

Három gabonarozsda-változat fertőzési valószínűségei Keszthelyen

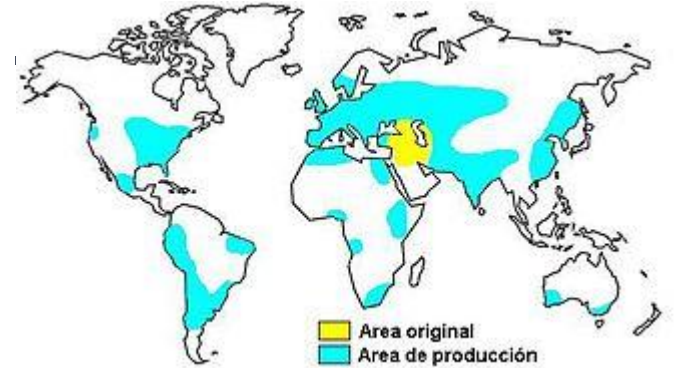
DR. ANDA ANGÉLA

Professzor, MATE Georgikon Campus, Keszthely

2025. december 4.



Őszi búza (Kína, India, Oroszo., USA (?)... 25. Magyarország)



Wiese (1998): 40 gomba, 32 vírus és 81 baktérium

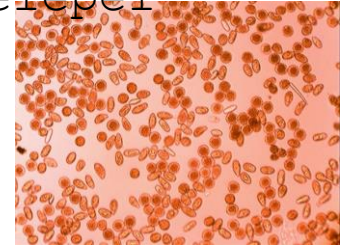
Vida et al. (2002a) gombák közül klimatikus feltételeinknek megfelel: a lisztharmat és a gabonarozsda

M. Vásár (2008): rezisztens búzafajták nemesítése (a sárgarozsdára 40, fekete-rozsdára 38 rezisztencia gén)

A rezisztenciagének hatékonysága a populáció összetételével módosul

Őszi búza rozsdá fajták

Szárrozsdá uredó-
telepei



- Vörös-, barna, vagy levélrozsdá (*Puccinia triticina* Erikss.) - múlt század(!); átmenetileg „eltűnt”
- Fekete- vagy szárrozsdá (*Puccinia graminis* Pers.:Pers. subsp. *graminis*) – még ritkább
- Sárgarozsdá (*Puccinia striiformis* Westend var. *striiformis*) – lokális fertőzés

Történeti áttekintés a három rozsdaváltozatról

Időjárásigény, korábbi eredmények

1825

A vörös/levélrozsdakárképe



Nyár: ... Uredospóra (vegetatív szap.
– látens periódus (LP)



Kalász 50%-os megj. – teljes érés

Szórtan és csoportosan lev. színén

Terméskiesés: 30-50%

[https://en.wikipedia.org/wiki/Rust_\(fungus\)#/media/File:Rust_attacking_stoma.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Rust_(fungus)#/media/File:Rust_attacking_stoma.jpg);
<https://www.karkep.hu/oszi-buza/gombabetegsegek/vorosrozsdaleirasa-eletmodja/a-vorosrozsdaleirasa-eletmodja>

Élettani hatásai

- **Transpiráció növelés** (albedó)
- **fotoszintézis intenzitás csökkentése**
- légzésintenzitás növelése
- ásványianyag felvétel zavara
- levélfelszín takarás
- korai és intenzív levélszáradás (akár 1 hét)
- felgyorsult öregedés
- **szemszám, ezerszemtömeg csökkenés**
- **minőségi paraméterek (siker)**

Gomba - időjáráshatás

- **Léghőmérséklet domináns**

(Nyár előtti terjedésre: szél)

Szabad víz (eső, harmat) - ???

- LP - spóra levélre érkezésétől az uredospóra kilövelléséig (Rossi et al. 1997):

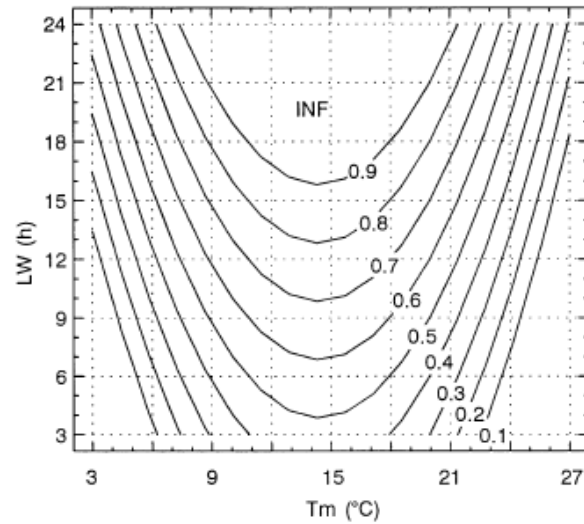
$$LP = 61,023 T_m^{-0,7019} \quad (1)$$

ahol T_m a napi középhőmérséklet

Fertőzés időtartama, IF (nap) Jasvir-Singh et al. (1989):
$$IF = 10,94 - 0,26 T_m \quad (2)$$

Őszi búza fejlődési fázisai			
Napi középhőm.	Bokrosodás	Kalászolás	Virágzás
T_m (°C)			
21,1	19	63	32
23,9	21	48	29
26,7	19	25	20
29,4	14	20	15

Fertőzés valószínűsége (INF) Rossi et al. (1997) –
uredospóra megjelenésétől max. fertőzésig –



$$INF_i = \frac{-78,011 + 15,995 T_{mi} - 0,556 T_{mi}^2 + 3,346 LW_i}{100} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} LW_i < 3, & \quad INF_i = 0; \\ INF_i < 0, & \quad INF_i = 0 \\ LW_i > 1, & \quad INF_i = 1. \end{aligned}$$

LW (h): levél nedvesség (h) –
3–24 óra
 T_m : 3–27 °C

Hazai feltételek

- Május-június optimális

T_m : 21-30 / 20-24°C

LW: 3-24 óra



<https://agro.bayer.co.hu/termek/karosito/korokozok/?id=45>

A fekete/szárrozsdá kárképe

Szárrozsdá uredotelepei:
száron, levélhüvelyen és
kalászon

– Pár nap után világos
foltok; a spóratömeg barna

Szél hozza (több száz km)
korábban déli áramlatok (É-
Afrika; Közel-Kelet és a
Balkán)



(<https://karkep.hu/oszi-buza/gombabetegsegek/fekete-rozsda/leirasa-eletmodja/a-feketerozsda-leirasa-eletmodja>)

Hőmérsékletigénye: 25–27°C; (De van ...–30°C). Melegigényes
Víz kell (harmat is elég). Fényigény –
spóra csírázáshoz
(Magyaró.: 1972 és 2006 járvány, ha sokáig
zöld marad)

Élettani hatásai:

- a beteg növény légzése duplázódik
- a már szemtermésbe beépült tápanyagokat is lebontja

Salotti et al. (2022) mechanisztikus modell (időjárás + fenológia); Európa és É-Amerika.

