

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

**OVĚŘENÁ TECHNOLOGIE OPĚRNÝCH
KONSTRUKCÍ A REGULACE ZATÍŽENÍ
SLOUPOVITÝCH ODRŮD JABLONÍ**

Luděk Laňar a kol.



OVĚŘENÁ TECHNOLOGIE

2025

Pracovník zodpovědný za dodržení podmínek poloprovozních pokusů:

Ing. Luděk Laňar, Ph.D.

Kontakt na vedoucího autorského kolektivu:

ludek.lanar@vsuo.cz

Zpracování, metodické vedení a hodnocení:

Ing. Luděk Laňar, Ph.D.

Bc. Lukáš Nývlt

Ing. Klára Scháňková

Ing. Lubor Zelený

Ing. Jan Náměstek, Ph.D.

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

Autoři fotografií a obrázkových schémat:

kolektiv autorů

Místo pokusu: VŠÚO Holovousy s.r.o.

Dedikace:

Výstup je ověřenou technologií pro pěstování sloupovitých jabloní v integrovaných pěstitelských systémech a je výsledkem řešení výzkumného projektu QK21010170 „Nová koncepce sadů s nástupem technologií 4.0“ Projekt byl řešen v letech 2021–2025.

Obsah

1. POPIS VÝSTUPU	4
2. ÚVOD	4
2a. Opěrné konstrukce v jabloňových sadech	4
2b. Regulace plodnosti sloupovitých jabloní	5
3. TECHNOLOGIE.....	6
3a. Návrh opěrné konstrukce pro intenzivní sloupovité výsadby.....	6
3b. Ověření vlivu mechanismů regulace plodnosti na výnos a efektivitu sloupovitých jabloní	9
4. ZÁVĚR.....	12

1. POPIS VÝSTUPU

Ověřená technologie technického řešení opěrných konstrukcí v intenzivních jabloňových sadech je praktickým výstupem aplikovaného výzkumu VŠÚO Holovousy. Navržený systém vychází z kombinace dřevěných okrajových sloupů a betonových vnitřních sloupů, mezi nimiž jsou napnuty nosné dráty pro vyvazování stromů, upevnění závlahového systému a pro nesení protikrouповé sítě. Technologie shrnuje doporučené technické parametry, materiály a pracovní postupy pro návrh a realizaci konstrukce v podmínkách střední Evropy, s ohledem na využití moderních intenzivních výsadeb s hustými spony, možnost nasazení mechanizace a prvků automatizace. Dále se zabývá ověřením optimálního ztížení pěstovaných sloupovitých jabloní plodností pomocí redukce květů a plodů a stanovuje jeho optimální výši.

2. ÚVOD

2a. Opěrné konstrukce v jabloňových sadech

Moderní intenzivní jabloňové sady se zakládají na slabě rostoucích podnožích, ve sponu zhruba 3–3,5 m mezi řadami a 0,8–1,2 m v řadě, tedy s hustotou kolem 2000–4000 stromů/ha. Stromy jsou řezány do tvaru štíhlého či superštíhlého větene, s cílovou výškou koruny přibližně 2,5–3,5 m. Tyto stromy mají díky využívání slabě rostoucích podnoží mělký kořenový systém, úzkou korunu, ale velmi vysokou plodnost. Takové stromy nejsou schopny sami o sobě unést tak velkou úrodu, či odolat silnému větru. Proto je po celou dobu životnosti sadu (cca 15–20 let) nutná trvalá opěrná konstrukce. Ta stabilizuje kmínky, umožňuje vyvazování terminálních výhonů i větví do požadovaného tvaru, a současně musí dlouhodobě odolávat větru, sněhu či mechanickému namáhání při průjezdu techniky.

