

VÝZKUMNÝ A ŠLECHTITELSKÝ ÚSTAV OVOCNÁŘSKÝ HOLOVOUSY s.r.o.
UNIVERZITA HRADEC KRÁLOVÉ
ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
PETR KAREŠ

Selekční metody genotypů peckovin podle požadavků na kvalitu plodů a odolnost k suchu



Pavol Suran a kol.



Univerzita
Hradec Králové
Přírodovědecká
fakulta

CERTIFIKOVANÁ METODIKA
2025

VÝZKUMNÝ A ŠLECHTITELSKÝ ÚSTAV OVOCNÁŘSKÝ HOLOVOUSY s.r.o.

Univerzita Hradec Králové

Česká zemědělská univerzita v Praze

Petr Kareš

Selekční metody genotypů peckovin podle požadavků na kvalitu plodů a odolnost k suchu

Pavol Suran a kol.



**Univerzita
Hradec Králové
Přírodovědecká
fakulta**

CERTIFIKOVANÁ METODIKA

2025

Autorský kolektiv:

Pavol Suran¹, Zuzana Kovalíková², František Hnilička³, Aneta Bílková¹, Tomáš Rýgl³, Lukáš Maryška¹, Adéla Horčíčková¹, Lubor Zelený¹, Dáša Jiroušová¹, Jiří Sedlák¹, Boris Krška¹, Petr Kareš⁴

¹VÝZKUMNÝ A ŠLECHTITELSKÝ ÚSTAV OVOCNÁŘSKÝ HOLOVOUSY s.r.o., Holovousy 129, 508 01 Holovousy, Česká republika

²Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta, Rokitanského 62, 50003 Hradec Králové, Česká republika

³Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Kamýcká 129, 165 00 Praha - Suchdol, Česká republika

⁴Petr Kareš, Starohorská 440, 50752 Ostroměř, Česká republika

Kontakt na vedoucího autorského kolektivu:

pavol.suran@vsuo.cz

Autoři fotografií a obrázkových schémat:

kolektiv autorů

Odborný oponent:

Ing. Tomáš Nečas, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně, Zahradnická fakulta v Lednici, Ústav ovocnictví

Oponent ze státní správy:

Ing. David Beneš, ÚKZÚZ Oddělení trvalých kultur, ZS Přerov nad Labem

Název: Selekční metody genotypů peckovin podle požadavků na kvalitu plodů a odolnost k suchu

Dedikace:

Metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum (NAZV) č. QK21010200 s názvem „Šlechtění ovocných druhů na odolnost k abiotickým vlivům v kombinaci s vysokým obsahem antioxidantních látek v plodech“.

© VÝZKUMNÝ A ŠLECHTITELSKÝ ÚSTAV OVOCNÁŘSKÝ HOLOVOUSY s.r.o.

ISBN 978-80-88669-08-1

DOI: 10.60615/20tc-ev85



Obsah

1. ÚVOD	5
2. CÍLE METODIKY	5
3. VLASTNÍ POPIS METODIKY	6
3.1. Význam šlechtění odolných genotypů třešní (<i>Prunus avium</i> L.), meruněk (<i>Prunus armeniaca</i>) a slivoní (<i>Prunus domestica</i>) v kontextu změn klimatu	6
3.2. Reakce peckovin na vodní deficit – víceúrovňový přístup	7
3.2.1. Morfologické změny	7
3.2.2. Fyziologické reakce	8
3.2.3. Biochemické změny – osmotické látky a antioxidační enzymy	8
3.2.4. Doplnkové biochemické markery	9
3.3. Genetické aspekty a šlechtitelské možnosti	10
3.4. Vliv sucha na kvalitu plodů	11
3.5. Integrovaný přístup k hodnocení tolerance	12
4. MATERIÁL A METODY	13
4.1. Popis použitého rostlinného materiálu	13
4.2. Experimentální design	14
4.3. Popis sledovaných fenotypových znaků	16
4.3.1. Pomologické znaky	16
4.3.2. Fyziologické znaky	16
4.3.3. Biochemické parametry	17
4.4. Metody hodnocení odolnosti vůči suchu	17
4.4.1. Pomologické parametry	17
4.4.2. Fyziologické parametry	18
4.4.3. Biochemické parametry	19
5. PROTOKOL SELEKCE GENOTYPŮ	20
5.1. Kritéria hodnocení kvality plodů	20
5.1.1. Pomologické parametry	20
5.1.2. Biochemické parametry plodů	27
5.1.3. Biochemické parametry listů	33
5.2. Fyziologické parametry rostlin	39

6.	ZÁVĚREČNÉ SHRnutí DOPORUČENÍ	55
6.1.	Vyhodnocení kombinace fenotypických a biochemických markerů.....	55
6.2.	Korelační vztahy a výběr nejvhodnějších markerů	55
6.3.	Rozmezí hodnot pro klasifikaci genotypů	56
6.3.1.	Kategorizace genotypů.....	57
6.3.2.	Doporučená sada parametrů pro hodnocení odolnosti k suchu	57
6.3.3.	Fyziologické a biochemické parametry s nejvyšší vypovídací schopností ...	58
6.4.	Doporučený selekční postup	59
6.4.1.	Harmonogram hodnocení v průběhu fenologických fází semenáčů	59
6.4.2.	Pravidla pro kontrolu zdravotního stavu a validaci dat	60
7.	SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ	62
8.	POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY	64
8.1.	Využití metodiky v rámci šlechtitelského procesu	64
8.1.1.	Začlenění výsledků do rutinní selekce.....	64
8.2.	Archivace dat a opakovaná validace	65
8.3.	Podpora rozhodování a snížení rizika výběru nevhodných genotypů	65
9.	EKONOMICKÉ ASPEKTY	66
10.	SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	68
11.	SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE.....	72
12.	DEDIKACE.....	72

1. ÚVOD

Sucho je v podmínkách střední Evropy jedním z hlavních limitujících faktorů pro pěstování peckovin, především třešní, meruněk a slivoní. V posledních desetiletích se v České republice častěji objevují epizody nedostatku srážek, které nepříznivě zasahují do výnosů i kvality produkce těchto druhů. Třešeň (*Prunus avium* L.), meruňka (*Prunus armeniaca* L.) a slivoň (*Prunus domestica* L.) patří k tradičním a hospodářsky významným ovocným plodinám, jež tvoří stabilní součást domácí produkce ovoce. Se změnou klimatu, nárůstem výskytu suchých period a omezenými možnostmi zavlažování je nezbytné zaměřit šlechtitelské práce na identifikaci a využití genotypů schopných lépe zvládat tyto stresové podmínky. Předkládaná metodika se proto orientuje na selekci genotypů peckovin na základě parametrů kvality plodů a jejich tolerance k vodnímu deficitu. Směřuje k poskytnutí uceleného a prakticky využitelného postupu, který umožní šlechtitelům rychleji rozpoznat perspektivní genotypy vhodné pro další křížení i přímé pěstování v oblastech, kde je sucho častým a významným problémem. Důraz je kladen na propojení hospodářsky významných znaků, jako jsou plodnost a senzorická kvalita plodů, s fyziologickými a biochemickými indikátory odolnosti vůči suchu. Takto pojatý přístup napomůže vytvářet nové odrůdy, které budou atraktivní pro trh a zároveň udrží stabilní produkci i v letech s nepříznivými klimatickými podmínkami. Metodika představuje praktický nástroj pro šlechtitelské programy – využitelný jak při hodnocení rozsáhlých kolekcí, tak při výběru menších skupin pro následné křížení a selekci. Její přínos spočívá nejen v posílení ekonomické stability a konkurenceschopnosti ovocnářské výroby, ale také v širším rámci ochrany vodních zdrojů a přizpůsobení českého ovocnářství na probíhající klimatické změny.

2. CÍLE METODIKY

- Vyvinout metodiku selekce genotypů peckovin (třešní, meruněk a slivoní) odolných vůči suchu, založenou na fenotypových i biochemických charakteristikách.
- Podpořit výběr perspektivních genotypů peckovin s vysokým obsahem bioaktivních látek a zlepšenou kvalitou plodů, s využitím dlouhodobých šlechtitelských programů.
- Zrychlit a efektivněji řídit šlechtitelský proces u třešní, meruněk a slivoní, aby bylo možné vyšlechtit nové komerčně hodnotné odrůdy s lepší přizpůsobivostí ke klimatickým stresům a zajistit stabilitu výnosů i rentabilitu produkce v ČR.
- Podpořit využití genotypů peckovin s vysokou a stabilní kvalitou plodů a obsahem bioaktivních látek jako zdroje pro další šlechtění i praxi.

3. VLASTNÍ POPIS METODIKY

3.1. Význam šlechtění odolných genotypů třešní (*Prunus avium* L.), meruněk (*Prunus armeniaca*) a slivoní (*Prunus domestica*) v kontextu změn klimatu

Třešeň, meruňka i slivoň patří k nejvýznamnějším peckovinám mírného pásma s dlouhou tradicí pěstování a vysokým hospodářským významem. Podle nejnovějších údajů FAOSTAT (2023) dosahuje celosvětová produkce třešní 2,77 milionu tun, přičemž hlavními producenty jsou Turecko (656 tisíc tun) a Chile (614 tisíc tun). Produkce meruněk činí 3,86 milionu tun, s dominantním podílem Turecka (803 tisíc tun) a Uzbekistánu (537 tisíc tun). Slivoně jsou celosvětově nejrozšířenější peckovinou s produkcí 12,6 milionu tun; největšími producenty jsou Čína (6,55 milionu tun) a Srbsko (603 tisíc tun). Evropa zůstává klíčovou oblastí pěstování všech těchto druhů. V České republice podle Situační a výhledové zprávy ovoce (MZe, 2024) dosáhla sklizeň v roce 2023 přibližně 5,9 tisíce tun třešní, 4,8 tisíce tun meruněk a 22,8 tisíce tun slivoní (včetně extenzivních sadů).

Produkce peckovin je však silně ovlivňována klimatickými extrémami, zejména výskytem sucha. Nedostatek srážek a vysoké teploty během vegetace mají zásadní dopady na násadu plodů, velikost a kvalitu sklizně. Podle Suran (2021) byla u třešní na základě víceletých dat z pokusných sadů v ČR prokázána významná korelace mezi výnosy a průběhem srážek a teplot v jarních měsících. Výsledky ukázaly, že vyšší úhrn srážek v dubnu a květnu měl pozitivní vliv na násadu plodů a konečný výnos, zatímco zvýšené jarní teploty urychlovaly fenologický vývoj a zvyšovaly riziko redukce násady i následného poškození. Suran (2021) uvádí konkrétně korelaci mezi násadou plodů třešní a srážkami v dubnu–květnu $r = 0,42–0,61$ a negativní korelaci s průměrnými teplotami březen–duben $r = -0,68$ až $-0,74$. Tyto hodnoty ukazují, že vyšší srážky v raném jaru podporují lepší násadu, zatímco vyšší teploty v tomto období vedou k jejímu snížení. U slivoní byla popsána souvislost mezi sklizní a srážkami Milošević et al. (2013). Tyto hodnoty vyjadřují středně silný vztah – tedy že s vyšším množstvím srážek v červnu narůstá také výnos slivoní. Korelace (r) obecně vyjadřuje míru lineární závislosti mezi dvěma proměnnými, kde hodnoty blízké 1 znamenají silný pozitivní vztah, hodnoty blízké -1 silný negativní vztah a hodnoty kolem 0 žádnou souvislost. Takové vysvětlení umožňuje správně interpretovat získaná data a chápat jejich význam pro pěstitelskou praxi.

U meruněk je podle Pérez -Pastor et al. (2009) nejkritičtější období diferenciacie poupat, kdy nedostatek vody přímo snižuje násadu v následujícím roce. Pozorování ze španělských a italských sadů potvrzují, že deficit vody v této fázi vede k výrazným výkyvům ve výnosech. Torrecillas et al. (2010) popsali, že vodní deficit v období růstu plodů meruněk snížil obsah vitamínu C z 12,5 na 9,8 mg/100 g čerstvé hmoty (-22%) a obsah celkových polyfenolů z 280 na 215 mg GAE/100 g (-23%). Tyto výsledky jasně ukazují, že nutriční kvalita meruněk je úzce vázána na dostupnost vody.

Rozdíly mezi odrudami byly popsány zejména u slivoní a třešní: ranější genotypy reagují citlivěji na deficit vody, zatímco pozdnější vykazují vyšší plasticitu (Suran, 2021; Jiménez et al., 2013). U třešní bylo rovněž zaznamenáno, že mírný deficit vody může zvýšit obsah antokyanů a tím intenzitu vybarvení plodů. Jiménez et al. (2013) popsali u stresovaných podnoží *Prunus* zvýšení koncentrace antokyanů v plodech z 0,82 na 0,95 mg/g čerstvé hmoty ve srovnání s

kontrolními podmínkami, což ukazuje, že i mírný stres může mít některé pozitivní efekty na kvalitu.

Vodní stres se u peckovin projevuje nejen sníženou nasadou, ale také zhoršenou velikostí a kvalitou plodů (Blanco et al., 2021). Podobně Suran (2021) doložil, že v suchém roce 2018 dosáhly výnosy třešní na pokusných lokalitách v ČR pouze 2,8–3,6 t/ha, což představovalo pokles o 30–40 % oproti dlouhodobému průměru z předchozích let. Tyto výsledky potvrzují výrazný negativní vliv sucha na produkci třešní a zároveň ukazují na regionální rozdíly v míře poklesu.

Všechny uvedené příklady ukazují, že klimatické extrémny představují zásadní limitující faktor pro stabilitu výnosů i kvalitu plodů peckovin. Přestože některé reakce mohou mít i pozitivní aspekty (například intenzivnější vybarvení plodů díky nárůstu antokyanů), celková bilance ukazuje na nutnost cíleného šlechtění tolerantních odrůd. Tyto výsledky současně ilustrují, že hodnocení přizpůsobení na sucha musí brát v úvahu nejen výnos, ale i kvalitu a nutriční hodnotu plodů. Podrobnější rozbor morfologických, fyziologických, biochemických a genetických aspektů bude uveden v následujících kapitolách.

3.2. Reakce peckovin na vodní deficit – víceúrovňový přístup

Vodní deficit vyvolává u peckovin komplexní soubor reakcí na různých úrovních metabolismu rostliny. Tyto reakce umožňují stromům přizpůsobit se na zhoršené podmínky, i když často dochází k omezení růstu či snížení výnosů. V následujících podkapitolách jsou shrnuty morfologické, fyziologické a biochemické mechanismy podložené výsledky experimentálních studií.

3.2.1. Morfologické změny

Jedním z prvních projevů sucha je redukce listové plochy a omezení růstu letorostů. Pérez-Pastor et al. (2009) uvádějí, že u meruněk ve španělských pokusech se plocha listů u odrůdy 'Búlida' snížila z 41,2 cm² na 29,5 cm² (–28 %). Podobně Massai et al. (2008) prokázali redukci průměrné listové plochy o 27 % a zkrácení délky letorostů o 18 % oproti kontrolním rostlinám. U třešní Sivritepe et al. (2008) popsali zkrácení letorostů z průměrných 38 cm na 29 cm (–24 %) a snížení hmotnosti plodů z 9,2 g na 7,1 g (–23 %) při nedostatečné závlaze. Girona et al. (2005) popsali snížení růstu letorostů o 22 % při aplikaci regulovaného deficitu závlahy, přičemž výnos nebyl výrazně ovlivněn. U slivoní dochází k prohlubování kořenového systému, což zvyšuje schopnost čerpat vodu z hlubších vrstev půdy. Milošević and Milošević (2011) popsali u odrůdy 'Stanley' zvýšení podílu kořenů pod 60 cm z 18 % na 27 % v suchém roce. Flexas et al. (2014) uvedli, že deficit závlahy vedl ke snížení celkové listové plochy o 30 % a zároveň k prohloubení kořenového systému. Intrigliolo and Castel (2010) doložili snížení celkové listové plochy z 22,4 m² na 16,3 m² na strom (–27 %). Bozkurt et al. (2015) popsali u meruněk prodloužení hlavního kořene o 21 % a snížení specifické listové plochy z 13,6 na 10,1 m²/kg (–26 %).

Morfologické přizpůsobení má jasný funkční význam. Redukce listové plochy omezuje transpiraci a tím snižuje ztráty vody, zatímco prohloubení kořenového systému zvyšuje šanci na čerpání vody z hlubších vrstev půdy. Kratší letorosty a menší listy zmenšují evaporativní

plochu a chrání strom před dehydratací. Menší hmotnost plodů je pak přímým důsledkem omezené asimilace, což dokládá úzkou vazbu mezi morfologií a produkční schopností.

3.2.2. Fyziologické reakce

Sucho se projevuje i na fyziologické úrovni, především regulací otevírání/zavírání průduchů, poklesem vodního potenciálu a omezením fotosyntetické aktivity. Yin et al. (2011) ukázali, že u třešní 'Lapins' při deficitu závlahy poklesl relativní obsah vody v listech z hodnot kolem 84 % na 70 % a zároveň se snížil vodní potenciál stonků z $-1,2$ MPa na $-1,8$ MPa. U meruněk Ruiz et al. (2006) popsali snížení stomatální vodivosti o 45–60 % v závislosti na odrůdě, což vedlo k redukci fotosyntetické asimilace o 35 %. Pérez -Pastor et al. (2009) prokázali, že účinnost využití vody (WUE) u tolerantnějších odrůd meruněk stoupla o 18 % oproti citlivějším genotypům.

Intrigliolo and Castel (2010) zaznamenali u slivoní při deficitu vody pokles vodního potenciálu listů z $-1,1$ MPa na $-1,6$ MPa a snížení vodivosti průduchů z 280 na 145 mmol H_2O/m^2s , přičemž odrůda 'Čačanska Lepotica' vykazovala stabilnější hodnoty než citlivější genotypy (Milošević and Milošević, 2011). Sallato et al. (2017) popsali u třešní 'Sweetheart' snížení čistého fotosyntetického výkonu o 28 % a pokles vodního potenciálu listů na $-1,7$ MPa. U slivoní Koubouris et al. (2015) zjistili, že při suchu se fotosyntetická asimilace snížila o 30 % a vodní potenciál listů o 0,5 MPa, přičemž tolerantní odrůdy vykazovaly menší pokles než citlivé. Losciale et al. (2023) doložili u meruněk snížení stomatální vodivosti o 40 % a současně zvýšení WUE o 15 % ve srovnání s kontrolními rostlinami.

Další studie potvrzují tyto trendy. Villalobos-González et al. (2024) popsali u třešní 'Bing' pokles fotosyntetické rychlosti o 25 % a stomatální vodivosti o 35 %. Pérez-Pastor et al. (2009) zjistili u meruněk snížení fotosyntézy o 28 % a relativního obsahu vody v listech o 10 %, přičemž odrůdy se lišily v míře poklesu.

Fyziologické změny v metabolismu stromů vyvolané vláhovým deficitem, tak představují významný mechanismus pro překonání období sucha. Rostlina omezuje transpiraci a spotřebu vody regulací průduchů, čímž udržuje vodní bilanci, i když za cenu snížení fotosyntézy a růstu. Vyšší účinnost využití vody u některých genotypů ukazuje, že tyto odrůdy dokážou lépe hospodařit s omezenými zdroji vody. Rozdíly mezi druhy a odrůdami jasně poukazují na význam genetické variability, která je zásadní pro šlechtění tolerantních jedinců.

3.2.3. Biochemické změny – osmotické látky a antioxidační enzymy

Na biochemické úrovni reagují peckoviny na deficit vody akumulací osmoticky aktivních látek – zejména prolinu, rozpustných cukrů a vícesytných alkoholů (polyolů). Tyto látky zvyšují osmotický potenciál buněk a umožňují udržení turgoru i při snížené dostupnosti vody. Slouží tak jako „rezerva“, která brání kolapsu buněk a podporuje základní metabolické procesy. Kromě toho se zvyšuje aktivita enzymů antioxidační obrany a syntéza sekundárních metabolitů, které chrání buňky před oxidačním poškozením. Tyto parametry lze snadno měřit, což z nich činí užitečné selekční nástroje pro šlechtění tolerantních genotypů.

Jiménez et al. (2013) popsali, že u stresovaných podnoží třešní a slivoní stoupl obsah prolinu z 25–30 $\mu\text{mol/g}$ na více než 2000 $\mu\text{mol/g}$ sušiny, tedy více než stonásobně. U meruněk odrůdy 'Rojo Pasión' bylo zjištěno zvýšení obsahu rozpustných cukrů o 20 % a polyfenolů o 15 % ve

srovnání s kontrolou (Pérez - Pastor et al. 2009). U slivoní tolerantní odrůdy jako 'Stanley' a 'Čačanska leptotica' vykazovaly při deficitu vody vyšší aktivitu enzymů antioxidační obrany. Vosnjak et al. (2021) popsali u třešní zvýšení obsahu fenolických látek o 18 % a nárůst antioxidační kapacity měřené metodou DPPH o 22 %. Milhaljević et al. (2025) uvedli u slivoní zvýšení obsahu prolinu o 250 % a aktivity enzymů CAT a APX o více než 20 % při silném deficitu vody. Roussos et al. (2011) prokázali u meruněk zvýšení obsahu flavonoidů o 30 % a antokyanů o 25 % v závislosti na odrůdě.

Biochemické reakce mají tedy společný základ: akumulace osmotických látek pomáhá udržet turgor buněk, zvýšená syntéza sekundárních metabolitů posiluje antioxidační obranu a enzymy jako SOD, CAT a APX neutralizují reaktivní formy kyslíku. Tímto způsobem si rostliny zachovávají funkčnost fotosyntetického aparátu a omezují poškození pletiv i během sucha.

3.2.4. Doplnkové biochemické markery

Kromě hlavních osmotických látek a enzymů je důležité sledovat i další biochemické ukazatele. Vitamin C je klíčovým antioxidantem, jehož hladina při nedostatku vody klesá. Torrecillas et al. (2000) zaznamenali u meruněk pokles obsahu vitamínu C z 12,5 na 9,8 mg/100 g čerstvé hmotnosti (FW) (–22 %). U třešní Vosnjak et al. (2021) popsali pokles z 10,1 na 8,3 mg/100 g FW (–18 %) a u slivoní Milhaljević et al. (2025) z 7,2 na 5,9 mg/100 g FW (–18 %). Pokles vitamínu C znamená oslabení primární antioxidační obrany a rychlejší degradaci membrán, což má přímý dopad na kvalitu plodů a jejich skladovatelnost.

Současně stoupá obsah polyfenolů a flavonoidů. Vosnjak et al. (2021) uvedli u třešní nárůst fenolických látek z 145 na 171 mg/100 g FW (+18 %) a flavonoidů z 64 na 78 mg/100 g FW (+22 %). Roussos et al. (2011) popsali u meruněk nárůst flavonoidů z 112 na 140 mg/100 g FW (+25 %) a fenolických kyselin z 36 na 41 mg/100 g FW (+15 %). Milhaljević et al. (2025) doložili u slivoní zvýšení polyfenolů z 185 na 222 mg/100 g FW (+20 %). Tyto změny ukazují na aktivaci fenolických drah, které posilují antioxidační kapacitu rostlin a kompenzují pokles vitamínu C.

Antioxidační aktivita, měřená metodami TEAC či DPPH, se zvyšuje. U třešní vzrostla z 11,2 na 13,7 $\mu\text{mol TE/g FW}$ (+22 %; Vosnjak et al., 2021), u meruněk z 9,6 na 12,3 $\mu\text{mol TE/g FW}$ (+28 %; Roussos et al., 2011) a u slivoní z 8,4 na 10,0 $\mu\text{mol TE/g FW}$ (+19 %; Milhaljević et al. (2025)). Vyšší antioxidační kapacita zlepšuje schopnost rostlin čelit oxidačnímu stresu a chránit fotosyntetický aparát.

Naopak karotenoidy, důležité pro fotoprotekci, při suchu klesají. Losciale et al. (2023) uvedli u meruněk cv. 'Primus' pokles z 1,15 na 0,98 mg/g FW (–15 %). U slivoní Milhaljević et al. (2025) z 0,91 na 0,77 mg/g FW (–15 %). Pokles karotenoidů oslabuje schopnost rostlin rozptylovat přebytečnou světelnou energii a zvyšuje riziko fotoinhibice.

Dalším markerem je malondialdehyd (MDA), produkt lipidové peroxidace a ukazatel poškození membrán. Jiménez et al. (2013) popsali u třešní nárůst MDA z 2,1 na 2,8 nmol/g FW (+35 %). Pilkevich et al. (2021) uvedli u meruněk zvýšení z 1,9 na 2,4 nmol/g FW (+28 %) a Milhaljević et al. (2025) popsali u slivoní zvýšení z 2,5 na 3,5 nmol/g FW (+40 %). Vyšší hladiny MDA odrážejí postupující oxidační stres, poškození membránových lipidů a omezení funkce chloroplastů.

Doplnkové markery tak poskytují detailní obraz o hloubce stresové reakce. Jejich změny ukazují, jak rostliny postupně ztrácejí primární antioxidační kapacitu, aktivují sekundární metabolity a jak vážné je poškození buněčných struktur. Díky tomu představují důležité

nástroje nejen pro pochopení fyziologické odpovědi, ale také pro praktickou selekci tolerantních genotypů ve šlechtitelských programech.

3.3. Genetické aspekty a šlechtitelské možnosti

Suchovzdornost peckovin je podmíněna nejen morfologickými, fyziologickými a biochemickými reakcemi, ale také genetickými faktory, které určují plasticitu jednotlivých odrůd. Donory tolerance lze nalézt zejména mezi starými a lokálními odrůdami, které byly dlouhodobě vystaveny periodickým suchům. Ve španělsku u meruněk jsou často využívány španělské odrůdy 'Canino' a 'Mitger', jež vykazují vyšší plasticitu vůči vodnímu stresu (Pérez - Pastor et al. 2009). U třešní byly popsány genotypy 'Kordia' a 'Regina', které si i při omezené závlaze udržují pevnost a kvalitu plodů (Suran, 2021). U slivoní je klíčovým zdrojem tolerance odrůda 'Stanley', známá stabilní plodností i v suchých letech, a proto je často využívána ve šlechtitelských programech (Milošević and Milošević, 2011).

Moderní šlechtitelské metody výrazně rozšiřují možnosti využití těchto donorů. Marker-assisted selection (MAS) a genomická selekce umožňují propojit tradiční zdroje s cíleným využitím kvantitativních lokusů (QTL), které jsou spojeny například s účinností využití vody, akumulací prolinu nebo stabilitou fotosyntetických parametrů (Pérez - Pastor et al. 2009). Praktické výsledky ukazují, že genomická selekce může u peckovin zkrátit dobu potřebnou k vyšlechtění nové odrůdy o 20–30 % a současně zvýšit přesnost predikce perspektivních genotypů.

V posledních letech byly identifikovány specifické QTL spojené se suchovzdorností. U meruněk Itam et al. (2025) popsali několik QTL souvisejících s regulací vodního stresu, zatímco Klagges et al. (2014) identifikovali u třešní QTL spojené s osmotickou regulací a antioxidační ochranou.

Ještě hlubší vhled poskytují omické technologie. Metabolomické analýzy ukázaly, že u meruněk při suchu vzrostl obsah flavonoidů z 95 na 138 mg/100 g FW (+45 %) a koncentrace kyseliny jablečné z 1,8 na 2,4 g/100 g FW (+33 %), což potvrzuje aktivaci metabolických drah chránících buňky před osmotickým stresem (Liu et al., 2019). Transkriptomické studie u třešní identifikovaly více než 430 diferenciálně exprimovaných genů, z nichž 65 bylo přímo spojeno s osmotickou regulací a 48 s antioxidační ochranou. Expres genů kódujících dehydriny vzrostla více než trojnásobně, což potvrzuje jejich centrální roli v ochraně buněk při dehydrataci (Yang et al., 2021). Liu et al. (2019) doložili zvýšení exprese genu P5CS, zodpovědného za syntézu prolinu při deficitu vody. Tyto výsledky ukazují kombinaci osmotické regulace a regulace výměny plynů jako klíčové mechanismy přizpůsobení.

Genomické studie dále přinášejí kandidátní geny a kvantitativní lokusy. Laurens et al. (2018) popsali možnost využití QTL spojené s efektivitou využití vody. Jing et al. (2023) popsali 56 WRKY genů (PaWRKY1–56) v genomu meruněk a zjistila, že 28 genů reaguje na suchu — zejména PaWRKY11, PaWRKY14 a PaWRKY48 byly výrazně aktivovány během sucha. Autoři uzavírají, že WRKY geny hrají klíčovou roli v molekulární regulaci odolnosti vůči suchu u *P. armeniaca*. Yang et al. (2023) ukázali, že exprese genů SOD a CAT se při silném deficitu vody zvýšila o 2,3–2,6násobek, což dokládá jejich zásadní roli v eliminaci reaktivních forem kyslíku.

Kombinace tradičních donorů, moderních markerových technologií (MAS, QTL mapování) a omických přístupů (metabolomika, transkriptomika, genomika) poskytují významnou pomoc

při šlechtění nových suchovzdorných odrůd peckovin. tyto nástroje nejen zrychlují proces šlechtění nových genotypů, ale také zlepšují jeho cílenost, neboť propojují agronomicky významné znaky s detailním molekulárním mechanismem odpovědným za reakci na stres.

3.4. Vliv sucha na kvalitu plodů

Vodní deficit významně ovlivňuje kvalitu plodů peckovin a mění jejich nutriční i senzorické parametry. U třešní se ukazuje, že mírný deficit vody může mít i pozitivní efekt – zejména zvýšení obsahu antokyanů, které se podílejí na intenzitě vybarvení. Jiménez et al. (2013) popsali, že u stresovaných podnoží *Prunus* se koncentrace antokyanů v plodech zvýšila z 0,82 na 0,95 mg/g FW (+16 %). Tento nárůst vede k výraznějšímu zbarvení plodů, což může zvyšovat jejich tržní atraktivitu. Tento pozitivní efekt je ovšem vykoupen redukcí velikosti a pevnosti (Blanco et al., 2021). Suran (2021) navíc ukázal, že v suchém roce 2018 dosáhly výnosy třešní v ČR jen 2,8–3,6 t/ha, což představovalo pokles o 30–40 % oproti dlouhodobému průměru. Nová chilská studie ukázala, že před sklizňová deficitní zálaha snižuje fotosyntézu a vodní potenciál, ale nemá negativní dopad na výnos ani kvalitu plodů; zároveň zvyšuje efektivitu využití vody (Huerta-Mendoza et al., 2025).

U meruněk je klíčové období růstu plodů, kdy deficit vody přímo ovlivňuje jejich kvalitu. Torrecillas et al. (2000) popsali, že vodní deficit snížil obsah vitamínu C z 12,5 na 9,8 mg/100 g FW (–22 %) a obsah celkových polyfenolů z 280 na 215 mg GAE/100 g FW (–23 %). Tyto hodnoty ukazují na sníženou antioxidační kapacitu a horší nutriční kvalitu plodů. Roussos et al. (2011) popsali u odrůdy 'Roxana' při suchu snížení hmotnosti plodů z 47,3 g na 41,6 g (–12 %), avšak současně došlo k nárůstu obsahu flavonoidů z 112 na 140 mg/100 g FW (+25 %). To dokládá, že aktivace antioxidačních drah může probíhat na úkor růstu a tržní hodnoty. Pilkevich et al. (2021) navíc zjistili, že silný vodní deficit vedl k nárůstu obsahu fenolických látek o 20 %, ale současně ke snížení výnosu o 15 %.

Slivoně reagují podobně jako meruňky a třešně. Milošević and Milošević (2011) popsali, že suché roky vedly k poklesu hmotnosti plodů o 18 % a snížení obsahu cukrů o 9 %, což má přímý dopad na senzorickou kvalitu. Milhaljević et al. (2025) ukázali, že u odrůdy 'Rainha Claudia Verde' deficit vody snížil výnos z 28,4 na 22,6 kg/strom (–20 %) a pevnost plodů z 3,5 na 3,0 kg/cm² (–14 %). Nižší pevnost znamená kratší skladovatelnost a vyšší náchylnost k mechanickému poškození při sklizni a manipulaci.

Deficit vody vede u některých druhů peckovin k poklesu hmotnosti, pevnosti a obsahu cukrů, což negativně ovlivňuje senzorické vlastnosti plodů. Zároveň se však aktivují biochemické mechanismy, které mohou zvýšit obsah fenolických látek, flavonoidů či antokyanů. Tyto změny představují antistresovou strategii rostlin – zlepšují antioxidační kapacitu a barvu plodů, ale zároveň omezují jejich velikost, výnos a skladovatelnost. Z praktického hlediska to znamená, že při hodnocení genotypů je třeba vždy brát v úvahu kompromis mezi nutriční kvalitou a produkční výkonností. Vhodné genotypy lze identifikovat podle jejich schopnosti kombinovat relativně stabilní výnos s dostatečnou biochemickou ochranou plodů.

3.5. Integrovaný přístup k hodnocení tolerance

Hodnocení tolerance peckovin k suchu nelze postavit jen na jednom typu znaků, protože jednotlivé reakce – morfologické, fyziologické, biochemické i genetické – se navzájem doplňují a vytvářejí komplexní strategii přizpůsobení. Integrovaný přístup proto kombinuje všechny úrovně pozorování a umožňuje přesnější a spolehlivější identifikaci tolerantních genotypů.