- i) csapadék $\geq 1 \text{ mm óra}^{-1}$ (a vízmennyiség kell az uredospórák kiüledéséhez)
- ii) a csapadék utáni nedves periódus ≥ 3 óra
- iii) a nedves időszak középhőmérséklete $15^\circ\text{C} < T_w < 32^\circ\text{C}$

1. A hőmérs. parametrizálása

A fertőzés (R_cT) két szakasza: a **germ.** $f(T)_{ger}$ majd a spóra behatolás **sztómán** át ($f(T)$):

$$R_cT = f(T)_{ger} \times f(T)_{pen} \quad (4)$$

$$f(T)_{ger} = (\alpha \times T_{eq}^\beta \times 1 - T_{eq})^\gamma \quad (5)$$

Ahol T_{eq} : az ekvivalens hőmérséklet

$$T_{eq} = (T_w - T_{min}) / (T_{max} - T_{min}) \quad (6)$$

$$(\alpha = 4,375 \pm 0,016, \beta = 1,391 \pm 0,419, \gamma = 0,396 \pm 0,201)$$

Uredospóra behatolás (hőmérséklet)

$$f(T)_{pen} = \vartheta \times \frac{\exp\left[\left((Tw - \delta) \times \frac{\tau}{\varepsilon + 1}\right)\right]}{1 + \exp\left[\left((Tw - \delta) \times \tau\right)\right]} \quad (7)$$

$$\mathbf{2. \text{ Légnedvesség analóg: } } RcWD = f'(WD)_{ger} \times f'(WD)_{pen} \quad (8)$$

$$f(WD)_{ger} = \frac{1}{1 + i \times \exp(-k \times WD)} \quad (9)$$

$$f(WD)_{pen} = (1 - \lambda) \times \exp(-\mu \times WD) \quad (10)$$

Első deriváltak (f') adják a légnedvesség hatást

Vagyis $f(WD)_{pen} = 0$, ha $WD < 3$ óra

$$\text{Ahol } \varepsilon = 2,699 + 1,83, \delta = 27,02 + 1,37, \tau = 0,683 + 0,155 \text{ és (lent) } \lambda = 1,207 + 0,124, \mu = 0,068 + 0,017$$

Hazai megjelenés

- 1970-es években eltűnt, majd vissza (2010-)
- Szeles időszak utáni meleg (T_m : 20-24°C opt.), június
- De leírták már áprilisban és május elején is

Még nem okoz komoly gondot

A sárgarozsda tünetei



Minden föld feletti szervre kiterjed, apró és sorokban rendezett.
Egygazdás gomba

Paprikás gomba –
kalászfertőzés jellegzetes
szín-változása

„Skandináv” rozsda volt –
alkalmazkodóképessége –
Egyiptomig

Vida et al. (2014) felvétele M.
vásáron

Hozzánk É-i és Ny-i szőlők

Fertőzéshez kell:

- nagy mennyiségű fertőző anyag
- fogékony növény
- kórokozó életfeltételeit teljesítő környezeti/időjárási tényezők

2014-ben járványt okozott Magyarországon őszi búzában

Állományi kárképe

Élettani hatása:

- elhalt zöldfelület
- Járványnál (levegő tele van spórákkal) lehet erős terméskiesés
- Szerek hatékonysága nem olyan jó

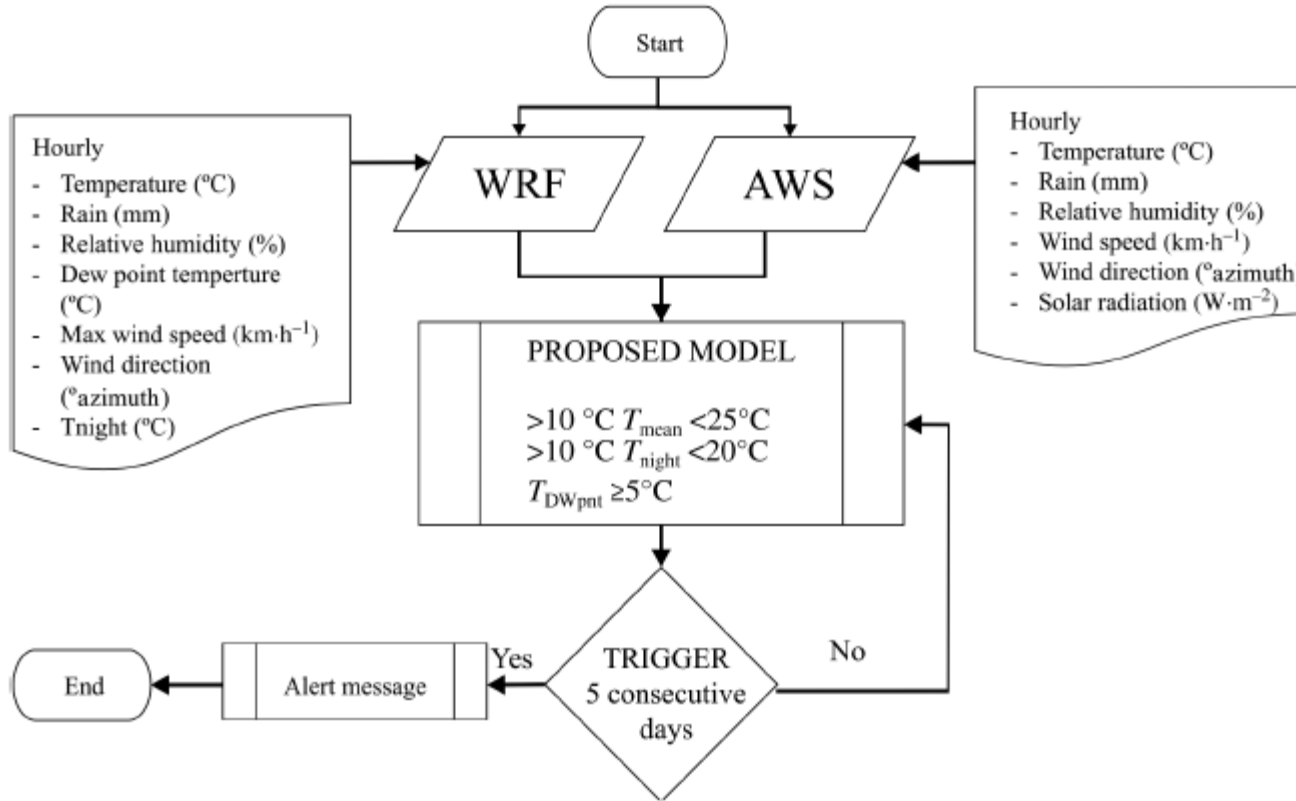
Hőmérsékletigénye széles

- Kutatások szerint kell nedvesség is.
- Hőm. intervallum: 4-26°C; optimális: 13-16°C (Gessele 1971)

(Spóra 35°C-on is fertőzött, Törökországban)

- minimum, optimum és maximum
 - 0 °C, 11 °C 23 °C (Hogg et al., 1969)
 - 2 °C, 15-24°C 30 °C (Murray et al., 2005)

