



Dr. Apáti Ferenc
FruitVeB elnök
intézetvezető, egyetemi docens
Debreceni Egyetem MÉK Kertészettudományi Intézet



Fagyvédelmi kutatások eredményei a hazai gyümölcsstermesztésben

„Elmélet és gyakorlat: K+F eredmények multidiszciplináris tudományterületeken”
Debrecen, 2025. december 09.

A fagyok típusai:

1. Szállított fagy (áramlási fagy, advektív fagy)

- széllel hideg légtömeg áramlik be,
- a levegő folyamatos mozgásban van,
- a levegő hőmérséklet szerinti rétegződésében nem feltétlenül van nulla fok fölötti hőmérsékletű réteg,
- fentiek miatt szinte lehetetlen védekezni ellene.

2. Kisugárzási fagy (radiációs fagy)

- a légkör még kismértékű felmelegedése és a nyitott égbolt miatt kisugárzódik a hőenergia és lehűl a levegő,
- általában „tökéletes” szélcsend van, legfeljebb enyhe fuvallatok érezhetők,
- jó védekezési módszerek állnak rendelkezésre

3. Kevert fagy

- az előző két folyamat együttesen jelenik meg

A fagyok meghatározó paraméterei, melyek eldöntik a fagyvédelem hatékonyságát

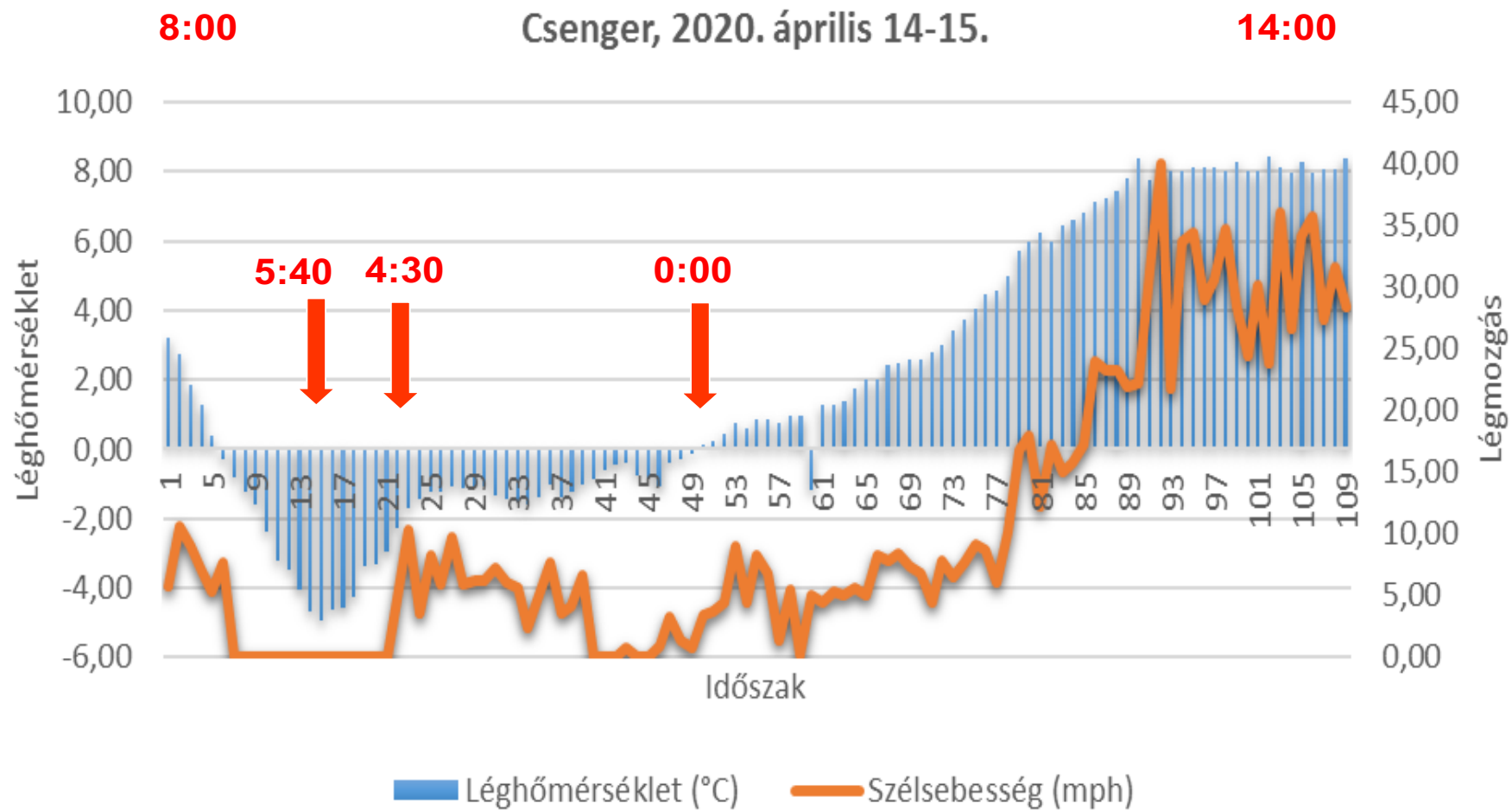
- 1.) A lehűlés mértéke (hőmérséklet)
- 2.) A fagyhatás hossza (és a felmelegedés gyorsasága)
- 3.) A légmozgás erőssége
- 4.) A hőmérsékleti inverzió erőssége