Historicky se používala především individuální opora – každý strom měl vlastní dřevěný kůl o průměru 7–9 cm a délce kolem 2,5–3 m, z toho zhruba 0,5 m bylo usazeno v půdě. S rostoucí hustotou výsadeb se však prosadilo drátěné vedení (drátěnka). V řadě jsou po určité vzdálenosti instalovány nosné sloupy, mezi nimiž je napnuto běžně 3–5 vodorovných drátů. Střední osa stromků se pak vyvazuje k těmto drátům, případně přes tenké opěrné tyčky (bambus, sklolaminát). Typicky se vodící dráty umísťují alespoň ve výškách 0,6 m, 1,2 m a 1,8 m, u vyšších tvarů až do 2,5–3 m.

Základem systému drátěnky jsou nosné sloupy, dráty a kotvení. Pro intenzivní jabloňové sady se velmi osvědčila kombinovaná konstrukce:

- krajové (rohové) dřevěné sloupy, tlakově impregnované, většinou borovicové, odolné kůly o průměru přibližně 10–20 cm a délce 4–5 m. Díky pružnosti lépe snášejí dynamické zatížení větrem a krupobitím.
- mezisloupy betonové (předpjaté) o velikosti stran obvykle 6–10 cm, které zajišťují tuhost konstrukce uvnitř bloku.

Sloupy se obvykle rozmísťují v řadě po 6–10 m podle členitosti terénu, přítomnosti křížového zavětrování a délky řádků. Celková délka sloupu bývá 3–4 m pro běžné vedení a 4–5 m tam, kde se uvažuje protikrouповá síť. Spodní část sloupu (0,5–0,8 m) se zapouští do půdy, aby nadzemní část dosáhla zhruba výšky porostu (2,5–3,5 m) a zároveň poskytla dostatek

prostoru pro horní podélný drát a případnou síť. Sloupy stojí zpravidla kolmo, krajové jsou běžně mírně vykloněné ven z řádku, aby lépe přenášely tah drátů a nevykláněly se dovnitř výsadby.

Krajové sloupy nesou největší zatížení, proto musí být pevně vzepřené a ukotvené. Bývají podsypány hrubým šterkem nebo betonovým recyklátem. Pro ukotvení je nejčastější řešení zemní kotva (šroubová nebo zatloukáci) délky kolem 1–1,5 m, instalovaná v ose tahu. Sloup se s kotvou propojí ocelovým lanem nebo silným drátem s napínákem. U dlouhých řad se doplňují mezikotvy či šikmá ztužující lana i uvnitř bloku. Stabilita opěrné konstrukce stojí právě na kvalitním kotvení.

Mezi sloupy se napínají pozinkované ocelové dráty vysoké pevnosti, obvykle o průměru 2,2–3,5 mm. První drát bývá ve výšce cca 0,5–0,6 m, další v rozestupech 50–70 cm, přičemž se instalují minimálně tři až čtyři úrovně podle cílové výšky stromů. Dráty se napínají pomocí napínáků, ráčen, heverů nebo speciálních spojek (např. typu Gripple) a jejich tah musí být takový, aby se pod tíhou plodů významně neprověšovaly. K upevnění na sloupky slouží svorky kroužky či spony, je nutné počítat s malou vůlí kvůli teplotní roztažnosti materiálu.

Vyvazování stromků probíhá postupně – mladé stromky se často nejprve fixují k individuální bambusové či sklolaminátové tyčce a s růstem se přichytávají k jednotlivým drátům. Používají se pružné úvazky, plastové klipy či baumfixy, které nepoškozují kůru a umožňují kmínku tloustnout.

Na stejnou kostru se v praxi navazují doplňkové systémy. Spodní drát často nese kapkovou závlahu – polyetylenovou hadici s integrovanými kapkovači v rozteči kolem 0,5–1,0 m, která dodává vodu přímo ke stromům a umožňuje fertigační hnojení. Vyšší případně hustěji dimenzovaná konstrukce s okrajovými dřevěnými a vnitřními betonovými sloupy může nést i protikroupové sítě zavěšené na horním podélném drátu. V mrazově rizikových polohách se na vrchol sloupů se mohou montovat nadkorunové postřikovače protimrazového systému, takže stejná konstrukce musí unést i dodatečnou zátěž ledu a vody.

