

АГРАРЕН УНИВЕРСИТЕТ – ПЛОВДИВ
ФАКУЛТЕТ ПО РАСТИТЕЛНА ЗАЩИТА И АГРОЕКОЛОГИЯ
КАТЕДРА ФИТОПАТОЛОГИЯ

МАРТИН ГЕОРГИЕВ МАРИНОВ

ЕПИДЕМИОЛОГИЯ И КОНТРОЛ НА
ЦИЛИНДРОСПОРИОЗА ПО ЧЕРЕША И ВИШНА
(*BLUMERIELLA JAAPII*)

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация за присъждане на образователна и научна степен „Доктор“

Професионално направление: 6.2. Растителна защита

Научна специалност: Растителна защита (фитопатология) – 04.01.10

Научен ръководител:

Гл. ас. д-р Звездомир Желев

Пловдив

2024

Дисертационният труд е написан на 184 страници, съдържа 41 таблици и 59 фигури, 310 литературни източника, от които 43 на кирилица и 267 на латиница.

Проучванията са проведени през периода 2018-2020 г. в катедра „Фитопатология“ и Център за интегрирано управление на болести по растенията при Аграрен университет-Пловдив, в черешови и вишневи насаждения в областите Пловдив, Стара Загора и София.

Дисертационният труд е обсъден и предложен за защита на заседание на катедрения съвет към катедра Фитопатология в Аграрен университет-Пловдив, с протокол № 14 от 29.10.2024 г.

Защитата на дисертационният труд ще се състои на
от в на Аграрен университет-Пловдив на
открито заседание на научно жури, утвърдено със заповед на Ректора на Аграрен
университет със заповед № РД-16-1330 от 22.11.2024 г., в състав:

Председател:

проф. дн Марияна Борисова Накова

Резенции:

проф. дн Марияна Борисова Накова

проф. д-р Стойка Петкова Машева

Становища:

доц. д-р Милена Георгиева Петрова – Димова

проф. д-р Христо Георгиев Бозуков

проф. д-р Петър Николов Чавдаров

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се на сайта на Аграрен университет - Пловдив <https://www.au-plovdiv.bg/> и в библиотеката на Аграрен университет - Пловдив, бул. „Менделеев“ № 12.

I. УВОД

Цилиндроспориоза с причинител (*Blumeriella jaapii* (Rehm) Arx) е сред най-разпространените гъбни заболявания по череша и вишна в световен мащаб. Поради липса на устойчиви сортове, притежаващи органолептични и технологични характеристики съпоставими с отглежданите в момента е причина контролът да бъде основно чрез химични средства и някои санитарни мерки. В резултат на дългогодишна употреба на системни фунгициди са възникнали нови резистентни раси на причинителя, което подлага на сериозен риск развитието на сектора в някои региони на света. Въпросът за намаляване на количеството използвани пестициди е засегнат при разработване на Стратегията на европейската комисия (ЕК) „От фермата до вилницата“, която е част от Европейската зелена сделка. Прогнозни модели, внедрени в Система за подпомагане вземане на решения (СПР) (Decision Support System – DSS), се считат като един от основните методи за редуциране на химичните пръскания.

II. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ

Целта на настоящия дисертационен труд е да се проучат нови епидемиологични особености, възможности за прогноза и контрол на заболяването цилиндропориоза по череша и вишна с причинител *Blumeriella jaapii* (Rehm) Arx.

За реализиране целта си поставихме за решаване следните конкретни задачи:

- Да се проучи пълната симптоматична картина на заболяването в България.
- Да се проучи количеството на наличните във въздуха и готови да заразят АС и ПМК.
- Да се опише продължителността на разграждане при презимувалите листа като източник на инфекциозен фон.
- Да се валидира модела за прогноза на заболяването, създаден от Мичиганския университет (САЩ) посредством контролни растения.
- Да се изпита стратегия за химичен контрол чрез приложение на фунгициди при различен инфекциозен индекс.

III. МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

1. Диагностика

1.1. Симптоми на цилиндроспориоза по череша и вишна

Симптоми на заболяването са описани след проследяване на развитието му в производствени насаждения при естествени условия в три области на страната. Симптомите на ЦС са сравнени с други подобни такива, причинени от патогени или неприятели. Заболяването се описва с показателя разпространение, изразен в проценти по листата.

1.2. Изолране и културална характеристика

За изолране на патогена е използвана методика на Guo и др. (2018). Силно заразени листа с цилиндроспориоза от череша сорт Ван са събирани през първата половина на септември (2018-2020 г.) от овощната градина в ЦИУБР към АУ-Пловдив и съхранявани в хладилна камера при 4°C до момента на използване. Културалните особености на 10 изолата, бяха определени чрез култивиране върху ММА. Морфологичните особености на патогена са определени чрез микроскопиране на негови структури (аскоспори, пролетни и летни макроконидии, микроконидии) от естествено заразени растителни части, а също мицел и летни макроконидии (ЛМК) от чиста култура. Данните са анализирани по метода на Зайцев (1984) чрез програмата MS Excel 365 (Microsoft Corporation, Редмънд, Вашингтон, САЩ).

2. Епидемиология

2.1. Динамика на аскоспори и пролетни макроконидии

Динамика на изстрелване на АС и ПМК е изследвана в периода 2018-2020 г. в Пловдив, Брестник, Кричим, Габарево и Ботевград чрез 7-дневна спороловка (Burkard Manufacturing Co Ltd.). Автоматична метеорологична станция във всяка локация предоставяше данни за температура (Т, °С), валежи (Р, mm), относителна влажност (RH – relative humidity, %) и продължителност на листно навлажняване (LW, h).

Анализът на данните е извършен с програма MS Excel 365 (Microsoft Corporation, Редмънд, САЩ). За анализирани на динамиката на разсейване на спори през денонощието и годината при всяка локация са използвани съотв. почасови и дневни данни от спороловки и метеорологични станции.

2.2. Развитие на апотеции и пролетни асервули при лабораторни условия

Опитът е извършен съгласно методика, използвана при други аскомицетни гъби (Eikemo и др., 2011; Gadoury и MacHardy, 1982a). През 2019 и 2020 г. са събирани проби от непръскани дървета от овощна градина, засадена със сортоподложкова комбинация Ван/GiSelA 6 намираща се в ЦИУБР към АУ-Пловдив. Методиката се състои в подготовка на пробите за тестване; инкубиране на тъмно в термостат при температура 22°C ($\pm 0.5^\circ\text{C}$). Тестването на листни дискове и плодни дръжки чрез промиване с темперирана дестилирана вода на всеки 2-3 дни (≈ 70 градусодни (ГД)); филтриране на течността чрез вакуум филтрираща система; приготвяне на временен микроскопски препарат; обследване на пробите чрез светлинен бинокулярен микроскоп (Primo Star, Zeiss, Германия) при увеличение $\times 400$. Отчетен е брой и вид на спорите въз основа на техните морфологични белези (Higgins, 1914). При отчитане на първи узрели спори се дава начало на акумулиране на градусодни (ГД) спрямо температурна база (ТБ) 0°C. Опитът се преустановява, когато в продължение на приблизително 100 ГД се наблюдава липса на отделени узрели спори от плодни тела. Анализът на данните е извършен с програма MS Excel 365 (Microsoft Corporation, Редмънд, Вашингтон, САЩ).

2.3. Динамика на разграждане на листа след листопад

Експериментът е проведен през 2018-2020 г. в Пловдив, Брестник, Кричим, Габарево и Ботевград. Динамиката на разграждане на листа при естествени условия беше оценена съгласно методика на Gadoury и MacHardy (1986). Обследванията бяха извършвани от края на ноември (след листопад) до средата на юли през 14-16 дни. Анализът на данните е извършен с програма MS Excel 365 (Microsoft Corporation, Редмънд, Вашингтон, САЩ).

2.4. Развитие на цилиндроспориоза през сезона

Развитие на болестта е проследено в периода 2018-2020 г. в пет локации на страната, където през съответната година са разполагани спороловки. За целта са провеждани маршрутни обследвания на определен интервал. На всяка дата е отчетено фенологично развитие на гостоприемника с помощта на стандартна ВВСН скала на Meier и др. (1994).