Az ültetvény hőkisugárzása tavasszal:

$$\begin{aligned} &= 70-105 \text{ W/m}^2 = 70-105 \text{ J/s/m}^2 \\ &= 2\,520-3\,780 \text{ MJ/ha/óra} \end{aligned}$$

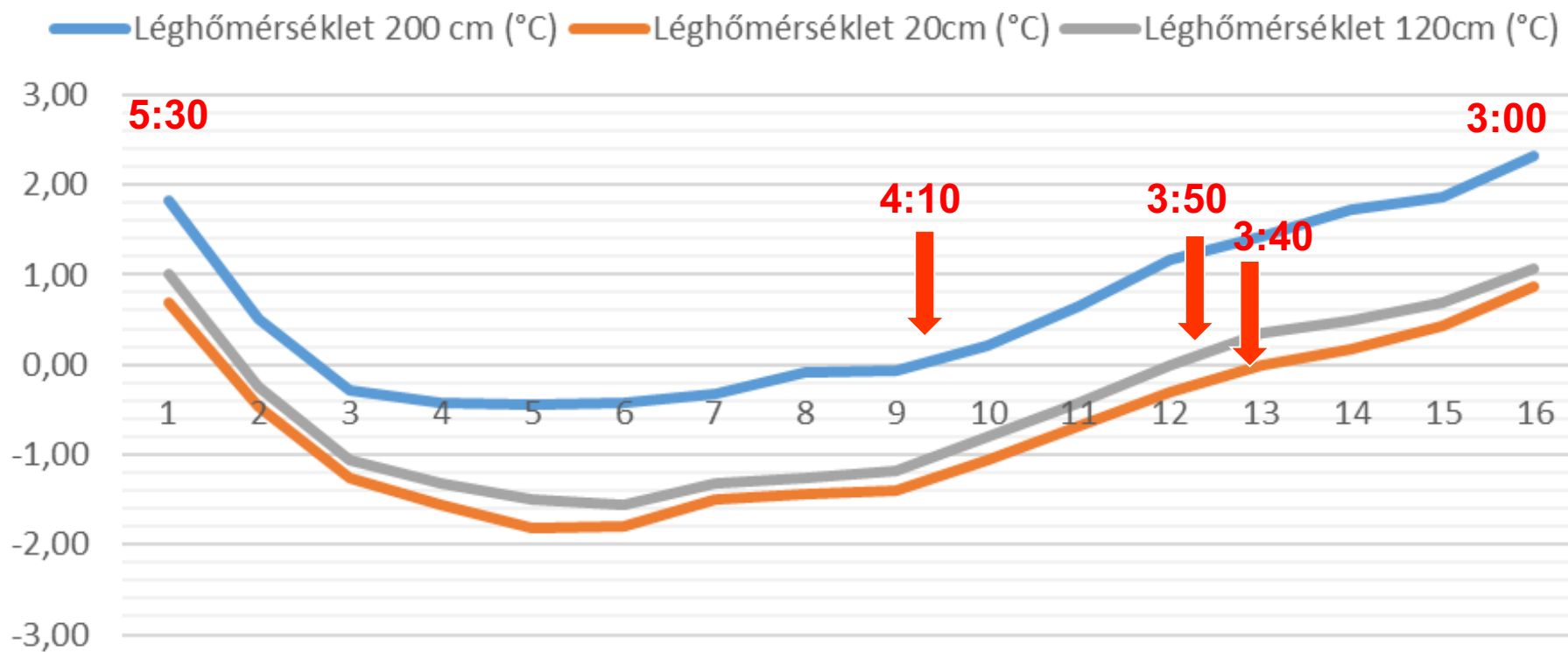
**A sikeres fagyvédekezéshez az energiaveszteségek miatt
5 000-10 000 MJ/ha/óra energia előállítása szükséges!!!**