Na fenotypové úrovni jsou klíčovými ukazateli plodnost, výnos a kvalita plodů. Bylo doloženo, že deficit vody vede k poklesu hmotnosti, pevnosti a obsahu cukrů u třešní, meruněk i slivoní (Blanco et al., 2021; Torrecillas et al., 2000; Milošević and Milošević, 2011; Milhaljević et al. 2025; Pilkevich et al., 2021), přičemž rozdíly mezi odrůdami odrážejí genetickou variabilitu. Některé odrůdy dokáží i přes pokles výnosu zvyšovat obsah antokyanů či flavonoidů, což znamená lepší nutriční a senzorické vlastnosti (Jiménez et al., 2013; Roussos et al., 2011). Hodnocení těchto znaků proto ukazuje praktický kompromis mezi stabilitou výnosu a kvalitou produkce.

Na fyziologické úrovni se osvědčilo sledovat parametry jako vodní potenciál listů, relativní obsah vody, stomatální vodivost a fotosyntetickou asimilaci (Blaya-Ros et al., 2021; Ruiz et al., 2006; Intrigliolo and Castel, 2010; Girona et al., 2005; Sallato et al., 2017; Koubouris et al., 2015; Losciale et al., 2023). Hodnoty těchto ukazatelů přímo ukazují na schopnost rostlin udržet vodní bilanci a efektivně hospodařit s omezenými zdroji. Zvláštní význam má účinnost využití vody (WUE), která se u tolerantních odrůd zvyšuje o 12–18 %, a představuje tak spolehlivý selekční parametr.

Na biochemické úrovni poskytují informace o reakci na stres akumulace prolinu, rozpustných cukrů a polyolů, zvýšená aktivita enzymů antioxidační ochrany (SOD, CAT, APX) i nárůst fenolických látek, flavonoidů a antokyanů (Jiménez et al., 2013; Pérez - Pastor et al. 2009; Milošević and Milošević, 2011; Vosnjak et al., 2021; Milhaljević et al. 2025; Roussos et al., 2011). Tyto markery ukazují, jak rostliny udržují buněčný turgor a chrání se před oxidačním stresem. Doplnkové ukazatele, jako pokles vitamínu C, snížení obsahu karotenoidů a nárůst malondialdehydu (MDA), poskytují vhled do míry poškození buněčných struktur a jsou praktickým nástrojem pro selekci.

Na genetické úrovni byly identifikovány donory tolerance k suchu, např. 'Canino' a 'Mitger' u meruněk, 'Kordia' a 'Regina' u třešní či 'Stanley' u slivoní (Suran, 2021; Milošević and Milošević, 2011). Moderní šlechtitelské postupy využívají marker-assisted selection (MAS), genomickou selekci i mapování QTL (Itam et al., 2025; Klagges et al., 2014). Nově se prosazují omické technologie – metabolomika, transkriptomika a genomika – které umožňují identifikovat geny a metabolické dráhy spojené s odolností k suchu (Chen et al., 2023; Yang et al., 2021; Liu et al., 2019; Jing et al., 2023; Yang et al., 2023). Tyto přístupy výrazně urychlují proces šlechtění a zvyšují jeho přesnost.

Praktické studie ukazují, že právě integrace těchto poznatků poskytuje nejpřesnější obraz o míře tolerance. Pérez - Pastor et al. 2009 a Roussos et al. (2011) kombinovali hodnocení fenotypových znaků s biochemickými a fyziologickými markery a potvrdili, že odrůdy s vyšší efektivitou využití vody WUE (Water Use Efficiency), zvýšenou aktivitou antioxidačních enzymů a stabilnějším výnosem lze jednoznačně označit za tolerantnější. Evans et al. (2011) ukázali, že zahrnutí molekulárních markerů do klasického hodnocení výrazně zvyšuje efektivitu

selekce. Suran (2021) doložil, že integrované sledování výnosů a kvality plodů metodou NIR umožňuje detailní hodnocení genotypové reakce na vodní deficit v praxi.

Souhrnně lze konstatovat, že pouze propojení fenotypových znaků s fyziologickými, biochemickými a genetickými ukazateli umožňuje účinně identifikovat tolerantní genotypy. Tento integrovaný přístup je metodickým základem moderního šlechtění peckovin a představuje klíčovou cestu, jak zajistit stabilní produkci i v podmínkách klimatické změny. Tento integrovaný přístup tvoří základ pro metodickou část, v níž budou představeny konkrétní postupy hodnocení a selekce tolerantních genotypů.

4. MATERIÁL A METODY

4.1. Popis použitého rostlinného materiálu

Rostlinný materiál použitý v rámci metodiky zahrnoval genotypy třešní (*Prunus avium* L.), meruněk (*Prunus armeniaca* L.) a slivoní (*Prunus domestica* L.), které pocházely výhradně z kolekcí a šlechtitelských výsadeb Výzkumného a šlechtitelského ústavu ovocnářského Holovousy s.r.o. (VŠÚO). Do souboru byly zařazeny jak komerční odrůdy sloužící jako standardní kontrolní materiál, tak vybrané nově vyšlechtěné genotypy označované číselnými kódy, které reprezentovaly potenciální zdroje tolerance k suchu.

Výsadby byly provedeny v areálu VŠÚO Holovousy (50.383629°N, 15.576902°E, 360 m n. m.), v oblasti s průměrnou roční teplotou 8,4 °C a dlouhodobým úhrnem srážek přibližně 660 mm. Stromy byly pěstovány bez krycích systémů a závlahy, v agrotechnickém režimu odpovídajícím standardní komerční praxi. Byly tvarovány do volného štíhlého vřetene a každoročně řezány. Řady byly udržovány v bezplevelném stavu pomocí herbicidních pásů, meziřadí zatrávněno. Výživa byla zajišťována formou půdního hnojení (LAV 27 – dusičnan amonný s vápencem) a foliárních aplikací (DAM 390, STOPIT).

Podnože byly voleny s ohledem na pěstitelskou praxi a požadavky jednotlivých druhů. Pro třešně byla použita podnož Gisela 5, která je standardem ve středoevropských intenzivních výsadbách a zajišťuje menší vzrůstnost a ranější plodnost stromů. Meruňky a slivoně byly očkovány na podnož St. Julien A, která je vhodná pro šlechtitelské i provozní pokusy. Stromy třešní byly vysazeny v roce 2008 ve sponu 5 × 1,5 m, meruňky a slivoně v roce 2014 ve sponu 4,5 × 1,0 m, respektive 4,0 × 1,0 m. V době zahájení sledování byly stromy třešní staré 13 let a stromy meruněk a slivoní 7 let.

Přehled standardních odrůd a novošlechtění podle druhu

Třešeň (*Prunus avium* L.)

- Standardní odrůdy: 'Kordia', 'Regina', 'Jacinta', 'Early Korvik', 'Amid', 'Justyna'.
- Novošlechtění (kódy): '13976', '16772', '16735', '16705', '16736', '15361', '16686', '16865', '15585', '13420', '13590', '16678', '16862', '13467', '14580', '10364', '13477', '16764', '16755', '15473'.

Meruňka (*Prunus armeniaca*)

- Standardní odrůdy: 'Betinka', 'Bergeron', 'Leskora', 'Harcot', 'Sophinka', 'Candela', 'Harogem'.
- Novošlechtění (kódy): '97-052', '08-002', '00-008', '08-009', '96-599', '96-454', '96-288', '97-033', '08-027', '01-091', '09-010', '96-266', 'VOJ 5/150', '01-093', '02-024', '08-018', 'VOJ 4/99', '08-052', '08-015', '00-010', 'VOJ 5/147'.

Slivoň (*Prunus domestica*)

- Standardní odrůdy: 'Gabrovská', 'Toptaste (Kulinaria)', 'Haganta', 'Presenta', 'Domáci velkoplodá', 'Tophit'.
- Novošlechtění: 'HL 0900097', 'HL 0900208', 'HL 0800032', 'HL 0800077', 'HL 0653', 'HL 0900227', 'HL 9900004', 'HL 0400011', 'HL 0800043', 'HLT 1-10', 'HL 0900090', 'HL 0624', 'HL 0800084', 'HL 0600012', 'HL 0800006', 'HL 0800001', 'HL 0900010', 'HL 0900045', 'HL 0635', 'HL 0800011', 'HL 0900029', 'HL 0900134', 'HL 0900151'.

Charakteristika vybraného souboru genotypů pokrývala široké spektrum znaků od fenologických vlastností (doba kvetení, zrání) přes pomologické parametry (hmotnost, velikost a pevnost plodů, obsah rozpustné sušiny, cukrů a kyselin) až po dosud známé údaje o odolnosti k abiotickým stresům. Takto sestavený rostlinný materiál tvoří základ pro komplexní hodnocení tolerance peckovin k vodnímu deficitu a umožňuje propojit výsledky ze standardních odrůd s perspektivním novošlechtěním.

4.2. Experimentální design

Experimentální část metodiky byla založena na kombinaci dlouhodobých polních výsadeb a krátkodobějších nádobových pokusů, které umožnily cílené testování vlivu vodního deficitu. Polní výsadby představovaly základní zdroj fenotypových a výnosových dat, zatímco nádobové pokusy poskytl možnost detailního sledování fyziologických a biochemických reakcí rostlin v kontrolovaných podmínkách.

Polní pokusy byly založeny ve standardních intenzivních výsadbách VŠÚO Holovousy, bez závlahy a krycích systémů, a probíhaly v letech 2021–2024. Hodnoceny byly zejména fenologické znaky (začátek rašení, kvetení, zrání), násada a výnos plodů, jejich hmotnost, pevnost a obsah cukrů. Stromy byly vystaveny přirozeným klimatickým podmínkám, jejichž průběh byl pravidelně monitorován pomocí meteorologické stanice v areálu VŠÚO. Ta zaznamenávala teplotu, srážky, vlhkost vzduchu, rychlost větru a další parametry, které byly následně využívány pro korelace s fenologickými a produkčními údaji.

Nádobové pokusy byly založeny v předjaří 2023 s vybranými novošlechtěními a standardními odrůdami třešní, meruněk a slivoní. Kolekce genotypů byla vybrána na základě výsledků hodnocení genotypů ve výsadbách v předchozích letech. Celkově bylo hodnoceno 26 genotypů třešní, 28 genotypů meruněk a 31 genotypů slivoní. Pro experiment byly použity jednoleté školkařské výpěstky, které byly vysázeny do pěstebních nádob o objemu 30 l, umístěných ve fóliových krytech o ploše cca 1350 m² (obr. 1). Třešně byly očkovány na podnož

Gisela 5, meruňky a slivoně na podnož St. Julien A. Stromy byly tvarovány zakrácením bočních výhonů na max. 15 cm.



Obrázek 1 Genotypy meruněk umístěné v krytu proti dešti.

Každý genotyp byl zastoupen 10 stromy, rozdělenými do dvou závlahových variant po 5 stromech.

- Varianta 1 představovala plnou závlahovou dávku (15 l/15 min/den)
- Varianta 2 redukovanou dávku (7,5 l/15 min/den).

Během navození stresu suchem byla dávka u varianty 1 a 2 poloviční. V režimu udržovací závlahy (před a po experimentálních měřeních) a během rehydratace byla aplikována plná dávka 15 l/15 min/den. Závlaha byla realizována manuálně řízeným kapkovým systémem (60 l/hod).

Hnojení stromů proběhlo v předjaří aplikací 40 g granulovaného hnojiva NPK do každé nádoby. Během vegetace byla mimo období experimentálních měření aplikována hnojivá zálivka přípravkem Hycol pecka (0,6 l koncentrovaného hnojiva/nádobu každých 14 dní).

Měření probíhala ve třech hlavních fázích:

- před obdobím navození stresu suchem;
- po navození stresu suchem;
- po období rehydratace v 2týdenních intervalech (u slivoní v intervalech 3týdenních).

Doba trvání navození stresu suchem byla stanovena na 2 týdny pro všechny druhy s počátkem ve fenologické fázi BBCH 32 (letorosty dosáhly asi 20 % konečné délky). Ve všech třech hlavních fázích byly zaznamenávány fenotypové, fyziologické a biochemické parametry listů, které byly dále podrobeny laboratornímu zpracování – detailní popis metod je uveden v následujících kapitolách (4.3–4.5).

4.3. Popis sledovaných fenotypových znaků

Sledování fenotypových znaků zahrnovalo soubor pomologických, fyziologických a biochemických parametrů, které dohromady charakterizují reakci jednotlivých genotypů peckovin na vodní deficit a další abiotické stresy. Tyto znaky byly vybrány s ohledem na jejich význam pro kvalitu plodů, tržní hodnotu a odolnost rostlin vůči stresovým podmínkám.

4.3.1. Pomologické znaky

- **Hmotnost a velikost plodů** – představují základní ukazatele tržní kvality a konzumní atraktivity. Tyto znaky jsou silně závislé na dostupnosti vody a živin. Vodní deficit obvykle vede k redukci velikosti a hmotnosti plodů, což snižuje tržní hodnotu sklizně.
- **Barva slupky a dužniny** – kromě estetické hodnoty souvisí barva s obsahem antokyanů, karotenoidů a dalších bioaktivních látek, které ovlivňují nutriční kvalitu a působí jako antioxidanty. Barva je tedy významným indikátorem jak konzumní kvality, tak reakce plodů na stres.
- **Pevnost dužniny** – klíčový parametr pro skladovatelnost a transportní odolnost. Při nedostatku vody bývá pevnost často negativně ovlivněna, protože dochází k omezené tvorbě buněčných stěn a nižší hydrataci pletiv.
- **Refraktometrická sušina (SSC)** – vyjadřuje koncentraci rozpustných cukrů a souvisí přímo s chuťovými vlastnostmi plodů. Mírný vodní deficit může SSC zvyšovat, zatímco silný deficit má negativní vliv na rovnováhu mezi cukry a organickými kyselinami.

4.3.2. Fyziologické znaky

- **Fotosyntetická aktivita a výměna plynů** – zahrnuje rychlost asimilace CO₂, transpirace a vodivost průduchů. Tyto znaky přímo odrážejí schopnost rostliny využívat světelnou energii a hospodařit s vodou. Při suchu dochází k omezení průduchové vodivosti, což snižuje fotosyntetickou aktivitu a následně i tvorbu asimilátů pro růst a vývoj plodů.
- **Fluorescence chlorofylu** – nepřímo ukazuje na účinnost fotosystému II a schopnost listů odolávat stresu. Pokles parametrů, jako je Fv/Fm, signalizuje poškození fotosyntetického aparátu suchem nebo nadměrným slunečním zářením.
- **Obsah fotosyntetických pigmentů** – chlorofyly a karotenoidy jsou základní složky fotosyntetického aparátu a zároveň markery vitality listů. Karotenoidy mají navíc ochrannou funkci proti fotoinhibici a oxidačnímu stresu. Pokles jejich obsahu je varovným signálem oslabení rostlin.

- **Vodní stav rostlin** – osmotický potenciál a vodní obsah listů přímo vyjadřují dostupnost vody pro rostlinu a její schopnost udržet turgor. Tento parametr je klíčový pro pochopení přizpůsobení na vodní deficit.

4.3.3. Biochemické parametry

- **Vitamín C (kyselina askorbová)** – významný antioxidant, který chrání pletiva před oxidačním stresem. Jeho obsah v plodech přímo souvisí s nutriční hodnotou a odolností vůči abiotickým stresům.
- **Celkové polyfenoly** – integrovaný ukazatel zastřešující celkové množství fenolických sloučenin v rostlinných pletivech. Tento parametr odráží schopnost genotypu aktivovat obranné mechanismy a je úzce spojen s přizpůsobením na vodní deficit i další abiotické stresy. Zvýšený obsah bývá typickou reakcí na suchu a přispívá k vyšší antioxidační kapacitě listů a má přímý vliv na nutriční kvalitu plodů.
- **Antioxidační kapacita (TEAC)** – komplexní ukazatel schopnosti plodů neutralizovat volné radikály. Vyjadřuje celkovou míru ochrany rostliny proti oxidačnímu poškození a je významná i pro spotřebitelskou atraktivitu plodů.
- **Sušina** – celkový obsah sušiny slouží jako ukazatel hustoty plodů a je důležitý pro zpracovatelský průmysl. Vyšší obsah sušiny je často spojen s lepší skladovatelností, ale silný deficit vody jej může nepříznivě snížit.
- **Obsah stresových markerů** –
 - *Peroxid vodíku (H_2O_2) a superoxidový radikál*: reaktivní formy kyslíku, jejichž zvýšená koncentrace ukazuje na oxidační stres.
 - *Prolin*: aminokyselina hromadící se při suchu, působí jako osmotikum, antioxidant a stabilizuje proteiny a membrány.

Tyto fenotypové znaky představují komplexní systém ukazatelů, které dohromady umožňují hodnotit reakce jednotlivých druhů a genotypů peckovin na vodní deficit. Jejich interpretace poskytuje důležité informace nejen pro pochopení fyziologie rostlin, ale i pro cílenou selekci tolerantních genotypů v rámci šlechtitelských programů.

4.4. Metody hodnocení odolnosti vůči suchu

4.4.1. Pomologické parametry

4.4.1.1. Velikost a pevnost plodů

Velikost a pevnost plodů byly hodnoceny na 5 plodech od každého genotypu bezprostředně po sklizni při 20 ± 2 °C. Velikost (šířka plodu) a pevnost dužniny (g/mm) byly stanoveny na pravé straně plodu vedle švu, pomocí penetrometru Winterwood Instruments (Agro Technologie, Francie) s hrotem o průměru 6 mm. Každé měření bylo prováděno ve třech opakování, aby se minimalizovala variabilita mezi jednotlivými plody, a výsledky byly následně zprůměrovány na úroveň jednotlivých genotypů. Data byla uváděna jako průměr $\pm$ směrodatná odchylka (SD). Získané údaje umožnily sledovat rozdíly mezi genotypy a porovnat jejich reakce na odlišné závlahové režimy.

4.4.1.2. Barva slupky a dužniny

Barva plodů nebyla systematicky měřena jako samostatný fenotypový parametr, ale sloužila jako kritérium pro stanovení sklizňové zralosti. U třešní byl pro určení komerční zralosti použit index PNW Dark Sweet Cherry Development Index Chart (Oregon State University, USA), odpovídající stupňům 4–6. U meruněk a slivoní byla barva hodnocena podle barevné škály CTIFL (Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes, Paříž, Francie); pro meruňky byly vybírány stupně 7–9, pro slivoně stupně 4–5. Tyto stupnice umožnily standardizovat okamžik sklizně napříč genotypy a zajistit, že následná analytická měření byla prováděna na srovnatelně zralém materiálu.

4.4.1.3. Refraktometrická sušina (SSC)

Obsah rozpustných sušin (SSC) byl měřen digitálním refraktometrem HI 96801 (Hanna Instruments, USA). Měření probíhalo na 5 plodech ve třech opakování každého genotypu ihned po sklizni při 20 ± 2 °C, obdobně jako u hodnocení velikosti a pevnosti. Každý plod byl analyzován jednotlivě a výsledné hodnoty byly následně zprůměrovány na úroveň genotypu. Hodnoty byly vyjádřeny v °Brix jako průměr $\pm$ směrodatná odchylka (SD).

4.4.2. Fyziologické parametry

4.4.2.1. Fotosyntetická aktivita a výměna plynů

Rychlost asimilace, CO₂ (A), transpirace (E), vodivost průduchů (gs) a mezofylová koncentrace CO₂ (Ci) byly měřeny *in situ* na plně vyvinutých listech připojených ke stromům ve střední části koruny pomocí přenosného infračerveného analyzátoru plynů LCpro+ (ADC BioScientific, UK). Měření probíhalo ve třech fázích experimentu (před suchem, po suchu a po rehydrataci), jak je uvedeno v kapitole 4.2. Zpravidla byly hodnoceny tři stromy každého genotypu a provedena tři opakování. Hodnoty A, E, gs a Ci byly zaznamenány po stabilizaci průběhu měření a následně zprůměrovány na úroveň jednotlivých genotypů a variant závlahového režimu. Tento postup poskytl detailní informace o schopnosti jednotlivých genotypů hospodařit s vodou a energií v podmínkách sucha.

4.4.2.2. Fluorescence chlorofylu

Parametry Fv/Fm a Plabs byly hodnoceny *in situ* na listech stromů pomocí fluorimetru OS1-fl (Opti-Sciences, USA) po přizpůsobení listů na tmu v délce přibližně 30 minut pomocí klipsů nasazených přímo na rostlině. U každého genotypu byly měřeny listy ze tří stromů ve třech opakováních. Měření probíhala ve třech fázích experimentu (před suchem, po suchu a po rehydrataci), jak je uvedeno v kapitole 4.2. OJIP křivky byly zaznamenány a vyhodnoceny softwarem FluorWin, přičemž byla sledována stabilita hodnot mezi jednotlivými opakováními. Tento postup umožnil odhadnout účinnost fotosystému II a míru poškození fotosyntetického aparátu vlivem sucha.

4.4.2.3. Obsah fotosyntetických pigmentů

Z každého genotypu byly odebrány listové vzorky (1 cm², cca 0,2 g) z plně vyvinutých listů střední části koruny ve všech třech fázích sledování. Pigmenty byly extrahovány ve tmě po dobu 24 hodin v 1 ml rozpouštědla N,N-Dimethylamid kyseliny mravenčí. Poté byl obsah pigmentů spektrofotometricky vyhodnocen přístrojem UV-Vis Evolution 2000 (ThermoScientific) ve vlnových délkách: 480; 648,8; 663,8 a 710 nm. Obsah chlorofylu *a*, *b* a karotenoidů byl vypočten podle metodiky Porra et al. (1989). Každý biologický vzorek byl

hodnocen ve třech opakováních, každé měřeno dvakrát technicky. Výsledky byly vyjádřeny jako průměr $\pm$ směrodatná odchylka (SD).

4.4.2.4. Vodní potenciál listů

Vodní stav rostlin byl stanoven na základě stanovení hodnot osmotického potenciálu, kdy byly do injekčních stříkaček odebrány vzorky listů o max. objemu 1 ml. Píst injekčních stříkaček byl následně stlačen a utěsněn parafilmem. Takto připravené vzorky byly umístěny do chladicího boxu v teplotě $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Odběry listů probíhaly ve fázi před suchem, po suchu a po rehydrataci v ranních hodinách (8:00–10:00), kdy jsou hodnoty nejstabilnější. U každého genotypu bylo hodnoceno pět listů ze tří různých stromů ve třech opakováních. Osmotický potenciál jednotlivých vzorků byl měřen přístrojem WP4C (Potenciometr WP4C, Decagon Devices, Inc., USA). Výsledné hodnoty byly zprůměrovány a vyjádřeny jako průměr $\pm$ směrodatná odchylka (SD).

4.4.3. Biochemické parametry

4.4.3.1. Vitamín C (kyselina askorbová)

Stanovení obsahu vitamínu C v plodech jabloní bylo provedeno metodou HPLC-DAD (Agilent 1260 Infinity) s využitím chromatografické kolony Kinetex C18 ($150 \times 4,6\text{ mm}$, $5\text{ }\mu\text{m}$). Pro stabilizaci vitamínu C se homogenizovaný vzorek o váze přibližně 1 kg) bezprostředně po sklizni homogenizoval pomocí vysokorychlostního homogenizátoru (Retsch GM 200). Poté byl vzorek ihned přenesen do odměrné baňky s roztokem 3% kyseliny metafosforečné. Byl proveden redukční krok přidáním roztoku L-cysteinu a pH upraveno pomocí Na_3PO_4 a zpětně sníženo kyselinou metafosforečnou. Po vakuové filtraci přes filtrační papír č. 389 a $0,45\text{ }\mu\text{m}$ PTFE membránu byly vzorky převedeny do vialek. Separace probíhala při $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, byla využita izokratická eluce s mobilní fází, kterou tvořil pufr KH_2PO_4 při průtoku 1 ml/min . Detekce byla prováděna při 265 nm , identifikace a kvantifikace probíhala pomocí externí kalibrace s kyselinou L-askorbovou (Sigma-Aldrich, čistota $\geq 99\%$). Kalibrační křivky vykazovaly $R^2 = 0,9991\text{--}1,0000$. Každý vzorek byl analyzován ve třech technických opakováních, limit kvantifikace činil $2,5\text{ mg/l}$.

4.4.3.2. Celkové polyfenoly

Obsah celkových polyfenolů byl stanoven kolorimetrickou metodou podle Folin-Ciocalteu. Vzorky (2 g plodů nebo $0,2\text{--}0,3\text{ g}$ listů) byly extrahovány v 15 ml okyseleného methanolu (HCOOH) s následným třepáním po dobu 60 minut při laboratorní teplotě. Folin-Ciocalteuovo činidlo bylo nejprve zředěno v poměru 1/4 destilovanou vodou a poté bylo $100\text{ }\mu\text{l}$ činidla a $20\text{ }\mu\text{l}$ extraktu z ovoce na pipetováno do mikrotitrační destičky. Mikrotitrační destička s na pipetovanými roztoky byla třepána na třepačce po dobu 1 minuty. Poté byla ponechána 4 minuty stát při laboratorní teplotě. Následně bylo přidáno $75\text{ }\mu\text{l}$ uhličitanu sodného (100 g/l) a destička byla znovu třepána na třepačce po dobu 1 minuty. Destička byla poté zakryta a ponechána ve tmě při laboratorní teplotě po dobu 2 hodin, načež byla provedena měření absorbance při 750 nm .

(UV-Vis spektrofotometr Thermo Scientific). Kalibrace byla provedena s použitím kyseliny gallové v koncentračním rozmezí $c = 10\text{--}500\text{ mg/l}$. Výsledky byly vyjádřeny v mg ekvivalentů kyseliny gallové (GAE) na 100 g FW . Pro každou sérii byla sestrojena kalibrační křivka ($R^2 = 0,9933\text{--}0,9985$). Každý vzorek byl hodnocen ve třech biologických opakováních.

4.4.3.3. Antioxidační kapacita (TEAC, DPPH test)

Celková antioxidační kapacita plodů byla stanovena podle modifikovaného DPPH testu (Pulido et al., 2000). Vzorky (2 g) byly homogenizovány a extrahovány v 10 ml 80% methanolu. Po promíchání a 60 minutové inkubaci ve tmě následovala centrifugace (4000 ot./min, 10 minut). Alikvóta 200 µl extraktu byla smíchána s 800 µl DPPH roztoku (0,1 mM) v mikrotitrační destičce. Absorbance byla měřena při 515 nm. Hodnoty byly vyjádřeny jako µmol Trolox ekvivalentu na 100 g FW.

4.4.3.4. Obsah sušiny

Gravimetrické stanovení sušiny bylo provedeno ze 5 g čerstvé hmoty plodů. Vzorky byly sušeny v laboratorní sušárně (Memmert, Německo) při 105 °C až do dosažení konstantní hmotnosti. Obsah sušiny (%) byl vypočten jako podíl sušené a původní čerstvé hmotnosti. Výsledky byly vyjádřeny jako průměr ± směrodatná odchylka.

4.4.3.5. Reaktivní formy kyslíku (ROS)

Listové vzorky (0,3 g) byly odebrány z plně vyvinutých listů střední části koruny ve třech fázích experimentu (před suchem, po suchu a po rehydrataci), jak je uvedeno v kapitole 4.2. Ihned po odběru byly listy zmrazeny v tekutém dusíku a uchovávány při –80 °C do doby analýzy. Vzorky byly homogenizovány v 50 mM fosfátovém pufru a centrifugovány. Koncentrace H₂O₂ byla stanovena reakcí s TiCl₄, absorbance byla měřena při 410 nm. Superoxidový radikál (O₂•⁻) byl stanoven nepřímo na základě uvolněného nitrátu při reakci s hydroxylaminem, absorbance byla měřena při 530 nm.

4.4.3.6. Prolin

Listové vzorky (0,2 g) byly odebrány z plně vyvinutých listů střední části koruny ve třech fázích experimentu (před suchem, po suchu a po rehydrataci), jak je uvedeno v kapitole 4.2, ihned po odběru byly zmrazeny v tekutém dusíku a uchovávány při –80 °C do doby analýzy. Prolin byl extrahován ve třech krocích, dvakrát v 80% ethanolu a pak v 50% ethanolu, centrifugován a spojený supernatant reagoval s ninhydrinem okyseleným kyselinou octovou. Po 20 minutách inkubace při 95 °C byla absorbance měřena při 520 nm. Výsledky byly vyjádřeny jako µmol/g FW.

5. PROTOKOL SELEKCE GENOTYPŮ

5.1. Kritéria hodnocení kvality plodů

5.1.1. Pomologické parametry

Hodnocení kvality plodů bylo zaměřeno na klíčové pomologické ukazatele charakterizující variabilitu genotypů třešní (*Prunus avium*), meruněk (*P. armeniaca*) a slivoní (*P. domestica*). Cílem bylo popsat rozdíly mezi genotypy v rámci jednotlivých druhů a ověřit jejich potenciální přizpůsobivost stresovým podmínkám, zejména vodního deficitu. Základní sledované parametry zahrnovaly velikost a hmotnost plodů, pevnost dužniny, refraktometrickou sušinu (SSC) a násadu plodů. Tyto znaky představují vhodné indikátory jak tržní kvality, tak fyziologické reakce rostlin, neboť přímo souvisejí s transportem vody a asimilátů během zrání.

Rozložení genotypů do kategorií (graf 1-3) potvrdilo vyrovnaný charakter kolekce, přičemž většina sledovaných znaků se pohybovala ve střední kategorii hodnot. Genotypy byly rozděleny do tří kategorií (nízká, střední, vysoká) na základě meziročních průměrů jednotlivých parametrů podle následujícího postupu:

- Pro každý parametr byl vypočítán roční průměr hodnot pro jednotlivé genotypy a následně meziroční průměr napříč lety.
- Globální průměr a směrodatná odchylka (SD) byly určeny z meziročních průměrů všech genotypů; hranice kategorií byly stanoveny jako průměr $\pm$ SD (nízká < průměr - SD, střední průměr $\pm$ SD, vysoká > průměr + SD).
- Kategorizace probíhala automatizovaně v Pythonu pomocí pandas a numpy pro třešně, meruňky a slivoně odděleně.

U velikosti a hmotnosti plodů spadalo přibližně 68 a 64 % genotypů meruněk, 59 a 74 % genotypů třešní a 66 a 62 % slivoní do střední skupiny, zatímco 18 a 21 % meruněk, 15 % třešní a 17 a 21 % slivoní vykazovalo vyšší hodnoty odpovídající nadprůměrné velikosti a hmotnosti. U meruněk se velikost plodů pohybovala nejčastěji v rozmezí 38–44 mm a hmotnost 40–56 g, přičemž vyšší kategorie zahrnovala plody nad 56 g. U třešní odpovídaly střední kategorie šířce 25–27 mm a hmotnosti 8–10 g, zatímco vyšší kategorie přesahovala 10 g. U slivoní spadala střední kategorie do intervalu 33–42 mm pro velikost a 29–49 g pro hmotnost, zatímco vyšší hodnoty nad 42 mm a 49 g byly zaznamenány u přibližně pětiny genotypů. Nižší hodnoty (pod 8 g u třešní, pod 38 g u meruněk a 26 g u slivoní) se vyskytovaly u 11–17 % genotypů.

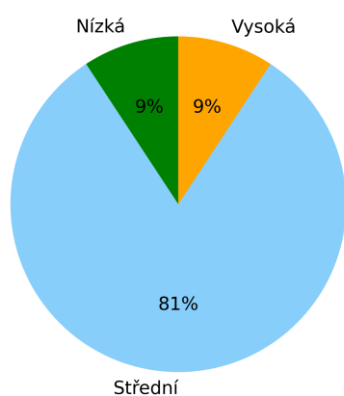
U pevnosti dužniny se většina hodnocených genotypů všech druhů nacházela ve střední kategorii. Do ní spadalo přibližně 67 % třešní, 62 % meruněk a 79 % slivoní, zatímco 17–20 % třešní a meruněk a 14 % slivoní vykazovalo vyšší hodnoty odpovídající pevnější dužnině. U třešní představovala střední kategorie interval 53–63 Durofel, u meruněk 1000–1650 g/mm, a u slivoní 640–1120 g/mm, zatímco vyšší kategorie přesahovala 63 Durofel, 1650 g/mm respektive 1120 g/mm. Nižší pevnost (pod 53 Durofel u třešní, 1000 g/mm u meruněk a 640 g/mm u slivoní) byla zjištěna pouze u malého podílu genotypů (<10 %).

Podobný trend byl pozorován u refraktometrické sušiny (SSC), kde se většina genotypů všech druhů soustředila ve střední kategorii hodnot. Do této skupiny spadalo přibližně 71 % třešní, 62 % meruněk a 76 % slivoní s obsahem refrakce v rozmezí 14–18 °Brix u třešní a meruněk a 13–20 °Brix u slivoní. Vyšší hodnoty přesahující 18 °Brix (meruňky, třešně) respektive 20 °Brix (slivoně) vykazovalo asi 17–20 % genotypů, přičemž tyto typy se často vyznačovaly menšími, ale cukernatějšími plody. Nižší obsah refrakce (<14 °Brix u třešní a meruněk, < 3 °Brix u slivoní) byl zaznamenán u 7–10 % genotypů.

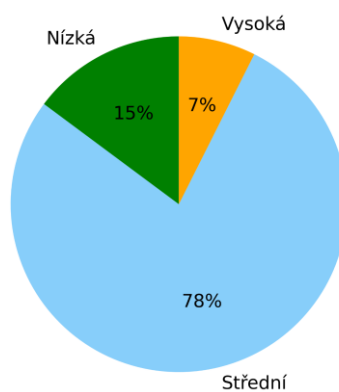
U násady plodů převažovaly hodnoty 5–7 u třešní, 2–4 u meruněk, 3–5 u slivoní, které dosahovalo 70–72 % třešní, 65 % meruněk a 76 % slivoní. Vyšší násadu přesahující 7 bodů u třešní, 4 body u meruněk a 5 bodů u slivoní vykazovalo 13–18 % genotypů, zatímco nízká násada byla zjištěna u 10–15 % hodnocených typů.