За анализиране на динамиката на развитие на ЦС през сезона е използвана програма MS Excel 365 (Microsoft Corporation, Редмънд, Вашингтон, САЩ). За всяка дата са представени средни стойности на показателите разпространение и обезлистване. За изследване на връзката между метеорологичните фактори и развитие на ЦС е използвана

програмата R, версия 3.6.3 (2020-02-29) (Team, 2013), с основен пакет plm. Избран е модел с двупосочни фиксирани ефекти на панелни данни („Two-way fixed effects model“).

2.5. Валидиране на прогнозен модел чрез контролни растения

Изследванията са проведени в периода 2018-2019 г. в ЦИУБР към АУ-Пловдив. Опитът е извършен според методика на Philion и др. (2009), която беше модифицирана от нас. По 60 двугодишни дървета от чувствителните сортове Ван и Хейманова консерва (Фанал) са засадени в контейнери с обем 30-50 l.

За начало на опита е определен момента, когато се развият първи прицветни листа (ВВСН 11) на възраст над 6-8 дни, т. е. най-ранна чувствителна фенофаза (Gleason и др., 2021). През 2018 г. се поставяни по три растения от всеки сорт в междуредово разстояние на черешовото насаждение преди прогнозиран валеж. Дърветата се връщани обратно в тунела и заменяни с други ако след края на валежа последва сух период с продължителност не по-малка от 8 часа, в който листата да просъхнат при естествени условия в насаждението. От 5-я до 21-я ден след прибирането им в полиетиленовия тунел са отчитани на двудневен интервал за поява на симптоми.

През 2019 г. контролни растения са позиционирани около участък с естествено презимували заразени листа, който е подготвен през есента на предходната година. Дърветата са поставяни около този участък при същите дефиниции за продължителност на сух период описани за 2018 г. През двете години бяха заложени по три растения от всеки сорт под полиетиленовия тунел служещи за контрола.

Автоматична метеорологична станция модел iMETOS IMT200 (Pessl Instruments, Weiz, Австрия) разположена приблизително на 50 m от овощната градина предоставя метеорологични данни. Опитът е прекратяван в края на юни, когато при микроскопиране на плодни тела от естествено заразени презимували листа са установени празни асци в апотеции и лизирани пролетни асервули.

3. Контрол

3.1. Характеристики на опитния участък и методика на опита

Полските опити са проведени през периода 2019-2020 г. в черешова градина със сорт Ван намираща се в ЦИУБР към АУ-Пловдив. Експериментите са заложени по рандомизиран блоков дизайн (EPPO PP 1/152, 2012). През двете години фунгициди бяха прилагани според прогнозния модел на Eisensmith and Jones (1981a, b) програмиран в СПР (DSS) RIMpro B. V. (Нидерландия). През 2019 г. бяха включени варианти с

третирания преди прогнозиран инфекциозен период (EFI - Environmental favorability index) с (1) нисък индекс – $EFI \geq 14$; (2) среден индекс – $EFI \geq 28$; и (3) висок индекс – $EFI \geq 56$ и нетретирана контрола. През 2020 г. вариантите включваха третиране преди прогнозиран инфекциозен период с (1) нисък индекс – $EFI \geq 14$; и (2) среден и висок индекс – $EFI \geq 28-56$ и нетретирана контрола.

В зависимост от фенофаза на културата и метеорологични условия по време на сезона бяха използвани регистрирани фунгициди с различен механизъм на действие. Оценяване на ефекта от третирания срещу ЦС е определен чрез обследвания на отделните варианти и нетретирана контрола по време на сезона. Отчитани са показателите общ брой листа/плодни дръжки и общ брой заразени листа/плодни дръжки. Степента на нападение е оценена визуално по скала 0-100%. За анализ на данните от опитите е използвана програмата R версия 4.1.2 (2021-11-01). Приложени са следните основни пакети: agricolae (1.3.5); multcomp (1.4.18); MASS (7.3.54); stats (4.1.2); ggplot2 (3.3.5); dplyr (1.0.7).

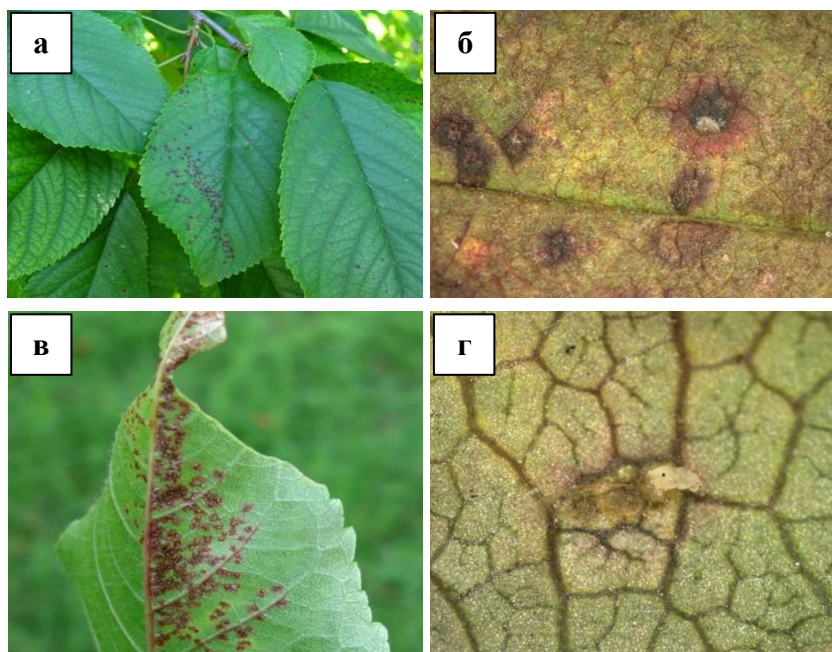
IV. РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

1. Диагностика

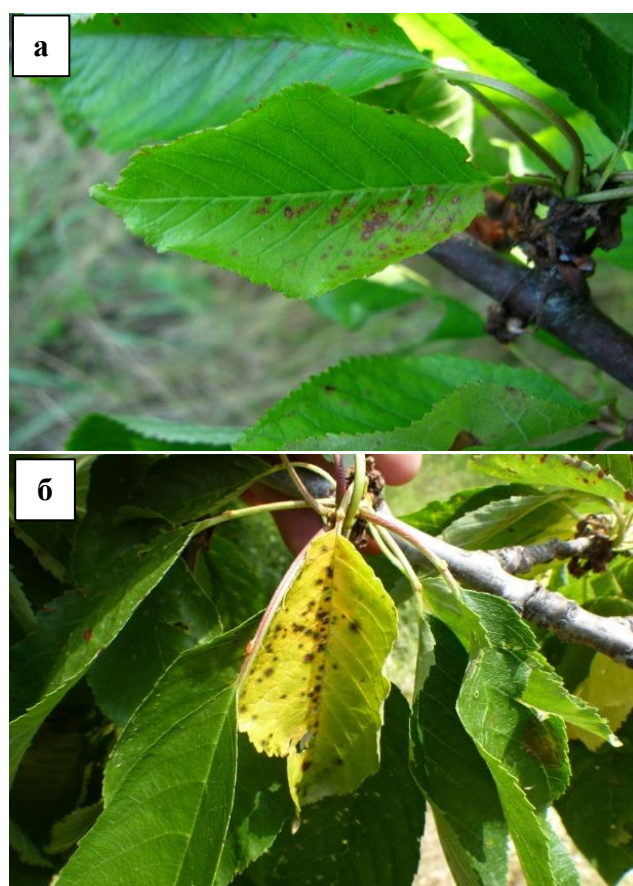
1.1. Симптоми на цилиндроспориоза по череша и вишна

Обследването на черешови и вишневи насаждения в периода 2018-2020 г. позволява да бъде направено подробно описание на симптоматичната картина при ЦС. Първите прояви обикновено се откриват в периода от края на април до втората десетдневка на май. При черешата от горната страна на листа петната са дребни, с диаметър 1-3 mm и червен до морав цвят (Фиг. 1а, б). Понякога те са групирани под формата на тесни ивици по дължина на периферията или централната жилка (Фиг. 1). При влажно време върху тях се формират плодни тела асервули с летни макроконидии, образуващи специфично фитилче (Фиг. 1г). При чувствителни сортове около 14 дни след поява на некротични петна листата започват да окапват преждевременно.