A tavaszi fagyok természete



A tavaszi fagyok természete

Geszteréd, 2020. május 23.



Kritikus hőmérséklet

Alma

<i>Fenológiai állapot:</i>	Rügy-pattanás	Rügy-fakadás	Zöld bimbó	Piros bimbó	Virágzás kezdet	Teljes virágzás	Szirom-hullás vége	Kis gyümölcs
Kritikus hőm.	-7,0	-4,0	n.a.	-2,2	-2,0	-1,8	-1,8	-1,6
10% kár	-9,4	-7,7	-2,8	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2
90% kár	-16,7	-12,2	-6,1	-4,4	-3,9	-3,9	-3,9	-3,9

Körte

<i>Fenológiai állapot:</i>	Rügy-pattanás	Rügy-fakadás	Zöld bimbó	Piros bimbó	Virágzás kezdet	Teljes virágzás	Szirom-hullás vége	Kis gyümölcs
Kritikus hőm.	-7,0	-6,0	n.a.	-2,8	-2,0	-1,6	-1,5	-1,0
10% kár	-9,4	-6,7	-4,4	-3,3	-2,8	-2,2	-2,2	n.a.
90% kár	-17,6	-14,4	-9,4	-5,6	-5,0	-4,4	-4,4	n.a.

Csereesznye

<i>Fenológiai állapot:</i>	Rügyduzzadás, rügy-pattanás	Zárt virág-köteg zöld bimbó	Virág-köteg szétválík kezdeti fehér bimbó	Virágzás kezdet	Teljes virágzás	Szirom-hullás	Kis gyümölcs	Gyümölcs-növekedés
Kritikus hőm.	-3,0-5,0	-3,0-4,5	n.a.	-2,2	-1,7	-1,1	-1,0	-1,0
10% kár	n.a.	n.a.	-2,7	-2,7	-2,4	-2,1	n.a.	n.a.
90% kár	n.a.	n.a.	-6,2	-4,9	-3,9	-3,6	n.a.	n.a.

Kritikus hőmérséklet

Kajsziarack

<i>Fenológiai állapot:</i>	Rügyduz- zadás, rügy- pattanás	Csésze- levelek láthatók zöld bimbó	Kezdeti fehér bimbó	Virágzás kezdet	Teljes virágzás	Szirom- hullás	Termés- kezde- mény	Gyümölcs- növe- kedés
Kritikus hőm.	-4,0	-4,0	-3,5	-3,0	-2,2	-0,8	-0,5	-0,5
10% kár	n.a.	-6,2	-4,9	-4,3	-2,9	n.a.	-2,6	-2,3
90% kár	n.a.	-13,8	-10,3	-10,1	-5,6	n.a.	-4,4	-3,3

Őszibarack

<i>Fenológiai állapot:</i>	Rügyduz- zadás, rügy- pattanás	Csésze- levelek láthatók zöld bimbó	Szirom- levelek láthatók kezdeti fehér bimbó	Virágzás kezdet	Teljes virágzás	Szirom- hullás	Termés- kezde- mény	Gyümölcs- növe- kedés
Kritikus hőm.	-4,0	-4,0	-3,3	-2,8	-2,2	-1,8	-1,0	-1,0
10% kár	n.a.	-6,1	-3,9	-3,3	-2,7	-2,2	n.a.	n.a.
90% kár	n.a.	-15,0	-9,1	-5,6	-4,4	-3,9	n.a.	n.a.