Celkově tyto výsledky potvrzují, že sledované kolekce třešní a meruněk zahrnují dostatečně variabilní, avšak vyrovnané genotypy s rovnoměrně rozloženými hodnotami sledovaných pomologických znaků. Vyšší podíl středních kategorií odráží stabilitu fyziologických vlastností napříč druhy, zatímco menší skupina genotypů s nadprůměrnými hodnotami představuje výběrový materiál vhodný pro následné šlechtitelské využití a testování odolnosti k vodnímu stresu.

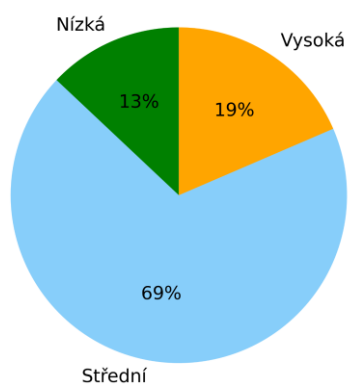
Rozdělení genotypů podle Hmotnost (g)



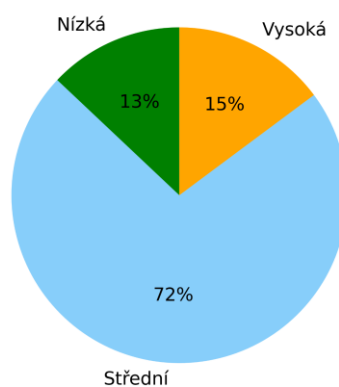
Rozdělení genotypů podle Velikost plodu (mm)



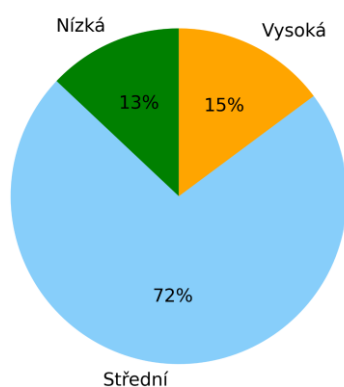
Rozdělení genotypů podle Pevnost plodu (Durofel)



Rozdělení genotypů podle Refrakce (°Brix)

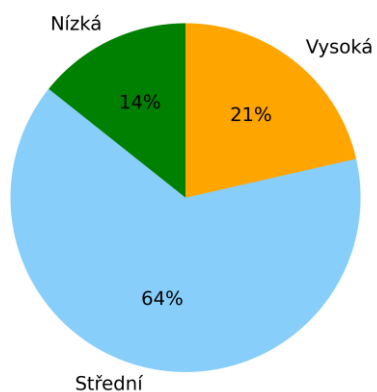


Rozdělení genotypů podle Násada plodů (1-9)

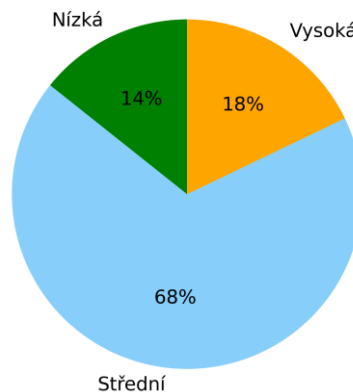


Graf 1 Rozdělení genotypů třešní do 3 kategorií podle hodnot pomologických vlastností

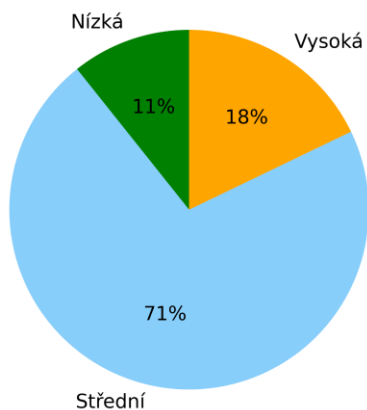
Rozdělení genotypů podle Hmotnost (g)



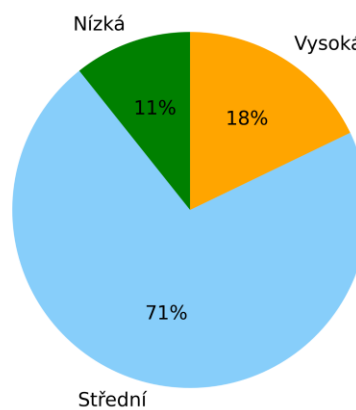
Rozdělení genotypů podle Velikost plodu (mm)



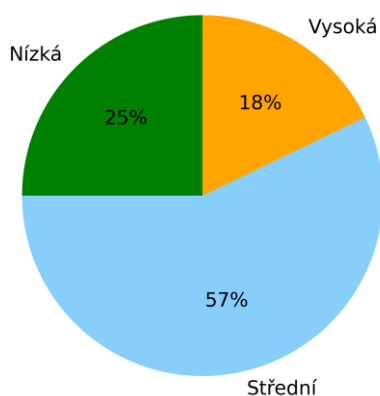
Rozdělení genotypů podle Pevnost plodu (g/mm)



Rozdělení genotypů podle Refrakce (°Brix)

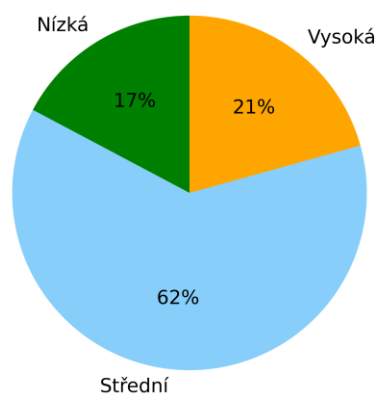


Rozdělení genotypů podle Násada plodů (1-9)

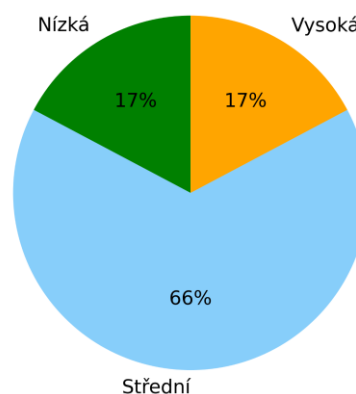


Graf 2 Rozdělení genotypů meruněk do 3 kategorií podle hodnot pomologických vlastností

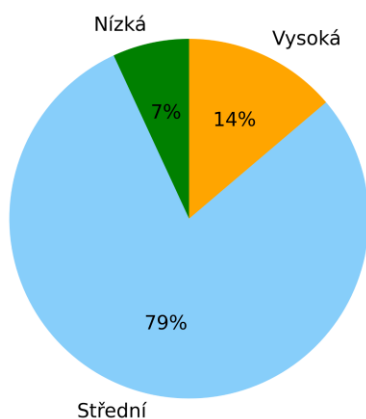
Rozdělení genotypů podle Hmotnost (g)



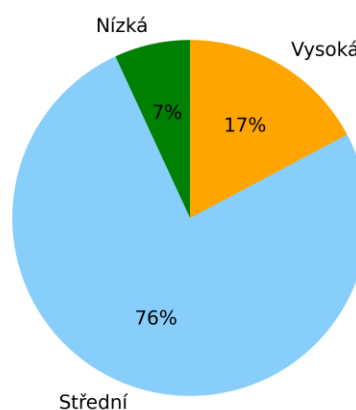
Rozdělení genotypů podle Velikost plodu (mm)



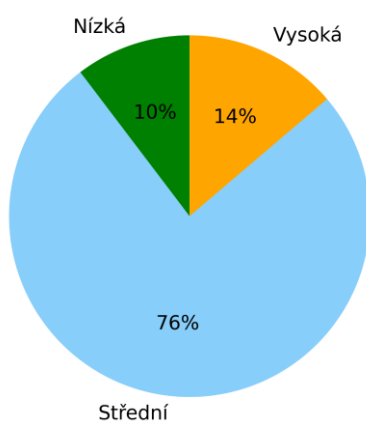
Rozdělení genotypů podle Pevnost plodu (g/mm)



Rozdělení genotypů podle Refrakce (°Brix)



Rozdělení genotypů podle Násada plodů (1-9)



Graf 3 Rozdělení genotypů slivoní do 3 kategorií podle hodnot pomologických vlastností

Podrobnější vyhodnocení výsledků jednotlivých genotypů potvrdilo uvedené trendy a umožnilo identifikovat typy s nadprůměrnými hodnotami sledovaných pomologických parametrů (graf 4-6).

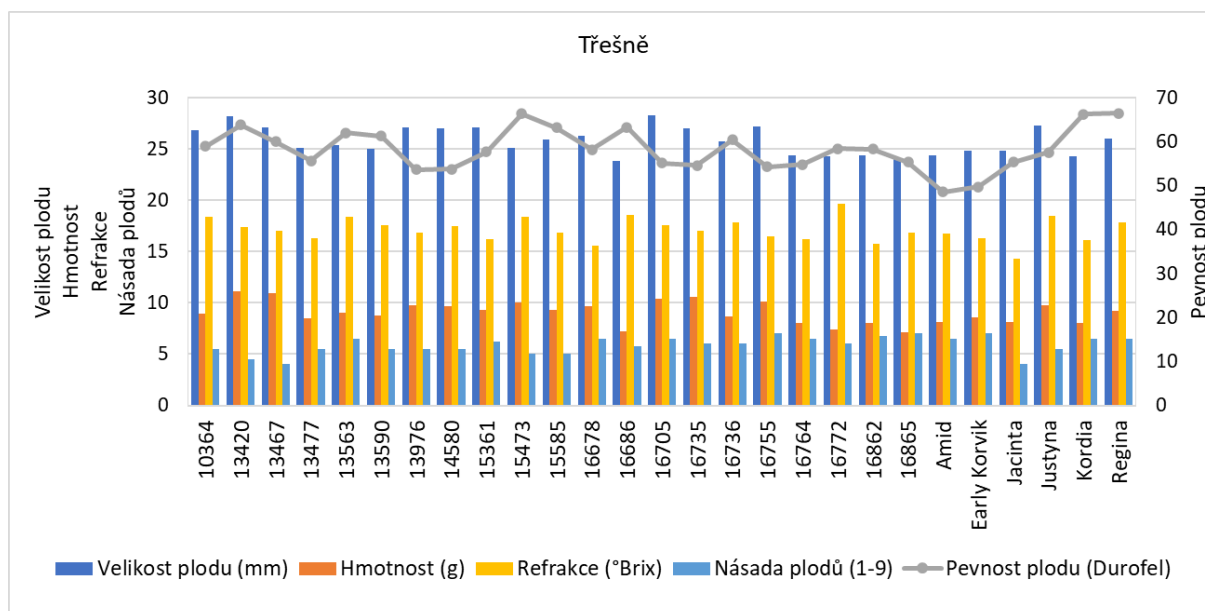
U hmotnosti a velikosti plodů vynikaly mezi hodnocenými genotypy třešní zejména '13420' a '13467', které dosahovaly průměrné hmotnosti 11,1 a 10,9 g a šířky plodu 27–28 mm, zatímco u meruněk vykazovaly nejvyšší hmotnost genotypy '08-009' (67,6 g) a '00-008' (59,5 g) s průměrnou velikostí 44,5–45,5 mm. U slivoní dosahovaly nejvyšší hmotnosti genotypy 'HL 0900208' (58,0 g), 'HL 0400011' (55,5 g), 'HL 0900097' (55,1 g), které se současně vyznačovaly nadprůměrnou velikostí plodů (42–43 mm). Odrůda 'Haganta' patřila k největším a nejtěžším typům (43,3 mm; 54,0 g) a může sloužit jako srovnávací standard pro hodnocení velikosti plodů. Nižší hmotnost a menší velikost byly zjištěny například u genotypu 'Domáci velkoplodá' (18,1 g), který však vynikal vysokou násadou plodů (7 b.). Tyto rozdíly odrážejí variabilitu mezi genotypy a jejich rozdílný poměr mezi růstem plodu a plodností, což je důležité při posuzování výnosového potenciálu.

V parametru pevnosti dužniny byly zaznamenány výrazné rozdíly jak mezi druhy, tak mezi jednotlivými genotypy. U třešní dosáhly nejvyšších hodnot 'Regina' a '15473' (66,4 a 66,3 Durofel), následované genotypem '13420' (63,8 Durofel), zatímco u meruněk vynikaly '97-052' (2042 g/mm) a '96-599' (1810 g/mm). U slivoní vykazoval nejvyšší pevnost dužniny genotyp 'HL 0400011' (1597 g/mm), následovaný 'HL 9900004' (1255 g/mm) a 'HL 0800032' (1223 g/mm). Naopak nižší pevnost (pod 700 g/mm) byla zjištěna u genotypů 'HL 0653', 'HL 0624' a 'HL 0800043'.

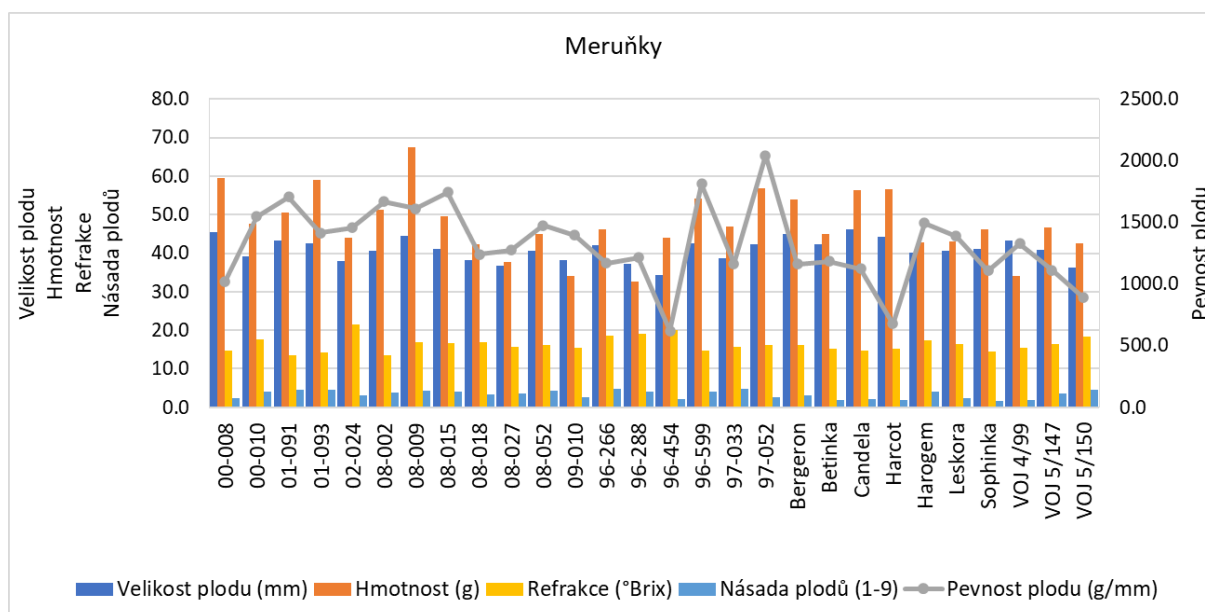
V obsahu refraktometrické sušiny (SSC) dosahovaly nejvyšších hodnot genotypy třešní '16772', '16686' a 'Justyna' (19,6–18,5 °Brix), zatímco u meruněk vykazovaly nadprůměrné hodnoty '02-024' (21,5 °Brix) a '96-454' (20,2 °Brix). U slivoní vynikaly genotypy 'HL 0653' (23,3 °Brix), 'HL 0800032' (23,1 °Brix), a 'Toptaste (Kulinaria)' (22,3 °Brix), které dosahovaly velmi vysokých hodnot cukrnatosti, často při střední až nižší hmotnosti plodů. Násada plodů se u třešní pohybovala v rozmezí 4–7 bodů, přičemž nejvyšší plodnost dosáhly genotypy '16755' (7 b.) a '16865' (7 b.), zatímco u meruněk se vyšší násada (4–5 b.) vyskytovala u genotypů '97-033', '96-266' a '01-093'. U slivoní se nejvyšší plodnost projevila u genotypů 'Domáci velkoplodá' (7 b.), 'HL 0900010' (6 b.), 'HL 0900090' (5,5 b.) a 'HL 0900227' (5,5 b.), které kombinovaly nadprůměrný výnos s průměrnou velikostí plodů (28–39 mm). Naopak nízkou násadu vykazovaly genotypy 'HL 0800006' a 'HL 0800077', což může být důsledkem nižší přizpůsobivosti či horší násady plodů v konkrétních ročnících. Parametr násady tak dobře odráží produkční potenciál i fyziologickou rovnováhu mezi růstem a plodností.

Standardní odrůdy všech tří druhů potvrdily svou stabilitu a použitelnost jako referenční materiál. U třešní dosáhly odrůdy 'Kordia' a 'Regina' vysoké pevnosti plodů (66,2–66,4 Durofel), zatímco 'Justyna' vynikala vyšším obsahem sušiny (18,5 °Brix) a hmotností (9,8 g). U meruněk se do vyšší kategorie zařadily 'Harogem' s obsahem sušiny 17,5 °Brix a pevností 1492 g/mm, a 'Leskora' s vyrovnanými hodnotami (40,6 g; 1389 g/mm; 16,3 °Brix). U slivoní byly standardní odrůdy 'Haganta' a 'Presenta' charakteristické vysokou pevností dužniny (1148–1083 g/mm) a středním obsahem sušiny (18,0–18,5 °Brix), zatímco odrůda 'Toptaste (Kulinaria)' dosáhla nadprůměrné hodnoty cukrnatosti 22,3 °Brix. Tyto výsledky potvrzují stabilní kvalitu standardních odrůd a jejich vhodnost pro dlouhodobé srovnávací testování novošlechtění. Získaná pomologická data umožnila identifikovat

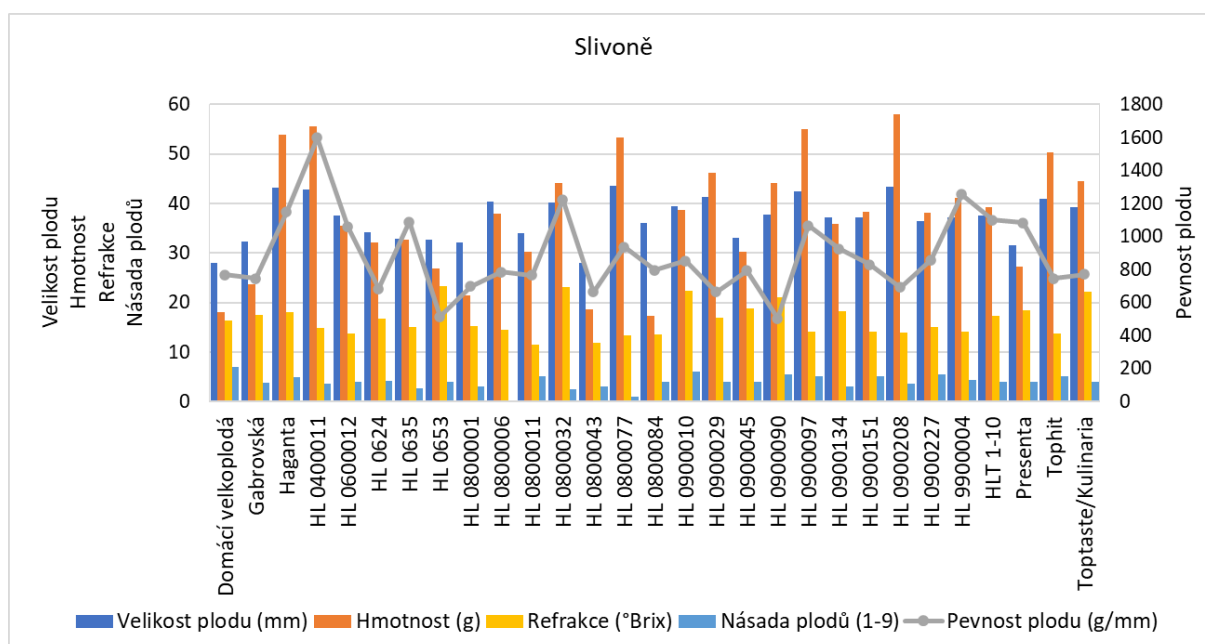
genotypy s extrémními projevy (vysoká vs. nízká kvalita plodů), které byly následně využity jako podklad pro chemicko-biochemické analýzy a vývoj selekčních markerů. Tento přístup propojuje tradiční hodnocení fenotypu s moderními metodami metabolické a fyziologické charakterizace a představuje efektivní nástroj pro výběr perspektivních genotypů při šlechtění suchovzdorných odrůd peckovin.



Graf 4 Srovnání genotypů třešní podle pomologických vlastností



Graf 5 Srovnání genotypů meruněk podle pomologických vlastností



Graf 6 Srovnání genotypů slivoně podle pomologických vlastností

5.1.2. Biochemické parametry plodů

Biochemická analýza plodů doplňuje pomologické hodnocení a umožňuje lépe charakterizovat nutriční kvalitu i potenciální antioxidační aktivitu genotypů třešní, meruněk a slivoně. Sledované ukazatele zahrnovaly obsah celkové sušiny, vitamínu C, celkovou antioxidační kapacitu a celkové polyfenoly. Tyto parametry poskytují ucelený obraz o chemickém složení plodů.

Rozložení genotypů do kategorií (grafy 7–9) potvrdilo obdobný trend jako u pomologických znaků — většina genotypů se soustředila do střední kategorie hodnot, zatímco podíl genotypů s extrémními hodnotami (nízkými či vysokými) byl nižší.

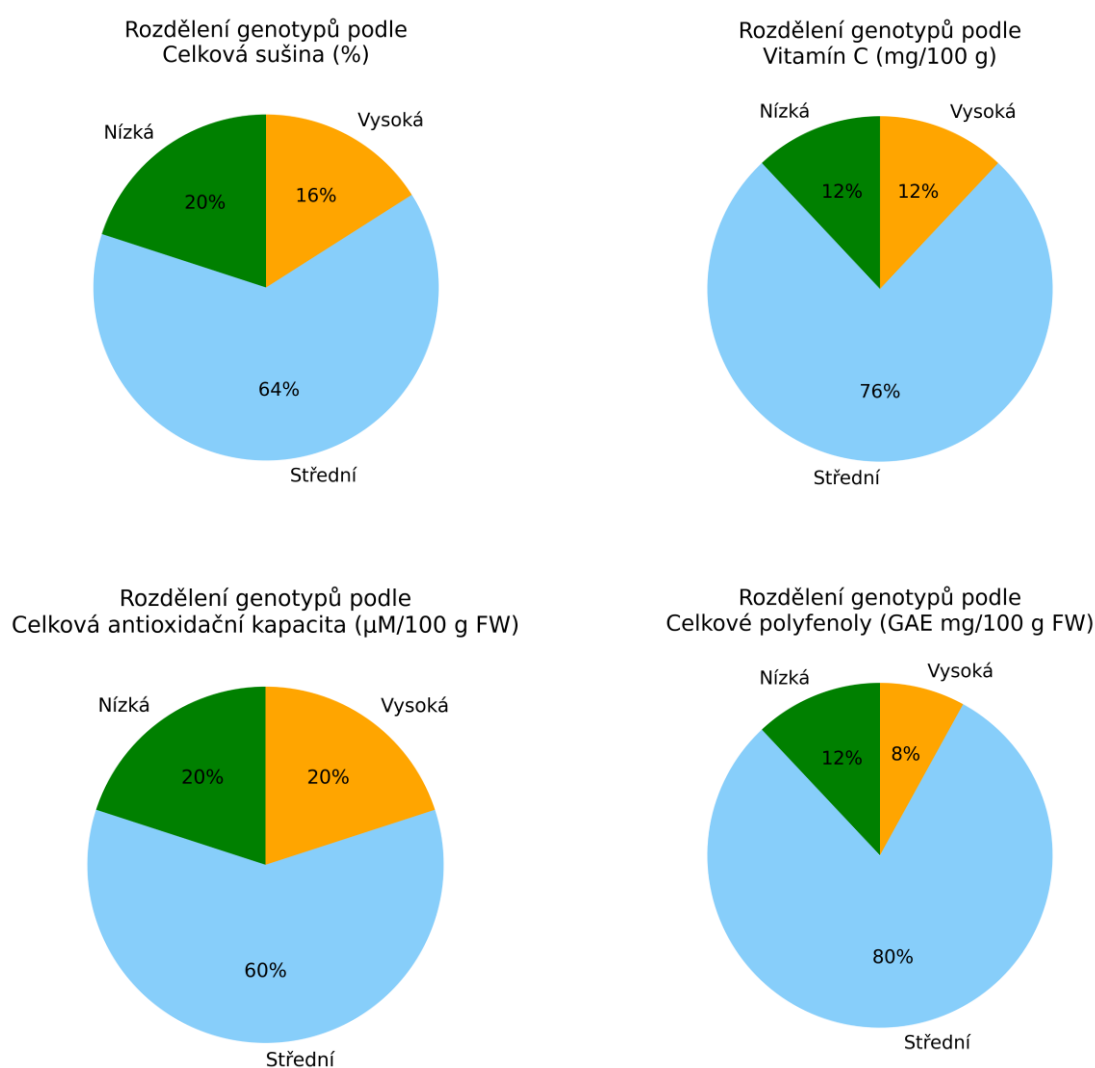
U celkové sušiny spadala většina genotypů do střední kategorie – 64 % třešní, 74 % meruněk a 62 % slivoně. Vyšší obsah sušiny byl zaznamenán u 16 % třešní, 15 % meruněk a 14 % slivoně, přičemž hodnoty přesahující 16 % (třešně), 15 % (meruňky) a 17 % (slivoně) vykazovaly genotypy s plody s nejvyšším obsahem celkové sušiny. Naopak nižší hodnoty (< 13 % u třešní, < 12 % u meruněk a < 12 % u slivoně) se vyskytovaly u menší části souboru (10–20 %).

Obsah vitamínu C se pohyboval ve střední kategorii u většiny hodnocených typů – 76 % třešní, 67 % meruněk a 67 % slivoně. Vyšší obsah (> 12 mg/100 g u třešní, > 11 mg/100 g u meruněk a > 6 mg/100 g u slivoně) byl zaznamenán přibližně u 12–19 % genotypů. Nižší obsah (< 8 mg/100 g u třešní, < 7 mg/100 g u meruněk a < 2 mg/100 g u slivoně) byl pozorován jen u malého počtu genotypů (10–15 %).

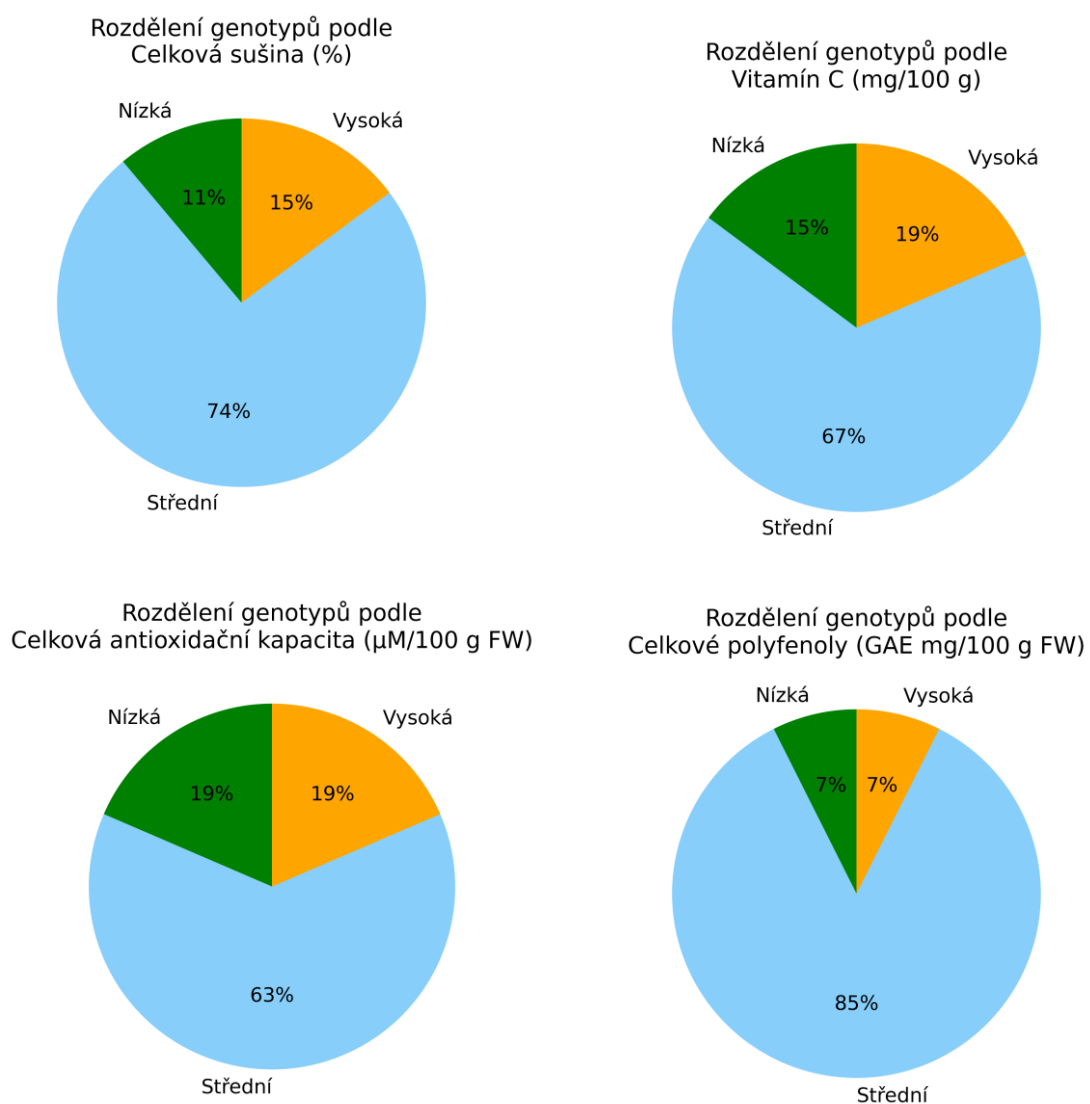
Rozložení podle celkové antioxidační kapacity ukázalo, že většina genotypů všech tří druhů se nacházela opět ve střední kategorii – 60–63 %. Vyšší hodnoty (> 170 $\mu\text{M}/100\text{ g FW}$ u třešní, > 180 $\mu\text{M}/100\text{ g FW}$ u meruněk a > 202 $\mu\text{M}/100\text{ g FW}$ u slivoně) bylo dosaženo u přibližně 19–20 % genotypů, které vykazovaly i vyšší koncentraci fenolických látek. Naopak nízké hodnoty (< 116 $\mu\text{M}/100\text{ g FW}$ u třešní, < 85 $\mu\text{M}/100\text{ g FW}$ u meruněk a < 123 $\mu\text{M}/100\text{ g FW}$ u slivoně) byly zjištěny u obdobného podílu genotypů (cca 20 %).

Největší variabilita byla zaznamenána u celkových polyfenolů, kde střední kategorie zahrnovala 80–85 % genotypů, zatímco vysoký obsah polyfenolů (> 156 mg GAE/100 g u třešní, > 171 mg GAE/100 g u meruněk a > 206 mg GAE/100 g u slivoní) vykazovalo pouze 7–8 % genotypů. Tyto hodnoty odpovídaly zejména tmavě zbarveným typům s vyšším obsahem antokyanů a silnější antioxidační kapacitou. Naopak nízký obsah polyfenolů (< 120 mg GAE/100 g FW) se vyskytoval u malého počtu genotypů (7–12 %) a typicky souvisel s nižší pigmentací.