Възможно е симптоми на ЦС да се наблюдават още при поява на прицветни листа (Фиг. 2). Според Gleason и др. (2021) зарази в началото на сезона са предпоставка за възникване на епифитотии.



Фигура 1. Симптоми на ЦС по горна (а, б) и долна страна (в, г) на лист от череша (сорт Кордия).



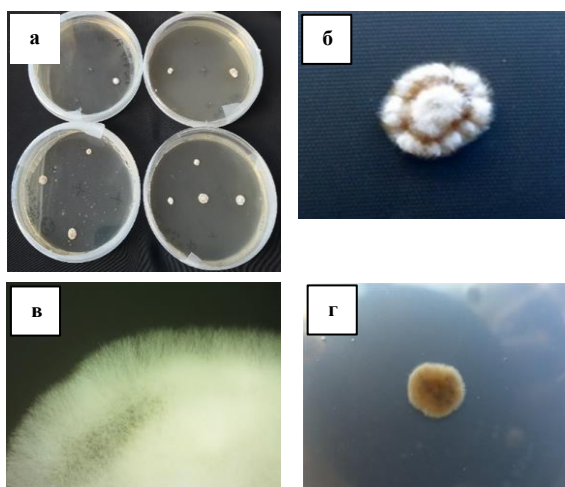
Фигура 2. Симптоми на ЦС по прицветни листа на череша (сорт Ван) на 20.5.2020 г. (а) и 19.6.2020 г. (б), Кричим.

При силно нападение тъканите около петната пожълтяват и придобиват хлоротичен вид, листата окапват преждевременно още през втората половина на юли. В резултат на това дърветата презимуват по-трудно и страдат от ниските температури (Wilcox, 1993).

Освен по вегетативни части симптоми са наблюдавани и по плодните дръжки на череша и вишна. Повредите са под формата на удължени петна с размери 1-2 mm и първоначално червен до виолетов цвят. Впоследствие тъканите некротират и единствено около лезиите остава пурпурно-виолетов венец.

1.2. Изолиране и културална характеристика

Върху хранителна среда ММА са получени 10 изолата на патогена обозначени с наименованията Ch 4, Ch 8, Ch 20, Ch 24, Ch 29, Ch 33, Ch 47, Ch 59, Ch 63, Ch 70. Първи видими колонии са открити 14 дни след посевка. Цветът от горната им страна варира от бял до „мръсно“ бял. От долната страна изолатът първоначално е светлокафяв, по-късно се променя в тъмнокафяв. Мицелът на гъбата е плътен, слизест с редуване на плътно и радиално релефна структура (Фиг. 3).



Фигура 3. Морфология на 21-дневна култура на *Cyindrosporium hiemalis* (изолат Ch 8); хранителна среда: ММА; произход: Пловдив; сорт: Ван; Колонии (а); от горна страна (б); периферия (в); от долна страна (г).

Колониите на гъбата върху изкуствена хранителна среда са малки по размер, със средно до едро назъбена периферия. Растежът от 14 до 21^{-и} ден е изключително бавен, макар леко да се ускорява от 21 до 35^{-я} ден (Табл. 1).

Таблица 1. Диаметър на *C. hiemalis* (изолат Ch 8) върху ММА

Дни след посявка	Гранични стойности (min–max), mm	Средна стойност (mm) и стандартна грешка	Стандартно отклонение
14	2.30-6.70	5.00±0.43	1.38
21	2.70-7.30	5.60±0.46	1.46
28	6.60-13.20	9.90±0.58	1.84
35	10.60-15.40	12.50±0.48	1.51

1.3. Морфологични особености на патогена

Хифите са хиалинни, разклонени, а сегментите къси, гладки и с дебели стени. Средната им дебелина е 2.5 μm , близка до докладваната от други автори (Табл. 2). Културалните особености на гъбата в извършеното проучване съвпада с данните от други разработки по темата (Величкова, 1983; Khan и др., 2014; Khan и др., 2016).

Таблица 2. Биометрични характеристики на дебелината на хифи на *C. hiemalis* (изолат Ch 8)

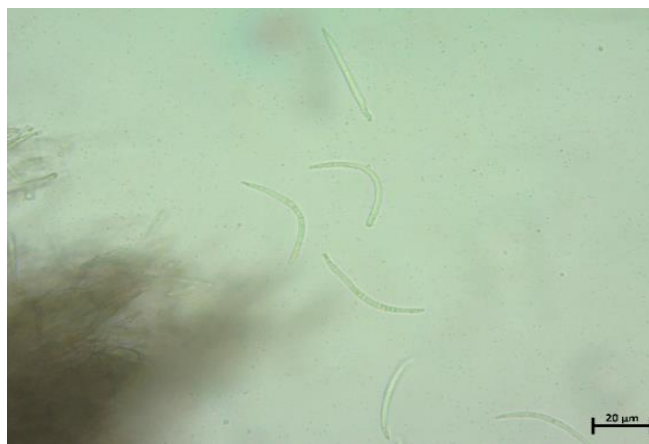
Субстрат/ източник на информация	Гранични стойности (μm , min–max)	Средна стойност (μm) и стандартна грешка	Стандартно отклонение
ММА ^a (собствени данни)	2.00-3.50	2.50±0.07	0.71
Величкова (1983) ^b	2.02-2.44	2.10*	–
Малцов агар (Величкова, 1983)	–	2.06*	–
Картофен агар (Величкова, 1983)	–	2.18*	–
КДА ^b (Khan и др., 2016)	3.45-7.36	4.87*	–

* Липсват данни за стандартна грешка; ^a ММА – модифициран малцов агар;

^b Стойностите са установени при култивиране върху различни по състав хранителни среди. ^b КДА – картофено-декстрозен агар

Във всички наблюдавани проби са установени нишковидни, извити, изтънени към върха, хиалинни на цвят летни макроконидии (ЛМК) с две или три септи (Фиг. 4). Прави впечатление, че дължината на ЛМК е по-голяма при спори, взети директно от ММА (Табл. 3). Вероятно това се дължи на постоянна температура и лесно достъпни за гъбата

компоненти в хранителната среда. Вариране по отношение дължината на спорите е по-голямо в сравнение с тяхната ширина.



Фигура 4. Летни макроконидии на *C. hiemalis* (изолат Ch 8) формирани върху ММА.

Таблица 3. Биометрични характеристики на летни макроконидии на *C. hiemalis* (изолат Ch 8)

Субстрат/ източник на информация	Размери (µm)	Гранични	Средна	Стандартно отклонение
		стойности (µm, min–max)	стойност (µm) и стандартна грешка	
ММА (собствени данни) ^a	дължина	50.00-75.00	62.80±0.64	6.40
	ширина	2.50-5.00	3.20±0.08	0.84
Естествено заразени листа (собствени данни)	дължина	40.00-72.50	52.80±0.89	8.91
	ширина	2.50-5.00	3.10±0.06	0.59
МА (Величкова, 1983) ^б	дължина	12.50-84.37	21.84–48.90*	–
	ширина	5.00-10.62	6.16–6.81*	–
ОА (Khan и др., 2014) ^в	дължина	55.50–72.70	–	–
	ширина	2.00–3.50	–	–
КДА (Khan и др., 2016) ^г	дължина	35.50-43.60	39.01*	–
	ширина	2.30-3.50	2.89*	–

* Липсват данни за стандартна грешка.; ^a Модифициран малцов агар.; ^б Малцов агар.;

^в Овесен агар с добавена отвара от черешови листа.; ^г Картофено-декстрозен агар.