Rodríguez-Moreno et al. (2020) „data-mining” modell, fa alapú regresszió – 9 met. elem



- Nappali órák: $10^{\circ}\text{C} < T_{\text{m}} < 25^{\circ}\text{C}$
- Éjszakai órák: $10^{\circ}\text{C} < T_{\text{m}} < 20^{\circ}\text{C}$
- Harmatpont hőmérséklet (T_{DWpnt})
- $T_{\text{DWpnt}} \geq 5^{\circ}\text{C}$

Hazai helyzetkép- jövőben várható



Hőmérsékletigény: 10-15°C

- Legkevésbé melegigényes faj
- Ellenálló=hiperszenzitivitás
- A levélen a telep kifejlődik, de nem termel spórát
- ***Az enyhe tél (-5°C), hűvös és csapadékos tavasz***
- ***Tavaszi napi átlaghőmérséklet 7 °C körüli +***
- ***4-6 órás harmatborítottság***

1

Anyag és módszer

1825

Helyszín és idő

- Keszthelyi Agrometeorológiai Kutatóállomás (hosszúság: $46^{\circ}44'$ N, szélesség: $17^{\circ} 14'$ E, tengerszint feletti magasság: 124 m)

Klímaállomás: QLC-50 típusú (Vaisala, Helsinki, Finland), CM-3 piranométerrel (Kipp & Zonen Corp., Delft, the Netherlands). Egynyári veg. periódus (ápr.-okt.) normáljai (1971-2000) T_a : $16,9^{\circ}\text{C}$, P: 384,3 mm

- 2014-2024 közötti őszi búza tenyészidőszakok (okt.-jún.) 11 éves ciklusára T_a : $9,0^{\circ}\text{C}$; P összeg: 443,1 mm

Időjárás elemzés napi és havi átlagokkal; Modellezés órás bontásban

- Meteorológiai elemek: léghőmérséklet (T_a) és relatív légnedvesség (RH) órás bontásban a gombaérzékeny hónapokban

Késő tavasztól – kora nyárig (ápr.1. – jún. 30.)

Levélnedvesség helyett $RH > 95\%$ rozsdafajtától függetlenül

Szél adatokat elemzéshez figyelembe vettük

Modell időjárási feltételei, fertőzési küszöb 11 év adatai alapján

Fekete/szárrozsdá: $T_a > 13,7^\circ\text{C}$; $RH > 95\%$; min. 5 óra (Salotti et al. 2022).

A max. gomba-jelenlét=16 óra (100%), a **fertőzési küszöb: 31%, közepes 32-65%, magas 66% felett.**

Sárgarozsdá: $T_a = 4-30^\circ\text{C}$ között; $RH > 92\%$; min. 4 óra (Junk et al. 2016).

Küszöb: 21%. Így 22-59% között közepes, 60% felett magas fertőzés

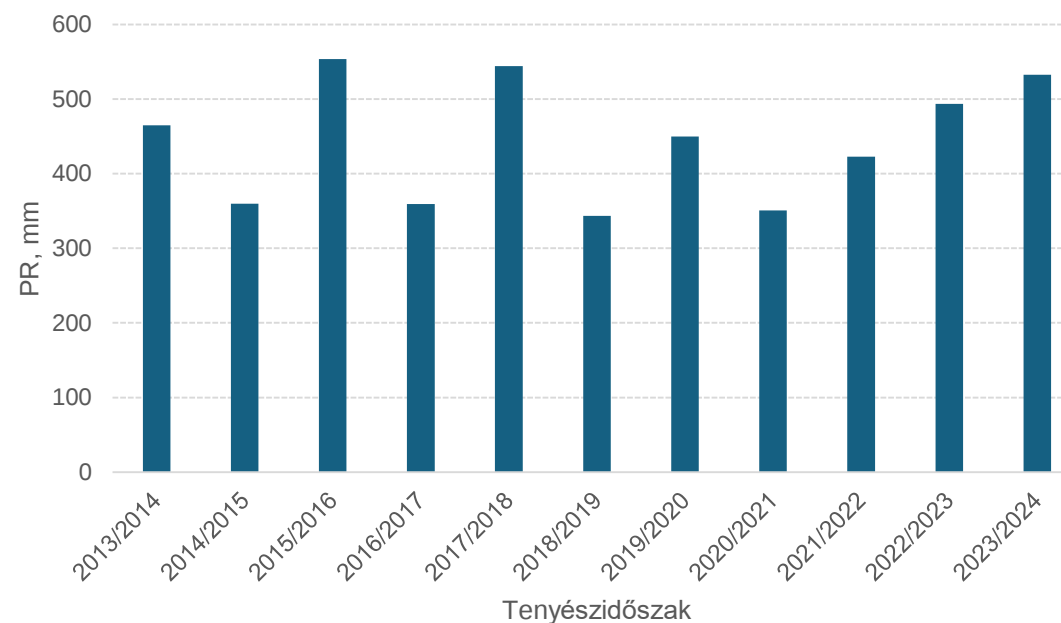
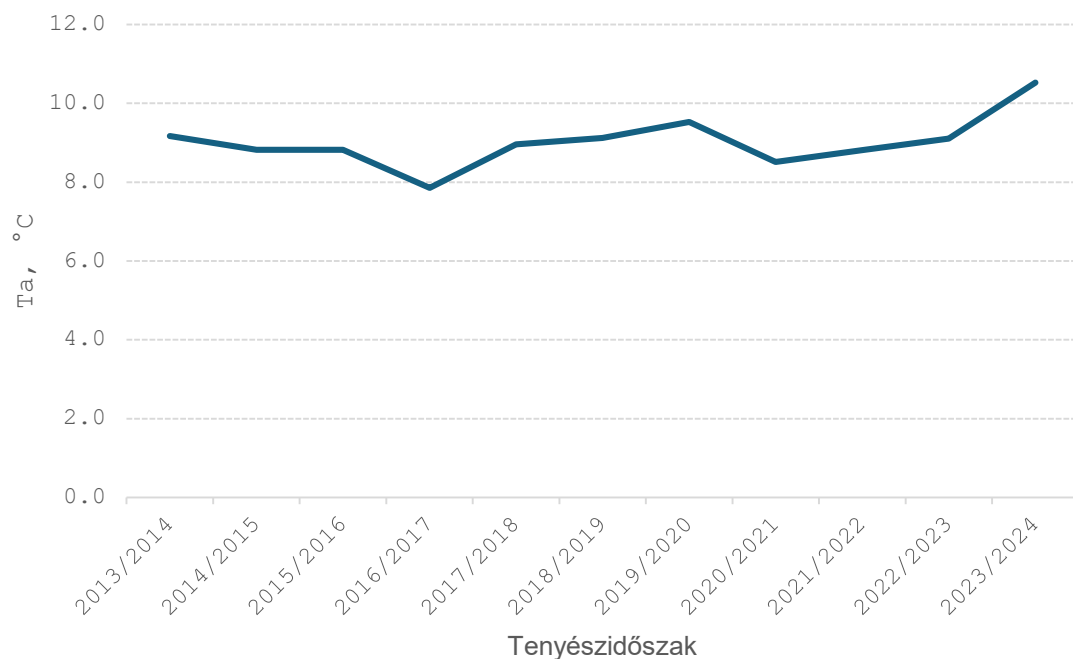
Vöröszrozsda: $T_a = 21-30^\circ\text{C}$; $RH > 95\%$; min. 3 óra (Rossi et al., 1997).