Szilva

<i>Fenológiai állapot:</i>	Rügyduz- zadás, rügy- pattanás	Zárt virág- köteg zöld bimbó	Virág- köteg szétválík kezdeti fehér bimbó	Virágzás kezdet	Teljes virágzás	Szirom- hullás	Termés- kezde- mény	Kis gyümölcs, gyümölcs- növekedés
Kritikus hőm.	-5,0	-4,0	-3,0	-2,8	-2,0	-1,5	-1,0	-0,5
10% kár	-8,3	-6,6	-3,3	-2,8	-2,2	-2,1	n.a.	n.a.
90% kár	-16,1	-13,9	-5,6	-5,0	-5,0	-5,0	n.a.	n.a.

Előrejelzés, megfigyelés, mérés - döntés



A fagyvédelem módszerei

Passzív módszerek

1. Termőhely-választás
2. Alany-, fajtaválasztás
3. Nagyobb korona-, illetve famagasság
4. Alacsony gyep, széles művelt sorcsík
5. Virágzáskésleltetés
 - Telepítés lejtő É-i, NY-i oldalán
 - Hűtőöntözés
6. Kémiai védekezés
 - Karbamid
 - Bór
 - Frigocur
 - Gibberellin
 - Egyéb növénykondicionálók

Aktív módszerek

1. Füstölés, ködösítés
2. Légkeverés
 - Függőleges áramú
 - Vízszintes áramú
 - Helikopteres légkeverés
3. Fagyvédelmi öntözés
 - Korona alatti öntözés
 - Korona fölötti öntözés
4. Ültetvényfűtés
 - Fagyvédelmi kályha
 - Paraffinkannás hőtermelés
5. Mobil fagyvédelmi gépek
 - Frostbuster
 - Frostguard
 - Ködsárkány



Légkeverés

**Függőleges áramú
légkeverő ventilátor**



Helikopter



Légkeverés

**Mobil
szélgép**



**Telepített
szélgép**



Légkeverés

- A felsőbb „meleg” levegőt keveri az alsó néhány m-es réteg fagyos levegőjébe.
- Van telepített és mobil, valamint „sima” és fűtéssel kombinált változat.
- Tapasztalatok alapján hatékony, de csak akkor, ha „fent” meleg levegő van.
- **1,0-3,5°C-ot emel a hőmérsékleten!**
- A védekezést + 1-2 °C-kal a kritikus hőmérséklet elérése előtt kell megkezdeni, mert a keltett szél miatti fokozott párolgásnak hirtelen hűtő hatása van.
- Több szélgépet együtt szinergikus hatású!
- **Nem működik, ha nincs „fent” meleg levegő**

????????????????????????????????

- **Hatásfok („munkamagasság”, mozgatott levegő mennyisége)**
- **Védett terület nagysága**
- **Egy hektárra eső beruházási költség**
- **Működési költség (Ft/ha/óra)**

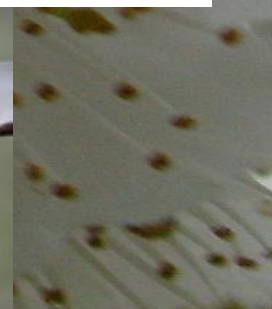
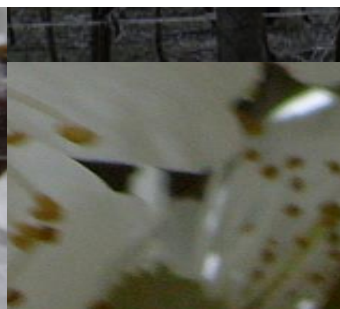