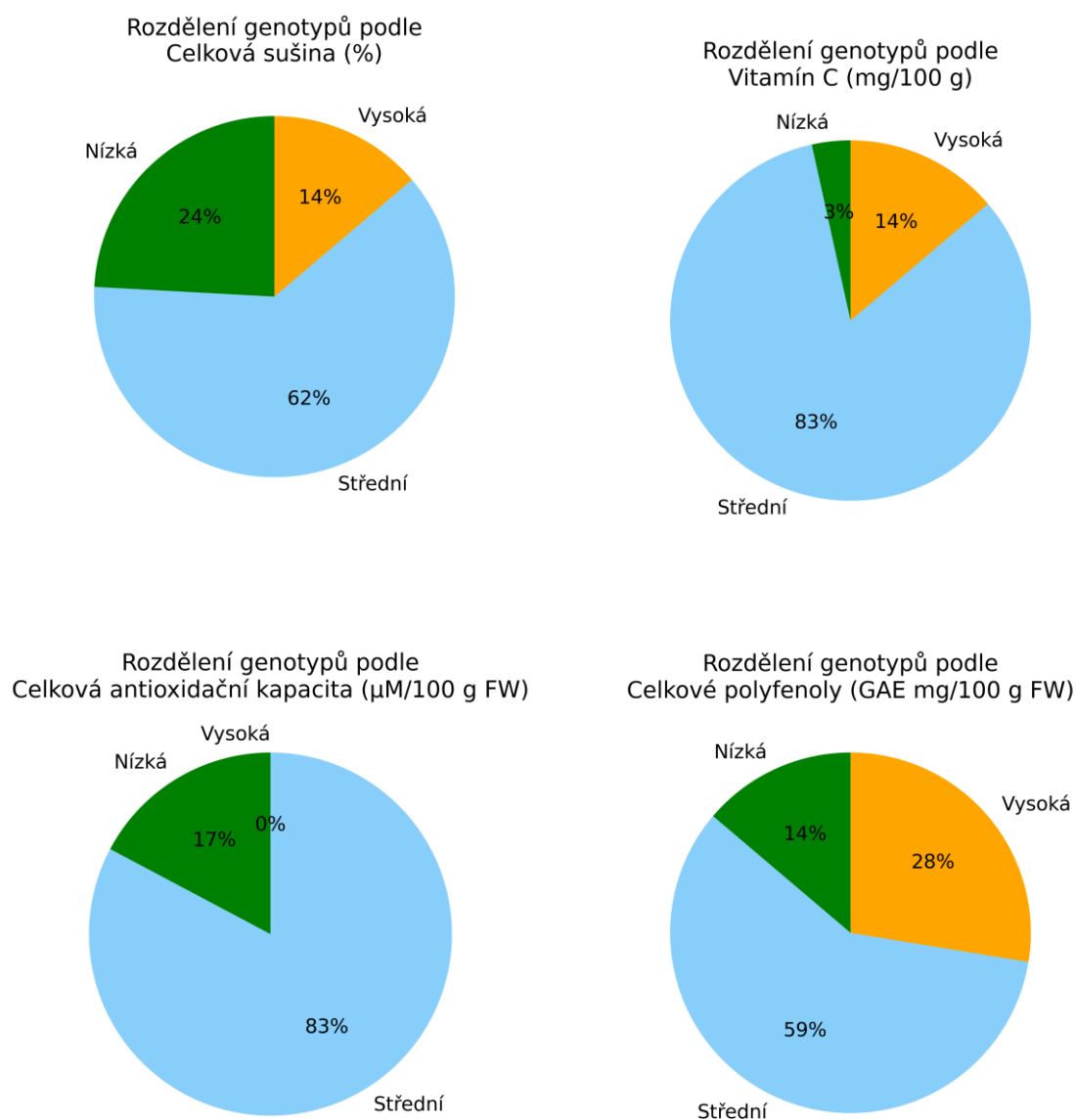
U biochemických ukazatelů – podobně jako u pomologických – převažovala střední kategorie hodnot, což svědčí o vyrovnaném chemickém složení a stabilním metabolismu hodnocených genotypů. Vyšší hodnoty u menší části souboru ukazují na genotypy s vyšší nutriční hodnotou a představují vhodný výchozí materiál pro šlechtění na kvalitu i odolnost vůči stresu.



Graf 7 Rozdělení genotypů třešní do 3 kategorií podle hodnot biochemických vlastností



Graf 8 Rozdělení genotypů meruněk do 3 kategorií podle hodnot biochemických vlastností



Graf 9 Rozdělení genotypů slivoní do 3 kategorií podle hodnot biochemických vlastností

Podrobnější vyhodnocení biochemických ukazatelů potvrdilo uvedené trendy a umožnilo identifikovat genotypy s nadprůměrnými hodnotami sledovaných parametrů, zejména v obsahu celkové sušiny, vitamínu C, celkové antioxidační kapacity a polyfenolických látek (graf 10-12). Výsledky poukazují na značnou variabilitu mezi genotypy, přičemž většina hodnocených typů se soustředila do střední kategorie hodnot, zatímco menší část vykazovala výrazně vyšší koncentrace bioaktivních složek, které odrážejí jejich vyšší nutriční potenciál.

V parametru celkové sušiny dosahovaly nejvyšších hodnot genotypy třešní '13467' (16,9 %), '16772' (16,5 %) a '13477' (16,4 %), zatímco u meruněk se nejvyšší hodnoty projevily u '09-010' (17,8 %), '08-002' (17,0 %) a 'Leskora' (16,1 %). U slivoní vynikaly genotypy 'Toptaste' (22,8 %), 'HL 0800032' (19,6 %) a 'Haganta' (16,7 %). Nižší hodnoty (< 12 %) byly zaznamenány u několika genotypů, např. 'Jacinta' (10,9 %) nebo 'Betinka' (10,8 %).

Obsah vitamínu C vykazoval mezi genotypy poměrně široký rozptyl. Nejvyšší hodnoty dosáhly třešně '13420' (14,5 mg/100 g) a '16736' (12,7 mg/100 g), meruňky '08-027' (12,2

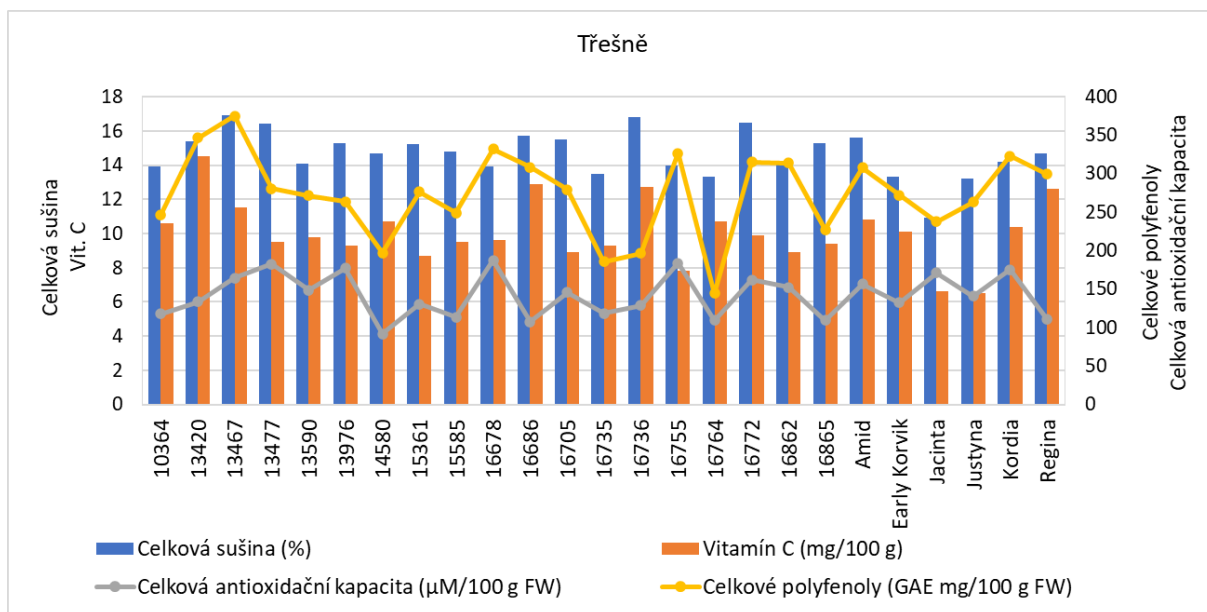
mg/100 g) a '02-024' (11,0 mg/100 g) a slivoň 'Toptaste' (8,8 mg/100 g). Většina genotypů se pohybovala ve střední kategorii (7–10 mg/100 g), zatímco nižší obsah (< 6 mg/100 g) byl typický pro některé meruňky ('Betinka', 'Sophinka') a slivoně ('HL 0800084', 'HL 0900151').

V celkové antioxidační kapacitě byly zaznamenány výrazné rozdíly mezi genotypy i druhy. Nejvyšší hodnoty dosahovaly třešně '16755' (183,6 μ M/100 g FW) a '13477' (182,6 μ M/100 g FW), meruňky '97-033' (212,1 μ M/100 g FW) a 'VOJ 5/147' (206,3 μ M/100 g FW), zatímco u slivoní vynikaly 'Gabrovská' (193,7 μ M/100 g FW), 'Toptaste' (194,4 μ M/100 g FW) a 'HL 0900010' (190,6 μ M/100 g FW). Tyto genotypy představují skupinu s mimořádně silným antioxidačním profilem, který úzce souvisí s vysokým obsahem fenolických sloučenin. Střední hodnoty (100–170 μ M/100 g FW) byly zaznamenány u většiny hodnocených typů, což odpovídá vyváženému metabolickému profilu plodů.

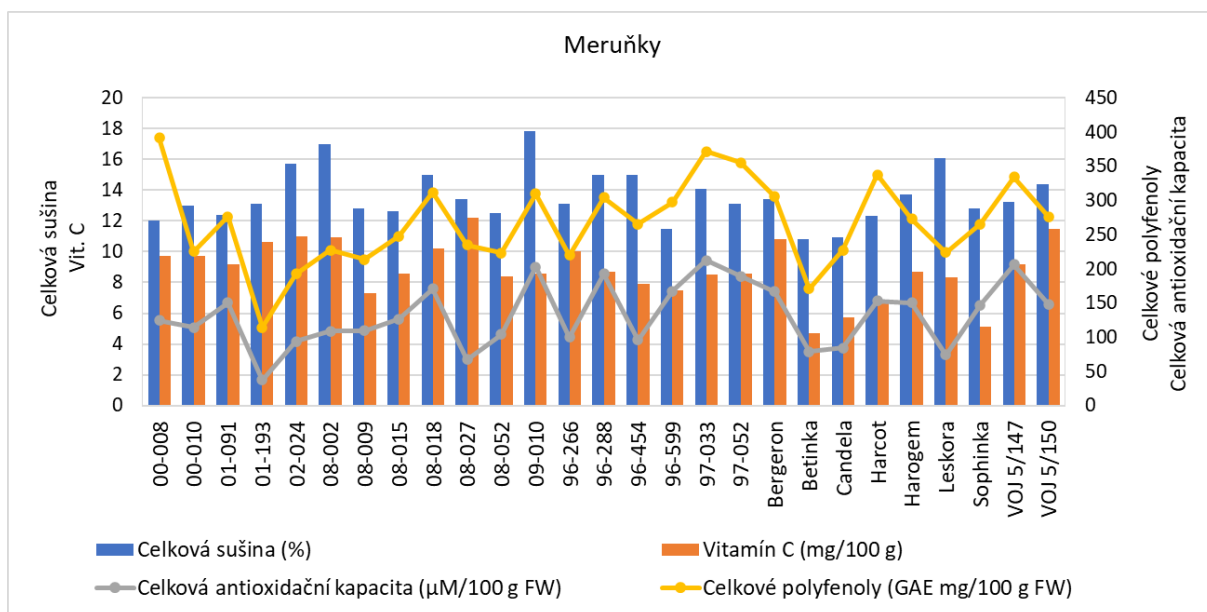
Z hlediska obsahu celkových polyfenolů dosahovaly nejvyšších hodnot třešně '13420' (212,7 mg GAE/100 g FW) a '13467' (210,6 mg GAE/100 g FW), meruňky '00-008' (266,8 mg GAE/100 g FW) a 'Harcot' (184,4 mg GAE/100 g FW) a slivoně 'HL 0900151' (275,4 mg GAE/100 g FW), 'HLT 1-10' (274,5 mg GAE/100 g FW) a 'Toptaste' (232,2 mg GAE/100 g FW). Vyšší koncentrace polyfenolů byly typické pro genotypy s tmavším zbarvením slupky, což se promítalo i do zvýšené antioxidační aktivity. Naopak nižší hodnoty (< 120 mg GAE/100 g FW) byly zjištěny jen u menší části genotypů, například u třešně '13976' nebo meruňky '01-193'.

Standardní odrůdy všech tří druhů potvrdily svou stabilitu a vhodnost pro srovnávací hodnocení. U třešně 'Kordia' a 'Regina' se projevila vyrovnaná kombinace vyššího obsahu vitamínu C (10,4–12,6 mg/100 g) a polyfenolů (147–188 mg GAE/100 g FW). U meruňky vynikaly 'Leskora' a 'Harogem', které dosahovaly vyrovnaných hodnot ve všech sledovaných ukazatelích (13–16 % sušiny; 8–11 mg/100 g vitamínu C; 120–150 mg GAE/100 g FW). U slivoní byly standardní odrůdy 'Haganta', 'Presenta' a 'Toptaste' charakteristické stabilním obsahem sušiny (16–22 %) a vysokou antioxidační kapacitou.

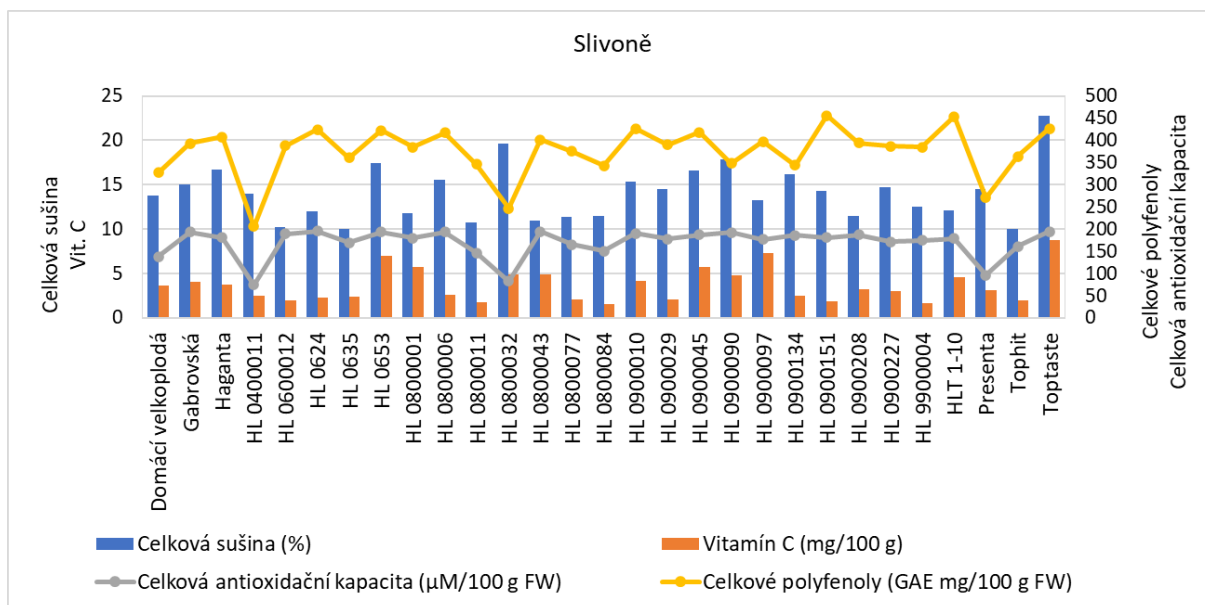
Tyto výsledky potvrzují stabilní kvalitu a vyrovnanost sledovaných kolekcí peckovin a zároveň umožňují identifikovat genotypy s výrazně nadprůměrnými hodnotami biochemických ukazatelů. Vyšší koncentrace sušiny, vitamínu C, polyfenolů a antioxidační aktivity u vybraných genotypů představují významný selekční znak pro další šlechtitelské využití. Získaná data poskytují cenný podklad pro výběr perspektivních genotypů vhodných k pěstování v podmínkách s vyšším stresovým zatížením a pro vývoj odrůd s vysokou nutriční kvalitou plodů.



Graf 10 Rozdíly v obsahu celkové sušiny, vitamínu C, celkové antioxidační kapacity a celkových polyfenolů v plodech jednotlivých genotypů třešní. Hodnoty představují průměry z víceletých měření.



Graf 11 Rozdíly v obsahu celkové sušiny, vitamínu C, celkové antioxidační kapacity a celkových polyfenolů v plodech jednotlivých genotypů meruněk. Hodnoty představují průměry z víceletých měření.



Graf 12 Rozdíly v obsahu celkové sušiny, vitamínu C, celkové antioxidační kapacity a celkových polyfenolů v plodech jednotlivých genotypů slivoně. Hodnoty představují průměry z víceletých měření.

5.1.3. Biochemické parametry listů

Průběh změn sledovaných biochemických ukazatelů v listech peckovin odrážel dynamickou reakci rostlin na opakované střídání období sucha a následné rehydrataci. Měření probíhalo v pěti termínech, kdy první odběr představoval výchozí stav plně zavlažovaných rostlin. Termíny 2S a 4S odpovídaly dvoutýdennímu vystavení suchu, zatímco termíny 3R a 5R představovaly období rehydratace po obnovení závlivy. Celkový vývoj hodnot jednotlivých ukazatelů je znázorněn v grafech 13–15.

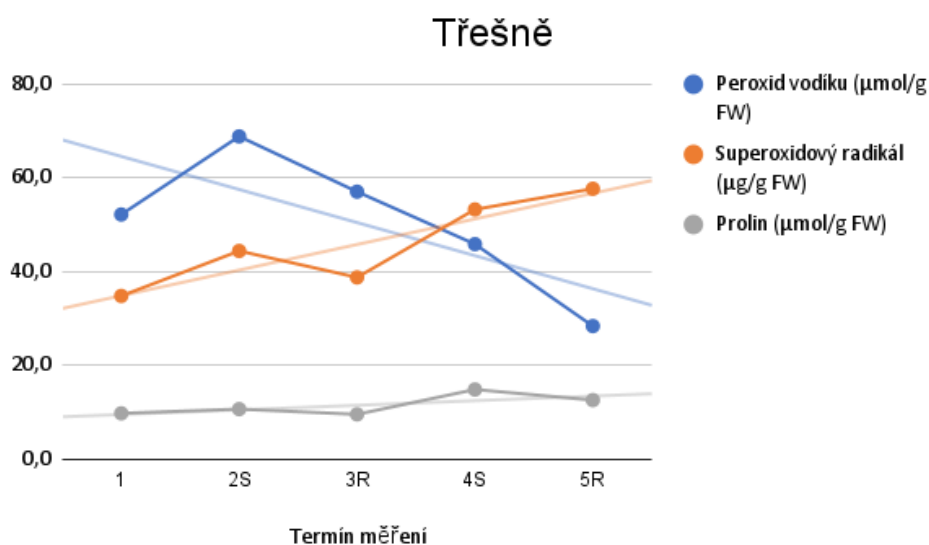
Obsah peroxidu vodíku, který slouží jako marker oxidačního stresu a zároveň jako signální molekula při aktivaci obranných mechanismů, vykazoval rozdílné trendy mezi sledovanými druhy peckovin. U třešně byl pozorován postupný nárůst koncentrace H_2O_2 během první fáze sucha (z 52,2 na 68,9 $\mu\text{mol/g FW}$), po níž následoval mírný pokles v období rehydratace (57,1 $\mu\text{mol/g FW}$) a další snižování až do konce sledování (28,4 $\mu\text{mol/g FW}$). Tento trend ukazuje na efektivní obnovu redoxní rovnováhy po závlivce a přizpůsobení rostlin na opakovaný stres. U meruněk byl průběh odlišný — po výrazném zvýšení koncentrace peroxidu vodíku při první stresové fázi (53,9 $\mu\text{mol/g FW}$) následoval pokles během rehydratace, avšak druhé období sucha vedlo k opětovnému zvýšení hodnot (63,6 $\mu\text{mol/g FW}$). Tento kolísavý průběh signalizuje citlivější reakci meruněk na vodní deficit a vyšší variabilitu mezi jednotlivými fázemi. Slivoně vykazovaly pozvolnější, ale konzistentní nárůst peroxidu vodíku mezi první a čtvrtou fází měření (z 19,0 na 42,1 $\mu\text{mol/g FW}$) s následným poklesem po druhé rehydrataci (31,6 $\mu\text{mol/g FW}$). Tento vývoj naznačuje aktivní, ale stabilizovaný oxidační metabolismus, který se pravděpodobně podílí na signalizaci obranných procesů spíše než na poškození pletiv.

Produkce superoxidového radikálu ($\bullet O_2^-$), představujícího primární reaktivní formu kyslíku vznikající při stresu, rovněž vykazovala mezi druhy odlišné dynamiky. U třešně hladiny $\bullet O_2^-$ stoupaly v průběhu sucha i rehydratace, přičemž nejvyšších hodnot bylo dosaženo v

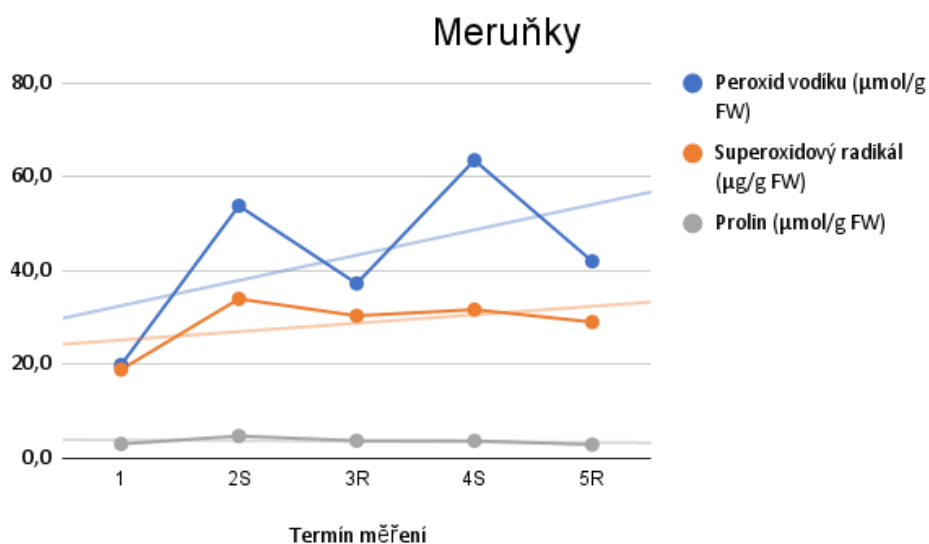
závěrečném odběru (57,7 $\mu\text{g/g FW}$). Tento průběh ukazuje na trvalou aktivaci oxidačních procesů i po obnovení zálivky, což může souviset s prodlouženou fází metabolické rovnováhy po stresu. U meruněk došlo po prvním období sucha k prudkému nárůstu (34,0 $\mu\text{g/g FW}$), následovanému pozvolným poklesem až na konečných 29,1 $\mu\text{g/g FW}$. Tento vývoj naznačuje, že meruňky reagují rychlým, ale krátkodobým zvýšením produkce ROS, po němž následuje stabilizace díky efektivní činnosti antioxidačních enzymů. U slivoní byl vývoj pozvolnější — hladiny superoxidového radikálu rostly z 22,6 $\mu\text{g/g FW}$ na 34,5 $\mu\text{g/g FW}$ po první stresové fázi a následně kolísaly kolem 30 $\mu\text{g/g FW}$. Tyto hodnoty potvrzují vyrovnanou oxidační aktivitu a stabilní redoxní stav během celého experimentu.

Obsah prolinu, který je klíčovým osmotickým regulátorem a markerem stresu, se mezi druhy lišil jak v absolutních hodnotách, tak ve směru změn. U třešní byly zaznamenány nejvyšší hodnoty mezi peckovinami — obsah se zvýšil z 9,8 $\mu\text{mol/g FW}$ na 14,9 $\mu\text{mol/g FW}$ po druhém období sucha, následně mírně poklesl (12,6 $\mu\text{mol/g FW}$). Tento vývoj ukazuje na aktivní syntézu prolinu během stresu a jeho částečné odbourávání při rehydrataci. U meruněk zůstal obsah prolinu celkově nízký, s maximem po první stresové fázi (4,8 $\mu\text{mol/g FW}$) a následným poklesem během rehydratace (2,9 $\mu\text{mol/g FW}$). Tento průběh svědčí o menší roli prolinu v osmotické regulaci a možné preferenci jiných kompatibilních solutů (např. cukrů nebo polyolů). Naopak u slivoní došlo ke kontinuálnímu nárůstu koncentrace prolinu od počátečních 5,9 $\mu\text{mol/g FW}$ až po 13,1 $\mu\text{mol/g FW}$ po druhé rehydrataci. Takto stabilní vzestup potvrzuje, že slivoně využívají akumulaci prolinu jako významný mechanismus přizpůsobení na vodní stres a následné obnovení metabolické rovnováhy. Akumulace prolinu během sucha představuje klíčový mechanismus osmotické ochrany, stabilizace buněčných membrán a neutralizace reaktivních forem kyslíku (Meena et al., 2019; Bandurska, 2000). Přetrvávající zvýšené hladiny prolinu i po obnovení zálivky naznačují jeho roli při regeneraci a opravě buněčných struktur (An et al., 2013; Molinari et al., 2007).

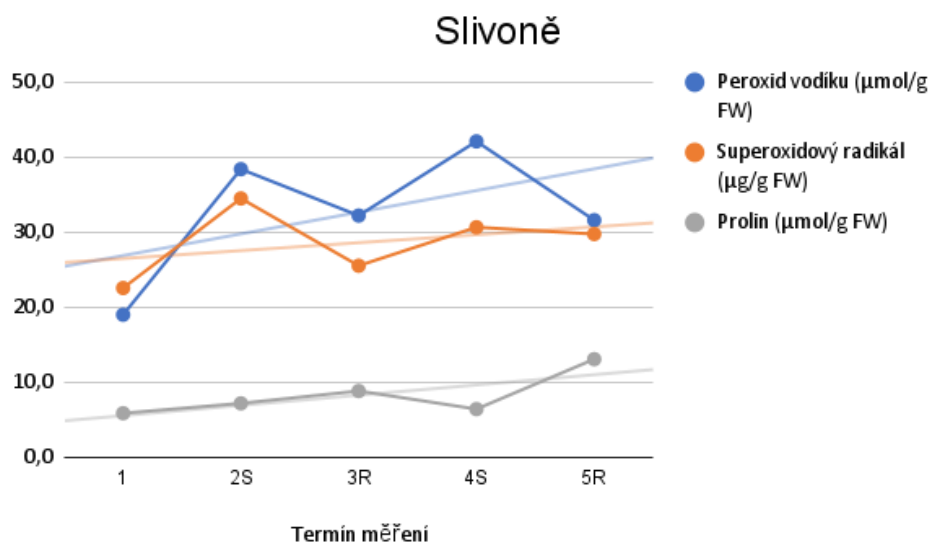
Sledované biochemické ukazatele listů peckovin reagovaly citlivě na střídání období sucha a rehydratace. Nejvýraznější změny byly pozorovány u oxidačních parametrů (H_2O_2 a $\bullet\text{O}_2^-$), které vykazovaly vysokou variabilitu mezi druhy i jednotlivými fázemi pokusu. U třešní dominovala rychlá aktivace a následná redukce oxidačního stresu, u meruněk se projevovala kolísavá reakce spojená s citlivostí pletiv, zatímco slivoně vykazovaly stabilní, postupné přizpůsobení a akumulaci prolinu jako hlavního ochranného metabolitu. Tyto výsledky ukazují, že fyziologická reakce listů peckovin na vodní deficit je druhově specifická a zahrnuje jak enzymatickou antioxidační ochranu, tak neenzymatické mechanismy osmotické stabilizace.



Graf 13 Průběh hodnot peroxidu vodíku, superoxidového radikálu a prolinu v listech třešní v jednotlivých termínech měření. Termín 1 – počáteční stav (zavlažované rostliny); 2S a 4S – po dvoutýdenním období sucha; 3R a 5R – po dvoutýdenní rehydrataci (závlivka po navození stresu suchem).



Graf 14 Průběh hodnot peroxidu vodíku, superoxidového radikálu a prolinu v listech meruněk v jednotlivých termínech měření. Termín 1 – počáteční stav (zavlažované rostliny); 2S a 4S – po dvoutýdenním období sucha; 3R a 5R – po dvoutýdenní rehydrataci (závlivka po navození stresu suchem).



Graf 15 Průběh hodnot peroxidu vodíku, superoxidového radikálu a prolinu v listech slivoní v jednotlivých termínech měření. Termín 1 – počáteční stav (zavlažované rostliny); 2S a 4S – po dvoutýdenním období sucha; 3R a 5R – po dvoutýdenní rehydrataci (závlivka po navození stresu suchem).

Podrobnější analýza mezi jednotlivými genotypy peckovin (grafy 16–18) prokázala výraznou variabilitu v hladinách všech tří sledovaných biochemických parametrů, a to jak v podmínkách sucha, tak během následné rehydratace. Rozdíly mezi genotypy poukazují na odlišnou míru citlivosti druhů i jednotlivých linií k oxidačnímu stresu a jejich schopnost kompenzovat vznik reaktivních forem kyslíku prostřednictvím antioxidačních mechanismů.

Obsah peroxidu vodíku (H_2O_2) se mezi genotypy peckovin lišil výrazně, což odráží rozdíly v intenzitě oxidačního stresu i v účinnosti enzymatické ochrany (zejména katalázy a peroxidázy). Nejvyšší hodnoty po období sucha byly zaznamenány u třešní '16755' a '16862' (80,5 μmol/g FW), dále u 'Jacinta' (71,2 μmol/g FW) a '16736' (71,3 μmol/g FW). U meruněk se nejvyšší akumulace peroxidu vodíku objevila u 'VOJ 5/147' (78,2 μmol/g FW), 'Harogem' (76,7 μmol/g FW), 'VOJ 5/150' (76,3 μmol/g FW) a '97-033' (73,4 μmol/g FW). U slivoní dosahovaly nejvyšších hodnot genotypy 'Domácí velkoplodá' (64,2 μmol/g FW), 'HL 0900090' (52,6 μmol/g FW) a 'HL 0900045' (44,9 μmol/g FW). Tyto genotypy se vyznačovaly vyšší citlivostí na vodní deficit a intenzivní akumulací H_2O_2 , která pravděpodobně souvisí s přechodnou nerovnováhou mezi oxidačními procesy a aktivitou antioxidačního systému. Zvýšené hladiny H_2O_2 mohou být důsledkem omezené transpirace při uzavření průduchů, což zvyšuje tvorbu reaktivních forem kyslíku v chloroplastech a mitochondriích (Gahir et al., 2024; Postiglione and Muday, 2023; Chen et al., 2023). Naopak genotypy s nižší akumulací H_2O_2 – například třešně '16705' (45,7 μmol/g FW) a '16764' (44,6 μmol/g FW), meruňky '08-018' (35,8 μmol/g FW), '96-266' (60,4 μmol/g FW, s rychlým poklesem při rehydrataci na 37,6 μmol/g FW) a '96-288' (47,2 μmol/g FW), či slivoně 'HL 0800077' (44,6 μmol/g FW) a 'HL 0900029' (23,3 μmol/g FW) – vykazovaly pozvolnější nárůst a rychlejší pokles po rehydrataci, což naznačuje efektivnější regulaci stresové odpovědi a schopnost udržovat redoxní rovnováhu i při omezeném přísunu

vody. Celkově reagovaly třešně a meruňky prudším, ale krátkodobým nárůstem, zatímco slivoně udržovaly stabilnější, pozvolnější dynamiku.

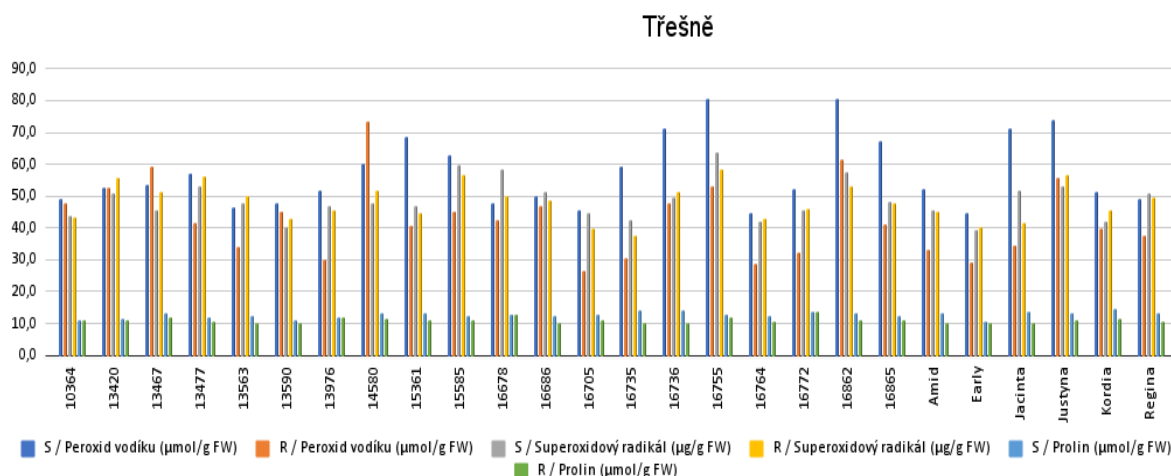
Koncentrace superoxidového radikálu ($\bullet\text{O}_2^-$), představujícího primární formu reaktivního kyslíku, rovněž vykazovala vysokou variabilitu napříč druhy i genotypy. Nejvyšší hodnoty byly zjištěny u třešní '16755' (63,8 $\mu\text{g/g FW}$), '15585' (59,7 $\mu\text{g/g FW}$) a '16862' (57,7 $\mu\text{g/g FW}$), u meruněk '97-033' (45,4 $\mu\text{g/g FW}$), '08-027' (42,0 $\mu\text{g/g FW}$) a 'VOJ 5/150' (33,6 $\mu\text{g/g FW}$) a u slivoní 'HL 0900090' (48,1 $\mu\text{g/g FW}$), 'HL 0653' (41,8 $\mu\text{g/g FW}$) a 'Gabrovská' (36,8 $\mu\text{g/g FW}$). U těchto genotypů lze předpokládat intenzivní aktivaci oxidačních enzymů (např. NADPH-oxidázy), které zvyšují produkci superoxidového radikálu při dehydrataci pletiv (Sagi and Fluhr, 2001; Duan et al., 2009; Nyzhnyk et al., 2022). Vysoké hladiny $\bullet\text{O}_2^-$ mohou být dočasně kompenzovány antioxidační aktivitou, ale jejich přetrvávání po rehydrataci naznačuje zvýšený metabolický obrát a vyšší energetické nároky na obnovu poškozených struktur.

Naopak nižší hodnoty byly typické pro genotypy s vyrovnanější reakcí, jako třešně '13467' (45,7 $\mu\text{g/g FW}$), '16678' (58,6 $\mu\text{g/g FW}$) a 'Amid' (45,6 $\mu\text{g/g FW}$), meruňky '08-002' (27,6 $\mu\text{g/g FW}$), '08-015' (34,8 $\mu\text{g/g FW}$) a '96-599' (30,0 $\mu\text{g/g FW}$), či slivoně 'HL 0800006' (27,3 $\mu\text{g/g FW}$) a 'Toptaste' (30,5 $\mu\text{g/g FW}$). Tyto typy pravděpodobně disponují účinnějším systémem enzymatických antioxidantů (např. superoxid dismutáza, askorbát peroxidáza), které omezují akumulaci ROS již v rané fázi stresu.