Dřevěné krajní sloupy, betonové mezisloupy, víceúrovňové drátěné vedení a robustní kotvení představuje dnes obecně přijímaný standard opěrných konstrukcí pro intenzivní jabloňové sady. Jedná se o základní „infrastrukturu“ sadu, na kterou se postupně připevňuje vše, co daný sadář potřebuje, ať už se jedná o stromy, sítě, závlahu či případné automatizované technologie.

2b. Regulace plodnosti sloupovitých jabloní

Regulace násady plodů u sloupovitých odrůd jabloní je klíčovým opatřením. Tyto odrůdy mají slabou samoregulační schopnost a výraznou tendenci ke střídavé plodnosti. Bez zásahů dochází k nepravidelným cyklům, kdy se střídají roky vysokých výnosů s malými plody s roky s velmi malou násadou a úrodou, což vede k výrazným ekonomickým ztrátám. Účinná regulace tedy musí stabilizovat každoroční produkci a zajistit optimální kvalitu plodů.

Regulační zásahy probíhají v několika fázích. Prvním krokem je zimní či předjarní řez, při němž se upravuje plodný obrost a počet květních pupenů. Optimální úroveň je kolem 30 pupenů na metr délky osy. Druhou fází může být regulace v době kvetení, a to buď ruční probírkou květenství, kdy ponecháme okolo 30 květenství na metr osy stromu, nebo chemickým zásahem

omezujícím opylení. Pro standardní odrůdy se využívá zejména účinné látky thiosíran amonný nebo polysulfid vápenatý, aplikovaný v jednom až dvou termínech. Tato metoda je rychlá, ale její účinnost je silně závislá na povětrnostních podmínkách. V době květu lze také nasadit mechanické ometače květů. Vzhledem k riziku pozdních mrazů je nutné tato opatření provádět uvážlivě, nicméně časnější regulace obecně podporuje tvorbu větších plodů a lepší založení pupenů pro příští rok.

Hlavním regulačním opatřením u běžných odrůd je chemická probírka plůdků prováděná ve fázi velikosti plůdků 6–16 mm, typicky v polovině května. Používají se látky jako kyselina naftyloctová, benzyladenin nebo metamitron. Jejich účinek však kolísá podle teploty, světla, kondice stromu a lze jej jen částečně upřesnit pomocí modelů (např. BreviSmart®, Rimpro). U sloupovitých odrůd zatím nejsou dostupná specifická doporučení a chybí experimentální data z použití chemické probírky.

Posledním krokem regulace plodnosti, který lze provádět je ruční probírka plůdků, která je nejpresnější, ale zároveň nejdražší a časově nejnáročnější. U sloupovitých odrůd se jako optimální konečná násada jeví 20–25 plodů na metr délky osy. Cílem systému regulace je dosáhnout této hodnoty co nejefektivněji, rovnoměrně v celém porostu a s minimální meziroční variabilitou.

3. TECHNOLOGIE

3a. Návrh a ověřená technologie opěrné konstrukce pro intenzivní sloupovité výsadby

Navržená opěrná konstrukce pro superštíhlé vřeteno ve VŠÚO Holovousy je koncipována jako prostorově stabilní rámová soustava, která kombinuje dřevěné krajové sloupy, betonové mezisloupy a současně slouží jako nosná kostra porostu, kapkové závlahy i protikroupové sítě. Výsadba je založena ve sponu 2,5 m mezi řadami a 0,5–0,67 m vzdálenosti jednotlivých stromů od sebe v řadě, s cílovou výškou porostu 3,5 m. Poměr výšky porostu k šířce meziřadí je tedy záměrně vyšší než běžně doporučovaný poměr 1:1, ale konstrukce i pěstitelský tvar jsou navrženy tak, aby díky úzkým osám byla zachována dostatečná světelná distribuce i do spodních partií. Toto uspořádání umožňuje dosáhnout potenciálních výnosů až 100 t/ha při plném zapojení porostu.

