/resource-center?item=what-happens-to-my-soilapplied-residual-herbicides-if-it-stays-dry> (accessed October 2023).

- Starkey CE, Norsworthy JK, Schwartz LM. 2016. Use of HPPD-inhibiting Herbicides for Control Troublesome Weeds in the Midsouthern United States. *Advances in Crop Science and Technology* **4(1)**: 205.
- Swain MR, Mohanty SK. 2018. Bioethanol Production From Corn and Wheat: Food, Fuel, and Future. Cay RC, Ramachandran S, editors. *Bioethanol Production from Food Crops Sustainable Sources, Interventions, and Challenges*. Academic Press, New York. Available from https://www.researchgate.net/publication/327338684_Bioethanol_Production_From_Corn_and_Wheat_Food_Fuel_and_Future (accessed November 2021).
- Šantrůček J, Hakl J, Kocourková D, Mrkvička J, Svobodová M, Veselá M. 2008. Encyklopedie pěstování zemědělských plodin. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
- Šmahel P. 2015. Regulace plevelů v porostech kukuřice do vzejití porostu. *Rostlinolékař* **26(4)**: 15-23.
- Šnobl J, Pulkrábek J, autorský kolektiv. Katedra rostlinné výroby. 2005. *Základy rostlinné produkce*. Česká zemědělská univerzita, Praha.
- Šoštarčić V, Masin R, Loddo D, Svečnjak Z, Rubinić V, Šćepanović M. 2021. Predicting the Emergence of *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv. in Maize Crop in Croatia with Hydrothermal Model. *Agronomy* **11(10)**: 2072.
- Tauferová A, Petrášková M, Pokorná J, Tremlová B, Bartl P. 2014. *Rostlinná produkce*. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, Brno.
- The Cattle Site. 2013. Pioneer Crop Insights: Safened Sulfonylurea Herbicides Reduce Risk of Corn Injury. Thecattlesite. Available from <https://www.thecattlesite.com/articles/4668/pioneer-crop-insights-safened-sulfonylurea-herbicides-reduce-risk-of-corn-injury> (accessed January 2024).
- Tonhasca A Jr, Stinner BR. 1991. Effects of Strip Intercropping and No-Tillage on Some Pests and Beneficial Invertebrates of Corn in Ohio. *Environmental Entomology* **20**: 1251-1258.
- Torma M, Hódi L. 2002. Reproduction biology of some important monocot weeds in Hungary. *Journal of Plant Diseases and Protection, Special Issue* **18**: 191-196.
- Vild V. 2020. Efektivní využití půdy v obnovitelné energetice [BSc. Thesis]. VŠB-Technická Univerzita Ostrava, Ostrava.
- Vleeshouwers LM, Kropff MJ. 2000. Modelling field emergence patterns in arable weeds. *New Phytologist* **148**: 445-457.
- Voegele E. 2019. Report: EU ethanol consumption to increase in 2019. Available from <http://ethanolproducer.com/articles/16422/report-eu-ethanol-consumption-to-increase-in-2019> (accessed November 2021).
- Von Redwitz Ch, Pannwitt H, Gerowitt B. 2016. About the interplay of sensitive and resistant biotypes in weed populations – simulation exercises for *Echinochloa crus-galli* in maize crops. 27. Deutsche Arbeitsbesprechung über Fragen der Unkrautbiologie und -bekämpfung, 23-25. Februar 2016 in Braunschweig.
- VP AGRO. 2023. Kukuřice. VP AGRO. Available from <https://www.vpagro.cz/kukurice> (accessed November 2023).

- Willemse C, Soltani N, Benoit L, Jhala AJ, Hooker DC, Robinson DE, Sikkema PH. 2021. Is there a benefit of adding atrazine to HPPD-inhibiting herbicides for control of multiple-herbicide-resistant, including group 5-resistant, waterhemp in corn? *Journal of Agricultural Science* **13(7)**: 21-31.
- Yang H, Tang Y, Wang L, Guo Y, Luo D, Wu L, Deng X, Li X, Bai L. 2021. The potential of *Myosoton aquaticum* extracts and compounds to control barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Weed Research* **61(4)**: 317-326.
- Yang H, Zhou S, Wu L, Wang L. 2022. Interference of Dihydrocoumarin with Hormone Transduction and Phenylpropanoid Biosynthesis (*Echinochloa crus-galli*) Root Growth. *Plants* **11(19)**: 2505.
- Zimdahl RL. 2004. *Weed-Crop Competition*. Blackwell Publishing, Ames.