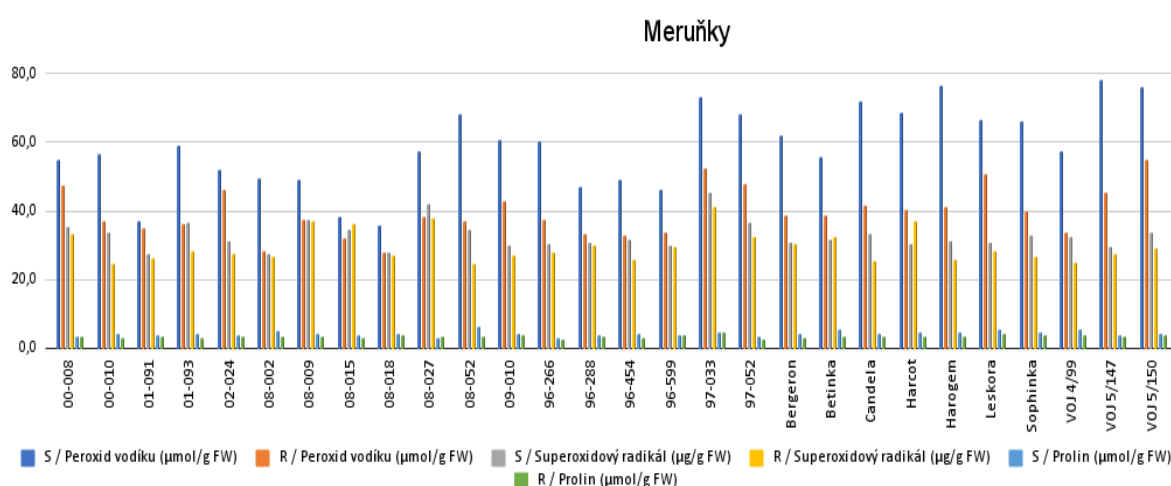
Obsah prolinu ($\mu\text{mol/g FW}$), který se podílí na udržování osmotické rovnováhy a stabilizaci buněčných membrán, se mezi genotypy i druhy lišil, avšak jeho změny byly méně výrazné než u oxidačních parametrů. Vyšší koncentrace prolinu během sucha byly naměřeny u třešní '16735' (14,2 $\mu\text{mol/g FW}$), '16736' (14,4 $\mu\text{mol/g FW}$) a 'Kordia' (14,4 $\mu\text{mol/g FW}$), u meruněk '08-052' (6,3 $\mu\text{mol/g FW}$), 'Leskora' (5,4 $\mu\text{mol/g FW}$) a 'VOJ 4/99' (5,3 $\mu\text{mol/g FW}$), a u slivoní 'HL 0400011' (7,6 $\mu\text{mol/g FW}$), 'Gabrovská' (13,4 $\mu\text{mol/g FW}$) a 'HL 0900090' (8,2 $\mu\text{mol/g FW}$). Tyto genotypy pravděpodobně využívají akumulaci prolinu jako klíčový mechanismus osmotické ochrany, který pomáhá udržet turgor buněk a stabilitu cytoplazmatických struktur během dehydratace (Szabados and Saviouré, 2010; Ashraf and Foolad, 2007; Hayat et al., 2012).

Naopak genotypy s nižšími hladinami prolinu – například třešně '13590' (11,1 $\mu\text{mol/g FW}$) a 'Early Korvik' (10,9 $\mu\text{mol/g FW}$), meruňky '96-266' (3,1 $\mu\text{mol/g FW}$) a '96-454' (4,0 $\mu\text{mol/g FW}$) či slivoně 'HL 0800043' (5,0 $\mu\text{mol/g FW}$) a 'HL 0800077' (4,8 $\mu\text{mol/g FW}$) – vykazovaly efektivní fyziologickou stabilizaci bez nutnosti výrazné syntézy tohoto metabolitu. Je pravděpodobné, že jejich odolnost vůči suchu je více založena na morfologických faktorech, jako je tloušťka kutikuly, hustota trichomů nebo aktivní regulace průduchů, než na metabolické akumulaci osmotických látek.

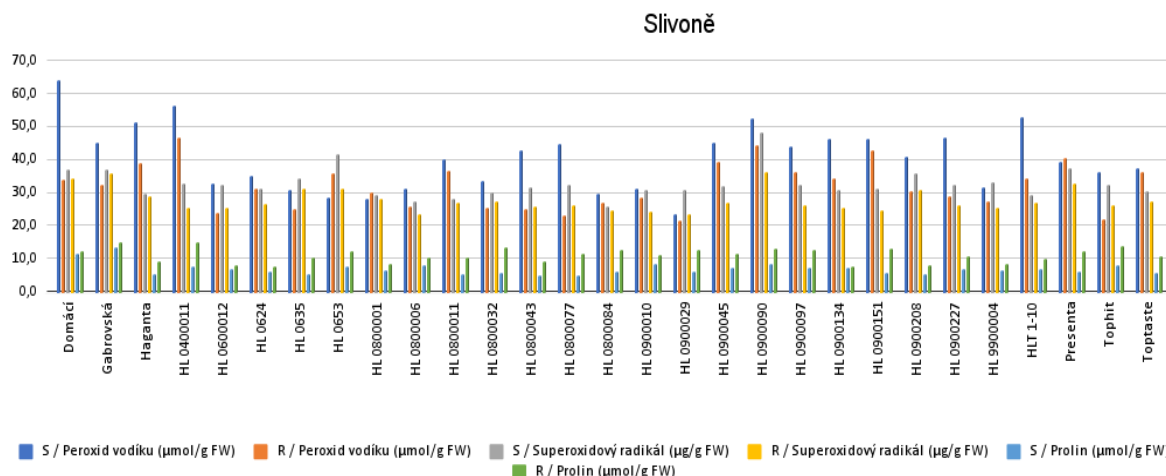
Rozdíly mezi genotypy peckovin v biochemických parametrech listů potvrzují vysokou variabilitu reakce na vodní deficit a následnou rehydrataci. Genotypy s vyššími hladinami peroxidu vodíku a superoxidového radikálu vykazovaly intenzivnější oxidační stres, zatímco typy s vyšším obsahem prolinu spoléhaly na osmotickou přizpůsobivost. Z výsledků vyplývá, že třešně a meruňky reagují rychlejším, avšak přechodným zvýšením oxidační aktivity, zatímco slivoně vykazují pomalejší, ale stabilnější přizpůsobivost, podpořenou akumulací osmolytů. Tyto druhově i genotypově specifické strategie odrážejí rozdílnou rovnováhu mezi oxidačními a osmotickými mechanismy tolerance a umožňují identifikovat genotypy s vyšší metabolickou stabilitou a potenciálem pro šlechtění suchovzdorných odrůd peckovin.



Graf 16 Rozdíly v koncentraci peroxidu vodíku (H_2O_2), superoxidového radikálu ($\bullet\text{O}_2^-$) a prolínu v listech jednotlivých genotypů třešní v podmínkách sucha (S) a po rehydrataci (R). Hodnoty představují průměry z víceletých měření.



Graf 17 Rozdíly v koncentraci peroxidu vodíku (H_2O_2), superoxidového radikálu ($\bullet\text{O}_2^-$) a prolínu v listech jednotlivých genotypů meruněk v podmínkách sucha (S) a po rehydrataci (R). Hodnoty představují průměry z víceletých měření.



Graf 18 Rozdíly v koncentraci peroxidu vodíku (H_2O_2), superoxidového radikálu ($\bullet\text{O}_2^-$) a prolinu v listech jednotlivých genotypů slivoní v podmínkách sucha (S) a po rehydrataci (R). Hodnoty představují průměry z víceletých měření.

5.2. Fyziologické parametry rostlin

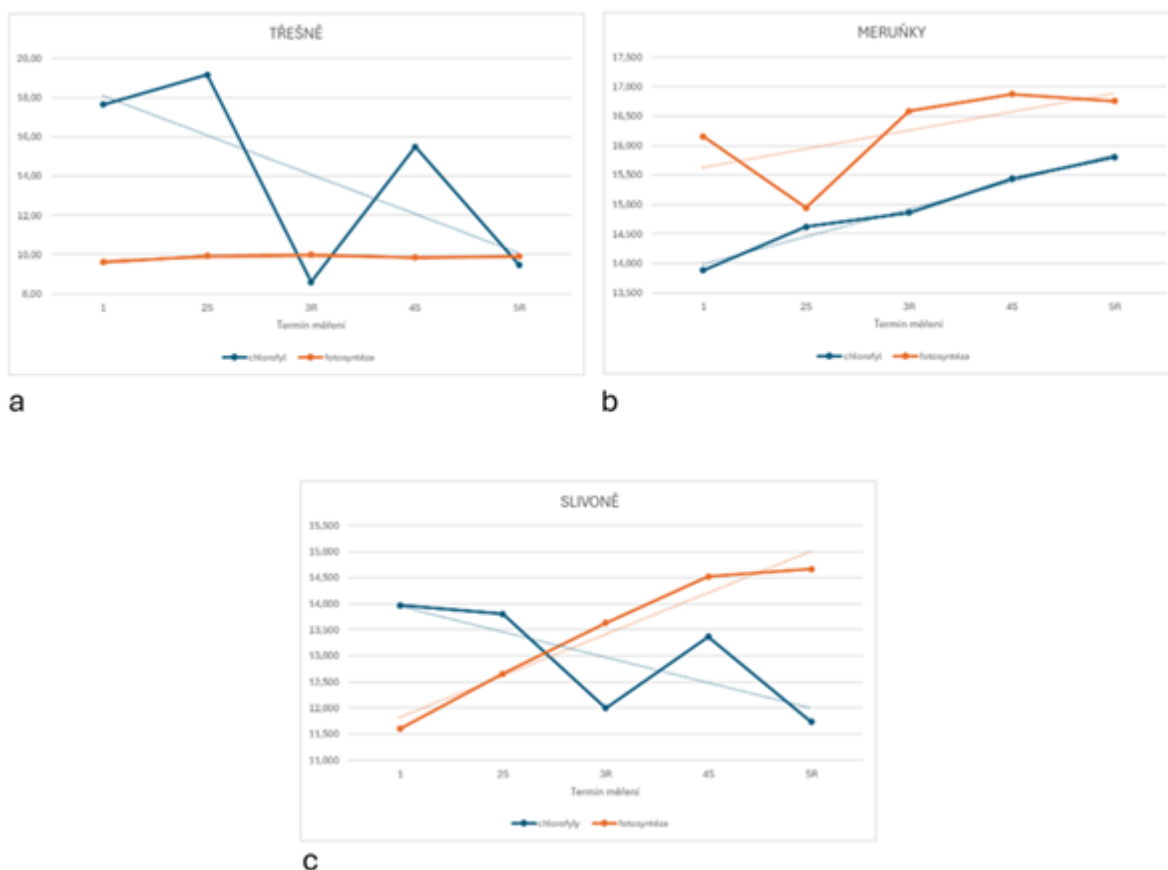
Hodnocení fyziologických parametrů se zaměřilo na charakterizaci genotypů vybraných druhů peckovin: třešně (*Prunus avium*), meruňky (*Prunus armeniaca*) a slivoní (*Prunus domestica*) v rámci působení vodního deficitu (obr. 2) a následné rehydratace. Jednalo se o sledování rychlosti výměny plynů – fotosyntéza a transpirace, obsah chlorofylů a jejich fluorescence (F_v/F_m) a vodního potenciálu. Uvedené parametry jsou vhodnými indikátory působení stresoru na rostliny, a to zejména fluorescence chlorofylů a v případě vodního stresu také vodní potenciál. Dále se jedná o parametry, které odráží schopnost genotypů přizpůsobit se měnícím se podmínkám klimatu. Cílem proto bylo identifikovat rozdíly mezi genotypy, které mohou odrážet jejich odolnost vůči abiotickým stresům, zejména vodnímu deficitu a následné rehydratace.

Změny vybraných fyziologických charakteristik peckovin (třešní, meruněk a slivoní) souvisí nejen s botanickým druhem, ale také s délkou působení stresu a následného období rehydratace. Nelze opomenout ani faktor ontogenetického vývoje rostlin, který se především projevuje změnami v metabolismu rostlin, kdy narůstá rychlost fotosyntézy. Uvedené změny jsou uvedeny v grafech 19–21, kdy první odběr představoval výchozí stav plně zavlažovaných rostlin. Termíny 2S a 4S odpovídaly dvoutýdennímu vystavení suchu, zatímco termíny 3R a 5R představovaly období rehydratace po obnovení závlivky.



Obrázek 2 Reakce meruněk (vlevo) a slivoní (vpravo) na postupný vodní deficit.

Obsah chlorofylu v listech sledovaných druhů byl ovlivněn jak vodním deficitem, tak následnou rehydratací. Na počátku pokusu byl u třešní zaznamenán obsah $17,66 \text{ nM/cm}^2$, který se po prvním suchu zvýšil na $19,17 \text{ nM/cm}^2$, zatímco u slivoní došlo k mírnému poklesu z $14,97 \text{ nM/cm}^2$ na $13,81 \text{ nM/cm}^2$ (graf 19a, b, c). U meruněk byl zaznamenán menší nárůst z $13,89 \text{ nM/cm}^2$ na $14,63 \text{ nM/cm}^2$. Tento počáteční nárůst obsahu chlorofylů u třešní a meruněk pravděpodobně souvisí s přechodnou aktivací fotosyntetického aparátu a koncentrací pigmentů při mírné dehydrataci listů (Flexas et al., 2004; Chaves et al., 2009).



Graf 19 Změny hodnot obsahu chlorofylů (nM/cm^2) a rychlosti fotosyntézy ($\text{mmol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$) u třešní (a), meruněk (b) a slivoní (c). Termín 1 – počáteční stav (zavlažované rostliny); 2S a 4S – po dvoutýdenním období sucha; 3R a 5R – po dvoutýdenní rehydrataci (zálivka po navození stresu suchem).

Třešně a slivoně následně vykazovaly shodný kolísavý průběh obsahu chlorofylů – po první rehydrataci došlo k výraznému poklesu (na $8,61 \text{ nM}/\text{cm}^2$ u třešní, resp. $12,00 \text{ nM}/\text{cm}^2$ u slivoní), při opakovaném suchu k opětovnému nárůstu ($15,50 \text{ nM}/\text{cm}^2$, resp. $13,37 \text{ nM}/\text{cm}^2$) a po druhé rehydrataci opět k poklesu ($9,49 \text{ nM}/\text{cm}^2$, resp. $11,74 \text{ nM}/\text{cm}^2$). Tento průběh naznačuje citlivější reakci těchto druhů na střídání sucha a rehydratace, kdy rostliny prioritně obnovují turgor a až následně syntézu chlorofylu. Kolísání hodnot může souviset s přechodným poškozením chloroplastů a redistribucí pigmentů během rehydratace (Farooq et al., 2009; Taiz et al., 2015).

U meruněk byl zaznamenán plynulý nárůst obsahu chlorofylů ve všech fázích – z výchozích $13,89 \text{ nM}/\text{cm}^2$ na $14,86 \text{ nM}/\text{cm}^2$ (3R), dále na $15,44 \text{ nM}/\text{cm}^2$ (4S) a $15,81 \text{ nM}/\text{cm}^2$ (5R). Tento trend ukazuje na účinnou regeneraci chloroplastů po rehydrataci a efektivní antioxidační ochranu, která brání degradaci pigmentů při opakovaném stresu (Zlatev and Lidon, 2012).

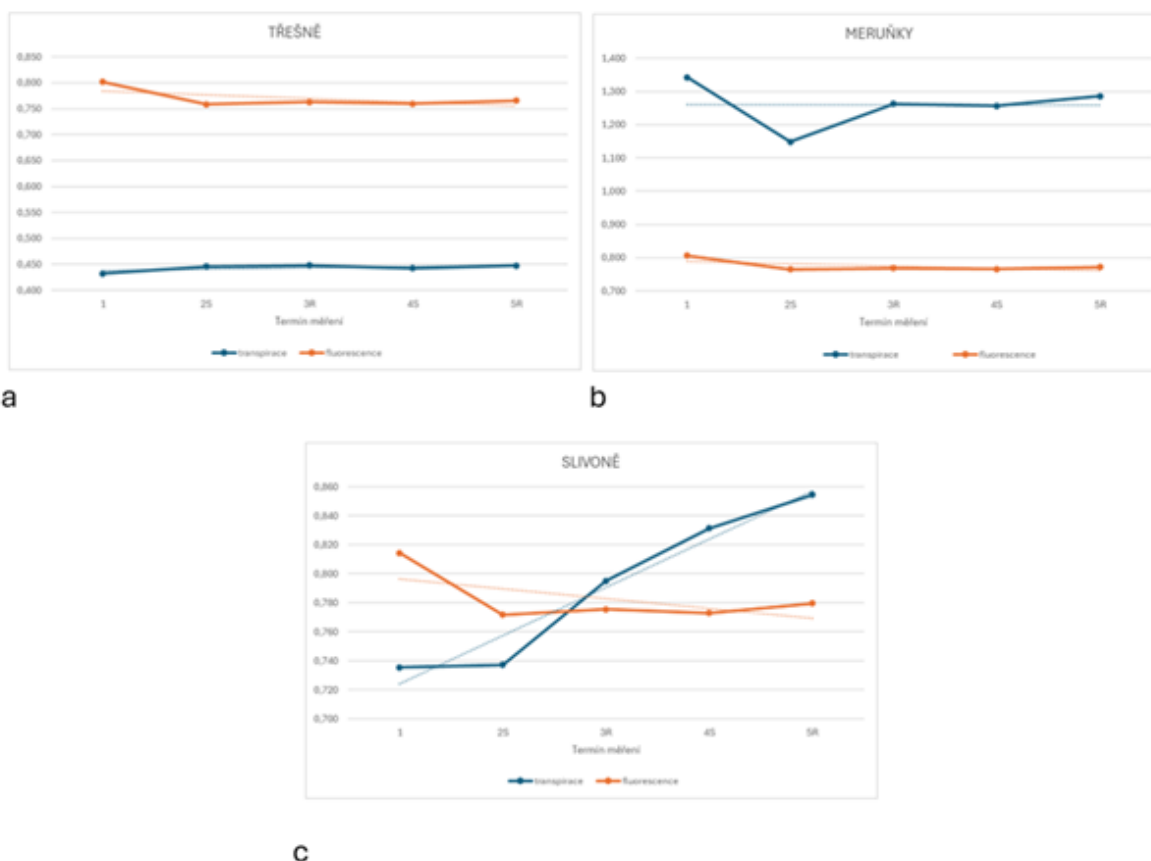
S obsahem fotosynteticky aktivních pigmentů souvisí rychlost fotosyntézy, ta byla ovlivněna nejen nedostatkem vody a následnou rehydratací, ale také ontogenetickým vývojem rostlin. Z grafů 19a, b, c vyplývá rozdílná reakce jednotlivých peckovin na vodní deficit a následnou rehydrataci. Rychlost fotosyntézy úzce korelovala s obsahem chlorofylu. U třešní a slivoní byl průběh obdobný – střídání poklesů a nárůstů odpovídalo rytmu sucha a

rehydratace. U třešní se rychlost fotosyntézy zvýšila z 9,62 na 9,94 mmol CO₂/m²/s, po rehydrataci dosáhla maxima 10,00 mmol CO₂/m²/s, při opakovaném suchu klesla na 9,86 mmol CO₂/m²/s a po druhé rehydrataci se ustálila na 9,91 mmol CO₂/m²/s. U slivoní byl zaznamenán obdobný trend, avšak s pozvolnějším lineárním nárůstem z 11,61 mmol CO₂/m²/s (1) na 14,67 mmol CO₂/m²/s (5R). Tento vývoj svědčí o citlivosti obou druhů na změny vodního režimu, ale zároveň o jejich schopnosti rychle obnovit fotosyntetickou aktivitu po zálivce, zejména díky reaktivaci enzymu RUBISCO a obnově přenosu elektronů ve fotosystémech (Flexas et al., 2006; Lawlor and Cornic, 2002).

U meruněk byla rychlost fotosyntézy stabilnější, s menšími výkyvy. Z počáteční hodnoty 16,15 mmol CO₂/m²/s klesla při suchu na 14,94 mmol CO₂/m²/s, po rehydrataci vzrostla o 1,64 mmol CO₂/m²/s a následně dosáhla maxima 16,87 mmol CO₂/m²/s (4S). Po druhé rehydrataci se mírně snížila na 16,76 mmol CO₂/m²/s. Tento vyrovnaný průběh ukazuje na efektivní regulaci fotosyntetických procesů prostřednictvím stabilizace chloroplastů a omezení reaktivních forem kyslíku (Bota et al., 2004; Zlatev and Lidon, 2012).

Třešně a slivoně reagovaly na vodní deficit dynamickými oscilacemi obsahu chlorofylů i rychlosti fotosyntézy, zatímco meruňky vykazovaly stabilní, postupný nárůst obou parametrů, což svědčí o vyšší odolnosti jejich fotosyntetického aparátu vůči opakovanému stresu.

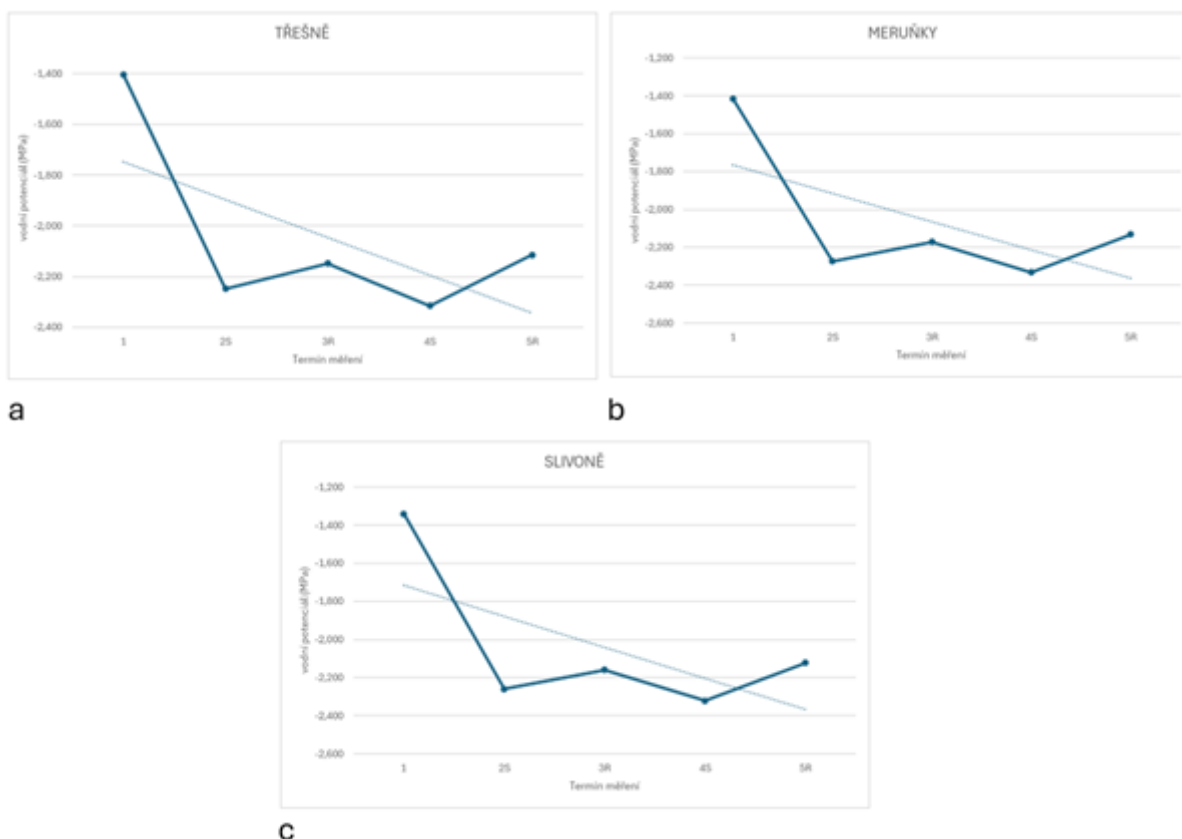
Průběh transpirace a fluorescence chlorofylu potvrdil rozdílné strategie jednotlivých druhů v reakci na vodní stres (graf 20). U třešní a slivoní byly změny transpirace minimální. U třešní se hodnoty pohybovaly mezi 0,43 – 0,45 mmol H₂O/m²/s a vykazovaly pouze mírný pokles po druhé rehydrataci (0,44 mmol H₂O/m²/s). U slivoní transpirace mírně rostla od 0,74 mmol H₂O/m²/s (2S) na 0,86 mmol H₂O/m²/s (5R), což svědčí o postupném zlepšení vodivosti průduchů a částečném obnovení vodního režimu. Tento stabilní trend naznačuje, že třešně i slivoně udržují rovnováhu mezi výdejem vody a příjmem CO₂ díky efektivní stomatální regulaci (Hsiao and Xu, 2000; Flexas et al., 2004).



Graf 20 Změny hodnot rychlosti transpirace (mmol H₂O/m²/s) a fluorescence chlorofylu (Fv/Fm) u třešně (a), meruňky (b) a slivoně (c). Termín 1 – počáteční stav (zavlažované rostliny); 2S a 4S – po dvoutýdenním období sucha; 3R a 5R – po dvoutýdenní rehydrataci (zálivka po navození stresu suchem).

U meruňky byly výkyvy výraznější – transpirace klesla z 1,34 mmol H₂O/m²/s (1) na 1,15 mmol H₂O/m²/s (2S), po rehydrataci vzrostla na 1,26 mmol H₂O/m²/s, následně se mírně snížila při suchu (1,26 mmol H₂O/m²/s (4S)) a opět zvýšila po zálivce (1,29 mmol H₂O/m²/s (5R)). Tento průběh potvrzuje částečnou stomatální inhibici a rychlou obnovu turgoru po zálivce, která může být podporována syntézou osmoticky aktivních látek, např. prolinu (Ashraf and Foolad, 2007).

Fluorescence chlorofylu (Fv/Fm) ukázala jen mírné snížení efektivity fotosystému II v době sucha. Fluorescence třešně vyjádřená jako poměr Fv/Fm (fluorescence variabilní/fluorescence maximální) je uvedena v grafu 20a. U třešně a slivoně se hodnoty pohybovaly mezi 0,759–0,766, resp. 0,772–0,780, což odpovídá mírnému vodnímu deficitu bez výrazného poškození fotosyntetického aparátu. U meruňky se hodnoty Fv/Fm pohybovaly v rozmezí 0,765–0,772, přičemž rozdíly mezi suchými a rehydratovanými rostlinami byly minimální. Tyto výsledky potvrzují, že vodní stres u peckovin nevedl k významnému narušení transportu elektronů a struktury fotosystému II, což dokládá účinnou antioxidační ochranu (Maxwell and Johnson, 2000; Baker, 2008).



Graf 21 Změny hodnot vodního potenciálu (MPa) u třešně (a), meruňky (b) a slivoně (c). Termín 1 – počáteční stav (zavlažované rostliny); 2S a 4S – po dvoutýdenním období sucha; 3R a 5R – po dvoutýdenní rehydrataci (závlivka po navození stresu suchem).

Z uvedeného grafu 21 vyplývá, že všechny sledované druhy peckovin vykazovaly obdobný trend změn vodního potenciálu, který zahrnoval pokles během sucha a následné zvýšení po rehydrataci. Tento vývoj potvrzuje konzistentní fyziologickou reakci na střídání vodního stresu a závlivky napříč třešněmi, meruňkami i slivoněmi. Na počátku sledování se hodnoty vodního potenciálu pohybovaly kolem $-1,40$ MPa (třešeň), $-1,41$ MPa (meruňka) a $-1,39$ MPa (slivoň) u plně zavlažovaných rostlin. Po prvním období sucha došlo ke snížení vodního potenciálu u všech druhů – na $-2,25$ MPa (třešeň), $-2,27$ MPa (meruňka) a $-2,22$ MPa (slivoň). Následná rehydratace vedla ke zvýšení hodnot na $-2,15$ MPa (třešeň), $-2,17$ MPa (meruňka) a $-2,16$ MPa (slivoň). V průběhu druhého období sucha se vodní potenciál opět snížil, a to na $-2,31$ MPa (třešeň) a $-2,33$ MPa (meruňka), přičemž u slivoně pokles nebyl tak výrazný. Po druhé rehydrataci došlo u všech druhů k nárůstu hodnot – u třešně na $-2,12$ MPa, u meruňky na $-2,13$ MPa a u slivoně rovněž na $-2,12$ MPa.

Z těchto výsledků vyplývá, že všechny druhy reagovaly na vodní deficit poklesem vodního potenciálu a po závlivce docházelo k postupné obnově vodního režimu pletiv. Přestože byly hodnoty po rehydrataci vyšší než ve fázi sucha, plně nedosahovaly úrovně kontrolních rostlin. Zvýšení vodního potenciálu po rehydrataci odráží obnovu vodivosti cévních svazků, opětovné nasycení pletiv vodou a částečnou obnovu turgoru. Nižší amplituda změn u slivoně svědčí o stabilnějším vodním režimu, zatímco třešně a meruňky reagovaly citlivěji, s větší dynamikou

mezi fázemi sucha a rehydratace. Tyto reakce odpovídají známým rozdílům v listové anatomii a elasticitě pletiv jednotlivých druhů (Taiz et al., 2015; Tyree and Zimmermann, 2002).

Sledované fyziologické parametry peckovin reagovaly citlivě na střídání období sucha a rehydratace. Nejvýraznější změny byly pozorovány u obsahu chlorofylů, následoval vodní potenciál a rychlost výměny plynů, zatímco fluorescence chlorofylu (Fv/Fm) vykazovala pouze malé odchylky. Tyto výsledky potvrzují, že parametry související s vodním režimem a fotosyntézou patří k nejspolehlivějším ukazatelům reakce rostlin na sucho (Chaves et al., 2009; Flexas et al., 2014).

Z hodnocených druhů se slivoně jeví jako fyziologicky tolerantnější vůči vodnímu stresu, pravděpodobně díky morfologickým znakům – pevnější listové čepeli, přítomnosti trichomů a silnější kutikule, které snižují transpiraci a zlepšují udržení vody v přisedlých pletivech (Burghardt and Riederer, 2006; Zahra et al., 2023). Třešně reagovaly dynamicky, s rychlou obnovou po zálivce, zatímco meruňky si udržovaly stabilní fotosyntetickou aktivitu i během stresu, což naznačuje účinnější biochemickou regulaci a lepší kompenzaci oxidačního stresu prostřednictvím antioxidačních mechanismů (Zlatev and Lidon, 2012; Farooq et al., 2009).

Fyziologická odpověď peckovin na vodní deficit je tedy druhově specifická a kombinuje aktivní obranné mechanismy (biochemické procesy, např. zvýšená enzymatická aktivita a syntéza osmoticky aktivních látek) a pasivní morfologická přizpůsobivost (zesílení kutikuly, změny ve velikosti listů a hustotě průduchů), které dohromady umožňují zlepšit odolnost rostlin vůči dehydrataci (Taiz et al., 2015; Hameed et al., 2002; Lawlor, 2013).

Obsah chlorofylů a rychlost fotosyntézy představují klíčové ukazatele funkční integrity fotosyntetického aparátu a zároveň spolehlivé indikátory míry poškození rostlin vodním stresem. V průběhu sucha docházelo u většiny sledovaných genotypů peckovin k poklesu obsahu chlorofylů v důsledku omezené biosyntézy pigmentů a jejich zvýšené degradace působením reaktivních forem kyslíku (ROS). Tento proces bývá doprovázen poškozením chloroplastových membrán, snížením fluidity a účinnosti přenosu energie mezi fotosystémy (Ashraf and Harris, 2013; Baker, 2008). Po rehydrataci byl u většiny genotypů zaznamenán nárůst obsahu chlorofylů, jehož intenzita však výrazně závisela na genotypu a druhu (graf 22-24).

Výrazný pokles obsahu chlorofylů v podmínkách sucha byl zaznamenán u genotypů třešní '16686' (15,05 nM/cm²), '16736' (13,96 nM/cm²), 'Jacinta' (12,43 nM/cm²) a '16862' (12,00 nM/cm²). Podobně citlivou reakci vykazovaly genotypy meruněk '97-033' (12,80 nM/cm²), '01-093' (12,62 nM/cm²), 'Bergeron' (11,20 nM/cm²), '97-052' (10,80 nM/cm²) a 'Betinka' (10,21 nM/cm²), stejně jako genotypy slivoní 'HL 0800084' (12,03 nM/cm²), 'Tophit' (11,84 nM/cm²), 'HL 0900090' (11,26 nM/cm²), 'HL 0900208' (10,70 nM/cm²) a 'HL 0900097' (9,92 nM/cm²) (graf 22-24). Tyto genotypy lze označit za citlivé vůči vodnímu deficitu, neboť jejich fotosyntetický aparát byl poškozen oxidačním stresem, což se projevilo výraznou degradací chlorofylů a omezením jejich následné biosyntézy.