Küszöb: 23% alatt alacsony kockázat, 24-62% között közepes míg 62% felett magas a kockázat

Eredmények

1825

Tenyészedőszakok átl. T_a és P összegei



Átlagos az évjárat: T_a eltérése a 11 éves középtől $\pm 0,5$ °C alatt. Ez feletti T_a meleg, alattinál hűvös az évjárat.

A P átlagos: évjárat eltérése $\pm 20\%$. Ha ez $+20\%$ feletti=nedves, ha -20% -nál több, száraz az évjárat.

Kategóriák – gombafertőzés - T_a

Tenyészeitőszak / T_a	Április	Május T_a	Június
2014	meleg	hűvös	hűvös
2015	hűvös	átlagos	hűvös
2016	meleg	átlagos	átlagos
2017	hűvös	meleg	átlagos
2018	meleg	meleg	átlagos
2019	átlagos	hűvös	meleg
2020	átlagos	hűvös	hűvös
2021	hűvös	hűvös	meleg
2022	hűvös	meleg	meleg
2023	hűvös	átlagos	hűvös
2024	meleg	meleg	meleg

– Mindhárom hónapban a hűvös és a meleg hónapok előfordulása azonos (máj. – jún.)

– Átlagtól eltérő havi T_a P >70% mindhárom hónapban.

Csapadék, P

Tenyészydőszak/ P	Április	Május P	Június
2014	nedves	átlagos	átlagos
2015	száraz	nedves	száraz
2016	száraz	átlagos	nedves
2017	száraz	száraz	átlagos
2018	nedves	átlagos	nedves
2019	átlagos	nedves	száraz
2020	átlagos	száraz	nedves
2021	átlagos	átlagos	száraz
2022	nedves	száraz	nedves
2023	nedves	nedves	száraz
2024	nedves	nedves	átlagos

- 11 évből 3-4 átl. P bevételű

- Ápr.-ban kb. a fele hónap nedves

- Többiben eggyel kevesebb

- Legtöbb száraz hónap júniusban

A kettő együtt

Tenyészidőszak/ Ta+P	Április	Május Ta+P	Június
2014	<i>meleg-nedves</i>	hűvös-átlagos	hűvös-átlagos
2015	hűvös-száraz	átlagos-nedves	hűvös-száraz
2016	meleg-száraz	átlagos	átlagos-nedves
2017	hűvös-száraz	meleg-száraz	átlagos
2018	hűvös-átlagos	meleg-átlagos	átlagos-nedves
2019	átlagos	hűvös-nedves	meleg-száraz
2020	átlagos	hűvös-száraz	hűvös-nedves
2021	hűvös-átlagos	hűvös-átlagos	meleg-száraz
2022	hűvös-nedves	meleg-száraz	<i>meleg-nedves</i>
2023	hűvös-nedves	átlagos-nedves	hűvös-száraz
2024	<i>meleg-nedves</i>	<i>meleg-nedves</i>	meleg-átlagos

- 33 estből 4 hónap átl. és 4 meleg-nedves
- 2024: 2 meleg-nedves hónap egymást követően

Feketerozsda fertőzési kockázat, p/dekád

	dekád	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
április	1	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
	2	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
	3	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
május	1	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	magas
	2	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	közepes	közepes	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
	3	magas	alacsony	alacsony	alacsony	közepes	közepes	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	magas
június	1	alacsony	közepes	közepes	közepes	magas	közepes	közepes	alacsony	közepes	magas	közepes
	2	alacsony	alacsony	alacsony	közepes	közepes	közepes	közepes	alacsony	alacsony	közepes	közepes
	3	közepes	alacsony	alacsony	közepes	közepes	közepes	közepes	alacsony	közepes	magas	közepes

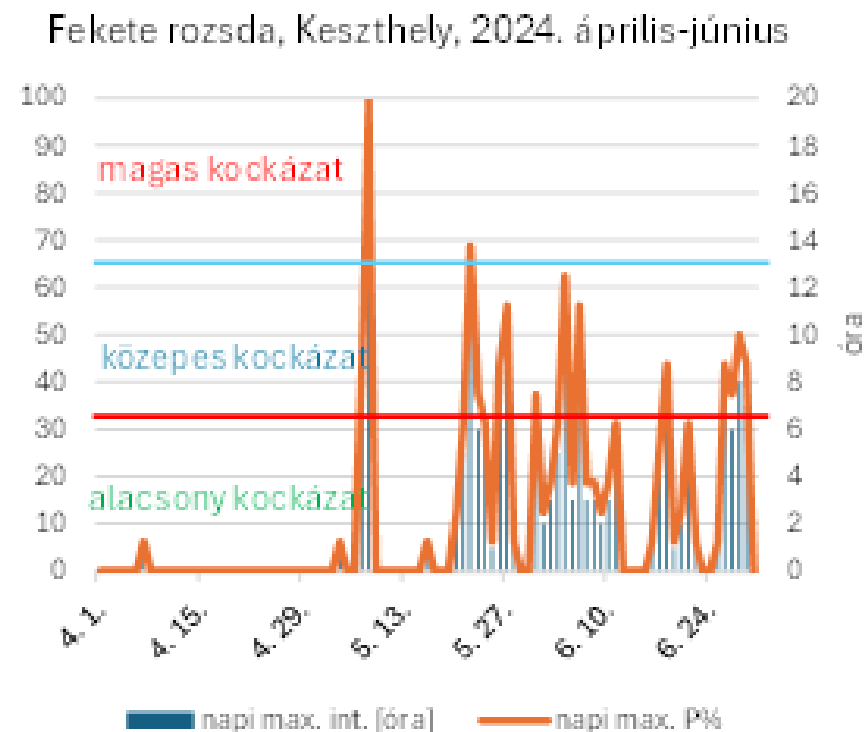
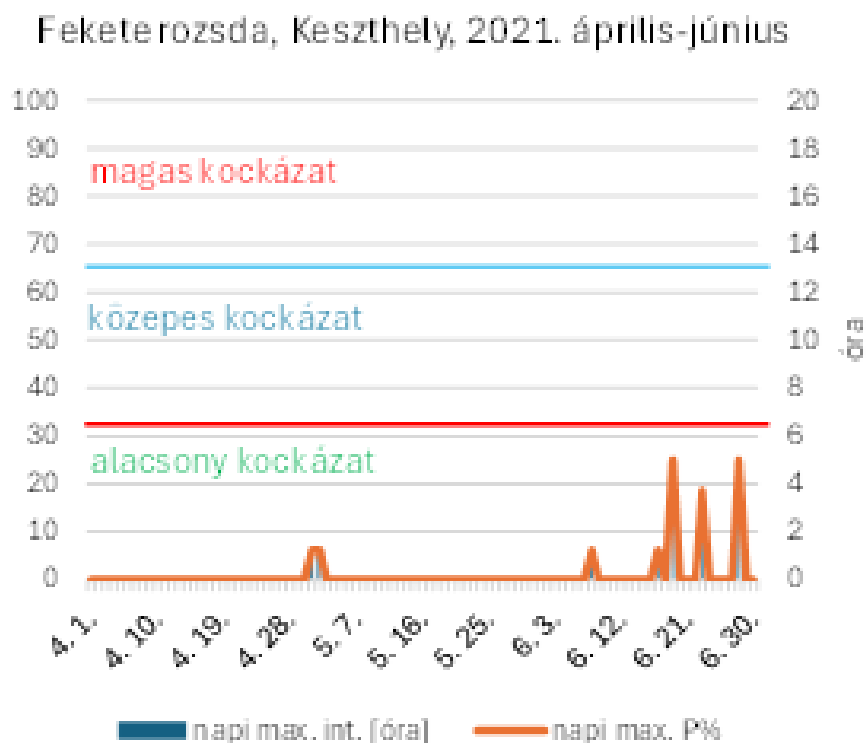
Április – nincs kockázat