Отчетената средна дължина ($62.8 \mu\text{m} \pm 0.64/$) на ЛМК в получените изолати върху ММА е по-голяма в сравнение с данните на Величкова ($21.84\text{--}48.90 \mu\text{m}$). Според Magie (1935) цит. от Величкова (1983) е възможно вариране на морфологичните признаци на патогена в чиста култура. В настоящия опит не са установени съществени морфологични разлики между отделните изолати.

Морфологични особености на ЛМК (Фиг. 5; Табл. 4), взети от растителен материал показват сходство с описанията в други проучвания (Величкова, 1983; Higgins, 1914).



Фигура 5. Летни макроконидии на *C. hiemalis* в естествено заразени листа.

Таблица 4. Биометрични характеристики на летни макроконидии на *C. hiemalis* открити в естествено заразени листа

Източник на информация	Размери (μm)	Гранични стойности (μm , min-max)	Средна стойност (μm) и стандартна грешка		Стандартно отклонение
			Средна стойност (μm)	Стандартна грешка	
Собствени данни	дължина	40.00-72.50	52.8 \pm 0.89		8.91
	ширина	2.50-5.00	3.1 \pm 0.06		0.59
Величкова (1983)	дължина	29.30-77.80	55.70		–
	ширина	4.00-9.00	6.49		–
Higgins (1914)	дължина	45.00-65.00	–		–
	ширина	2.50-4.00	–		–

* Данните са извадка от таблицата, която е представена в пълния текст на дисертацията.

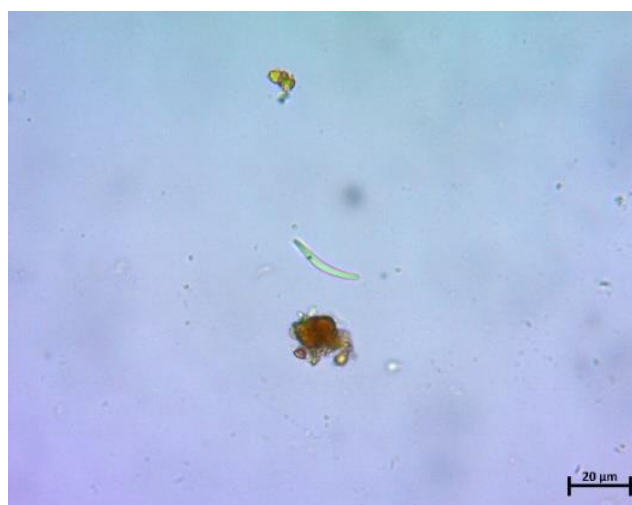
При микроскопиране на летни асервули в края на август бе установено наличие на микроконидии, които по своите морфологичните особености са с подобни характеристики на посочените от други автори (Величкова, 1983; Higgins, 1914; Khan и др., 2014; Khan и др., 2016). Те са удължено-елиптични, безцветни и едноклетъчни, размерите им са сходни с преди това публикуваните у нас и в чужбина (Табл. 5).

Таблица 5. Биометрични характеристики на микроконидии на *C. hiemalis* открити в естествено заразени листа

Източник на информация	Размери (μm)	Гранични стойности		Средна стойност (μm) и стандартна грешка	Стандартно отклонение
		(μm , min- max)			
Собствени данни	дължина	3.00-5.00		4.30 \pm 0.06	0.62
	ширина	1.25-2.50		1.50 \pm 0.04	0.42
Величкова (1983)	дължина	4.50-5.25		5.10	–
	ширина	1.75-3.00		2.41	–
Higgins (1914)	дължина	4.00-5.00		–	–
	ширина	–		1.50*	–

* Липсват данни за стандартна грешка.; ** Данните са извадка от таблицата, която е представена в пълния текст на дисертацията.

Аскоспорите са удължено-вретеновидни, хиалинни с 1-2 септи (Фиг. 6).



Фигура 6. Аскоспора на *B. jaarii*

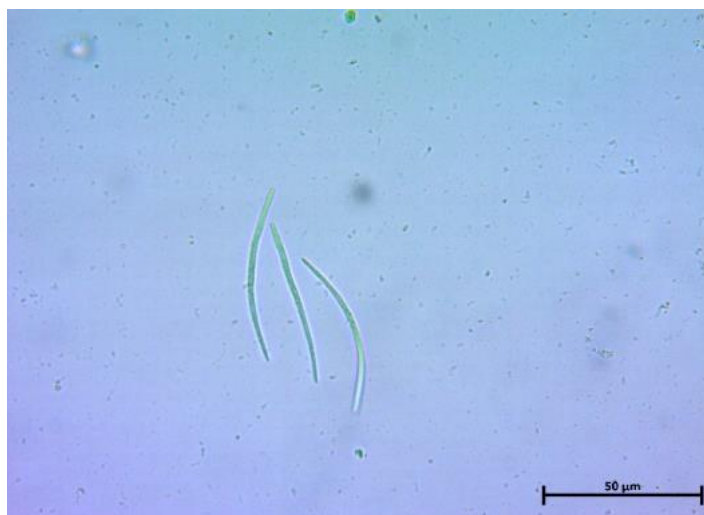
Измерените техни размери приблизително съвпадат с публикуваните преди това от различни автори (Табл. 6)

Таблица 6. Биометрични характеристики на аскоспори на *B. jaarii* открити в естествено заразени листа

Източник на информация	Размери (µm)	Гранични стойности	Средна стойност (µm) и	Стандартно отклонение
		(µm, min-max)	стандартна грешка	
Собствени данни	дължина	25.00-45.00	32.8±0.48	4.78
	ширина	2.50-3.70	3.0±0.05	0.49
Величкова (1983)	дължина	24.37-50.62	36.12*	–
	ширина	5.00-6.87	5.68*	–
Higgins (1914)	дължина	33.00-50.00	–	–
	ширина	3.50-4.50	–	–

* Липсват данни за стандартна грешка.; ** Данните са извадка от таблицата, която представена в пълния текст на дисертацията.

Описанието на пролетните макроконидии (ПМК) се припокрива с това в литературните източници, единствено по отношение дължината на спорите има известни разминавания (Фиг. 7; Табл. 7).



Фигура 7. Пролетни макроконидии на *B. jaarii*, сорт Ван, Пловдив.

Таблица 7. Биометрични характеристики на пролетни макроконидии на *B. jaarii* открити в естествено заразени листа

Източник на информация	Размери (μm)	Гранични стойности (μm , min-max)	Средна стойност (μm) и стандартна грешка	Стандартно отклонение
Собствени данни	дължина	70.00-112.50	90.50 \pm 1.06	10.62
	ширина	2.50-4.50	2.80 \pm 0.05	0.50
Величкова (1983)	дължина	37.50-125.00	68.88*	–
	ширина	3.12-5.62	4.18*	–
Higgins (1914)	дължина	50.00-80.00	–	–
	ширина	2.50-4.00	–	–
Darpoux (1945)	дължина	50.00-80.00	–	–
	ширина	–	2.00*	–
Stojanović и Boric (1973)	дължина	41.60-121.40	79.60*	–
	ширина	2.96-4.40	2.69*	–
Mijušković (2002)	дължина	72.60-92.40	–	–
	ширина	–	3.30*	–
Pedersen и др. (2012) ^a	дължина	40.00-80.00	–	–
	ширина	2.00-3.00	–	–
Pedersen и др. (2012) ^a	дължина	80.00-120.00	–	–
	ширина	2.00-3.00	–	–

* Липсват данни за стандартна грешка.; ** Данните на Darpoux (1945), Stojanović и Boric (1973) са цитирани от Mijušković (2002).; ^a ПМК с типични размери.; ^b ПМК с нетипични размери.

В тази връзка обяснение дават Pedersen и др. (2012), които на база дължина на спорите разделят ПМК на две групи – типични (40-80 μm) и нетипични (80-127.5 μm). Максималната дължина на типичните спори, описани от Pedersen и др. (2012) се доближава до минималната стойност, която е констатирана в нашето изследване. Тези автори установяват вариране както в рамките на даден сезон така и през отделни години. Установената от Величкова (1983) в България дължина на този вид спори има по-широк диапазон и се припокрива с данните в настоящото изследване, а средната стойност е приблизително една и съща.