Naopak stabilní hodnoty obsahu chlorofylů během sucha si zachovaly genotypy třešní '16705' (1,56 nM/cm²), '16755' (4,12 nM/cm²), '13467' (4,32 nM/cm²) a '15585' (4,62 nM/cm²), dále meruněk '96-599' (18,51 nM/cm²), 'VOJ 5/147' (18,38 nM/cm²), 'Leskora' (17,89 nM/cm²), '96-454' (17,69 nM/cm²) a 'Sophinka' (17,59 nM/cm²), a také slivoní 'HL 0900045' (17,16 nM/cm²), 'HL 0653' (15,59 nM/cm²), 'HL 0624' (15,57 nM/cm²), 'HL 0800032'

(15,43 nM/cm²) a 'HL 0900227' (15,22 nM/cm²). U těchto genotypů lze předpokládat efektivní antioxidační ochranu a lepší udržení buněčné hydratace (Zlatev and Lidon, 2012).

U genotypů slivoní 'HL 0900090' (11,55 nM/cm²), 'HL 0900208' (11,41 nM/cm²) a 'HL 0900097' (11,86 nM/cm²) byl po rehydrataci pozorován výrazný nárůst obsahu chlorofylů, což dokládá aktivní syntézu pigmentů a vysokou regenerační schopnost. Tento jev potvrzuje schopnost některých genotypů rychle aktivovat enzymatické dráhy obnovy chlorofylu a znovu stabilizovat fotosyntetické struktury po přechodném stresu.

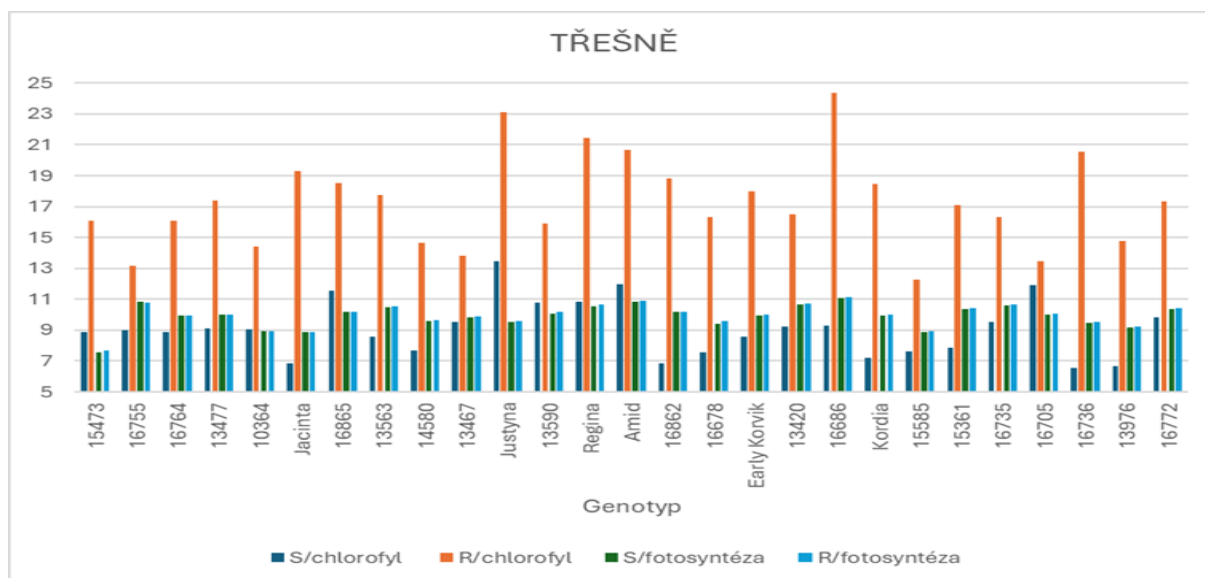
Rychlost fotosyntézy úzce korelovala s obsahem chlorofylů, přičemž její průběh odrážel kombinaci faktorů, jako je vodní bilance rostlin, účinnost přenosu elektronů, dostupnost, CO₂ a aktivita enzymu ribulóza-1,5-bisfosfát-karboxylázy (RUBISCO). Během vodního stresu byla rychlost fotosyntézy u většiny genotypů snížena, avšak po rehydrataci došlo k částečné obnově (graf 22-24).

Nejvyšší rozdíly mezi stresovanými a rehydratovanými rostlinami byly zaznamenány u genotypů třešní '16678' (0,15 mmol CO₂/m²/s), '13590' (0,10 mmol CO₂/m²/s), 'Regina' (0,10 mmol CO₂/m²/s), '16705' (0,09 mmol CO₂/m²/s) a '15473' (0,09 mmol CO₂/m²/s), které tak vykazují vyšší citlivost vůči suchu. Podobný trend byl patrný i u genotypů slivoní 'Haganta' (12,64 mmol CO₂/m²/s), 'HL 0653' (12,26 mmol CO₂/m²/s), 'HL 0800011' (12,53 mmol CO₂/m²/s), 'HL 0800001' (12,52 mmol CO₂/m²/s), 'HL 0900208' (12,45 mmol CO₂/m²/s) a 'Tophit' (12,25 mmol CO₂/m²/s), kde nebylo dosaženo plné obnovy fotosyntetické aktivity ani po rehydrataci (Bota et al., 2004; Flexas et al., 2004).

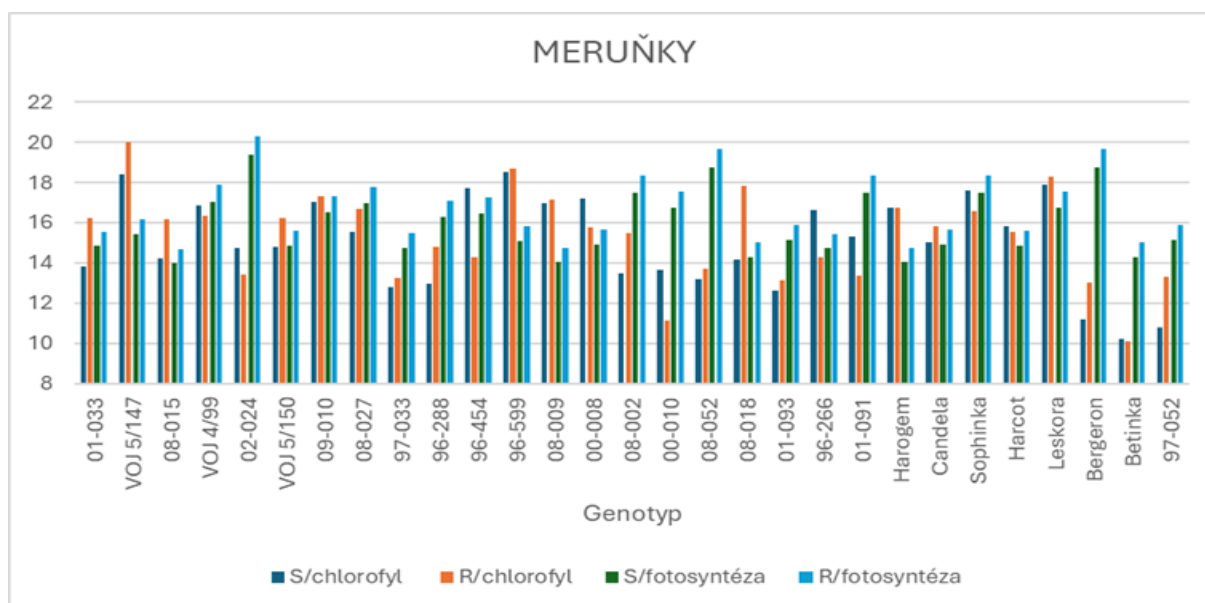
Vyšší úroveň fotosyntetické aktivity i během stresu si zachovaly genotypy meruněk '02-024' (19,37 mmol CO₂/m²/s), '08-052' (18,74 mmol CO₂/m²/s), 'Bergeron' (18,74 mmol CO₂/m²/s), '01-091' (17,51 mmol CO₂/m²/s), '08-002' (17,51 mmol CO₂/m²/s) a 'Sophinka' (17,51 mmol CO₂/m²/s), stejně jako genotypy slivoní 'HL 0635' (15,69 mmol CO₂/m²/s), 'Presenta' (15,36 mmol CO₂/m²/s), 'HL 0800006' (14,71 mmol CO₂/m²/s) a 'Gabrovská' (14,37 mmol CO₂/m²/s). Tyto genotypy lze označit za tolerantní, neboť si zachovaly vysokou fotosyntetickou aktivitu i v období vodního deficitu. Udržení těchto hodnot je pravděpodobně výsledkem efektivní stomatální regulace, která umožňuje zachovat rovnováhu mezi příjmem CO₂ a výdejem vody, a zároveň zvýšené akumulace osmoticky aktivních látek, které stabilizují proteiny a membrány (Ashraf and Foolad, 2007; Chaves et al., 2009).

Z druhového pohledu bylo zjištěno, že třešně vykazovaly nejvyšší variabilitu mezi genotypy a rychlejší reakci na změny vodního režimu, meruňky měly obecně nižší obsah chlorofylů a pomalejší regeneraci po rehydrataci, zatímco slivoně vykazovaly největší stabilitu obou parametrů i při delším trvání sucha. Tyto rozdíly jsou podmíněny kombinací anatomických a biochemických přizpůsobivostí, jako je hustota průduchů, tloušťka kutikuly a aktivita antioxidačních systémů.

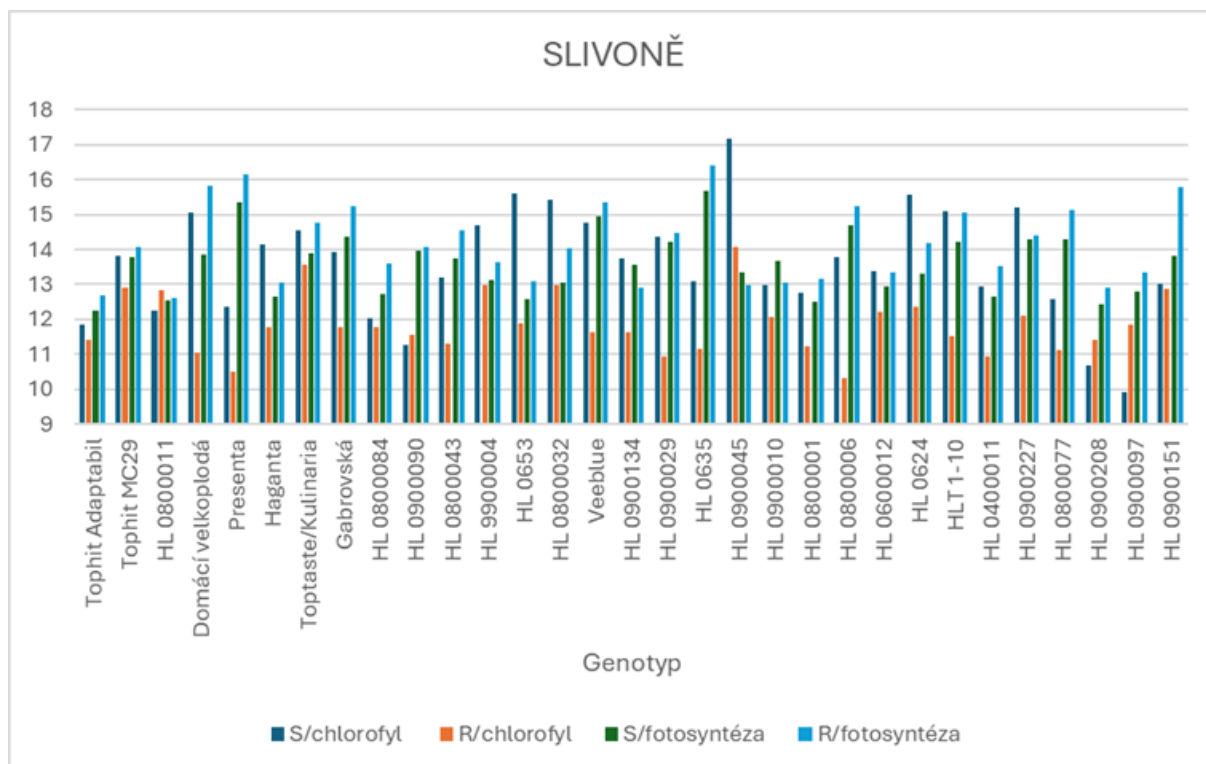
Z výsledků vyplývá, že genotypy s menším rozdílem obsahu chlorofylů mezi suchou a rehydratovanou fází a s vyšší stabilitou fotosyntetické aktivity vykazují vyšší míru tolerance vůči vodnímu stresu. Tyto genotypy využívají kombinaci fyziologických mechanismů – efektivní regulaci stomatální vodivosti, osmotické přizpůsobení a antioxidační ochranu – spolu s morfologickými znaky, jako je menší listová plocha a silnější kutikula, které umožňují udržet funkčnost fotosyntetického aparátu i při dlouhodobém deficitu vody (Flexas et al., 2014; Zlatev and Lidon, 2012).



Graf 22 Změny hodnot obsahu chlorofylů (nM/cm^2) a rychlosti fotosyntézy ($\text{mmol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$) u genotypů třešní v podmínkách sucha (S) a po rehydrataci (R). Hodnoty představují průměry z víceletých měření.



Graf 23 Změny hodnot obsahu chlorofylů (nM/cm^2) a rychlosti fotosyntézy ($\text{mmol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$) u genotypů meruněk v podmínkách sucha (S) a po rehydrataci (R). Hodnoty představují průměry z víceletých měření.



Graf 24 Změny hodnot obsahu chlorofylů (nM/cm^2) a rychlosti fotosyntézy ($\text{mmol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$) u genotypů slivoní v podmínkách sucha (S) a po rehydrataci (R). Hodnoty představují průměry z víceletých měření.

Podobně jako u parametrů souvisejících s fotosyntézou vykazovala i transpirace mezi jednotlivými genotypy peckovin výraznou variabilitu (graf 25-27). Tento fyziologický proces je zásadně spjat s vodním režimem rostlin a jejich schopností regulovat rovnováhu mezi příjmem a výdejem vody. Míra transpirace odráží nejen vodní potenciál pletiv a otevřenost průduchů, ale také stav turgoru, vodivost cévních svazků a celkovou funkčnost asimilačního aparátu.

Během období vodního stresu se u většiny genotypů transpirace snižovala v důsledku poklesu turgoru a uzavírání průduchů, což představuje primární obranný mechanismus proti nadměrným ztrátám vody. U některých genotypů však zůstala transpirační aktivita i v podmínkách sucha poměrně vysoká, což naznačuje méně efektivní regulaci průduchů a omezenou schopnost hospodařit s vodou.

Nejvyšší hodnoty transpirace během stresu vykazovaly genotypy třešní 'Justyna' ($0,61 \text{ mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$), '13467' ($0,59$), '14580' ($0,55$), '13563' ($0,53$) a 'Jacinta' ($0,51 \text{ mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$), dále merunek '02-024' ($1,47 \text{ mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$), '08-052' ($1,43$), '08-002' ($1,34$), '01-091' ($1,34$) a 'Harcot' ($1,31$), a také slivoní 'Presenta' ($0,95 \text{ mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$), 'HL 0800043' ($0,94$), 'HL 0900090' ($0,93$), 'Gabrovská' ($0,87$) a 'HL 0800006' ($0,86$). Tyto genotypy lze považovat za citlivější vůči vodnímu deficitu, neboť si udržovaly vysoký výpar vody i při snížené dostupnosti, což pravděpodobně souvisí s nižší aktivitou kyseliny abscisové (ABA) při regulaci průduchové vodivosti a opožděnou reakcí průduchových buněk na pokles vodního potenciálu (Lawlor, 2013).

Nižší transpirační rychlosti byly naopak zjištěny u genotypů třešní '16678' (0,33 mmol H₂O/m²/s), '13976' (0,34), 'Early Korvik' (0,34), '16772' (0,35) a '16764' (0,35), u meruněk 'Candela' (1,12 mmol H₂O/m²/s), '08-018' (1,09), '08-015' (1,08), '08-009' (1,08) a 'Harogem' (1,07), a u slivoní 'HL 0900097' (0,69 mmol H₂O/m²/s), 'HL 0900045' (0,68), 'HL 0900134' (0,67), 'HL 0653' (0,66) a 'HL 0800011' (0,63). Tyto genotypy lze považovat za tolerantnější k vodnímu stresu, neboť reagovaly na deficit vody aktivním omezením transpirace a efektivní stomatální regulací. Snížená transpirace bývá často doprovázena i specifickými morfologickými znaky, jako je silnější kutikula, menší listová plocha či přítomnost trichomů, které snižují výpar z povrchu listů i při vysokém záření (Hsiao and Xu, 2000; Zahra et al., 2023).

U většiny sledovaných genotypů byla po rehydrataci pozorována částečná nebo úplná obnova transpirace, která odráží zlepšení vodní vodivosti cévních svazků, obnovení turgoru a opětovné otevření průduchů. Tento efekt byl patrný napříč všemi druhy, ačkoliv rychlost rehydratace se mezi genotypy výrazně lišila. Pozitivní reakce na rehydrataci byla pozorována zejména u genotypů, které během sucha vykazovaly nižší transpirační aktivitu a udržely stabilnější vodní bilanci.

Naopak pomalejší rehydrataci po rehydrataci projevily genotypy slivoní 'HL 0900010', 'HL 0800077' a 'HL 0900227', u nichž transpirace zůstala i po zálivce nižší než u kontrolních rostlin. Tento jev naznačuje zpožděnou obnovu vodního režimu a omezenou funkčnost průduchů (Flexas et al., 2014).

Z výsledků vyplývá, že genotypy s nižší rychlostí transpirace během sucha a s pozvolnou, avšak stabilní obnovou po rehydrataci vykazují vyšší fyziologickou odolnost vůči vodnímu deficitu. Jejich strategie tolerance je založena na kombinaci morfologických a fyziologických znaků – silnější kutikule, menší listové ploše, efektivní regulaci průduchů, zvýšené aktivitě ABA a osmotickém přizpůsobení prostřednictvím akumulace prolinu, cukrů a dalších osmolytů (Chaves et al., 2009; Zlatev and Lidon, 2012). Naopak genotypy s vyšší transpirační aktivitou během sucha lze považovat za citlivější, neboť vykazují rychlejší ztrátu vody, pokles turgoru a menší schopnost rehydratace po stresu.

Podobně jako fotosyntéza a transpirace i fluorescence chlorofylu představuje důležitý ukazatel fyziologické odezvy rostlin na stresové podmínky. Tento biofyzikální parametr odráží funkční stav fotosystému II (PSII) a patří k nejcitlivějším indikátorům poškození fotosyntetického aparátu. Poměr Fv/Fm, tedy maximální kvantová účinnost PSII, vyjadřuje schopnost přeměny absorbované světelné energie na energii chemickou a zároveň signalizuje rozsah poškození fotosystému (Maxwell and Johnson, 2000; Baker, 2008).

U všech sledovaných genotypů peckovin byly v období sucha naměřeny hodnoty Fv/Fm nižší než 0,800, což je obecně považováno za hranici optimálního fyziologického stavu (viz graf 25-27). Pokles těchto hodnot signalizuje mírné až střední poškození fotosystému II, způsobené akumulací reaktivních forem kyslíku (ROS) a narušením transportu elektronů v thylakoidních membránách (Flexas et al., 2014). Rozsah snížení hodnot fluorescence se mezi genotypy výrazně lišil, což odráží rozdílnou míru poškození i regenerační schopnost fotosyntetického aparátu.

Nejvyšší hodnoty Fv/Fm v podmínkách vodního stresu vykazovaly genotypy třešní '16678' (0,772), 'Early Korvik' (0,771), '13420' (0,770), '16764' (0,770) a '16862' (0,769). Podobně stabilní hodnoty byly zaznamenány u genotypů slivoní 'HL 0900029' (0,783), 'HL 0635' (0,782),

'HL 0800011' (0,782) a 'HL 0900134' (0,781), jejichž fotosystém II si zachoval vysokou účinnost i při sníženém vodním potenciálu.

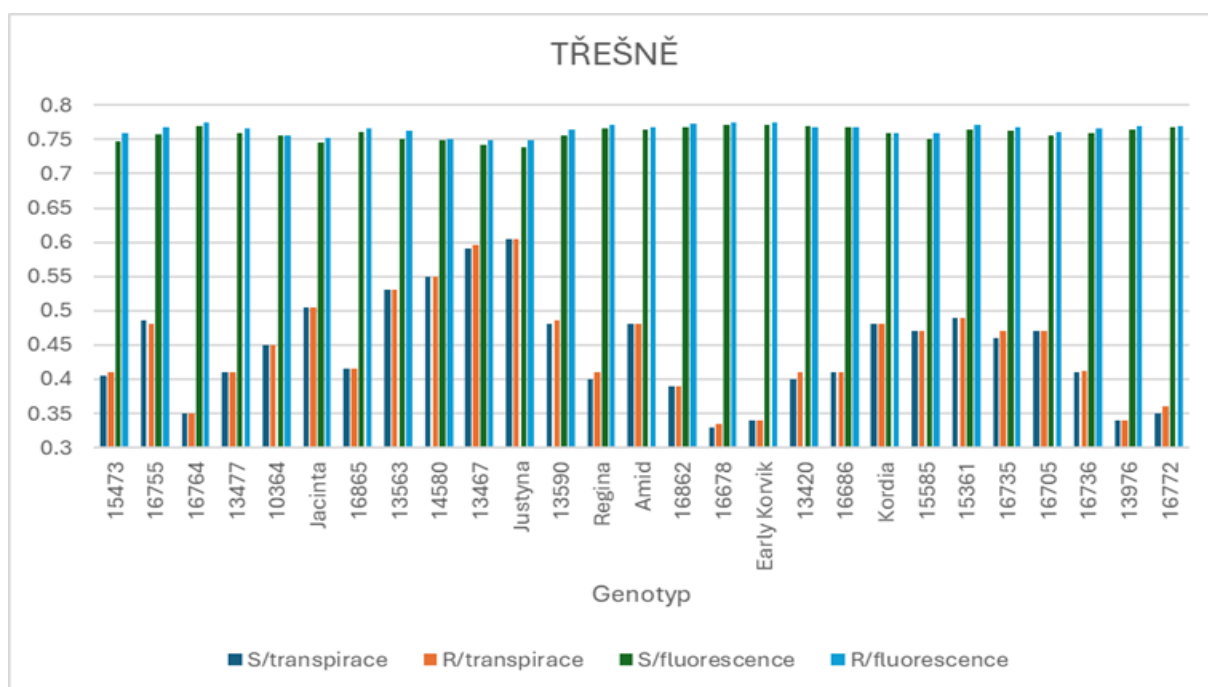
Hodnoty fluorescence meruněk jsou uvedeny v grafu 26, z něhož vyplývá, že mezi jednotlivými genotypy nebyly nalezeny významné rozdíly. Dále nebyly pozorovány rozdíly mezi stresovanými rostlinami a rostlinami po rehydrataci. V případě meruněk lze konstatovat, že hodnoty fluorescence odpovídaly mírnému vodnímu stresu a fotosyntetický aparát nebyl poškozen, včetně transportu elektronů v rámci fotosystému. Tyto výsledky naznačují, že genotypy meruněk vykazují vyšší stabilitu PSII i při omezené dostupnosti vody, což může být důsledkem efektivní fotoprotekční regulace.

Naopak nižší hodnoty fluorescence byly naměřeny u genotypů třešní '14580' (0,750), '15473' (0,748), 'Jacinta' (0,745), '13467' (0,742) a 'Justyna' (0,739), stejně jako u genotypů slivoní 'HL 0800084' (0,765), 'Tophit' (0,763), 'Haganta' (0,760), 'HL 0900090' (0,758) a 'HL 0800043' (0,755). Tyto genotypy lze označit za citlivé vůči vodnímu deficitu, neboť jejich fotosystém II vykazoval sníženou efektivitu přenosu elektronů a omezenou schopnost rehydratace. Pokles hodnot F_v/F_m pravděpodobně souvisí s poškozením D1 proteinů, které jsou nezbytné pro obnovu funkčnosti PSII (Lawlor, 2013).

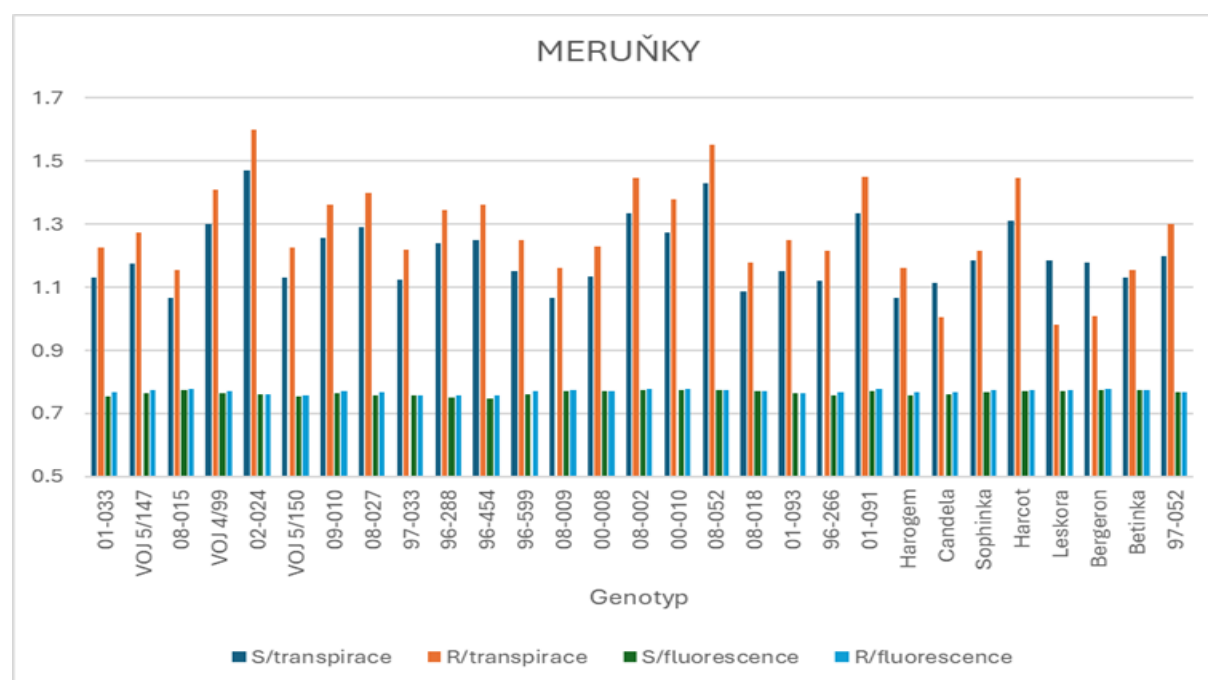
Po rehydrataci došlo u většiny genotypů ke zvýšení hodnot F_v/F_m , i když úrovně kontrolních rostlin nebylo dosaženo. Tento trend potvrzuje, že fotosyntetický aparát nebyl nevratně poškozen, avšak rehydratace probíhala pozvolně a v závislosti na genotypu. U genotypů s vyššími hodnotami po rehydrataci, jako jsou 'HL 0900029' (0,783), 'HL 0635' (0,782), 'HL 0800011' (0,782) a 'HL 0900134' (0,781), lze předpokládat efektivní opravné mechanismy PSII a vyšší schopnost eliminovat ROS. Naproti tomu genotypy s nízkými hodnotami fluorescence i po rehydrataci, např. 'HL 0800084' (0,765), 'Tophit' (0,763), 'Haganta' (0,760), 'HL 0900090' (0,758) a 'HL 0800043' (0,755), vykazovaly pouze omezenou reaktivaci fotosyntetického centra, což naznačuje trvalejší poškození thylakoidních membrán.

Z fyziologického hlediska byla u tolerantních genotypů napříč druhy pozorována úzká vazba mezi hodnotami fluorescence a rychlostí fotosyntézy, což potvrzuje, že schopnost zachovat efektivitu PSII je přímo propojena s udržení aktivity Calvinova cyklu. Vyšší hodnoty F_v/F_m korelují s lepší regenerací enzymů fotosyntézy a efektivnější obnovou vodního režimu. Naopak u citlivějších genotypů je pokles fluorescence doprovázen snížením obsahu chlorofylu, akumulací ROS a redukcí aktivity RUBISCO, což vede ke snížení asimilační kapacity a celkové vitality rostlin.

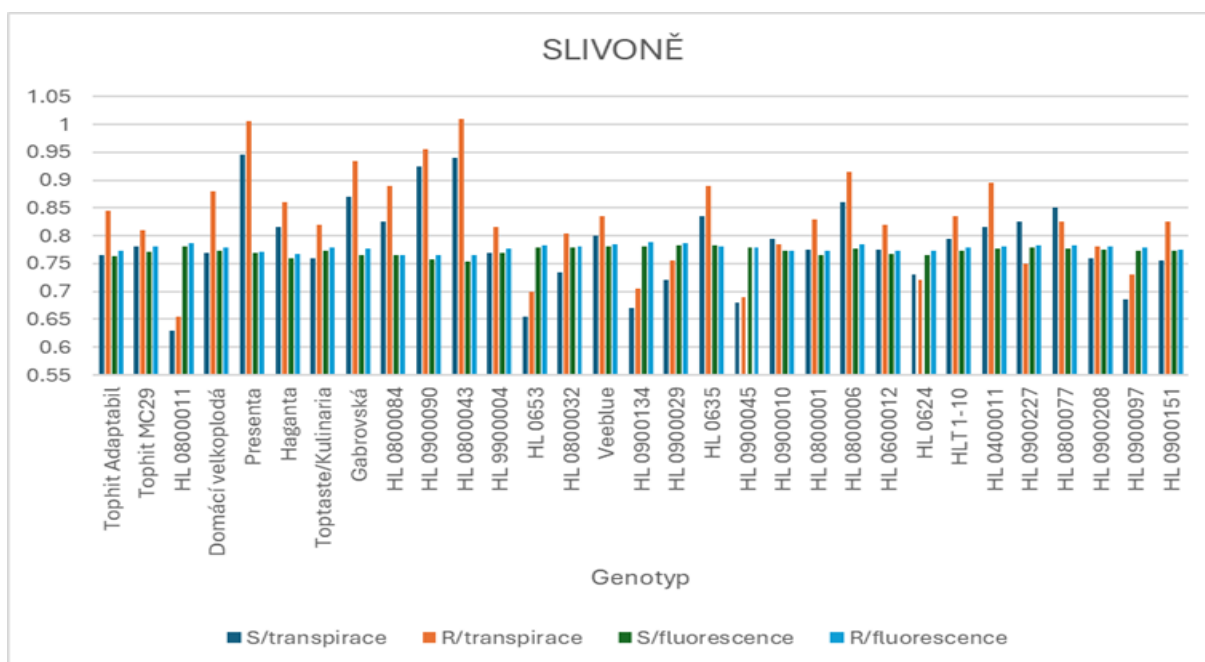
Hodnoty fluorescence u všech sledovaných genotypů peckovin odpovídají mírnému až střednímu vodnímu stresu, nikoli úplnému zablokování fotosyntézy. Stablní hodnota F_v/F_m tak představuje spolehlivý ukazatel fyziologické odolnosti genotypů vůči suchu. Rostliny, které si i během stresu udržují vyšší kvantovou účinnost PSII, disponují efektivními fotochemickými i ne-fotochemickými mechanismy ochrany a vykazují vysoký regenerační potenciál po rehydrataci (Baker, 2008; Maxwell and Johnson, 2000; Flexas et al., 2014).



Graf 25 Změny hodnot rychlosti transpirace ($\text{mmol H}_2\text{O/m}^2/\text{s}$) a fluorescence chlorofylu (F_v/F_m) u genotypů třešní v podmínkách sucha (S) a po rehydrataci (R). Hodnoty představují průměry z víceletých měření.



Graf 26 Změny hodnot rychlosti transpirace ($\text{mmol H}_2\text{O/m}^2/\text{s}$) a fluorescence chlorofylu (F_v/F_m) u genotypů meruněk v podmínkách sucha (S) a po rehydrataci (R). Hodnoty představují průměry z víceletých měření.



Graf 27 Změny hodnot rychlosti transpirace ($\text{mmol H}_2\text{O/m}^2/\text{s}$) a fluorescence chlorofylu (F_v/F_m) u genotypů slivoní v podmínkách sucha (S) a po rehydrataci (R). Hodnoty představují průměry z víceletých měření.

Na předchozí parametry úzce navazuje vodní potenciál listů, který integruje celkový stav vodního režimu rostliny. Tento ukazatel odráží schopnost pletiv přijímat, udržovat a distribuovat vodu, a slouží tak jako přímý indikátor intenzity vodního stresu (Hsiao and Xu, 2000; Lawlor, 2013). Nižší hodnoty vodního potenciálu svědčí o silnějším stresu a ztrátě turgoru, zatímco vyšší hodnoty naznačují stabilnější vodní režim a efektivnější regulaci hospodaření s vodou.