Fagyvédelmi öntözés

Korona fölötti fagyvédelmi öntözés

A víz hőmérsékletének és halmazállapotának változásával járó energiaátalakulások

Folyamat	Hő változás	
	(kcal/kg víz)	(kJ/kg víz)
A víz lehűl 10 °C-ról 0 °C-ra	+10,0	+41,9
A 0 °C-os víz megfagy	+79,7	+333,7
A jég 0 °C-on megolvad	-79,7	-333,7
A 0 °C-os víz elpárolog	-597,3	-2 500,8
A vízpára kondenzálódik 0 °C-on (párából víz lesz)	+597,3	+2 500,8
A jég szublimál 0 °C-on (jégből vízpára lesz)	-677,0	-2 834,5
A vízpára jéggé lerakódik 0 °C-on (vízpárából jég lesz)	+677,0	+2 834,5



Korona fölötti fagyvédelmi öntözés

Hatásmechanizmusa, alkalmazása:

- **A víz** lehűlése és **megfagyása során felszabaduló hőenergia** tartja 0 °C fölött a növényi szervek hőmérsékletét.
- **Folyamatosan a fagyás** állapotában kell tartani a vizet (2-5 mm/óra)!
- Nagyon fontos az **indítás időpontja**: „nedves hőmérsékletben” **0,5-1,0 °C-kal a kritikus hőmérséklet** elérése előtt.
- A túl korai indítás (főleg nagy légmozgásnál és alacsony páratartalomnál) a párolgás hűtő hatása miatt kárt okoz.
- Kikapcsolni csak akkor szabad, amikor a jég magától leolvadt (különben a jég szublimálása miatti hőelvonás súlyos fagykárt okoz).
- A **mikroszórófej víztakarékosabb, de csak kb. 4 °C-ot tud emelni, a nagyintenzitású körforgó 6-8 °C-ot tud**, de nagy a vízigénye.
- Mikroszórófejnél gyakran 0 °C „nedves hőmérsékletnél” indítani kell, hogy ne fagyjon bele a víz, ágyús változatnál ez nem gond.



Ültetvényfűtés

Ültetvényfűtés (kályhák, paraffinkanna)

A hatásmechanizmusa lényege maga a hőtermelés.

Ezért csak kisugárzásos fagynál jó, mert a légmozgás leviszi a területről a meleg levegőt.



Ültetvényfűtés

- **Nagy mennyiségű hőt** termelhetnek >>> **6 000-12 000 MJ/ha/óra** energia
- **3-6 °C-kal is emelhetik a hőmérsékletet**
- Csak kisugárzásos fagynál, közel teljes szélcsend esetén hatékony!
??
- Hatásfok – hőtermelés
- Begyűjtás módja
- Üzemeltetés munkaerő-igénye
- Környezetszennyezés
- Beruházási költség (vételár 1 ha-ra)
- Működési, üzemeltetési költség (fűtőanyag ára, munkaerő)