2. Епидемиология

2.1. Динамика на аскоспори и пролетни макроконидии

2.1.1. Годишна динамика

Сведения относно динамиката на разсейване на АС и ПМК при *V. jaarii* са ограничени и непълни. По-голяма част от изследователите на този патоген използват уловки тип стационарни предметни стъкла (Величкова, 1983; Joshua и Mmbaga, 2015; Keitt и др., 1937; Niederleitner и Zinkernagel, 1999; Pedersen и др., 2012), а други тип Ротород (Rothorod spore sampler) (Eisensmith и Jones, 1981b). При проучвания на въздушно преносими патогени стандартно се използват спороловки, които активно засмукват въздух от околната среда. Класически пример е 7-дневната спороловка на Burkard Manufacturing Co Ltd, която беше избрана за целите на нашето проучване. Чрез посоченият уред е възможно прецизно проследяване на сезонна и денонощна динамика на АС и ПМК на причинителя на ЦС.

Между отделните комбинации локация/година бяха отчетени разлики по отношение момента на първи уловени спори за сезона (Табл. 8). Във всички години първи АС са уловени между края на март и средата на април с разлика от 21 дни между най-ранната и най-късна дата. Общият брой денонощия с наличие на АС във въздуха е бил между 23 (в Кричим през 2020 г.) и 66 (Пловдив, 2019 г.). Делът на АС спрямо общия брой уловени за сезона спори (АС+ПМК) варира от 46 до 91% през различните години на изследването.

При ПМК първата дата на разсейване беше регистрирана в периода от края на март до началото на май с разлика от 41 дни за целия период на проучването. Общият брой денонощия с наличие на ПМК е бил между 9 (Ботевград, 2018 г.) и 36 (Пловдив, 2019 г.). Делът на ПМК спрямо общия брой спори (АС+ПМК) за сезон е от 9 до 54% през отделните години на проучването.

В половината от случаите фенофаза „зелен конус“ при гостоприемника настъпваше приблизително в момента, когато са уловени първи АС и ПМК, а в останалата част тя настъпваше по-рано с приблизително 19 дни. Въпреки очевидното синхронно развитие между патогена и гостоприемника в някои години риск от зараза липсваше, тъй като не беше настъпила първа критична фенофаза (листа на възраст над 6-8 дни). Количеството изстреляни спори в началото на сезона е относително малко до настъпване на първа чувствителна фенофаза.

Таблица 8. Характеристики на сезона на разсейване на аскоспори и пролетни макроконидии на *V. jaarii*

Локация/ година	Фенофаза „зелен конус“ ^а	Дата на		Дата на		Кумулативен		Съотношение АС:ПМК
		първи		85%		брой спори		
		уловени спори		уловени спори ^г		m ⁻³ h ⁻¹ (x 10 ³) (85%)		
		АС ^б	ПМК ^в	АС	ПМК	АС	ПМК	
Пловдив								
2019	20.3.	23.3.	23.3.	23.5.	24.5.	147	15	10:1
2020	15.3.	3.4.	3.4.	22.5.	11.6.	13	10	1:1
Брестник								
2020	27.3.	2.4.	19.4.	24.5.	24.5.	4	3	1:1
Кричим								
2018	6.4.	13.4.	3.5.	30.6.	2.7.	16	5	3:1
2019	25.3.	28.3.	28.3.	30.5.	20.5.	34	4	9:1
2020	19.3.	3.4.	14.4.	10.6.	10.6.	6	7	1:1
Габарево								
2018	2.4.	6.4.	6.4.	26.5.	3.6.	8	4	2:1
Ботевград								
2018	5.4.	13.4.	3.5.	13.5.	22.5.	6	1	6:1

^а Дата, на която $\geq 50\%$ от листните пъпки на сорт Ван (сорт Облачинска в Ботевград) са във фенофаза „зелен конус“ (ВВСН 09); ^б АС – аскоспори; ^в ПМК – пролетни макроконидии; ^г 85% от общото количество за дадена локация/година.

По отношение датата, на която са уловени 85% от общото количество АС за целия сезон също може да се отбележат някои тенденции. В повечето локации този праг беше достигнат през втората половина на май (13-26.5.). Наблюденията показват, че тогава обикновено се появяват първите симптоми.

Друга съществена особеност при АС е, че след разсейване на тяхното основно количество остава запас от 15%, който се изчерпва в относително продължителен период от време. Процесът протича за около месец и е силно зависим от валежите. Пример за забавяне е вегетацията през 2018 г. в Габарево и Кричим, където последното количество АС е било освободено в атмосферата съотв. през първата и последната десетдневка на

юни. Възможно обяснение за наблюдаваното развитие е липсата на валежи през месец май.

Датата, на която е уловено 85% от общото количество ПМК също варира при отделните случаи на разглеждане локация/година. В половината от обследванията, подобно на АС, това се е случило през втората половина на май, а при друга половина посоченият праг е достигнат през първата десетдневка на юни. Изключение беше Кричим/2018 г., където това събитие настъпи на 2.7. Според данните в половината от случаите (Пловдив/2019; Брестник/2020; Кричим/2018 и 2020) прагът на 85% разсеяни във въздуха ПМК като дата почти съвпада с този при АС. В останалите случаи е отчетено закъснение от 8 до 20 дни с едно изключение като Кричим/2019. Общо погледнато, по-голямата част от двата вида спори се изчерпва не по-късно от втората половина на май. През периода от начало на вегетацията до посочения период има активен растеж на дърветата и образуване на млади и чувствителни на заболяването листа.

Общото количество, уловени за целия сезон спори също се различаваше в отделните комбинации локация/година (Табл. 8). Най-голямо количество и от двата вида първични спори, взети по отделно, беше отчетено в Пловдив/2019 година. Най-малко количество АС са отчетени в Брестник/2020, а най-малък брой ПМК в Ботевград/2018. Впечатление прави, че през 2020 г. съотношението между АС/ПМК е приблизително еднакво за всички локации. Обобщени данни за силното вариране в количеството АС и ПМК през годините в една локация са представени в Таблица 9.

Таблица 9. Сравнение на кумулативния брой спори (85% от общо за сезона) между различни години в дадена локация.

Локация	Аскоспори (%)	Пролетни макроконидии (%)
Кричим		
2018	100	100
2019	214	75
2020	38	144
Пловдив		
2019	100	100
2020	9	62

* Количеството спори в най-ранната година за съответната локация се приема за 100%, спрямо което се сравняват данните за следващите години.