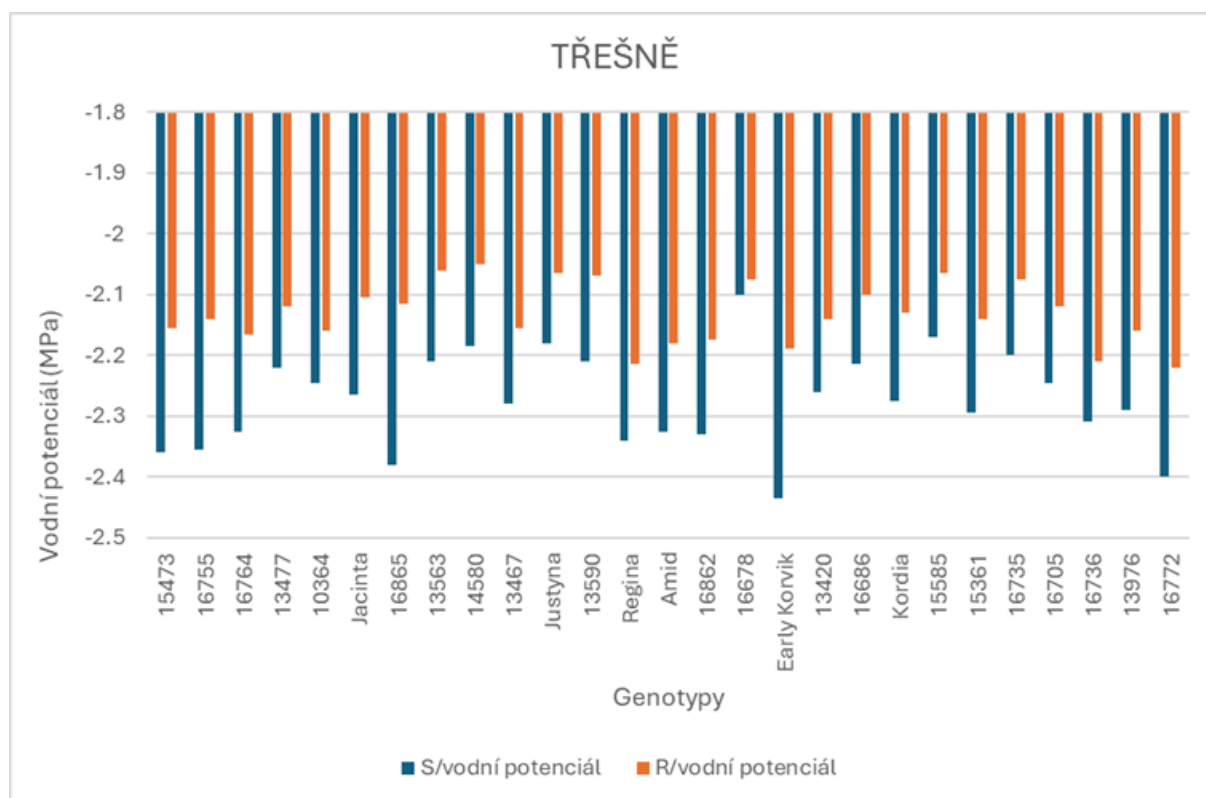
U hodnocených genotypů peckovin byly zaznamenány výrazné rozdíly ve schopnosti udržet vodní potenciál během sucha i po rehydrataci (viz graf 28-30). Vodní deficit vedl u všech sledovaných rostlin k poklesu hodnot, přičemž rozsah tohoto poklesu byl genotypově specifický. Po rehydrataci se vodní potenciál zvyšoval, což odráží obnovu transpiračního proudu a zlepšení zásobení pletiv vodou, avšak úrovně kontrolních rostlin nebylo zcela dosaženo.

Citlivější genotypy vykazovaly výrazný pokles vodního potenciálu, což signalizuje silnější stres a nižší schopnost regulace vodního režimu. Do této skupiny patřily genotypy třešní 'Early Korvik' (-2,44 MPa), '16772' (-2,42 MPa), '16865' (-2,40 MPa), '15473' (-2,38 MPa) a '16755' (-2,36 MPa), dále genotypy meruněk '08-009' (-2,40 MPa), '08-018' (-2,40 MPa), 'VOJ 5/147' (-2,43 MPa), '08-015' (-2,46 MPa) a 'Harogem' (-2,54 MPa) a také slivoně 'HL 0653' (-2,35 MPa), 'Tophit' (-2,35 MPa), 'HL 0900097' (-2,37 MPa), 'Toptaste/Kulinaria' (-2,45 MPa) a 'HL 0900029' (-2,46 MPa). Tyto genotypy lze označit za náchylnější k vodnímu deficitu, neboť vykazovaly nižší turgor, sníženou vodní vodivost a opožděnou regeneraci po rehydrataci. Snížení vodního potenciálu u těchto rostlin souvisí s rychlou dehydratací pletiv, slabší stomatální kontrolou a nedostatečnou tvorbou osmoticky aktivních látek, jako je prolin,

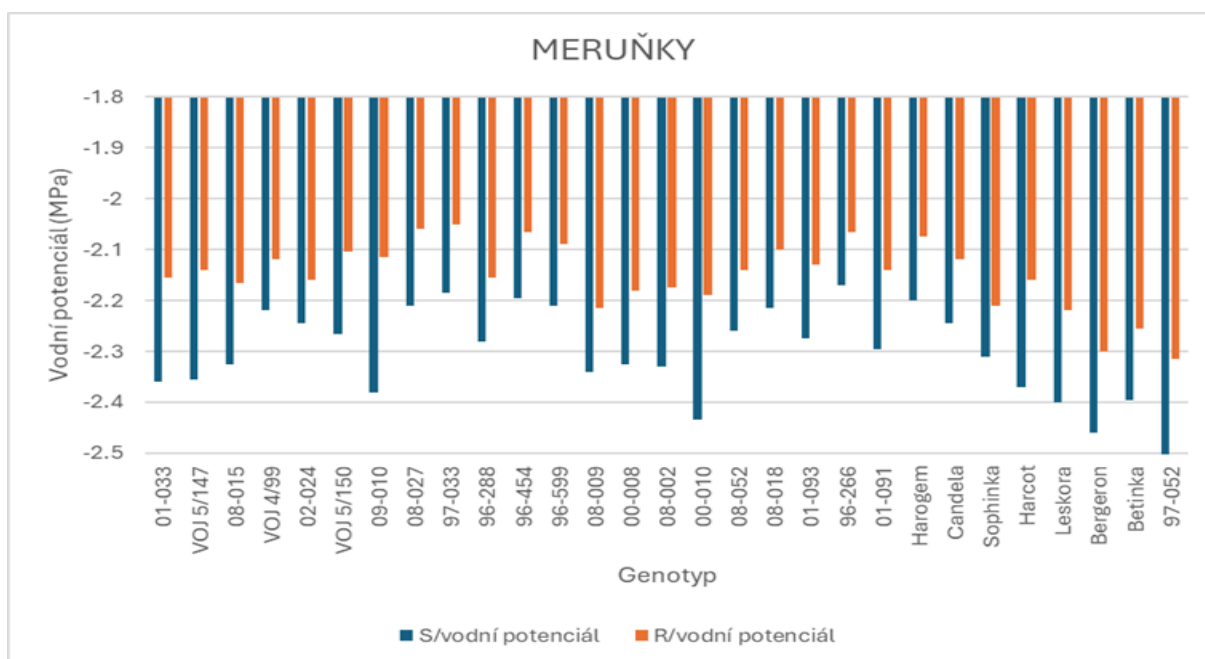
glycinbetain či rozpustné cukry, které jinak zvyšují schopnost buněk zadržovat vodu (Farooq et al., 2009; Zlatev and Lidon, 2012).

Tolerantnější genotypy si naopak udržely vyšší hodnoty vodního potenciálu i při suchu, což svědčí o efektivnější regulaci příjmu a výdeje vody, lepším vedení vody cévním systémem a aktivní osmotické přizpůsobivosti. Patřily sem genotypy třešní '16735' (-2,20 MPa), '14580' (-2,19 MPa), 'Justyna' (-2,18 MPa), '15585' (-2,17 MPa) a '16678' (-2,10 MPa), dále genotypy meruněk '01-033' (-2,17 MPa), '09-010' (-2,19 MPa), '96-288' (-2,20 MPa), 'Betinka' (-2,20 MPa), '00-010' (-2,21 MPa) a '97-052' (-2,21 MPa) a rovněž slivoně 'HL 0800001' (-2,17 MPa), 'HL 0800084' (-2,19 MPa), 'HL 0800043' (-2,19 MPa), 'HL 0900134' (-2,19 MPa) a 'Gabrovská' (-2,21 MPa). Tyto genotypy lze považovat za fyziologicky stabilní – jejich buňky efektivně udržovaly vodní potenciál díky vyšší elasticitě buněčných stěn, aktivní stomatální regulaci a vyšší koncentraci osmotických solutů (Ashraf and Foolad, 2007; Chaves et al., 2009).

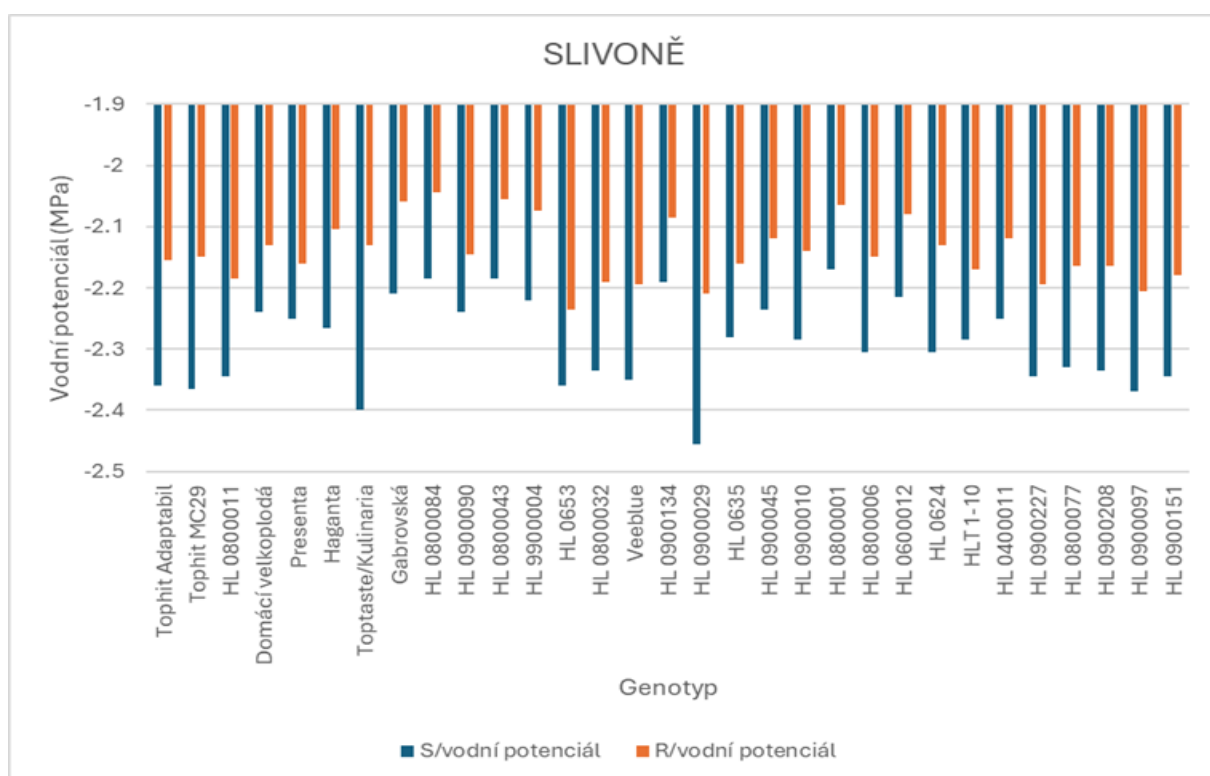
V průběhu sucha se u většiny rostlin projevoval postupný pokles vodního potenciálu, který vyvolával uzavírání průduchů a omezení výměny plynů. Současně docházelo k syntéze osmoticky aktivních látek a ke zvýšení koncentrace kyseliny abscisové (ABA), která reguluje stomatální vodivost a brání nadměrným ztrátám vody. Po zálivce se hodnoty vodního potenciálu zvýšily, avšak míra regenerace byla genotypově specifická – rychlejší obnovu vykazovaly genotypy s vyšším obsahem prolinu a vyšší antioxidační aktivitou, které byly schopny stabilizovat membránové struktury a enzymatické systémy.



Graf 28 Změny hodnot vodního potenciálu (MPa) u genotypů třešní v podmínkách sucha (S) a po rehydrataci (R). Hodnoty představují průměry z víceletých měření.



Graf 29 Změny hodnot vodního potenciálu (MPa) u genotypů meruňek v podmínkách sucha (S) a po rehydrataci (R). Hodnoty představují průměry z víceletých měření.



Graf 30 Změny hodnot vodního potenciálu (MPa) u genotypů slivoní v podmínkách sucha (S) a po rehydrataci (R). Hodnoty představují průměry z víceletých měření.

Získané výsledky potvrzují, že vodní potenciál úzce koreluje s dalšími sledovanými fyziologickými parametry. Genotypy s vyšším vodním potenciálem si současně udržely vyšší obsah chlorofylů, vyšší fotosyntetickou aktivitu i rychlejší regeneraci fluorescence po rehydrataci. Tato souvislost ukazuje, že schopnost rostlin udržet vodní rovnováhu je přímo propojena s funkcí fotosyntetického aparátu a účinností přenosu energie v chloroplastech. Naopak genotypy s nízkým vodním potenciálem vykazovaly i pokles transpirace a fotosyntézy, což dokládá společný regulační mechanismus zahrnující stomatální uzavírání a omezení výměny plynů.

Fyziologická odolnost genotypů peckovin vůči suchu je tedy výsledkem komplexní interakce mezi vodním potenciálem, fotosyntézou, obsahem chlorofylů, fluorescencí a transpirací. Odolné genotypy si udržují stabilní vodní potenciál, efektivně regulují průduchy, minimalizují ztráty vody a zároveň chrání fotosyntetický aparát před poškozením oxidativním stresem (Flexas et al., 2014; Chaves et al., 2009; Zlatev and Lidon, 2012).

6. ZÁVĚREČNÉ SHRNUÍ DOPORUČENÍ

6.1. Vyhodnocení kombinace fenotypických a biochemických markerů

Integrované hodnocení reakce genotypů peckovin na vodní deficit ukázalo, že míra tolerance k suchu je určována souborem vzájemně provázaných fyziologických a biochemických procesů. Za nejvhodnější indikátory se ukázaly ty parametry, které nejlépe vystihují funkční stav fotosyntetického aparátu, oxidačně-redukční rovnováhu a vodní bilanci rostliny.

Na základě vícerozměrné analýzy výsledků ze všech sledovaných ročníků a kombinace navození stresu suchem (2S, 4S) a rehydratace (3R, 5R) byly vybrány tyto klíčové ukazatele: **vodní potenciál, obsah prolinu, koncentrace peroxidu vodíku (H_2O_2) a superoxidového radikálu ($\bullet O_2^-$), obsah chlorofylů $a+b$, rychlost fotosyntézy, transpirace a fluorescence chlorofylu.**

Pomologické ukazatele (zejména parametry kvality plodů) byly využity jen jako doplňkové při finálním posouzení genotypů.

6.2. Korelační vztahy a výběr nejvhodnějších markerů

Analýzy potvrdily silné negativní vztahy mezi vodním potenciálem a oxidační zátěží (peroxid vodíku, superoxidový radikál) a pozitivní korelaci mezi obsahem prolinu a vodním potenciálem. Fluorescence chlorofylu a rychlost fotosyntézy vykazovaly rovněž vysokou vzájemnou vazbu. Z těchto vztahů vyplynulo, že nejvhodnější pro určení suchovzdornosti jsou parametry, které se mění koordinovaně a dynamicky reagují na rehydrataci: vodní potenciál, prolin, peroxid vodíku, fluorescence chlorofylu a rychlost fotosyntézy.

Tyto ukazatele by měly být preferenčně zahrnuty do selekčních hodnocení, zatímco samotná transpirace, obsah chlorofylu či superoxidový radikál mohou sloužit jako doplňkové parametry pro zpřesnění interpretace.

6.3. Rozmezí hodnot pro klasifikaci genotypů

Na základě víceletých výsledků lze genotypy orientačně rozdělit do kategorií podle toho, zda v období sucha a následné rehydratace splňují následující kritéria:

- **Tolerantní genotypy** zpravidla vykazují:
 - vodní potenciál po rehydrataci vyšší než přibližně $-2,2$ MPa a malou amplitudu mezi stresem a regenerací,
 - nárůst prolinu v suchu do rozmezí $8-14$ $\mu\text{mol/g FW}$ (u meruněk $3-6$ $\mu\text{mol/g}$) s jen mírným poklesem po rehydrataci,
 - koncentrace peroxidu vodíku v suchu přibližně $40-60$ $\mu\text{mol/g FW}$ a výrazný pokles po zálivce,
 - fluorescenci chlorofylu v suchu kolem $0,78$ a výše s plnou obnovou po rehydrataci,
 - rychlost fotosyntézy v suchu $8-11$ $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\cdot\text{s}$ a omezenou transpiraci.
- **Citlivé genotypy** se vyznačují:
 - výrazným poklesem vodního potenciálu (často pod $-2,5$ MPa) a velkou amplitudou mezi stresem a regenerací,
 - nízkou nebo jen slabě zvýšenou hladinou prolinu,
 - vysokými koncentracemi peroxidu vodíku (nad $70-80$ $\mu\text{mol/g}$) i po rehydrataci,
 - poklesem fluorescence chlorofylu pod $0,72$ a neúplnou obnovou po zálivce,
 - silným útlumem fotosyntézy a neefektivní transpirací.

Tato rozmezí slouží jako praktický rámec pro zařazení genotypů bez nutnosti publikovat konkrétní vážený výpočet. Na jejich základě byly také definovány skupiny tolerantních a citlivých genotypů.

6.3.1. Kategorizace genotypů

Na základě souhrnu fyziologických a biochemických parametrů a jejich chování v průběhu sucha a rehydratace byly genotypy zařazeny do kategorií:

Tabulka 1 Kategorizace genotypů podle odolnosti k suchu

Druh	Tolerantní genotypy	Citlivé genotypy
Třešeň	16865, 16686, 16705, 16735, Amid, Early Korvik, Regina	13477, 16755, 16862, 13590, 14580, 15585, Jacinta, Justyna, Kordia
Meruňka	01-091, 08-018, 00-010, 96-266, VOJ 4/99, 08-002, Bergeron, Betinka, Leskora	97-052, 97-033, 00-008, 08-015, 08-009, VOJ 5/150, VOJ 5/147, 08-027, Candela
Slivoň	HL 0800001, HL 0900029, HL 0800077, HL 0800084, HLT 1-10, Tophit, Domáci velkoplodá	HL 0800011, HL 0900134, HL 0900208, HL 9900004, HL 0900151, HL 0635, HL 0800006, Gabrovská, Presenta, Haganta

Toto rozdělení je výsledkem kombinovaného hodnocení jednotlivých parametrů v rámci uvedených hodnotových rozmezí.

6.3.2. Doporučená sada parametrů pro hodnocení odolnosti k suchu

Na základě víceletých výsledků byla pro rutinní hodnocení doporučena následující sada parametrů, která zajišťuje rovnováhu mezi časovou náročností a vypovídací schopností:

1. Vodní potenciál – základní fyziologický indikátor stavu vodní bilance.
2. Prolin – marker osmotické přizpůsobivosti, hodnotit absolutní množství i relativní změnu ($S \rightarrow R$).
3. H_2O_2 a $\bullet O_2^-$ – hlavní ukazatele oxidativního stresu, sledovat zejména pokles po rehydrataci.
4. Fluorescence chlorofylu (F_v/F_m) – indikátor stability PSII a regenerace fotosyntetického aparátu.
5. Fotosyntéza a transpirace – pro výpočet účinnosti využití vody.

Tyto parametry poskytují nejvyšší reprodukovatelnost a spolehlivě odlišují genotypy s efektivní stresovou odpovědí od typů s přetíženou oxidativní reakcí a nízkou regenerační kapacitou.

6.3.3. Fyziologické a biochemické parametry s nejvyšší vypovídací schopností

Vodní potenciál

Vodní potenciál je přímým ukazatelem vodního režimu rostliny. V podmínkách sucha klesal u všech druhů na $-1,8$ až $-2,6$ MPa, přičemž tolerantní genotypy k stresu navozeným suchem se po rehydrataci vracely k hodnotám $> -2,2$ MPa. Malá amplituda mezi fázemi sucha a rehydratace ($< 0,25$ MPa) tak signalizovala efektivní regulaci vodní bilance. Citlivé genotypy k stresu navozeným suchem vykazovaly větší kolísání vodního potenciálu ($> 0,4$ MPa), což souviselo s nižší elasticitou buněčných stěn a omezenou stomatální regulací.

Prolin

Prolin je hlavním osmoticky aktivním metabolitem, jehož akumulace signalizuje aktivní obranu vůči dehydrataci. U tolerantních genotypů k stresu navozeným suchem třešní a slivoní dosahoval v období sucha hodnot 10 – 14 $\mu\text{mol/g FW}$ a po rehydrataci pouze mírně klesal (≤ 20 %), což odráží stabilní osmotickou homeostázu. U meruněk se hodnoty pohybovaly v rozmezí 3 – 6 $\mu\text{mol/g FW}$, přičemž citlivé genotypy k stresu navozeným suchem vykazovaly malou reaktivitu – prolin zůstával nízký i při suchu. Za vhodný marker je proto považován ne absolutní obsah, ale relativní nárůst v období stresu a jeho setrvalost po rehydrataci.

Reaktivní formy kyslíku (H_2O_2 a $\bullet\text{O}_2^-$)

Reaktivní formy kyslíku indikují míru oxidativního poškození. U tolerantních genotypů třešní k stresu navozeným suchem se koncentrace peroxidu vodíku při suchu pohybovaly zhruba v rozmezí 45 – 60 $\mu\text{mol/g FW}$ a po rehydrataci výrazně klesly (pod 40 $\mu\text{mol/g}$). U citlivých jedinců k stresu navozeným suchem hodnoty překračovaly 70 – 80 $\mu\text{mol/g}$ a po zálivce zůstaly zvýšené. Podobný trend byl u superoxidového radikálu (u slivoní přibližně 25 – 40 $\mu\text{g/g FW}$ u tolerantních a nad 50 $\mu\text{g/g}$ u citlivých). Rozsah poklesu koncentrace peroxidu vodíku mezi suchou a regenerační fází patří k nejcitlivějším ukazatelům odolnosti, neboť odráží účinnost antioxidačních mechanismů.

Obsah chlorofylů $a+b$ a fluorescence (F_v/F_m)

Obsah chlorofylů souvisí s integritou chloroplastů a fotosystému II. Tolerantní genotypy k stresu navozeným suchem vykazovaly v suchu pokles chlorofylu obvykle jen o 10 – 15 %, citlivé k stresu navozeným suchem o více než 30 %. Fluorescence chlorofylu zůstávala u odolných jedinců v období sucha na hodnotách přibližně $0,78$ a vyšších, zatímco u citlivých klesala na $0,72$ a méně. Po hydrataci se u tolerantních rostlin hodnoty plně obnovily na úroveň kontrol, zatímco u citlivých zůstaly snižené. Tyto dva parametry mají vysokou korelační vazbu a společně tvoří spolehlivý indikátor stability fotosyntetického aparátu.

Fotosyntéza a transpirace

Rychlost fotosyntézy a transpirace umožňují odhadnout účinnost využití vody. U tolerantních genotypů k stresu navozeným suchem rychlost fotosyntézy zůstávala 8 – 11 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$, zatímco transpirace byla omezená ($1,8$ – $2,2$ $\text{mmol H}_2\text{O}/\text{m}^2/\text{s}$). Citlivé rostliny k stresu navozeným suchem vykazovaly prudký pokles rychlosti fotosyntézy (na 5 – 7 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$) a současně zvýšenou transpiraci, což vedlo k nižší účinnosti využití vody a rychlejšímu poklesu

vodního potenciálu. Kombinace rychlosti fotosyntézy a transpirace tak patří k nejvhodnějším fyziologickým ukazatelům tolerance.

6.4. Doporučený selekční postup

Metodika je určena především pro ranou selekci semenáčů peckovin ve šlechtitelských programech. Hodnocení probíhá na vegetativně rostoucích rostlinách v nádobách nebo záhonech, za kontrolovaných podmínek (pod krytem) zpravidla v prvních dvou letech po výsadbě, kdy se výrazně projevují rozdíly v reakci na vodní stres.

Při interpretaci výsledků se klade největší důraz na vodní potenciál, prolin, peroxid vodíku, fluorescence chlorofylu a rychlost fotosyntézy. Transpirace, superoxidový radikál a obsah chlorofylů slouží jako doplňkové ukazatele, které pomáhají ověřit konzistenci hodnocení.

6.4.1. Harmonogram hodnocení v průběhu fenologických fází semenáčů

Fáze I – počáteční růst (2–4 pravé listy):

Stanovení výchozích hodnot fyziologických a biochemických parametrů před zavedením stresu – měří se vodní potenciál, Fv/Fm, fotosyntéza, transpirace a základní úroveň ROS a prolinu. Tyto hodnoty slouží jako referenční základ pro výpočet relativních změn.

Fáze II – první vodní stres (S_1):

Po ukončení pravidelné závlahy se rostliny udržují s polovičním přísunem vody po dobu 14 dnů. V závěru fáze se znovu měří vodní potenciál, fluorescence chlorofylu, rychlost fotosyntézy, transpirace a obsah peroxidu vodíku, superoxidového radikálu a prolinu. Hodnotí se velikost odchylky od výchozího stavu.

Fáze III – rehydratace I (R_1):

Po obnovení plné závlahy se rostliny ponechají 14 dnů (v případě slivoní 21 dnů) v regeneračním režimu. Po uplynutí intervalu se opět měří stejné parametry a hodnotí se rychlost návratu vodního potenciálu, pokles peroxidu vodíku a prolinu a obnova fluorescence chlorofylu, rychlosti fotosyntézy a transpirace.

Fáze IV – druhá stresová vlna (S_2):

Po rehydrataci se znovu zavede vodní stres v trvání 14 dnů. Sleduje se stabilita reakce semenáčů a schopnost opakované akumulace prolinu a udržení fotosyntetické aktivity. Opět se měří všechny výchozí parametry jako ve fázi I.

Fáze V – rehydratace II (R_2):

Po druhé závlaze probíhá rehydratace po dobu 14 dnů (u slivoní 21 dnů). Měří se opět všechny parametry a posuzuje se, zda se hodnoty vodního potenciálu, fluorescence chlorofylu, rychlosti fotosyntézy a peroxidu vodíku vracejí blízko k hodnotám před stresem.

Fáze VI – ukončení vegetace:

Získané údaje se vyhodnotí souhrnným posouzením rozsahů a změn jednotlivých parametrů a jednotlivé semenáče se zařadí do kategorií tolerantní, středně odolné a citlivé. Tolerantní jedinci, kteří splňují většinu kritérií pro odolný průběh reakcí (stabilní vodní potenciál, významný, ale regulovaný nárůst prolinu, nízké koncentrace peroxidu vodíku po rehydrataci, stabilní fluorescence a fotosyntéza), jsou doporučeny k dalšímu testování ve skleníkových nebo polních podmínkách.

Tento harmonogram umožňuje během jediné vegetační sezóny spolehlivě vyhodnotit reakci semenáčů na vodní deficit a rehydrataci. Metodika je zároveň přenositelná i na vzrostlé rostliny při ověřování stabilních genotypových reakcí ve fenologické fázi BBCH 32 (letorosty dosáhly asi 20 % konečné délky).

6.4.2. Pravidla pro kontrolu zdravotního stavu a validaci dat

Správnost a vypovídací schopnost výsledků hodnocení semenáčů je výrazně ovlivněna zdravotním stavem, uniformitou růstu a stabilitou podmínek prostředí. Aby bylo možné spolehlivě rozlišit skutečnou suchovzdornost od projevů nespecifického stresu, musí být dodrženy následující zásady:

Zdravotní stav rostlin

- Do hodnocení se zařazují pouze semenáče bez známek napadení patogeny (zejména *Monilia* spp., *Pseudomonas syringae*, *Taphrina deformans*) nebo poškození škůdci.
- Jakékoli symptomy (nekrózy, chlorózy, deformace) musí být před zahájením měření zkontrolovány a rostliny s poškozením vyřazeny.
- U rostlin se sleduje celková vitalita – barva listů, turgor, tvar a růstová rychlost. Před zahájením stresu musí mít všechny semenáče srovnatelnou velikost a počet listů.
- Preventivní ošetření (např. měďnaté přípravky, síra) je možné pouze před začátkem pokusu a nesmí zasáhnout období měření.

Podmínky prostředí a výživa

- Substrát musí být jednotný, středně těžký (rašelina : písek : perlit 2:1:1), s pH 6,0–6,5.
- V období před stresem se aplikuje vyrovnaná výživa (NPK 15–15–15, dávka 0,5 g/l substrátu); v průběhu stresu se výživa nepřidává.
- Všechny nádoby mají být rozmístěny v jednotné výšce a orientaci vůči světlu, aby byla minimalizována variabilita oslunění a teploty.
- Teplota prostředí během stresu by měla být 25–30 °C ve dne a 18–22 °C v noci; při rehydrataci lze udržovat mírně nižší teplotu.

Měření a validace dat

- Každé měření se provádí na stejných listech nebo jejich bezprostředních náhradách, aby byla zachována srovnatelnost.
- U každého genotypu se vyhodnocují 3 biologické replikace.
- Data se kontrolují na konzistenci: hodnoty vodního potenciálu musí odpovídat změnám oxidační zátěže a fotosyntézy (vodní potenciál klesá se zvyšováním peroxidu vodíku, zlepšení vodního potenciálu se promítá do obnovy fluorescence chlorofylu a rychlosti fotosyntézy).
- Extrémní nebo nesouladné hodnoty (např. vysoký prolin bez zlepšení vodního potenciálu) je nutné ověřit opakovaným měřením.
- Výsledky se mezi ročníky porovnávají podle toho, zda jednotlivé genotypy opakovaně splňují rozsahové limity pro tolerantní či citlivé chování. Genotyp je považován za stabilně tolerantní teprve tehdy, pokud si příznivý profil parametrů udrží v několika vegetačních obdobích.

Archivace a kontrola dat

- Veškerá měření se zapisují do jednotného šablonového formuláře (v Excelu nebo databázovém systému), který umožňuje sledovat vývoj každého genotypu napříč fázemi S_1 – R_1 – S_2 – R_2 .
- U každého měření se eviduje datum, teplota, relativní vlhkost a osoba provádějící měření.
- Před exportem výsledků do souhrnných tabulek je nutné provést interní kontrolu: duplicitu, prázdná pole a logické rozpory.
- Data z jednotlivých ročníků se ukládají do centrální databáze šlechtitelského pracoviště.

Dodržování těchto pravidel zajišťuje, že hodnocení semenáčů probíhá ve srovnatelných podmínkách a že získané hodnoty skutečně odrážejí geneticky podmíněnou odolnost k suchu. Metodika tak vytváří spolehlivý rámec pro dlouhodobé sledování, validaci a archivaci dat potřebných pro následný šlechtitelský výběr.

Předložená metodika komplexního hodnocení fyziologických a biochemických parametrů semenáčů peckovin poskytuje ucelený a prakticky použitelný nástroj pro selekci genotypů s vyšší odolností k suchu. Umožňuje včasnou identifikaci perspektivních jedinců již v raných fázích šlechtění, omezuje náhodnost a subjektivitu rozhodování a přispívá ke zefektivnění využití času, půdy, vody i pracovních kapacit. Díky jasně definovaným rozsahům hodnot hlavních ukazatelů a standardizovanému postupu měření je metodika snadno přenositelná mezi pracovišti a dobře připravená k postupné aktualizaci v návaznosti na nové poznatky i měnící se klimatické podmínky.

7. SROVNÁNÍ NOVOSTI POSTUPŮ

Navržená metodika představuje integrovaný přístup k hodnocení odolnosti některých peckovin vůči suchu, který propojuje fyziologické, biochemické a fenotypové ukazatele do jednoho selekčního systému využitelného v raných fázích šlechtění. V mezinárodním kontextu navazuje na poznatky o reakcích rodu *Prunus* a dalších ovocných dřevin na vodní deficit, tyto poznatky však nově systematizuje a přizpůsobuje pro podmínky rané selekce semenáčů ve šlechtitelských programech. Světové studie ukazují, že sucho u ovocných stromů vede k poklesu vodního potenciálu, omezení fotosyntézy, změnám v obsahu chlorofylů a k akumulaci osmoticky aktivních látek, zejména prolinu, a k nárůstu oxidační zátěže v podobě reaktivních forem kyslíku (Yordanov et al., 2000; Jiménez et al., 2013).

Výzkumy zaměřené na broskvoně, meruňky, slivoně a další druhy rodu *Prunus* potvrzují, že kombinace vodního režimu, fotosyntetické aktivity a biochemických ukazatelů je vhodným nástrojem pro posouzení tolerance k suchu. U broskvoní bylo prokázáno, že akumulace prolinu v listech a kořenech při suchu souvisí se snížením osmotického potenciálu a zvýšením účinnosti využití vody, přičemž tyto změny se mezi genotypy výrazně liší a mohou sloužit jako kritérium pro výběr tolerantních jedinců (Martínez-García et al., 2020). U různých podnoží a kultivarů slivoní se ukázalo, že kombinace vodního stavu, chlorofylové fluorescence, koncentrace peroxidu vodíku, lipidové peroxidace a obsahu prolinu umožňuje rozlišit tolerantní a citlivé typy, přičemž genotypy s vyšší účinností fotosystému II (Fv/Fm), nižším obsahem peroxidu vodíku a vyšším obsahem prolinu vykazují lepší reakci na sucho (Bolat et al., 2016; Mihaljević et al., 2025). Podobné přístupy byly uplatněny i u dalších druhů rodu *Prunus*, včetně podnoží a planých druhů, kde se sledoval časový průběh fyziologických a biochemických reakcí během postupného zavlažovacího omezení (Jiménez et al., 2013; Zhang et al., 2024).

Metodika popsaná v této práci se od těchto studií liší především tím, že uvedené parametry neslouží pouze k vědeckému popisu reakce rostlin, ale jsou záměrně integrovány do selekčního rámce pro hodnocení semenáčů v určité fázi šlechtění. Zahrnuje strukturovaný sled měření v opakovaných stresových a regeneračních fázích, který umožňuje posoudit nejen míru poškození, ale také schopnost fyziologické obnovy po rehydrataci. Zatímco řada zahraničních prací byla zaměřena na vzrostlé stromy v polních výsadbách nebo na podnože v experimentálních systémech (Mihaljević et al., 2021; Rubio-Casal et al., 2024), tato metodika cílí na semenáče, u nichž se rozdíly v reakci na sucho projevují velmi výrazně a lze ji využít k včasnému výběru perspektivních genotypů.