2021 – végig alacsony; 2015–2016 – 1 közepes;

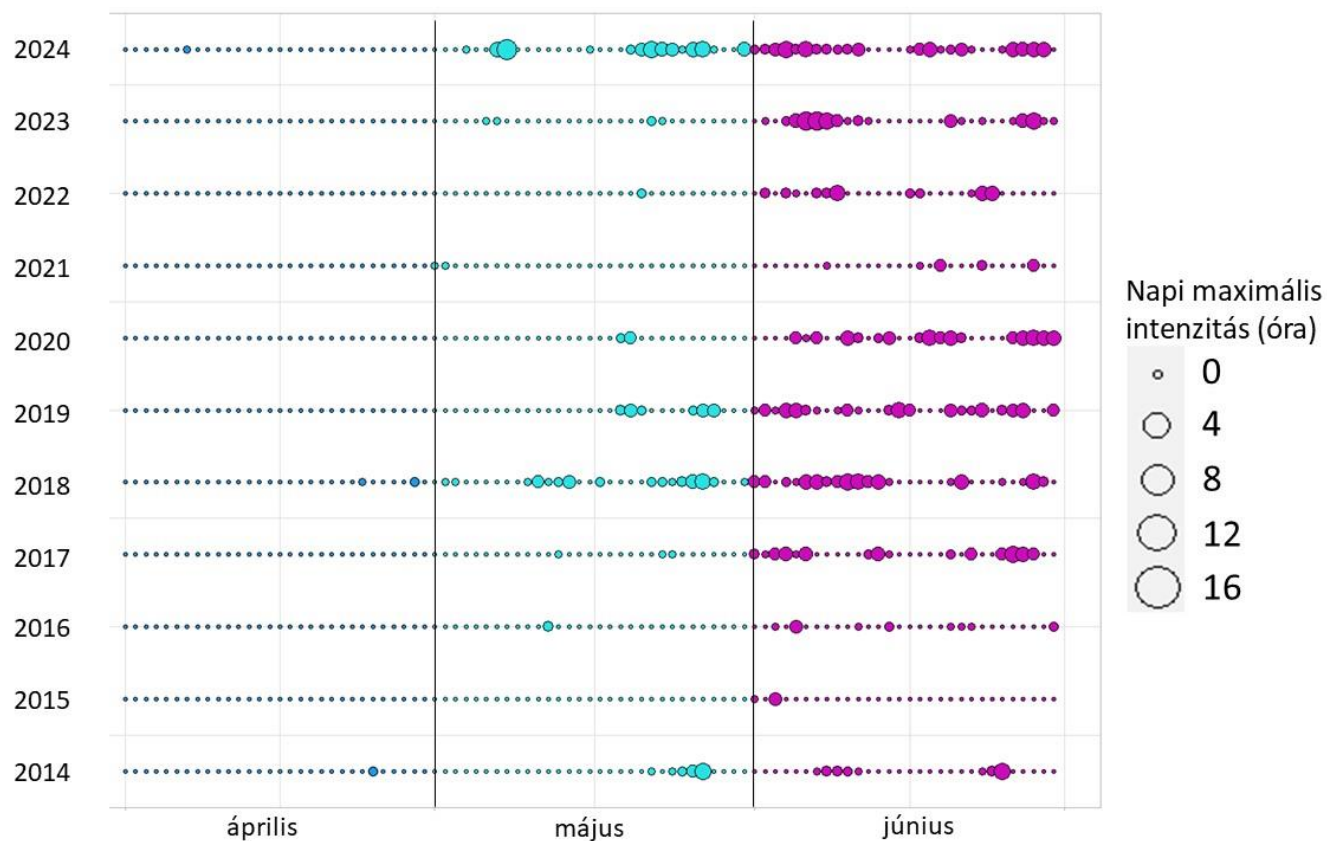
2022– két közepes dekád

5 dekádos, $p > 31\%$ -os megjelenésre 3 évben
(2018, 2019 és 2024) volt példa

Feketerozsda megjelenés kockázatai (óra)



Feketerozsda időbeli változás



- Limit $T_a = 13,7^\circ\text{C}$; 4 ó

Ápr. még hideg - ...
 Májustól (*kivéve*
2021-et = 13°C)
 : $14,0 - 18,9^\circ\text{C}$ már
 jó

Június - akár
 kétcsúcsú is lehet

Sárgarozsda fertőzési kockázat, p/dekád

	dekád	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
április	1	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	közepes	alacsony	alacsony	közepes	alacsony	közepes
	2	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	közepes	alacsony	közepes	alacsony	magas	alacsony
	3	közepes	alacsony	alacsony	közepes	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	közepes	alacsony	közepes
május	1	közepes	közepes	közepes	közepes	alacsony	magas	alacsony	közepes	alacsony	alacsony	magas
	2	közepes	alacsony	közepes	alacsony	alacsony	magas	közepes	közepes	alacsony	magas	alacsony
	3	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	közepes	alacsony	közepes	alacsony	alacsony	közepes
június	1	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	közepes	alacsony	közepes	alacsony	közepes
	2	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	közepes	alacsony	alacsony	közepes	közepes
	3	közepes	alacsony	közepes	alacsony	alacsony	közepes	közepes	alacsony	közepes	közepes	alacsony

2018 – nincs (kevés nap + alacsony szélsébk.)