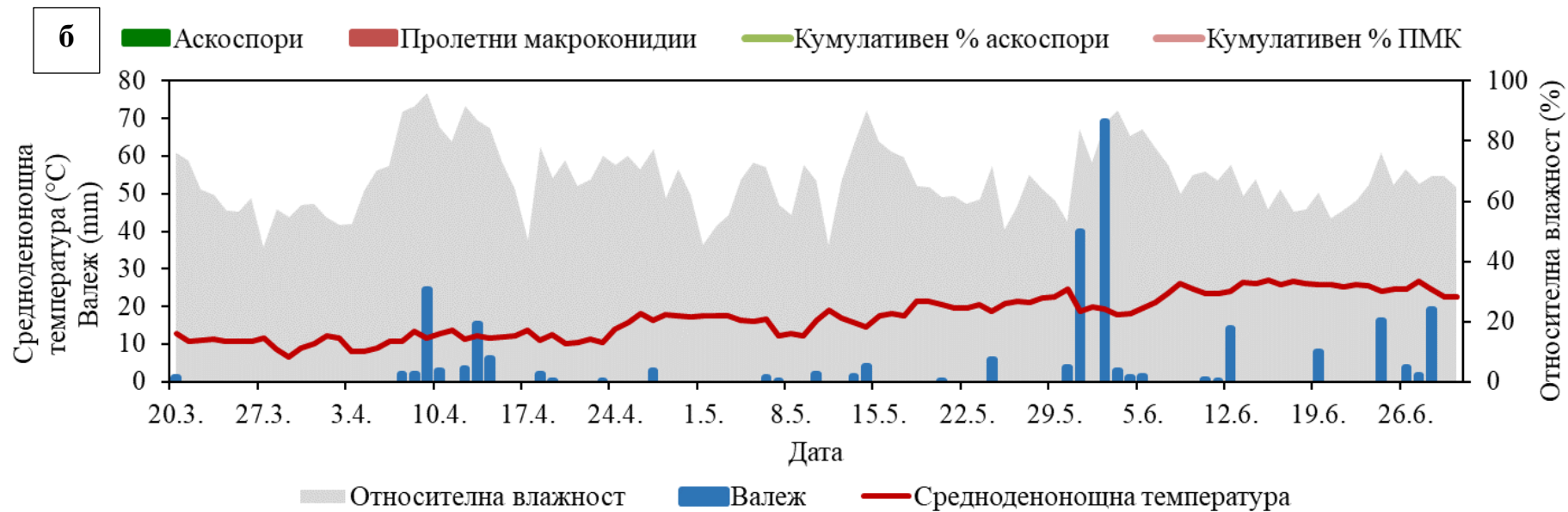
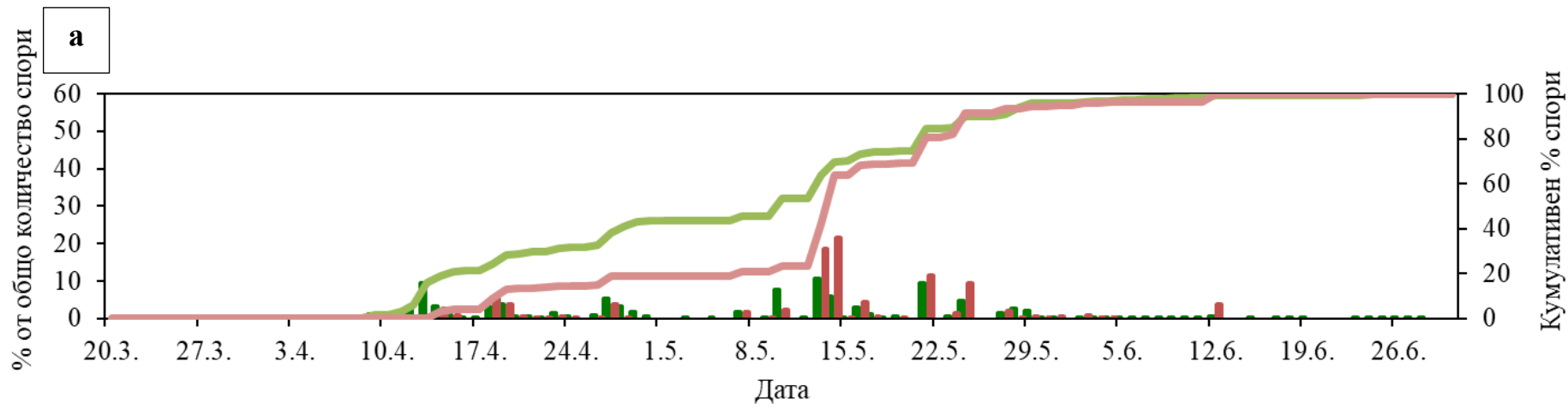
По подобен начин информация за броя на двата вида спори, но отчетени в една година при различни локации е поместена в Таблица 10. Видно е, че и в този случай трудно може да се открие определена зависимост и това може би е нормално предвид разликите в инокулума, който е наличен в съотв. градина и листа. Той от своя страна е следствие не само от природни, но и от субективни човешки фактори.

Таблица 10. Сравнение на кумулативния брой спори (85% от общо за сезон) между различни локации в съответната година.

Локация	Аскоспори (%)	Пролетни макроконидии (%)
2018		
Кричим	100	100
Габарево	54	81
Ботевград	37	25
2019		
Кричим	100	100
Пловдив	434	405
2020		
Кричим	100	100
Пловдив	218	130
Брестник	68	48

*Количество на спорите в Кричим се приема за 100% за съответната година, спрямо което се сравняват данните за останалите локации.

Данните от спороловките показват (Фиг. 8), че обикновено има от 3 до 5 по-силни събития на разсейване при АС и ПМК на сезон. Наличието на подобна информация при ЦС би могло да се използва за насочване на третирането с фунгицид в най-важните за сезона събития.



Фигура 8. Годишна динамика на спори (а) и метеорологични условия (б) в Пловдив, 2019 г.

Обобщените данни показват (Табл. 11), че с изключение на Пловдив/2019 и Кричим/2018 в останалите локации броят на денонощията с АС във въздуха е по-голям, когато има валеж в сравнение с този без валеж. В двата случая на сравнение, дори при липса на валеж, има отчетена листна влага. Резултатите показват силна зависимост при изстрелването на АС от наличието на валеж – явление, характерно и за други аскомицетни гъби. Според някои автори (Величкова, 1983; Keitt и др., 1937) при *V. jaarii* е достатъчно минимално количество валеж (0.2 mm), за да се стимулира процесът на разсейване на АС.

Таблица 11. Брой денонощия с аскоспори при различни метеорологични условия

Локация	Година	Брой денонощия с аскоспори		
		общо	с валеж	без валеж
Пловдив	2019	66	29	37
	2020	47	31	16
Брестник	2020	28	24	4
Кричим	2018	54	21	33
	2019	47	28	19
Габарево	2019	23	17	6
	2018	37	25	12
Ботевград	2018	24	18	6

Общият брой денонощия с ПМК беше по-малък в сравнение с този с АС (Табл. 12), което вероятно е свързано с техния по-малък относителен дял (средно 29%) в общото количество АС+ПМК. С изключение на Пловдив/2019 в останалите случаи основната част от ПМК са уловени в денонощия с наличие на валежи, което доказва основното значение на този фактор при разглеждания вид спори.

Таблица 12. Брой денонощия с пролетни макроконидии при различни метеорологични условия

Локация	Година	Брой денонощия с пролетни макроконидии		
		общо	с валеж	без валеж
Пловдив	2019	36	17	19
	2020	25	25	0
Брестник	2020	16	15	1
Кричим	2018	18	10	8
	2019	17	11	6
	2020	17	15	2
Габарево	2018	21	14	7
Ботевград	2018	9	8	1

По отношение общия брой денонощия с наличие на един или два вида спори във въздуха има едновременно установени два вида спори или само АС (Табл. 13).

Таблица 13. Общ брой денонощия с различен вид спори във въздуха независимо от метеорологичните условия

Локация	Година	Общ брой денонощия		
		С аскоспори / без ПМК	Аскоспори с ПМК	С ПМК / без аскоспори
Пловдив	2019	30	36	0
	2020	22	25	0
Брестник	2020	13	15	1
Кричим	2018	36	18	0
	2019	30	17	0
	2020	7	16	1
Габарево	2018	16	21	0
Ботевград	2018	15	9	0

Изключение правят две денонощия, през които е имало само ПМК. Продължителното оцеляване на АС във въздуха е до голяма степен логично, защото те са тясно специализирани структури за пренасяне на патогена от даден микрорайон в следващ.

След като и двата вида първични спори са силно зависими от валежите е логично да се предположи, че посочената тенденция в горната таблица се запазва и при наличен валеж (Табл. 14).