Nosný systém tvoří v každé řadě sloupy délky 5 m, z nichž 0,8 m je zapuštěno do země, nadzemní část tedy dosahuje výšky 4,2 m. V obvodových pozicích jsou použity dřevěné sloupy o průměru 12–14 cm, které díky své pružnosti lépe přenášejí dynamické zatížení větrem či jinými klimatickými vlivy, zatímco ve vnitřních pozicích jsou osazeny štíhlejší železobetonové sloupy o profilu 8×7 cm zajišťující tvarovou stálost. Sloupy jsou v řadě rozmístěny po 10 m, což představuje kompromis mezi tuhostí konstrukce a požadavkem na ekonomiku. Koncové dřevěné sloupy jsou instalovány mírně šikmo od řádku a kotveny na jedinou zemní kotvu délky 1,5 m, tvořenou ocelovým vrutem z žebírkové oceli o průměru přibližně 2 cm. Na spodním konci kotvy je přivařen kruhový talíř o průměru 30 cm, který zajišťuje kotvení v půdě. Kotva je zavrtána do hloubky 1,5 m a nad terén vyčnívá pouze oko ve výšce asi 10 cm, do něhož jsou zapojena kotevní lana i podélné nosné dráty. Kotevní lana jsou vedena tak, aby fixovala krajový

sloup proti tahu všech napnutých vodičů i protikrouповé sítě, tahové síly se rozkládají do země přes šroubovou kotvu, která díky větší hloubce a talíři poskytuje dostatečnou rezervu únosnosti.

Vedení drátů je rozděleno na dvě hlavní úrovně pro oporu stromů a podélný drát pro nesení sítě. Ve výšce 0,6 m a 3,5 m nad terénem jsou v podélném směru nataženy pozinkované nosné dráty o průměru 2,2 mm, které slouží jako opěrné linie pro stromky. Spodní drát zároveň nese kapkovou závlahu. Kapkovací hadice je k němu připevněna tak, aby byla chráněna před poškozením mechanizací při kultivaci a současně rovnoměrně zavlažovala těsně u kmenů stromků. Kapkovače jsou na hadici rozmístěny po 0,5 m, což při použitých sponech umožňuje přidělit každému stromu minimálně jeden kapkovač a zajistit tak rovnoměrnou distribuci vody po celé délce řady. Horní podélný drát ve výšce 3,5 m je dimenzován jako nosný pro horní části os stromů a zároveň nese bambusové tyče. Nad ním, v hřebenové úrovni konstrukce, je veden podélný pozinkovaný drát o průměru 3,8 mm, který vytváří nosný prvek pro protikrouповou síť. Příčná lana jsou vedena mezi řadami v rozestupech odpovídajících šířkám polí, kotvena jsou přes krajové sloupy ke kotvám tak, aby řady udržovaly svou příčnou stabilitu i při zatížení sítí a silám působícím napříč řadami.

Opора jednotlivých stromů je řešena prostřednictvím bambusových tyčí o délce 305 cm a průměru 22–24 mm. Bambusy jsou ve výšce 0,6 m a 3,5 m upevněny k drátům pomocí stabfixů, čímž vzniká stabilní svislá osa, ke které se vyvažuje kmen sloupovitých odrůd. Mezi oběma nosnými dráty není natažen žádný další drát, takže okolo každé osy vzniká volný vertikální prostor. Toto řešení je zvoleno záměrně. Jsou tak minimalizovány překážky v korunové zóně. To umožňuje nasazení a pohyb automatizovaných sklízecích hlav nebo dalších robotických nástaveb, které pracují mezi osami a drátem nesoucím vrchol stromu. Zároveň se zachovává dostatečná opora pro strom při plném zatížení plody, neboť bambusová tyč fixovaná mezi horním a spodním drátem vytváří rám a zabraňuje vychýlení nebo zlomení osy.