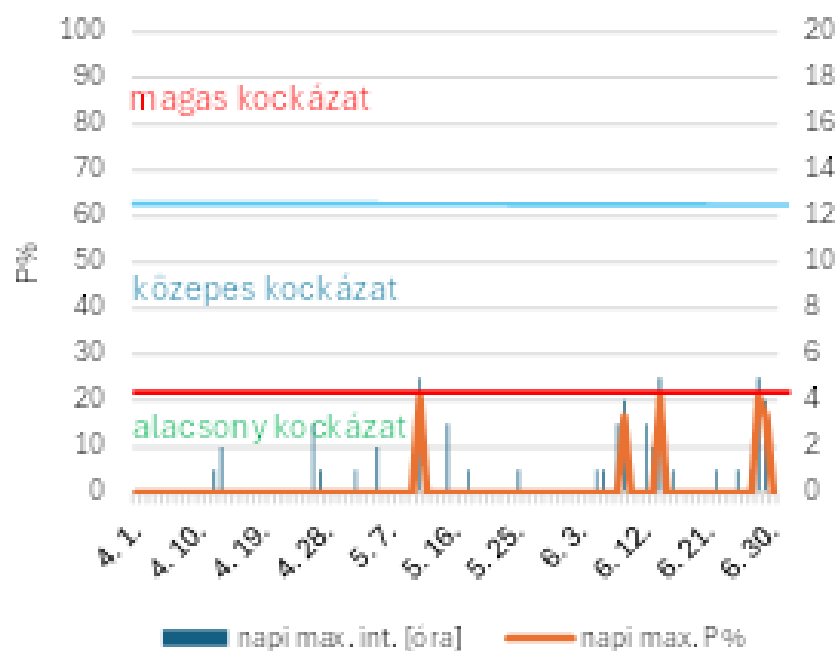
2015 és 2017 – alig van fertőzés (korán: ápr. vége – május eleje)

Magas: 2019 és 2024-ben 9-ből 6 legalább közepes kockázatú

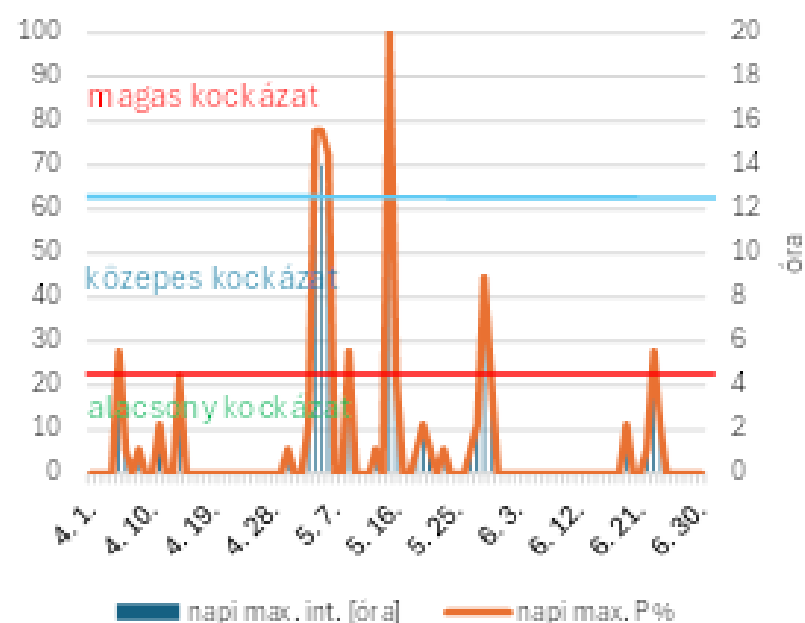
2023 – két magas kockázatú dekád, korán

Megjelenési kockázat órás adatokból

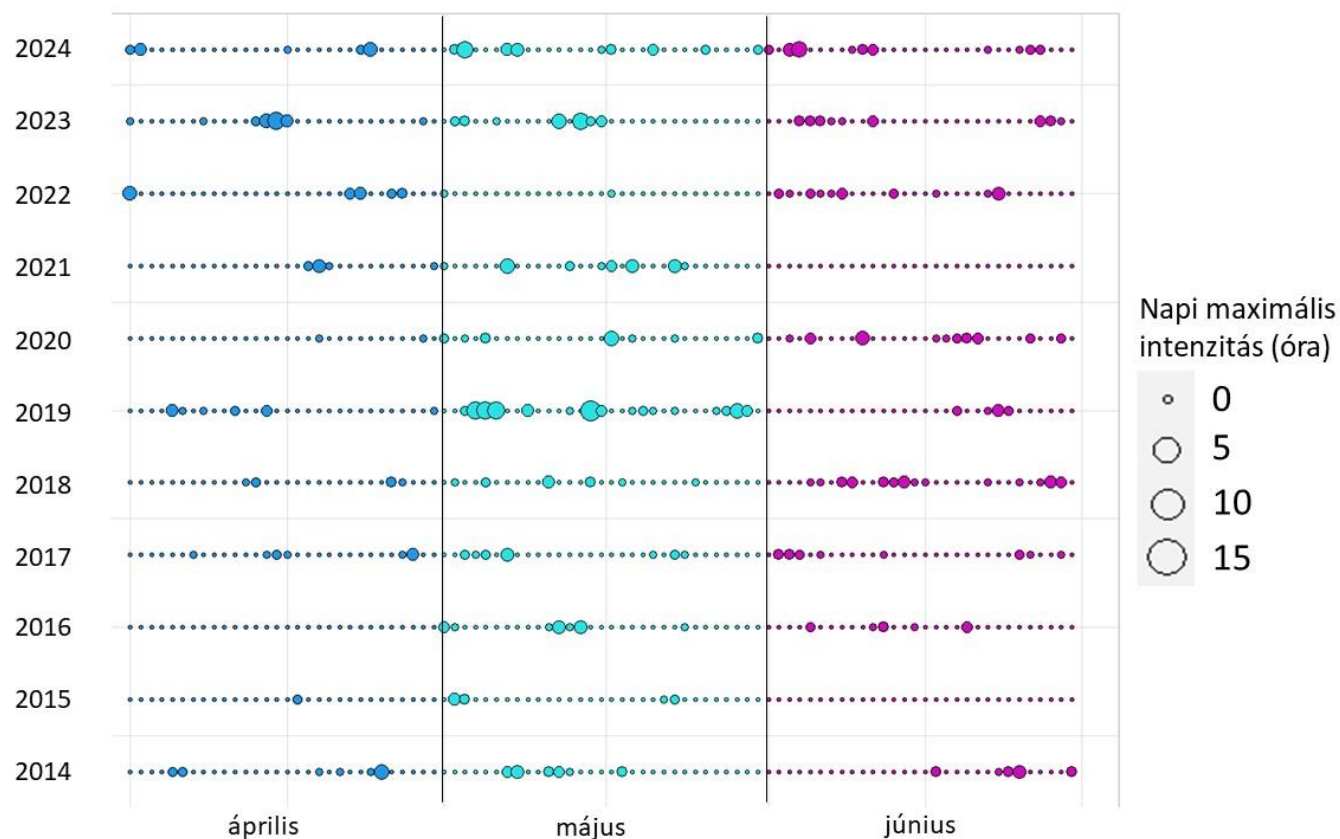
Sárga rozsd, Keszthely, 2018. április-június



Sárga rozsd, Keszthely, 2019. április-június



Időbeli fertőzés változás (sárgarozsda)



Limit: 4–30°C, RH
>92%, (4 óra)
Széles hőm.
intervallum –
hajnali nedvesség

Áprilistól
várható!