Таблица 14. Общ брой денонощия с валеж и различни по вид спори

Локация	Година	Общ брой денонощия с <u>валеж</u>		
		С аскоспори / без ПМК	Аскоспори + ПМК	С ПМК / без аскоспори
Пловдив	2019	12	17	0
	2020	6	25	0
Брестник	2020	9	15	0
	2018	11	10	0
Кричим	2019	17	11	0
	2020	3	14	1
Габарево	2018	11	14	0
Ботевград	2018	10	8	0

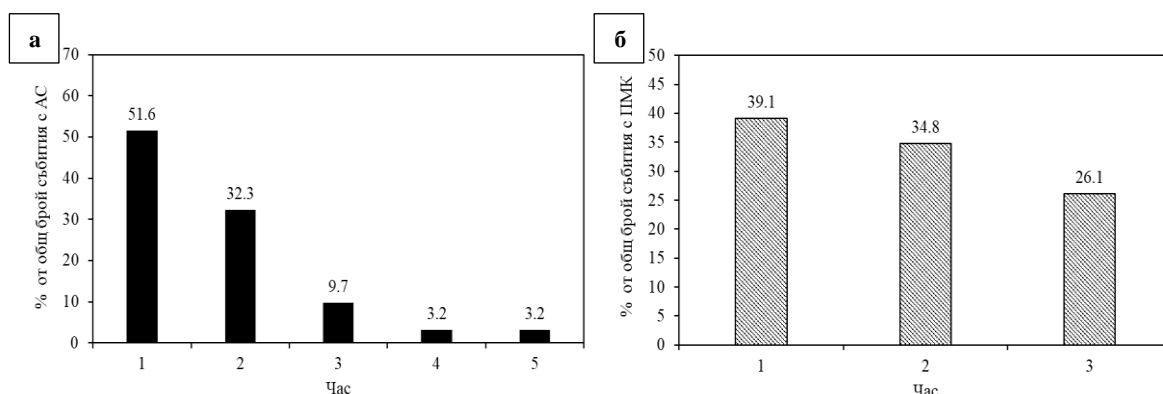
Интерес представляват обобщените резултати за видовете спори, когато през денонощието е нямало валеж (Табл. 15). Тук категорично преобладават случаите, когато е имало само АС, по-малко са тези с налични два вида спори и практически липсват установени случаи само с ПМК. Подобен резултат показва, че при налична листна влага и подходяща температура дори да няма валеж е възможно да се осъществят зарази. Възможността това да стане с аскоспори е много по-реална предвид тяхното поразтеглено във времето наличие във въздуха.

Таблица 15. Общ брой денонощия без валеж и различни по вид спори

Общ брой денонощия <u>без валеж</u>				
Локация	Година	С аскоспори / без	Аскоспори +	С ПМК / без
		ПМК	ПМК	аскоспори
Пловдив	2019	18	19	0
	2020	16	0	0
Брестник	2020	4	0	1
Кричим	2018	25	8	0
	2019	13	6	0
	2020	4	2	0
Габарево	2018	5	7	0
Ботевград	2018	5	1	0

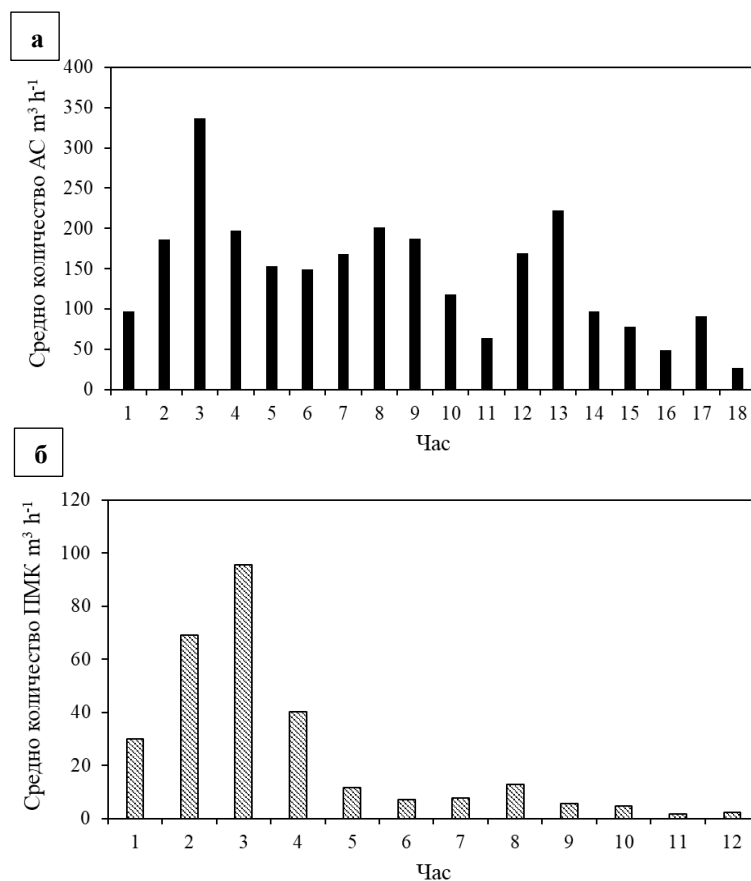
Резултатите от анализа на 31 събития показват, че в повечето случаи АС и ПМК започват да се разсейват в часа, когато започва да вали (Фиг. 9). По-малък, но съществен дял се пада на изстрелвания, които започват един или два часа след посочения момент. Най-нисък е дела на уловени първи АС от четири до пет часа след начало на валеж. Началото на изстрелване на АС със закъснение спрямо валежното събитие може да се обясни с необходимостта от допълнително узряване и навлажняване.

При ПМК се наблюдава тенденция сходна с описаната при АС, но с тази разлика, че 6 часа след начало на валеж вече няма регистрирано първоначално разсейване на спори. Възможно е това да се дължи на пряко зависим от валеж механизъм на отделяне или бавно узряване на ПМК.



Фигура 9. Дял на общия брой събития с първи изстреляни АС (а) и ПМК (б) в определен час (1^{-и} час съвпада с начален час на валеж).

Данните бяха анализирани и в посока на количество изстреляни първични спори след осъществено валежно събитие (Фиг. 10). Най-голям брой изстреляни АС е установено в интервала от 1 до 13 часа след валеж. По време на валеж и след 13 часа количеството спори, което се отделя е около 3-10 пъти по-малко.



Фигура 10. Средно количество на АС (а) и ПМК (б) за даден час след начало на валеж (1-и час съвпада с начален час на валеж).

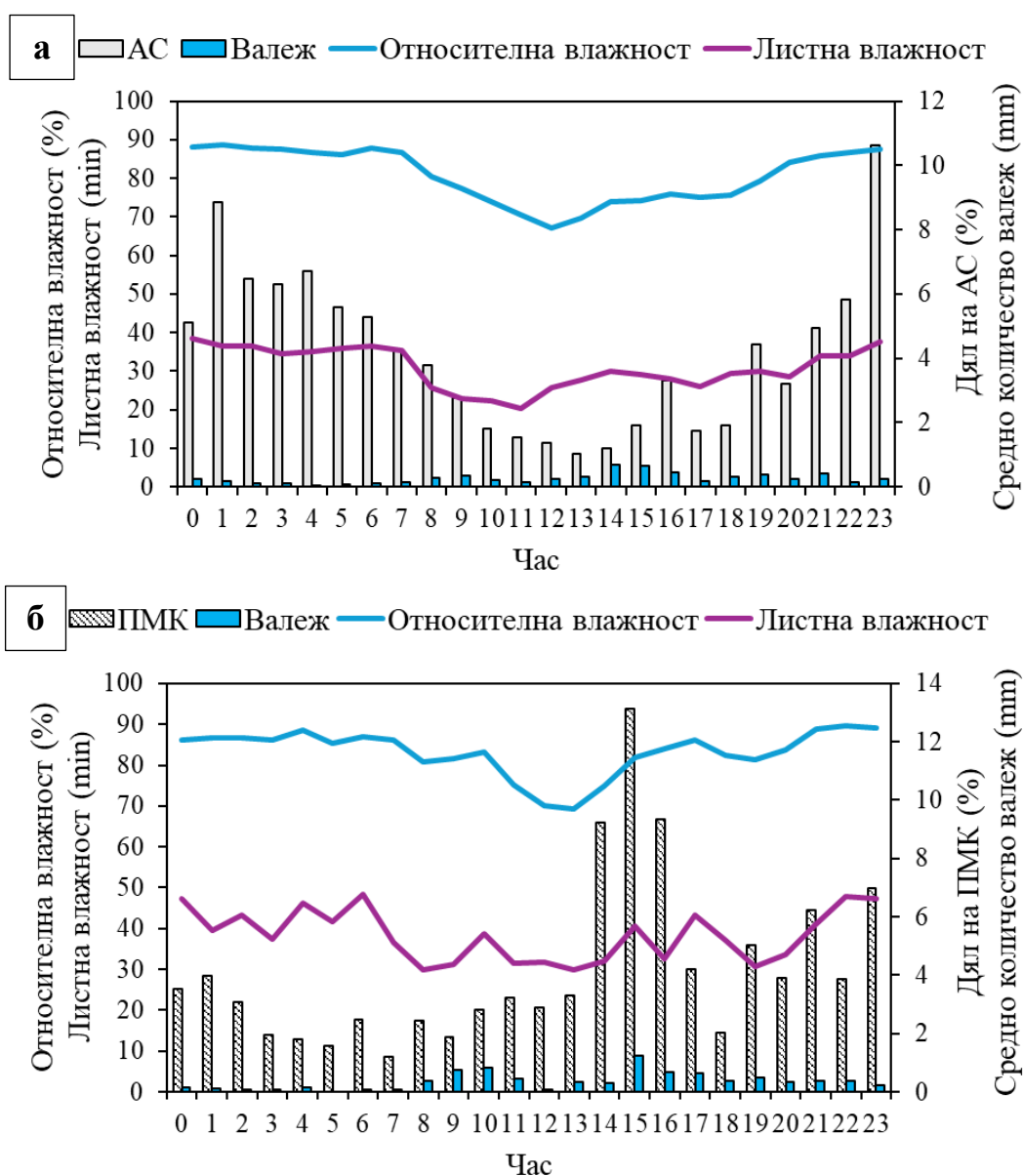
Тенденцията при ПМК бе подобна, с тази разлика, че тяхното количество рязко намалява 5 часа след валеж. От проучваната извадка може да се обобщи, че при един и същи валеж разсеяните във въздуха АС са повече от ПМК. В някои случаи количеството на ПМК е по-високо от АС.