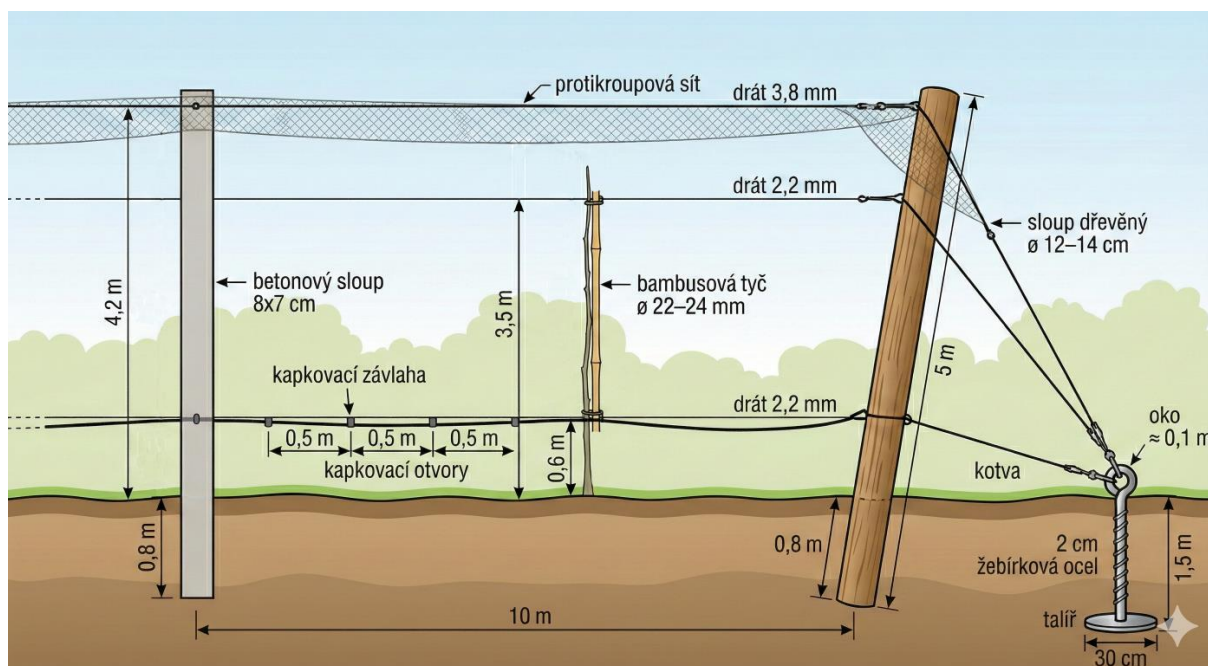
Na horní drát o tloušťce 3,8 mm je upevněna běžně používaná protikrouповá síť. Síť je vedena tak, aby nad vrcholy stromů zůstala minimálně půl metrová rezerva, čímž se zamezuje zarůstání apikálního vrcholu do sítě. Síť je širší než šíře meziřadí a vytváří tak z čelního pohledu hřebenový profil protože konce jednotlivých síťových pásů sepnuté uprostřed meziřadí jsou výrazně níže než střed pásu nad řadou. To umožňuje jednoduché sesypávání krup do meziřadí otvory mezi sponami. Upevňovací prvky tedy spony jsou voleny tak, aby při extrémním zatížení umožnily lokální uvolnění, rozepnutí sítě a sesypání krup do meziřadí bez destrukce nosné konstrukce či stromů, potažmo úrody. Celý systém deseti řad o délce 130 m tak vytváří ucelený blok, v němž opěrná konstrukce nese jak porost, tak ochranné prvky. V současné fázi není konstrukce vybavena protimrazovým systémem, avšak nadimenzování sloupků, drátů i kotev s jejím případným dodatečným osazením počítají. Postřikovače a rozvody lze instalovat na jednotlivé sloupy.