MAGYARORSZÁG
KORMÁNYA

Európai Unió
Európai Mezőgazdasági
Vidékfejlesztési Alap



A VIDÉKI TÉRSÉGEKBE BERUHÁZÓ EURÓPA

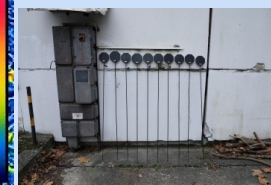
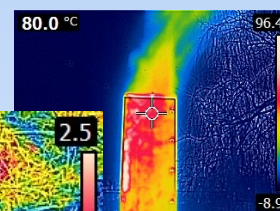
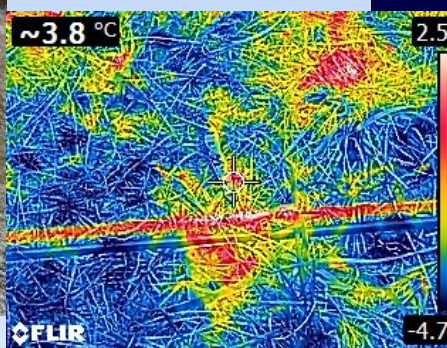
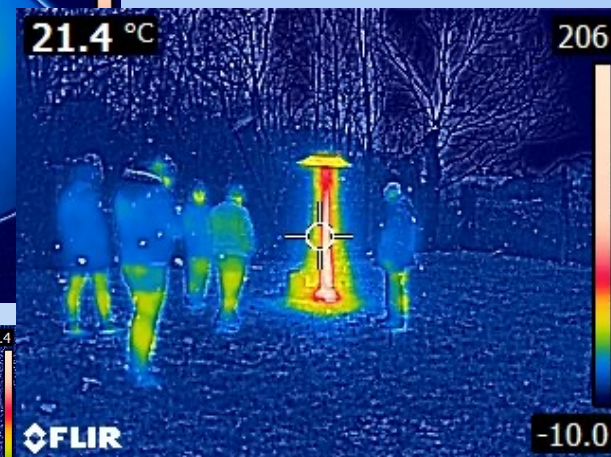
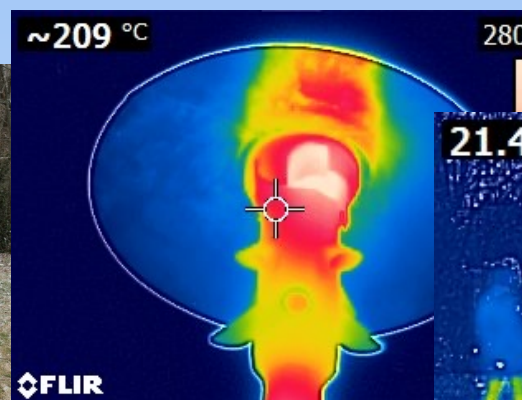
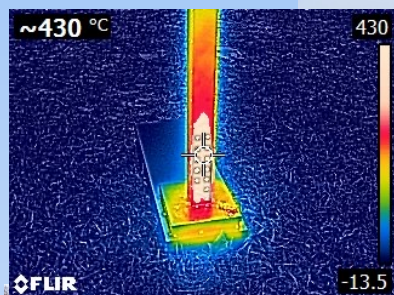
Tesztek



A fejlesztés a „Környezetkímélő fagyvédelmi fűtőberendezés fejlesztése szőlő- és gyümölcsültetvények, valamint zöldségkultúrák tavaszi fagykárainak megelőzésére” című, **VP EIP-AGRI** projekt keretében valósul meg (Projektazonosító: 3023454256)

Konzorcium tagjai: Agrokert Kft., eKözig ZRt., FruitVeB, Inno Inspire Kft., Tóth Tibor Béla, Filep László, Dr. Apáti Ferenc

Tesztek és további módosítások az optimálisabb működés és költséghatékonyság érdekében...



Összegzés

- A korona fölötti fagyvédelmi öntözés a legjobb hatásfokú, de nagyon nagy a vízigénye.
- Második legjobb hatásfokkal a paraffingyertyás vagy kályhás hőtermelés rendelkezik, de összességében a legdrágább és legkörülményesebb alkalmazású módszer.
- A szélgépek beruházási költsége relatíve magas, üzemeltetési költsége alacsony, közepes hatásfokú módszer, és nem hatékony minden kisugárzási fagytypus mellett.
- A vontatható fagyvédelmi gépek fajlagosan a legolcsóbbak, de hatásfokuk alacsonyabb.
- **Egyetlen fagyvédelmi technológiától sem lehet várni, hogy minden esetben megvéd a fagytól, de mindegyiktől várható, hogy megtérül.**
- **Nincs abszolút jó megoldás: egyénre kell szabni a gazdaság mérete, a táblák mérete és az erőforrások (tőke, víz, munkaerő) alapján.**
- **Jó támogatási környezetben: a beruházási költség jelentősége tompul, a hatásfok és a működési költség válik a fontosabbá.**
- **A gazdaságos fagyvédekezéshez legalább 3-4 millió Ft/ha áruértékű ültetvény szükséges!!!**



Köszönöm szépen a megtisztelő figyelmet!