Dalším prvkem novosti je způsob interpretace výsledků. Zahraniční studie často hodnotí jednotlivé parametry odděleně, například pokles chlorofylu a Fv/Fm, zvýšení peroxidu vodíku nebo nárůst prolinu (Jiménez et al., 2013; Bolat et al., 2016; Zhang et al., 2024). V této metodice jsou stejné nebo podobné ukazatele využity v souvislé časové posloupnosti (sucho – rehydratace – opakované sucho – rehydratace) a interpretovány ve vzájemných vazbách. Hodnocení se soustředí na směr a velikost změn mezi fázemi, nikoli pouze na absolutní hodnoty; to umožňuje lépe postihnout regenerační schopnost a stabilitu vodního režimu, fotosyntetického aparátu a oxidační rovnováhy. Takový procesní pohled je v oblasti fyziologické selekce ovocných dřevin méně obvyklý a posouvá metodu od deskriptivního k funkčnímu hodnocení.

Specifickým přínosem metodiky je také její orientace na praktické využití ve šlechtitelských programech. Zatímco zahraniční studie jsou často navrženy jako jednorázové experimenty s omezeným počtem genotypů a slouží především k popisu mechanismů stresové odpovědi (Jiménez et al., 2013; Martínez-García et al., 2020; Mihaljević et al., 2025), zde je cílem vytvořit opakovatelný a organizačně zvládnutelný postup, který lze zařadit do rutinního šlechtitelského cyklu. Metodika proto pracuje s parametry, které jsou laboratorně i časově zvládnutelné, umožňuje paralelní hodnocení většího počtu semenáčů a poskytuje jasná rozmezí hodnot pro zařazení genotypů do kategorií tolerantní, středně odolný a citlivý.

V podmínkách střední Evropy se dosavadní metodiky hodnocení suchovzdornosti peckovin opíraly převážně o morfologické a fyziologické ukazatele, jako je vodní potenciál, vodivost pletiv či vizuální symptomy poškození (Blažková and Hlušíčková, 2007; Ondrášek and Sedlák, 2020). Použití biochemických markerů, například prolinu či antioxidantů, bylo zaznamenáno pouze v jednotlivých studiích bez navazující standardizace (Kováčik et al., 2012). Ani maďarské či slovenské výzkumy (*Prunus armeniaca*, *P. avium*) dosud nepropojily sledování fyziologických, biochemických a regeneračních fází do jednoho rámce (Kovács et al., 2019). V tomto ohledu představuje popisovaná metodika krok vpřed – integruje víceúrovňové hodnocení (vodní potenciál, ROS, prolin, fotosyntetická aktivita, fluorescence) do standardizovaného selekčního postupu a umožňuje srovnatelnost výsledků mezi roky i genotypy. Tím překračuje rámec dosavadních regionálních přístupů, které se zaměřovaly na jednotlivé dílčí parametry (Urban et al., 2014).

V souhrnu lze říci, že předložená metodika navazuje na světové poznatky o fyziologických a biochemických reakcích ovocných dřevin na suchu, ale rozšiřuje je o standardizovaný selekční rámec pro rané fáze šlechtění peckovin. Originalita spočívá v propojení ověřených markerů (vodní potenciál, prolin, reaktivní formy kyslíku, fluorescence chlorofylu, rychlost fotosyntézy) s praktickým hodnocením semenáčů v řízených podmínkách stresu a rehydratace a v jejich přímém využití při rozhodování o dalším šlechtitelském využití genotypů.

8. POPIS UPLATNĚNÍ CERTIFIKOVANÉ METODIKY

8.1. Využití metodiky v rámci šlechtitelského procesu

Výsledky hodnocení fyziologických a biochemických parametrů semenáčů umožňují přesný a reprodukovatelný výběr genotypů s vyšší odolností vůči suchu. Metodika poskytuje šlechtitelům nástroj, který doplňuje klasické morfologické hodnocení o objektivní fyziologické ukazatele a tím významně zvyšuje účinnost selekce.

8.1.1. Začlenění výsledků do rutinní selekce

Výsledky hodnocení se je doporučeno začlenit do standardního šlechtitelského cyklu. Fyziologické a biochemické testy se mohou provádět použít při finalizaci šlechtitelského procesu stejně jako na úrovni semenáčů (první generace po křížení) ještě před jejich výsadbou do polních podmínek. Tím se umožní:

- včasné vyřazení citlivých jedinců, kteří nesplňují požadovaná rozmezí hodnot (silný pokles vodního potenciálu, nízký prolin, vysoký peroxid vodíku po rehydrataci),
- koncentrace zdrojů na tolerantní materiál, který vykazuje stabilní vodní bilanci, regulovanou akumulaci prolinu, nízkou oxidační zátěž po rehydrataci a dobrou obnovu fotosyntézy,
- zpřesnění rodičovského výběru pro hybridizační programy – pro opakované použití se doporučují genotypy, které splňují kritéria odolnosti v několika po sobě jdoucích ročnících.

Po ukončení testu se každý hodnocený soubor semenáčů rozdělí do tří selekčních skupin podle hodnot uvedených v kapitole 6.3. Rozmezí hodnot pro klasifikaci genotypů:

Tolerantní – jedinci, u nichž většina hlavních parametrů (vodní potenciál, prolin, peroxid vodíku, fluorescence chlorofylu, rychlost fotosyntézy) spadá do rozmezí typického pro odolné genotypy a jejich změny mezi suchem a rehydratací dokládají dobrou regenerační schopnost.

Středně odolné – genotypy s přechodným nebo neúplným splněním kritérií (např. dobrá regenerace fotosyntézy, ale vyšší peroxid vodíku po suchu, nebo stabilní vodní potenciál při slabším nárůstu prolinu).

Citlivé – jedinci se silným poklesem vodního potenciálu, nízkým prolinem, vysokou koncentrací peroxidu vodíku po rehydrataci a výrazným útlumem fluorescence a fotosyntézy.

Zařazení jedinců do těchto kategorií se provádí po uzavření fáze rehydratace po druhé stresové vlně na základě porovnání dosažených hodnot s uvedenými rozmezími a vizuální kontroly celkové vitality. Pro následnou práci se doporučuje udržovat minimálně 10–20 tolerantních genotypů z každé hybridní kombinace, aby byla zachována genetická rozmanitost pro další křížení.

Fyziologická selekce by měla být součástí širšího víceletého šlechtitelského schématu, v němž se hodnotí také agronomické a pomologické vlastnosti. Tyto znaky jsou však posuzovány až v navazující etapě, protože jejich vztah k suchovzdornosti je sekundární; mají význam hlavně při registraci odrůd a posuzování jejich tržní kvality.

8.2. Archivace dat a opakovaná validace

Každý šlechtitelský cyklus musí být doprovázen systematickou archivací získaných dat, která slouží pro zpětné ověření a dlouhodobé sledování stability výsledků.

- **Datová evidence:** Veškerá měření (vodní potenciál, fluorescence chlorofylu, rychlost fotosyntézy, transpirace, peroxid vodíku, superoxidový radikál, prolin) se ukládají do jednotné tabulkové šablony v elektronické podobě. Každý záznam obsahuje identifikátor genotypu, datum měření, fázi stresu/rehydratace a jméno hodnotitele.
- **Roční validace:** V následujících vegetacích se opakuje hodnocení vybraných tolerantních genotypů, aby se potvrdila jejich stabilita v různých klimatických podmínkách. Nesoulad mezi ročníky je signálem k opatrnosti při dalším využití genotypu.
- **Dlouhodobá archivace:** Po uzavření projektu se data předávají do archivu šlechtitelského pracoviště a příslušných institucí, kde tvoří podklad pro kontrolu odrůdových přihlášek i pro budoucí metodické aktualizace.

Tímto způsobem vzniká databáze ověřených výsledků, která umožňuje dlouhodobé sledování trendů, identifikaci stabilních genotypů a odhalování případných posunů v reakci na klimatické podmínky.

8.3. Podpora rozhodování a snížení rizika výběru nevhodných genotypů

Použití kombinace fyziologických a biochemických parametrů umožňuje přejít od subjektivního vizuálního hodnocení ke kvantitativnímu, reprodukovatelnému systému založenému na procesních ukazatelích. Tento přístup:

- snižuje riziko chybného výběru, kdy jsou za tolerantní považováni jedinci s přechodnou nebo zdánlivou odolností,

- omezuje vliv ročníkových extrémů tím, že hodnotí relativní změny mezi fázemi sucha a rehydratace,
- usnadňuje rozhodování o dalším využití materiálu, protože pracuje s jasně definovanými rozsahy hodnot jednotlivých parametrů,
- zvyšuje transparentnost a věrohodnost selekčního procesu, což je klíčové při schvalování odrůd a předávání dat do úředních evidencí.

Metodika zároveň umožňuje přímé porovnání výsledků mezi jednotlivými druhy peckovin. Díky standardizovanému postupu měření a hodnocení vytváří jednotný rámec pro dlouhodobé sledování suchovzdornosti v podmínkách měnícího se klimatu a omezené dostupnosti vody.

9. EKONOMICKÉ ASPEKTY

Tradiční šlechtitelský postup vyžaduje čekací dobu o délce několika let pro zhodnocení fenotypových projevů po křížení. Aplikace biochemických a fyziologických markerů pro cílenou selekci na odolnost vůči suchu přináší významné zefektivnění tohoto procesu. Tyto markery, vycházející z analýz fyziologických funkcí (např. fotosyntetická aktivita, vodní potenciál, fluorescence chlorofylu) a biochemických parametrů (např. reaktivní formy kyslíku – ROS, obsah prolinu), umožňují v raných fázích selekce identifikovat perspektivní genotypy s vyšší odolností vůči stresu a zároveň včas vyřadit nevhodné jedince. Ačkoli použití těchto markerů nezkracuje dobu do plodnosti stromů, včasná identifikace a eliminace nevhodných jedinců umožňuje efektivněji využít prostor, pracovní sílu i čas. Výsledkem je zvýšení počtu hodnocených genotypů a zrychlení celého procesu tvorby nových odrůd.

Rozsah ekonomického přínosu využití biochemických a fyziologických markerů selekce závisí na konkrétním pracovišti a jeho šlechtitelských cílech. Zkušenosti z obdobných zahraničních programů, například z Washington State University, dokládají ekonomický potenciál těchto metod. V letech 2010–2011 vedlo využití markerové selekce k úspoře 75–80 tisíc USD při výběru třešňových semenáčků, kdy byla vyřazena více než polovina z téměř tří tisíc rostlin (Peace, 2017; Sebolt, 2011). V následujícím období 2012–2013 dosáhly úspory více než 80 tisíc USD, přičemž bylo zachováno pouze 15 % z přibližně 3 400 rostlin (Edge-Garza, 2014). Tyto údaje sice vycházejí z prostředí využívajícího genetické markery, avšak v principu popisují shodný ekonomický efekt, který lze očekávat i při zavedení fyziologických a biochemických markerů, protože podstata úspor spočívá ve včasném vyřazení nevhodného materiálu a snížení nákladů na jeho další pěstování.

Náklady na udržování semenáčků jsou v českých podmínkách obdobné a zahrnují jak materiálové, tak personální výdaje. Materiálové náklady představují především výdaje spojené s pěstováním semenáčků ve skleníku, jako jsou substrát, sadbovače, hnojiva, ochranné prostředky, amortizace stavby a skleníku, dále pak náklady na pěstování výsadbového materiálu v ovocné školce, zahrnující podnože, hnojiva, vyvazovací materiál, ochranné prostředky a údržbu mechanizace. Součástí jsou také výsadba a kultivace genotypů na trvalém stanovišti selekčního sadu prvního stupně, které vyžadují opěrnou konstrukci, zavlažování, hnojiva, ochranné látky, náradí a amortizaci potřebné mechanizace. Všechny

stupně pěstování pak zahrnují zavlažování. Personální náklady tvoří významnou část rozpočtu, jelikož zahrnují náročnou údržbu výsadeb, provádění všech prací spojených s kultivací a vedením evidence semenáčků až do fáze plodnosti a následným minimálně tříletým vyhodnocováním v plné produktivitě. Nedílnou součástí je také likvidace desetiletého porostu po prvním selekčním stupni.

Pěstování tisíce semenáčků z řízeného křížení během prvního selekčního cyklu, který trvá přibližně dvanáct let, dosahuje v podmínkách České republiky celkových nákladů kolem tří milionů korun, což odpovídá přibližně 250 tisícům korun ročně. Zavedení biochemických a fyziologických markerů oproti tradičním šlechtitelským postupům přináší u stejného počtu semenáčků odhadovanou roční úsporu v řádu vyšších desítek tisíc korun, která může dosáhnout až 200 tisíc korun za rok. Tyto úspory se týkají především materiálových a personálních výdajů, jelikož díky rané selekci odpadá potřeba dlouhodobé péče o nevhodné genotypy. Výše úspory závisí na procentu vyřazených semenáčků a míře zefektivnění celého šlechtitelského procesu.

Jak bylo zmíněno výše, včasné vyřazení neperspektivního potomstva na základě biochemických a fyziologických charakteristik umožňuje efektivněji využít prostorové a pracovní kapacity. Uvolněná kapacita může být následně použita pro další paralelní šlechtitelské aktivity, což výrazně zvyšuje intenzitu a variabilitu výběru. Tento přístup je zároveň v souladu s tržní poptávkou po odolných genotypech a umožňuje flexibilně reagovat na měnící se klimatické podmínky i požadavky trhu. Ekonomické přínosy se promítají nejen do přímých úspor, ale i do růstu příjmů šlechtitelských institucí prostřednictvím licenčních poplatků za komercializaci nových odrůd. Zkušenosti Výzkumného a šlechtitelského ústavu ovocnářského Holovousy ukazují, že celkový ekonomický výnos z prodeje licencí úspěšné odrůdy může dosáhnout přibližně jednoho milionu eur během doby platnosti šlechtitelských práv, což potvrzuje vysoký ekonomický potenciál úspěšně uplatněných výsledků šlechtění.

Fyziologické a biochemické metody popsané v této metodice mají zároveň vlastní ekonomický význam. Vzhledem k tomu, že u většiny hospodářsky významných plodin dochází k zužování genetické diverzity, umožňují právě fyziologické a biochemické charakteristiky rychle pomoci s popisem a identifikací odrůd. Tyto metody lze aplikovat i na mladé rostliny, což snižuje náklady na jejich dopěstování a urychluje proces šlechtění. Měření fyziologických charakteristik je časově nenáročné – například měření výměny plynů (fotosyntézy a transpirace) trvá přibližně 30 minut na vzorek, měření fluorescence chlorofylu a vodního potenciálu kolem 20 minut a stanovení obsahu pigmentů maximálně 10 minut. Fyziologické charakteristiky lze navíc kombinovat s morfologicko-anatomickými změnami a biochemickými analýzami, což zvyšuje jejich informační hodnotu a selekční přesnost.

Pro běžně vybavenou fyziologickou laboratoř jsou provozní náklady spojené s měřením těchto parametrů minimální. Vyšší náklady jsou spojeny pouze s pořízením příslušných přístrojů a jejich následnou kalibrací. Jedná se zejména o zařízení pro sledování výměny plynů a stomatální vodivosti (gazometrické analyzátoři), přístroje pro měření fluorescence chlorofylu, vodního potenciálu a spektrofotometry. Lze pořídit také kombinaci přístrojů jako jednoho celku. Pro následné analýzy postačuje základní laboratorní vybavení, které zahrnuje pipety, laboratorní sklo, mrazák, váhy a injekční stříkačky. Celková cena laboratorního vybavení se pohybuje v rozmezí 15–25 tisíc Kč. Z chemických látek se používá pouze N,N-dimethylamid kyseliny mravenčí, jehož cena činí přibližně 400 Kč za litr, což odpovídá analýze

přibližně 1000 vzorků. Dalšími položkami jsou sorbenty pro přístroje na měření rychlosti výměny plynů v ceně kolem 3 000 Kč za 1 kg, přičemž pro 30 hodin měření je zapotřebí 25 g. Pro měření vodního potenciálu nejsou třeba žádné chemikálie, pouze základní laboratorní pomůcky, jako jsou injekční stříkačky a parafilm. Softwarové vybavení pro základní vyhodnocení nevyžaduje žádné specifikace; dostatečný je klasický tabulkový editor a program vhodný pro statistické hodnocení.

Pro biochemickou laboratoř jsou provozní náklady spojené s nákupem spotřebního zboží. Vyšší náklady jsou spojeny s pořízením příslušného přístrojového vybavení, a to chlazená centrifuga, spektrofotometr, blokový termostat a hlubokomrazicí box. Pro následné analýzy postačuje základní laboratorní vybavení, které zahrnuje automatické pipety, laboratorní sklo a váhy. Celková cena laboratorního vybavení se pohybuje v rozmezí 35-40 tisíc Kč. Z chemických látek se používá K_2HPO_4 , KH_2PO_4 , $TiCl_4$, H_2SO_4 , hydroxylamin, sulfanilamid, naftylaminu, ethanol, prolin, kyselina octová ledová a ninhydrin. Odhadovaný přepočet na 1000 vzorků pro stanovení peroxidu vodíku, superoxidového radikálu a prolinu je 800 Kč. Softwarové vybavení pro základní vyhodnocení nevyžaduje žádné specifikace; dostatečný je klasický tabulkový editor a program vhodný pro statistické hodnocení.

Zavedení biochemických a fyziologických markerů selekce do šlechtitelského procesu přináší významné ekonomické úspory, zvyšuje efektivitu hodnocení a zkracuje dobu potřebnou pro vytvoření a ověření nových odrůd. Tím naplňuje strategické cíle, které směřují k inovativnímu, udržitelnému a ekonomicky efektivnímu šlechtění tolerantních genotypů peckovin, schopných zajistit stabilní produkci a kvalitu plodů v podmínkách klimatických změn.

10. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

An, Y., Zhang, M., Liu, G., Han, R., & Liang, Z. (2013). Proline accumulation in leaves of *Periploca sepium* via both biosynthesis up-regulation and transport during recovery from severe drought. *PLoS ONE*, 8(7), e69942. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069942>

Ashraf, M., & Foolad, M. R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, 59(2), 206–216. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.12.006>

Ashraf, M., & Harris, P. J. C. (2013). Photosynthesis under stressful environments: An overview. *Photosynthetica*, 51(2), 163–190. <https://doi.org/10.1007/s11099-013-0021-6>

Baker, N. R. (2008). Chlorophyll fluorescence: A probe of photosynthesis in vivo. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 89–113. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092759>

Bandurska, H. (2000). Does proline accumulated in leaves of water deficit stressed barley plants confine cell membrane injury? *Acta Physiologiae Plantarum*, 22, 409–415. <https://doi.org/10.1007/s11738-000-0081-7>

Blaya-Ros, P. J., Blanco, V., Torres-Sánchez, R., & Domingo, R. (2021). Drought-adaptive mechanisms of young sweet cherry trees in response to withholding and resuming irrigation cycles. *Agronomy*, 11(9), 1812. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091812>

Bolat, İ., Dikilitaş, M., İkinici, A., Ercisli, S., & Tonkay, T. (2016). Morphological, physiological, and biochemical characteristics and bud success responses of Myrobalan 29 C plum rootstock

subjected to water stress. *Canadian Journal of Plant Science*, 96(3), 485–493. <https://doi.org/10.1139/cjps-2015-0260>

Bozkurt, S., Ödemiş, B., & Durgaç, C. (2015). Effects of deficit irrigation treatments on yield and plant growth of young apricot trees. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 43(2), 73–84.

Bota, J., Medrano, H., & Flexas, J. (2004). Is photosynthesis limited by decreased Rubisco activity and RuBP content under progressive water stress? *New Phytologist*, 162, 671–681. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2004.01056.x>

Burghardt, M., & Riederer, M. (2006). Cuticular transpiration. *Trends in Plant Science*, 11(7), 320–327. <https://doi.org/10.1002/9780470988718.ch9>

Chaves, M. M., Flexas, J., & Pinheiro, C. (2009). Photosynthesis under drought and salt stress: Regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany*, 103, 551–560. <https://doi.org/10.1093/aob/mcn125>

Chen, Y., Li, W., Jia, K., Liao, K., Liu, L., Fan, G., Zhang, S., & Wang, Y. (2023). Metabolomic and transcriptomic analyses of flavonoid biosynthesis in apricot fruits. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1210309. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1210309>

Český statistický úřad. (2022). Statistika sklizně ovoce v České republice 2015–2021. ČSÚ.

David, W. L. (2013). Genetic engineering to improve plant performance under drought: Physiological evaluation of achievements, limitations, and possibilities. *Journal of Experimental Botany*, 64(1), 83–108. <https://doi.org/10.1093/jxb/ers326>

Duan, Z., Bai, L., Zhao, Z., Zhang, G., Cheng, F., Jiang, L., & Chen, K. (2009). Drought-stimulated activity of plasma membrane NADPH oxidase and its catalytic properties in rice. *Journal of Integrative Plant Biology*, 51(12), 1104–1115. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2009.00879.x>

FAOSTAT. (2023). Crops and livestock products dataset. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/faostat/>

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 185–212. <https://doi.org/10.1051/agro:2008021>

Flexas, J., Bota, J., Loreto, F., Cornic, G., & Sharkey, T. D. (2004). Diffusive and metabolic limitations to photosynthesis under drought and salinity in C₃ plants. *Plant Biology*, 6(3), 269–279. <https://doi.org/10.1055/s-2004-820867>

Flexas, J., Díaz-Espejo, A., Gago, J., Gallé, A., Galmés, J., & Medrano, H. (2014). Photosynthetic limitations in Mediterranean plants under drought: A review. *Environmental and Experimental Botany*, 103, 12–23. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.09.002>

Gahir, S., Bharath, P., Saini, D., Padmaja, G., & Raghavendra, A. (2024). Role of mitochondria and chloroplasts during stomatal closure: Subcellular location of superoxide and H₂O₂ production in guard cells of *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Biosciences*, 49. <https://doi.org/10.1007/s12038-023-00418-3>

Girona, J., Gelly, M., Mata, M., Arbonès, A., Rufat, J., & Marsal, J. (2005). Peach tree response to single and combined deficit irrigation regimes in deep soils. *Agricultural Water Management*, 72(2), 97–108. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.09.011>

- Hayat, S., Hayat, Q., Alyemeni, M. N., Wani, A. S., Pichtel, J., & Ahmad, A. (2012). Role of proline under changing environments: A review. *Plant Signaling and Behavior*, 7(11), 1456–1466. <https://doi.org/10.4161/psb.21949>
- Hsiao, T. C., & Xu, L. K. (2000). Sensitivity of growth of roots versus leaves to water stress: Biophysical analysis and relation to water transport. *Journal of Experimental Botany*, 51, 1595–1616. <https://doi.org/10.1093/jexbot/51.350.1595>
- Huerta-Mendoza, V., Catalán-Paine, R., Romero, I., González-Villagra, J., Tighe-Neira, R., Bota, J., & Jorquera-Fontena, E. (2025). Effect of late preharvest deficit irrigation on physiological and agronomical responses in ‘Regina’/Gisela 6 sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivar. *Plants*, 14. <https://doi.org/10.3390/plants14040517>
- Jiménez, S., Dridi, J., Gutiérrez, D., Moret, D., Irigoyen, J. J., Moreno, M. A., & Gogorcena, Y. (2013). Physiological, biochemical and molecular responses in four *Prunus* rootstocks submitted to drought stress. *Tree Physiology*, 33(10), 1061–1075. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpt074>
- Jing, C., Wang, D., Liu, Z., Chen, X., Dong, H., & Wu, X. (2023). Identification of the WRKY gene family in apricot and its response to drought stress. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 64, 269–282. <https://doi.org/10.1007/s13580-022-00465-z>
- Kovács, L., Szabó, Z., & Fodor, J. (2019). Drought responses of Hungarian apricot and cherry genotypes under controlled water deficit. *Acta Horticulturae*, 1242, 43–50.
- Kováčik, J., Klejdus, B., & Hedbavny, J. (2012). Biochemical and physiological responses of *Prunus armeniaca* to drought and rehydration. *Biologia Plantarum*, 56(2), 305–312.
- Blažková, J., & Hlušíčková, I. (2007). Hodnocení suchovzdornosti vybraných odrůd třešní. *Vědecké práce ovocnářské*, 21, 77–84.
- Lawlor, D. W., & Cornic, G. (2002). Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant, Cell and Environment*, 25, 275–294. <https://doi.org/10.1046/j.0016-8025.2001.00814.x>
- Losciale, P., Gaeta, L., Corsi, M., Galeone, C., Tarricone, L., Leogrande, R., & Stellacci, A. (2023). Physiological responses of apricot and peach cultivars under progressive water shortage: Different crop signals for anisohydric and isohydric behaviours. *Agricultural Water Management*, 286. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108384>
- Martínez-García, P. J., et al. (2020). Temporal response to drought stress in several *Prunus* rootstocks and wild species. *Agronomy*, 10(9), 1383. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091383>
- Maxwell, K., & Johnson, G. N. (2000). Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany*, 51(345), 659–668. <https://doi.org/10.1093/jexbot/51.345.659>
- Meena, M., Divyanshu, K., Kumar, S., Swapnil, P., Zehra, A., Shukla, V., Yadav, M., & Upadhyay, R. (2019). Regulation of L-proline biosynthesis, signal transduction, transport, accumulation and its vital role in plants during variable environmental conditions. *Heliyon*, 5, e02952. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02952>
- Mihaljević, I., et al. (2021). PSII photochemistry responses to drought stress in autochthonous and modern sweet cherry cultivars. *Photosynthetica*, 59(4), 540–553. DOI: 10.32615/ps.2021.045

Mihaljević, I., Viljevac Vuletić, M., Tomaš, V., Vuković, D., & Zdunić, Z. (2025). Drought tolerance screening of plum rootstocks based on physiological and biochemical traits. *Plant, Soil and Environment*, 71(1), 1–11. DOI: 10.17221/516/2024-PSE

Milošević, T., & Milošević, N. (2012). Phenotypic diversity of autochthonous European (*Prunus domestica* L.) and Damson (*Prunus insititia* L.) plum accessions based on multivariate analysis. *Horticultural Science*, 39(1), 8–20. doi: 10.17221/99/2011-HORTSCI

Milošević, T., Milošević, N., & Glisic, I. (2013). Agronomic properties and nutritional status of plum trees (*Prunus domestica* L.) influenced by different cultivars. *Journal of soil science and plant nutrition*, 13(3), 706–714. Epub August 27, 2013. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162013005000056>

Ministerstvo zemědělství ČR. (2024). Situační a výhledová zpráva ovoce 2024.

Molinari, H., Marur, C., Daros, E., Campos, M., Carvalho, J., Filho, J., Pereira, L., & Vieira, L. (2007). Evaluation of the stress-inducible production of proline in transgenic sugarcane (*Saccharum* spp.): Osmotic adjustment, chlorophyll fluorescence and oxidative stress. *Physiologia Plantarum*, 130, 218–229. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2007.00909.x>

Nyzhnyk, T., Pukhtaievych, P., & Kots, S. (2022). The intensity of drought-induced oxidative processes in soybeans depends on symbiosis with *Bradyrhizobium* strains. *Journal of Central European Agriculture*, 23(2). <https://doi.org/10.5513/icea01/23.2.3452>

Ondrášek, I., & Sedlák, J. (2020). Metodické přístupy k hodnocení odolnosti podnoží slivoní k abiotickým stresům. *Horticultural Science (Prague)*, 47(2), 64–72.

Pérez-Pastor, A., Domingo, R., & Torrecillas, A. (2009). Response of apricot trees to deficit irrigation strategies. *Irrigation Science*, 27, 231–242. <https://doi.org/10.1007/s00271-008-0136-x>

Pilkevich, R., Paliy, I., & Paliy, A. (2021). Dynamics of physiological and biochemical indicators of apricot cultivars under water stress. *Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens*. <https://doi.org/10.36305/0513-1634-2021-140-69-76>

Rieger, M., Lo Bianco, R., & Okie, W. (2003). Response of *Prunus ferganensis*, *Prunus persica* and two interspecific hybrids to moderate drought stress. *Tree Physiology*, 23, 51–58. <https://doi.org/10.1093/treephys/23.1.51>

Rubio-Casal, A. E., et al. (2024). Disentangling the physiological responses of sweet cherry cultivars to deficit irrigation. *Agronomy*, 14(6), 1149. <https://doi.org/10.3390/agronomy14061149>

Ruiz-Sánchez, M. C., Egea, J., Galego, R., & Torrecillas, A. (2000). Apricot tree response to withholding irrigation at different phenological periods. *Scientia Horticulturae*, 85(3), 201–215. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(99\)00146-6](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(99)00146-6)

Szabados, L., & Savouré, A. (2010). Proline: A multifunctional amino acid. *Trends in Plant Science*, 15(2), 89–97. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2009.11.009>

Urban, J., Kučera, J., & Marek, M. V. (2014). Physiological and morphological responses of European temperate fruit trees to drought stress. *Tree Physiology*, 34(5), 564–577.

Villalobos-González, L., Carreras, C., Beltrán, M. F., Figueroa, F., Rubilar-Hernández, C., Opazo, I., Toro, G., Salvatierra, A., Sagredo, B., Pizarro, L., Fiore, N., Pinto, M., Arbona, V., Gómez-Cadenas, A., & Pimentel, P. (2024). Sweet cherry plants prioritize their response to cope with summer drought, overshadowing the defense response to *Pseudomonas syringae* pv. *syringae*. *Plants*, 13(13), 1737. <https://doi.org/10.3390/plants13131737>

Vosnjak, M., Mrzlic, D., Hudina, M., & Usenik, V. (2021). The effect of water supply on sweet cherry phytochemicals in bud, leaf and fruit. *Plants*, 10(6), 1131. <https://doi.org/10.3390/plants10061131>

Yordanov, I., Velikova, V., & Tsonev, T. (2000). Plant responses to drought, acclimation, and stress tolerance. *Photosynthetica*, 38(2), 171–186. DOI: 10.1023/A:1007201411474

Zhang, Y., et al. (2024). Evaluation of growth, physiological response, and drought tolerance in woody species under progressive water deficit. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1442618. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1442618>

Zlatev, Z. S., & Lidon, F. C. (2012). An overview on drought-induced changes in plant growth, water relations and photosynthesis. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 24(1), 57–72.

11. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

Suran, P. and Vojtová, T. (2023). Fruit quality and surface pitting resistance of sweet cherry of various genotypes stored in modified atmosphere. *Acta Hortic.* 1364, 113-120. DOI: 10.17660/ActaHortic.2023.1364.14

Maryška, L., Suran, P. and Zelený, L. (2023). Vliv meteorologických podmínek na hospodářské vlastnosti vybraných genotypů slivoní v letech 2020–2022. In: Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2023. Zvolen: Ústav ekológie lesa Slovenskej akadémie vied, v. v. i., s. 91–97. ISBN 978-80-89408-37-5.

Kubes, J., Hnilická, F., Vachova, P., Kudrna, J., Tunklova, B., Mrkacek, M., & Rygl, T. (2024). Changes in Secondary Metabolites Content and Antioxidant Enzymes Activity in Leaves of Two *Prunus avium* L. Genotypes During Various Phenological Phases. *Life*, 14(12), 1567. <https://doi.org/10.3390/life14121567>

12. DEDIKACE

Metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum (NAZV) č. QK21010200 s názvem „Šlechtění ovocných druhů na odolnost k abiotickým vlivům v kombinaci s vysokým obsahem antioxidačních látek v plodech“.

v y d á v á

O S V Ě D Ě N Í

UKZUZ 202732/2025

o uznání metodiky v souladu s podmínkami Metodiky hodnocení výzkumných organizací a programů účelové podpory výzkumu, vývoje a inovací, schválené usnesením vlády dne 8. února 2017, číslo 107 a její samostatné přílohy č. 4 schválené usnesením vlády dne 29. listopadu 2017 č. 837.

Název metodiky: Selekční metody genotypů peckovin podle požadavků na kvalitu plodů a odolnost k suchu

Autor / autoři: Pavol Suran, Zuzana Kovalíková, František Hnilička, Aneta Bílková, Tomáš Rýgl, Lukáš Maryška, Adéla Horčíčková, Lubor Zelený, Dáša Jiroušová, Jiří Sedlák, Boris Krška, Petr Kareš

Název organizace/cí:

VÝZKUMNÝ A ŠLECHTITELSKÝ ÚSTAV OVOCNÁŘSKÝ HOLOVOUSY s.r.o.

Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Petr Kareš

Metodika je výsledkem řešení výzkumného projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum (NAZV) č. QK21010200 s názvem „Šlechtění ovocných druhů na odolnost k abiotickým vlivům v kombinaci s vysokým obsahem antioxidantních látek v plodech“.

Místo vydání: **Holovousy**

Rok vydání: **2025**

Brno 16. 12. 2025

Ing. Daniel Jurečka

ředitel ústavu

.....
podpis/elektronický podpis
zástupce odborného útvaru státní správy

Selekční metody genotypů peckovin podle požadavků na kvalitu plodů a odolnost k suchu

Vydal:

VÝZKUMNÝ A ŠLECHTITELSKÝ ÚSTAV OVOCNÁŘSKÝ HOLOVOUSY s.r.o. Holovousy 129,
508 01 Holovousy

1. vydání, 2025

ISBN 978-80-88669-08-1

<https://doi.org/10.60615/20tc-ev85>