Navržené technické řešení je založeno na standardně dostupných materiálech a komponentách. Současně respektuje požadavky na vysokou zatížitelnost, dlouhou životnost a kompatibilitu s moderní mechanizací. Kombinace krajových dřevěných a vnitřních betonových sloupů, relativně velkých roztečí 10 m mezi betonovými sloupy, dvou nosných drátů ve výškách 0,6 a 3,5 m, kapkové závlahy zavěšené na spodním drátu a bambusových tyčích vyvázaných mezi obě úrovně vedení vytváří konstrukci, která je dostatečně robustní pro cílové výnosy, ale zároveň prostorově otevřená pro budoucí automatizaci. Přestože jsou konkrétní rozměry navrženy pro podmínky pokusného bloku ve VŠÚO Holovousy, princip kombinace dřevěné a

železobetonové kostry se dvěma řadami nosných drátů pro porost a jednou linií pro sítě, je přenositelný i do provozních výsadeb. Vždy je však nutno přizpůsobit dimenzování velikosti pěstebního bloku, půdním podmínkám a větrné expozici po konzultaci se specializovanými firmami.



Obrázek 1. Fotografie ověřené technologie (konstrukce sadu), na které jsou dobře patrné jednotlivé prvky konstrukce a způsob vedení stromů



Obrázek 2. Schematické znázornění jednotlivých prvků konstrukce

3b. Ověření vlivu mechanismů regulace plodnosti na výnos a efektivitu sloupovitých jablek

Stromy byly vedeny jako superštíhlé vřeteno s velmi krátkými postranními strukturami, které po řezu nepřesahovaly 15 cm délky. Tyto krátké plodonosné struktury byly na centrální ose rozmístěny nepravidelně, obvykle v hustotě 2–6 kusů na 10 cm délky. Sad byl veden v režimu integrované produkce.

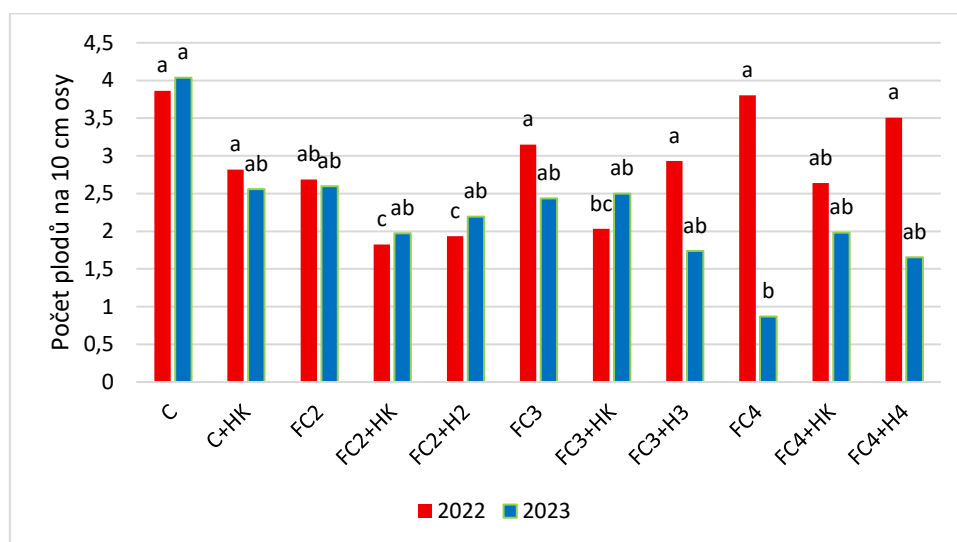
V prvním roce byly všechny plůdky odstraněny, aby stromy investovaly energii do zakořenění, růstu a rovnoměrného založení květních pupenů. Od druhého roku byly uplatněny různé navržené varianty regulace násady k ověření: ruční probírka květenství (FC), ruční probírka plůdků (H) a ruční probírka plůdků pouze na královský plod (HK). Tyto postupy byly aplikovány samostatně či v kombinaci a cílové zatížení bylo nastavováno na 2, 3 nebo 4 květenství či plůdky na 10 cm centrální osy. Jednoleté terminální dřevo se do výpočtu nezahrnovalo a květenství na něm byla vždy zcela odstraněna, aby byl podpořen růst stromů v terminální části. Součástí pokusu byla i neregulovaná kontrola (C) a varianta C+HK, tedy pouze probírka na královský plod bez předchozí regulace květenství (viz tab. 1).