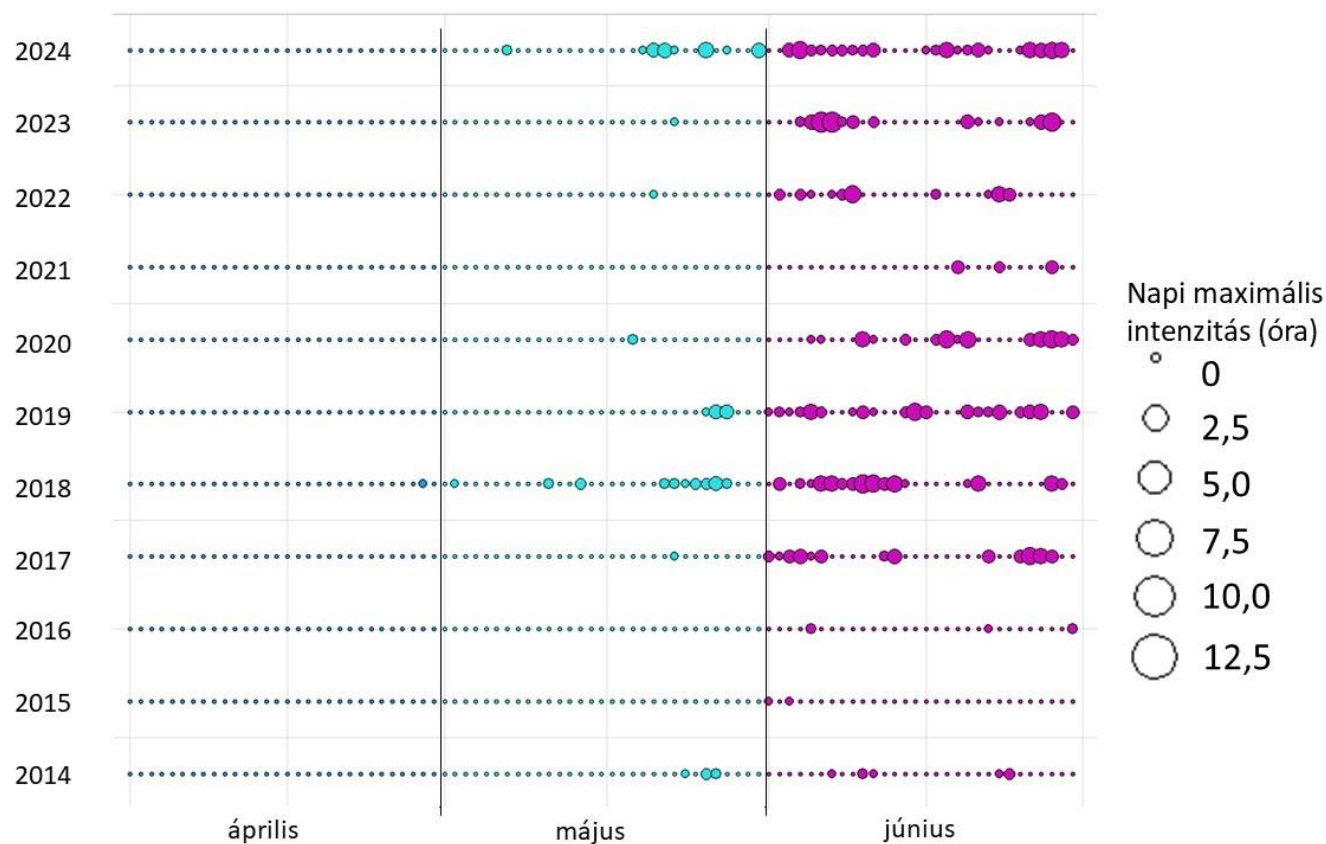
Legintenzívebb:
májusban

Vöröszrozsa fertőzési kockázat, p/dekád

	dekád	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
április	1	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
	2	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
	3	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
május	1	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
	2	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony
	3	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	közepes	közepes	alacsony	alacsony	alacsony	alacsony	közepes
június	1	alacsony	alacsony	alacsony	közepes	magas	közepes	közepes	alacsony	magas	magas	magas
	2	alacsony	alacsony	alacsony	közepes	magas	magas	magas	közepes	alacsony	közepes	közepes
	3	alacsony	alacsony	alacsony	magas	közepes	közepes	magas	közepes	közepes	magas	közepes

2014-2016 és 2021 május közepéig alacsony kockázat (hűvös tavasz-nyárelő)
 Május utolsó dekádjától várható (melegigényes, csapad. eltérő volt)
 2018, 2020 és 2023 meleg júniusa 2 csúccsal

Vöröszrozsa várható időbeli fertőzése

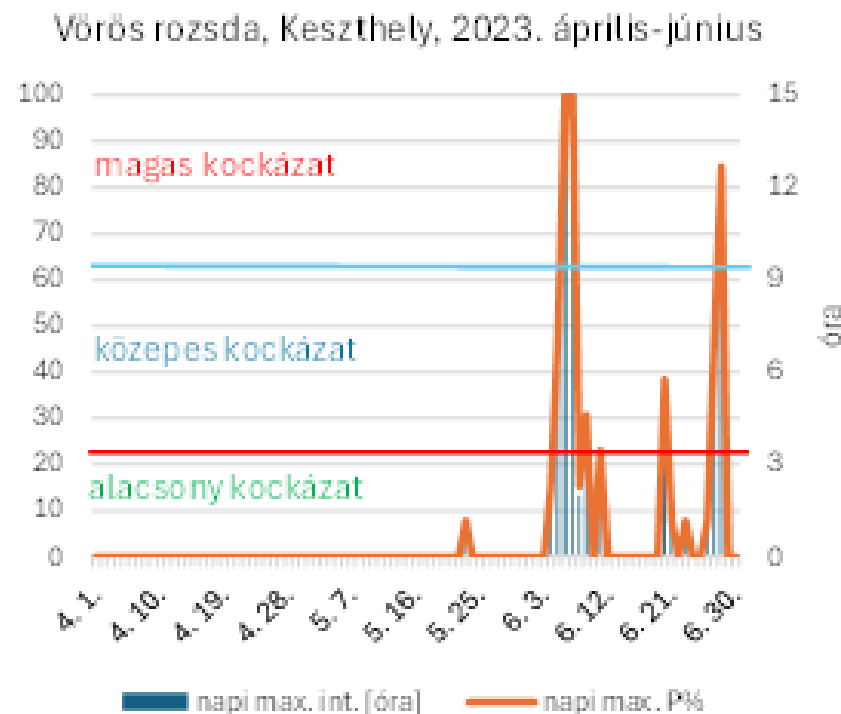
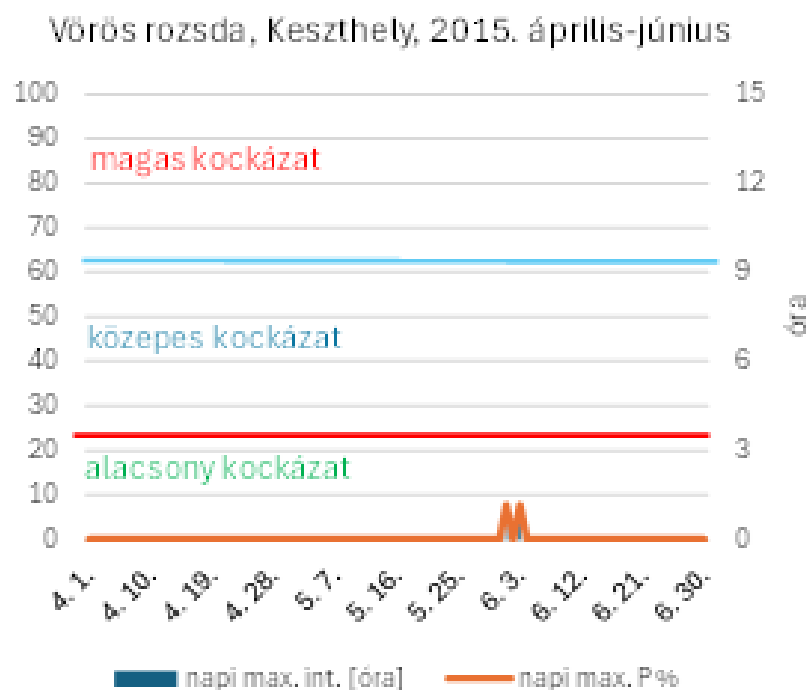