9 Seznam obrázků

Obrázek 1 _Průběh vzcházivosti ježatky kuří nohy na neošetřené kontrole v roce 2022 (proloženo Gompertzovou funkcí)	36
Obrázek 2 _Průběh vzcházivosti ježatky kuří nohy u herbicidu Merlin Flexx v aplikačním termínu T4 v roce 2022 (proloženo Gompertzovou funkcí).....	37
Obrázek 3 _Průběh vzcházivosti ježatky kuří nohy na neošetřené kontrole v roce 2023 (proloženo Gompertzovou funkcí)	38
Obrázek 4 _Průběh vzcházivosti ježatky kuří nohy u herbicidu Merlin Flexx v aplikačním termínu T5 v roce 2023 (proloženo Gompertzovou funkcí).....	39

10 Seznam rovnic

Rovnice 1 _Gompertzova rovnice.....	32
--	----

11 Seznam grafů

Graf 1 _Úhrn srážek na pokusném pozemku v letech 2022 a 2023 v porovnání s dlouhodobým normálem (1991-2020)	27
Graf 2 _Úhrn srážek na pokusném pozemku v letech 2022 a 2023 v porovnání s dlouhodobým normálem (1991-2020)	28
Graf 3 _Úhrn srážek v průběhu aplikace herbicidů v letech 2022 a 2023	28
Graf 4 _Průměrné denní teploty v průběhu aplikace herbicidů v letech 2022 a 2023.....	29
Graf 5 _Účinnost herbicidů v roce 2022 (chybové úsečky představují směrodatnou odchylku, písmena vyjadřují homogenní skupiny pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD))	33
Graf 6 _Účinnost herbicidů v roce 2023 (chybové úsečky představují směrodatnou odchylku, písmena vyjadřují homogenní skupiny pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD))	34
Graf 7 _Vliv herbicidního ošetření na vzcházivost ježatky kuří nohy 53. den po zasetí kukuřice v roce 2022	41
Graf 8 _Vliv aplikačního termínu herbicidů na vzcházivost ježatky kuří nohy 53. den po zasetí kukuřice v roce 2022	42
Graf 9 _Vliv herbicidního ošetření na vzcházivost ježatky kuří nohy 52. den po zasetí kukuřice v roce 2023	43
Graf 10 _Vliv aplikačního termínu herbicidů na vzcházivost ježatky kuří nohy 52. den po zasetí kukuřice v roce 2023	43
Graf 11 _Nadzemní biomasa ježatky kuří nohy v roce 2022 (chybové úsečky představují směrodatnou odchylku, písmena vyjadřují homogenní skupiny pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD)).....	45
Graf 12 _Nadzemní biomasa ježatky kuří nohy v roce 2023 (chybové úsečky představují směrodatnou odchylku, písmena vyjadřují homogenní skupiny pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD)).....	45
Graf 13 _Reprodukční schopnost ježatky kuří nohy v roce 2022 (chybové úsečky představují směrodatnou odchylku, písmena vyjadřují homogenní skupiny pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD))	47
Graf 14 _Reprodukční schopnost ježatky kuří nohy v roce 2023 (chybové úsečky představují směrodatnou odchylku, písmena vyjadřují homogenní skupiny pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD)).....	48

Graf 15 _Výnos zrna kukuřice v roce 2022 v závislosti na použitém herbicidu a termínu aplikace (chybové úsečky představují směrodatnou odchylku, písmena vyjadřují homogenní skupiny pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD))	50
Graf 16 _Výnos zrna kukuřice v roce 2023 v závislosti na použitém herbicidu a termínu aplikace (chybové úsečky představují směrodatnou odchylku, písmena vyjadřují homogenní skupiny pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD)).....	50

12 Seznam tabulek

Tabulka 1 _Herbicidy a aplikační termíny	26
Tabulka 2 _Binomické schéma pokusu	30
Tabulka 3 _Povětrnostní podmínky v době herbicidní aplikace pokusu v roce 2022.....	30
Tabulka 4 _Povětrnostní podmínky v době herbicidní aplikace v roce 2023	30
Tabulka 5 _Růstová fáze ježatky kuří nohy a kukuřice v době aplikace herbicidů v roce 2022	31
Tabulka 6 _Růstová fáze ježatky kuří nohy a kukuřice v době aplikace herbicidů v roce 2023	31
Tabulka 7 _Průměrná účinnost všech testovaných herbicidů v testovaných aplikačních termínech v letech 2022 a 2023 (písmeno za číslem udává homogenní skupinu pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD)).....	34
Tabulka 8 _Průměrná účinnost všech aplikačních termínů pro testované herbicidy v letech 2022 a 2023 (písmeno za číslem udává homogenní skupinu pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD))	35
Tabulka 9 _Statistické zpracování neošetřené kontroly a herbicidu Merlin Flexx v termínech T3 a T5 v letech 2022 a 2023 za využití Gompertzovy funkce (parametry vyjadřují: A-horní limit, B–inflexní bod, C–sklon v inflexním bodě, AIC–přízpusobení křivky)	35
Tabulka 10 _Hustota zaplevelení ježatkou kuří nohou 53. den (2022), resp. 52. den (2023) od zasetí kukuřice v závislosti na testovaných aplikačních termínech herbicidů (písmeno za číslem udává hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD))	40
Tabulka 11 _Hustota zaplevelení ježatkou kuří nohou 53. den (2022), resp. 52. den (2023) od zasetí kukuřice v závislosti na testovaných herbicidech (písmeno za číslem udává hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD)).....	40
Tabulka 12 _Průměrná hmotnost nadzemní biomasy ježatky kuří nohy po aplikaci všech zkoušených herbicidů v testovaných aplikačních termínech v letech 2022 a 2023 (písmeno za číslem udává homogenní skupinu pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD)).....	46
Tabulka 13 _Průměrná hmotnost nadzemní biomasy ježatky kuří nohy ze všech aplikačních termínů pro testované herbicidy v letech 2022 a 2023 (písmeno za číslem udává homogenní skupinu pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD)).....	46
Tabulka 14 _Průměrné množství obilek ježatky kuří nohy po aplikaci všech zkoušených herbicidů v testovaných aplikačních termínech v letech 2022 a 2023 (písmeno za číslem udává homogenní skupinu pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD)).....	48
Tabulka 15 _Průměrné množství obilek ježatky kuří nohy ze všech aplikačních termínů pro testované herbicidy v letech 2022 a 2023 (písmeno za číslem udává homogenní skupinu pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD)).....	49
Tabulka 16 _Průměrné výnosy zrna kukuřice po aplikaci všech zkoušených herbicidů v testovaných aplikačních termínech v letech 2022 a 2023 (písmeno za číslem udává homogenní skupinu pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD)).....	51