Probírka květenství probíhala na začátku kvetení, zatímco probírka plůdků byla prováděna v období končícího červnového propadu. Hodnocení zahrnovalo délku centrální osy bez jednoletého dřeva, počet květenství na ose, počet plodů ve třech velikostních kategoriích (<60 mm, 60–70 mm, >70 mm) a výnos na strom. Z těchto údajů byl pak vypočten počet plodů na 10 cm centrální osy jako parametr zatížení, specifický výnos v kg na 10 cm osy a výnos v t/ha. Meziroční stabilita produkce byla hodnocena pomocí indexu alternace.

Tabulka 1. Přehled aplikovaných probírkových variant

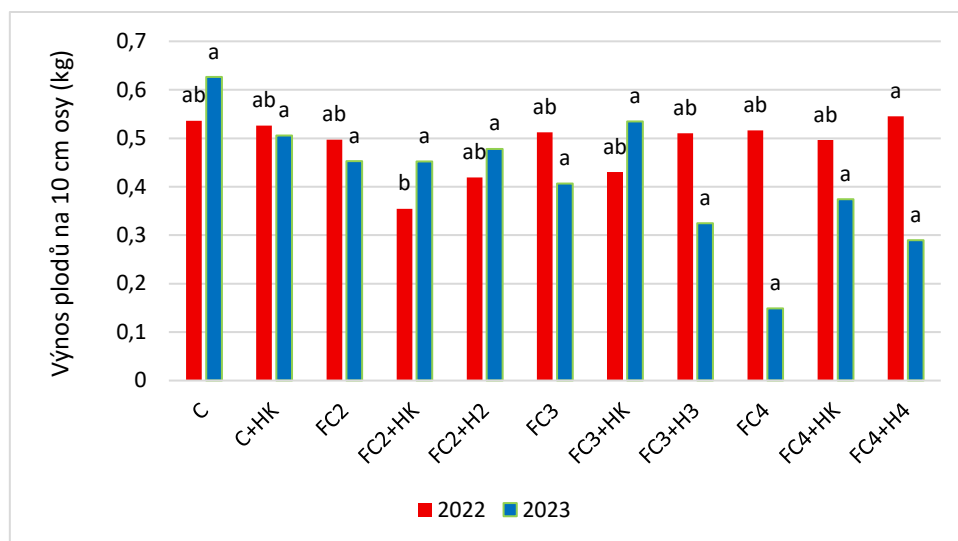
Zkratka ošetření	Popis ošetření
C	Kontrola, bez aplikace probírky.
C+HK	Bez probírky květenství, pouze ruční probírka plůdků na královský plod.
FC2, FC3, FC4	Pouze redukce květenství na 2, 3 nebo 4 ks na 10 cm výšky centrální osy, bez následné probírky plůdků.
FC2+HK, FC3+HK, FC4+HK	Redukce počtu květenství na 2, 3 nebo 4 ks na 10 cm výšky centrální osy s následnou ruční probírkou plůdků na královský plod.
FC2+H2, FC3+H3, FC4+H4	Redukce květenství na 2, 3 nebo 4 ks na 10 cm výšky centrální osy s následnou ruční probírkou plůdků na zatížení 2, 3 nebo 4 plody na 10 cm centrální osy.