Melegigényes;
ápr.-ban nincs
veszély

Járványveszély
meleg és
csapadékos
nyárelő

Hét magas
kockázatú
évjárat (1017-
2020 és 2022-
2024)

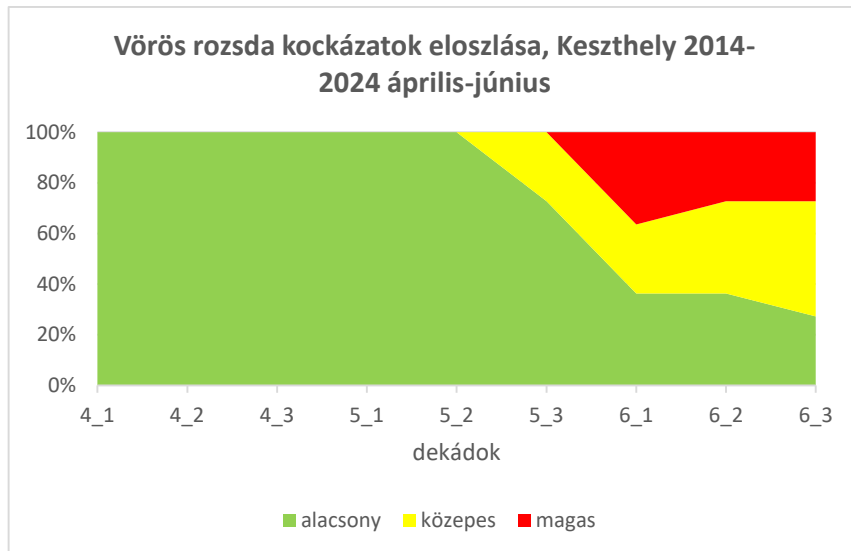
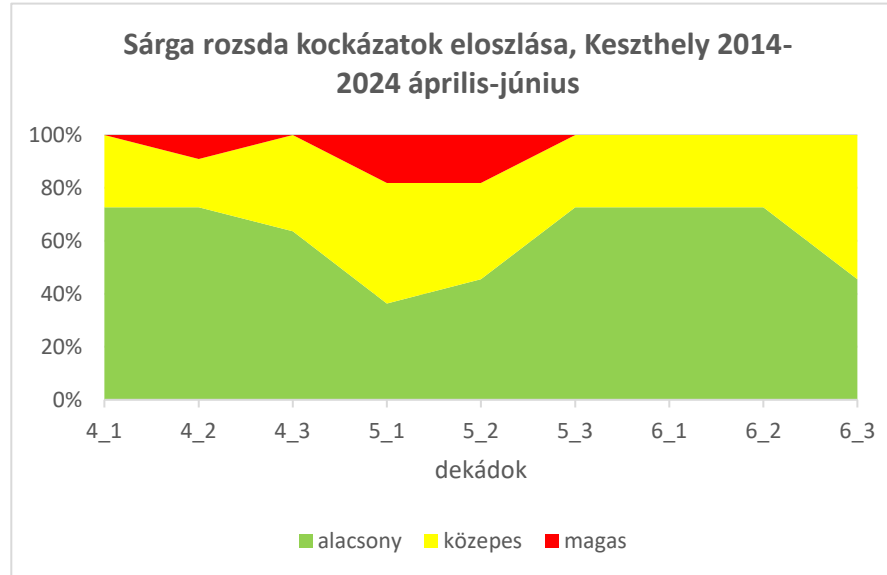
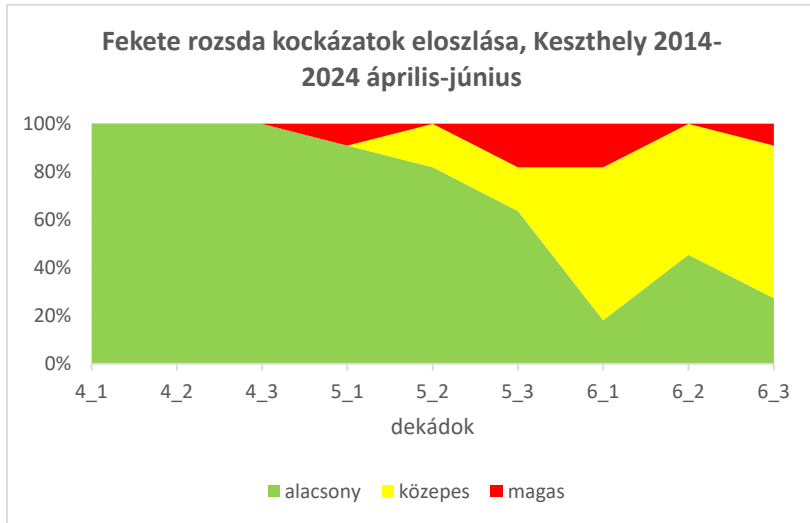
Vöröszrozsdá időbeli változásai



Összefoglalás, következtetés

1825

Halmazott területi diagramok a három változatra



Megjelenés – időbeni eltéréssel

Legkorábbi: **sárga rozsda** (ápr.) – később kockázat csökkenő

Ápr. végétől: fekete rozsda – végig kockázatos

Május közepétől: **vörös rozsda** – végig

Köszönöm a figyelmet!

MTA