Tabulka 17 Průměrné výnosy zrna kukuřice ze všech aplikačních termínů pro testované herbicidy v letech 2022 a 2023 (písmeno za číslem udává homogenní skupinu pro hladinu průkaznosti $\alpha=0,05$ (LSD)).....51

13 Samostatné přílohy

Příloha 1 *Vzcházivost ježatky kuří nohy na neošetřené kontrole v roce 2023 (vyfoceno 7. 6. 2023)*



Příloha 2 *Vzcházivost ježatky kuří nohy na parcele ošetřené herbicidem Outlook v aplikačním termínu T3 (vyfoceno 7. 6. 2023)*



Příloha 3 *Vzcházivost ježatky kuří nohy na parcele ošetřené herbicidem Somero v aplikačním termínu T3 (vyfoceno 7. 6. 2023)*



Příloha 4 *Vzcházivost ježatky kuří nohy na parcele ošetřené herbicidem Merlin Flexx v aplikačním termínu T3 (vyfoceno 7. 6. 2023)*



Příloha 5 *Vzcházivost ježatky kuří nohy na parcele ošetřené herbicidem Callisto 100 SC v aplikačním termínu T3 (vyfoceno 7. 6. 2023)*



Příloha 6 *Vzcházivost ježatky kuří nohy na parcele ošetřené herbicidem Outlook v aplikačním termínu T5 (vyfoceno 7. 6. 2023)*



Příloha 7 *Vzcházivost ježatky kuří nohy na parcele ošetřené herbicidem Somero v aplikačním termínu T5 (vyfoceno 7. 6. 2023)*



Příloha 8 *Vzcházivost ježatky kuří nohy na parcele ošetřené herbicidem Merlin Flexx v aplikačním termínu T5 (vyfoceno 7. 6. 2023)*



Příloha 9 *Vzcházivost ježatky kuří nohy na parcele ošetřené herbicidem Callisto 100 SC v aplikačním termínu T5 (vyfoceno 7. 6. 2023)*



Příloha 10 *Poškození ježatky kuří nohy působením herbicidu Merlin Flexx (vyfoceno 1. 9. 2023)*



Příloha 11 *Poškození ježatky kuří nohy působením herbicidu Merlin Flexx (vyfoceno 1. 9. 2023)*



Příloha 12 *Průměrná velikost palic na neošetřené kontrole v roce 2023 (vyfoceno 14. 9. 2023)*



Příloha 13 *Průměrná velikost palic na parcele ošetřené herbicidem Outlook v aplikačním termínu T3 (vyfoceno 14. 9. 2023)*



Příloha 14 *Průměrná velikost palic na parcele ošetřené herbicidem Somero v aplikačním termínu T3 (vyfoceno 14. 9. 2023)*



Příloha 15 *Průměrná velikost palic na parcele ošetřené herbicidem Merlin Flexx v aplikačním termínu T3 (vyfoceno 14. 9. 2023)*



Příloha 16 *Průměrná velikost palic na parcele ošetřené herbicidem Callisto 100 SC v aplikačním termínu T3 (vyfoceno 14. 9. 2023)*



Příloha 17 *Průměrná velikost palic na parcele ošetřené herbicidem Outlook v aplikačním termínu T5 (vyfoceno 14. 9. 2023)*



Příloha 18 *Průměrná velikost palic na parcele ošetřené herbicidem Somero v aplikačním termínu T5 (vyfoceno 14. 9. 2023)*



Příloha 19 *Průměrná velikost palic na parcele ošetřené herbicidem Merlin Flexx v aplikačním termínu T5 (vyfoceno 14. 9. 2023)*



Příloha 20 *Průměrná velikost palic na parcele ošetřené herbicidem Callisto 100 SC v aplikačním termínu T5 (vyfoceno 14. 9. 2023)*