Graf 1. Průměrný počet sklizených plodů na 10 cm centrální osy v jednotlivých variantách a letech.



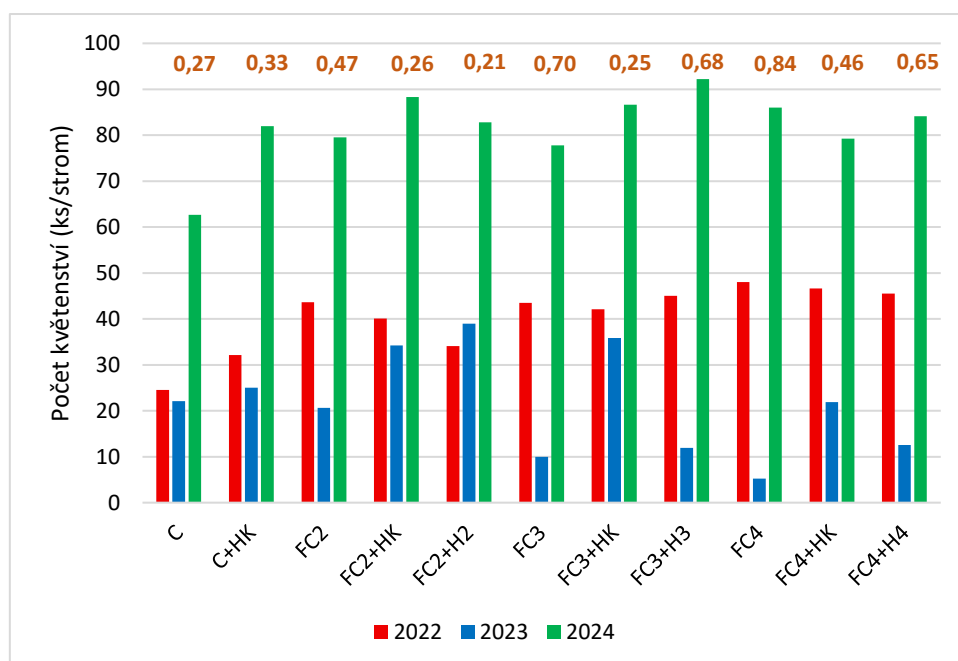
Různá písmena označují statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými variantami v každém roce zvlášť při $\alpha \leq 0,05$.

Graf 2. Průměrný specifický výnos (kg) sklizených plodů na 10 cm centrální osy v jednotlivých variantách a letech.



Různá písmena označují statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými variantami v každém roce zvlášť při $\alpha \leq 0,05$.

Graf 3. Průměrné počty květenství na strom před probírkou v jednotlivých letech a červeně uvedená hodnota indexu alternace pro každou variantu.





Obrázek 3. Ověřená technologie opěrné konstrukce sadu superštíhlých vřeten sloupovitých jabloní z čelního pohledu

Z výše uvedených výsledků je patrné, že ověřeným stupněm zatížení, které umožňuje dosahování vysokých výnosů a zároveň stabilní produkci kvalitních plodů, je 2-2,5 plodu na 10 cm délky centrální osy. To odpovídá výnosu cca 0,4-0,45 kg na 10 cm centrální osy. Při dopočítání projektované délky plodné osy na hektar to umožňuje dosahování cílových stabilních a kvalitních výnosů okolo 100 t/ha.

4. ZÁVĚR

Výše popsaná technologie opěrných konstrukcí a regulace zatížení stromů plodností, navržená pro použití ve vysoce intenzivně pěstovaných jabloňových sadech sloupovitých odrůd, byla provozně ověřena a prokázána její aplikovatelnost. Ověřenou technologii konstrukce i regulace zatížení stromů je možné využít ve výrobní praxi.