Информацията за периода и количеството изстрелвани първични спори би могла да се включи в прогнозни модели. Достъпа на земеделците до подобна онлайн информация би спомогнало за по-прецизно прилагане на фунгициди в т.нар. „отворен прозорец“ при наличие на отделени от плодните тела, покълнали, но все още незаразили

спори. Подобна практика има водещо значение в контрола на струпяване по ябълка при интегрирано и биологично производство.

2.1.2. Денонощна динамика

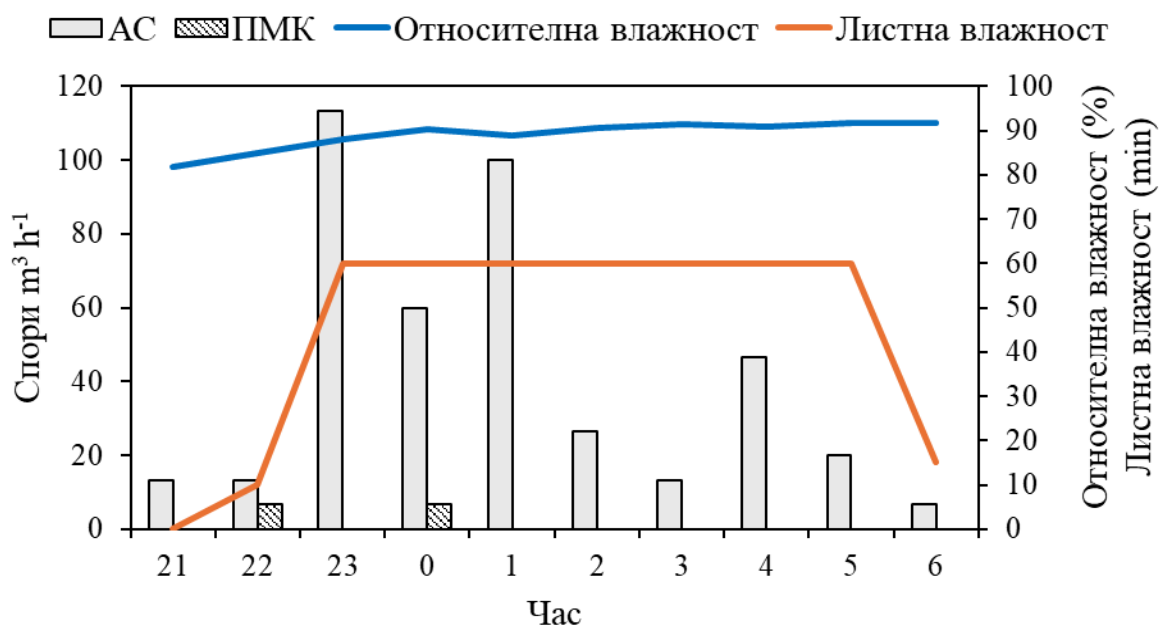
Разсейването на спори в рамките на едно денонощие варира в различните локации през отделните години. Многогодишните данни (Фиг. 11) показват, че при АС количеството е по-значително в интервала 01:00-07:00 h, докато при ПМК между 14:00-16:00 h. Резултатите в отделните комбинации локация/година показват различия.



Фигура 11. Денонощна динамика на АС (а) и ПМК (б) и метеорологични условия (средно за периода 2018-2020 г.).

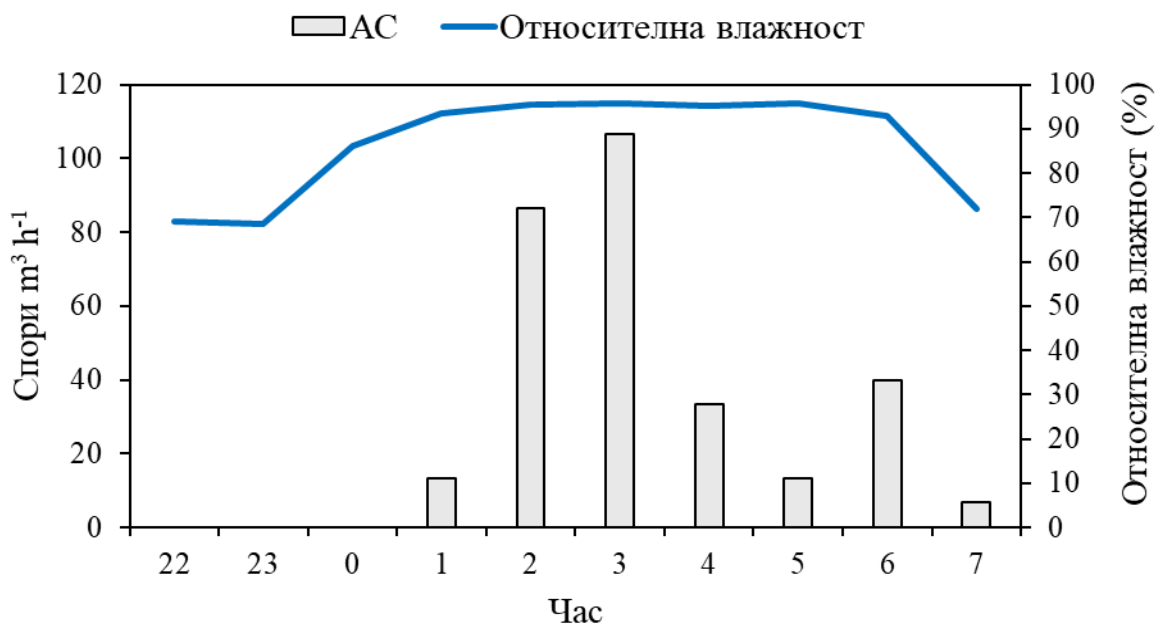
Данните от настоящата разработка по подобие на наблюдения в САЩ (Keitt и др., 1937) потвърждават, че разсейването на АС е независимо от светлината. Обяснението на това явление вероятно е свързано с асците на патогена, които са унитуникатни (с еднослойна обвивка). За сравнение при аскомицетни гъби с битуникатни асци като напр. *V. inaequalis*, изстрелването е предимно през деня.

Както вече беше посочено по-горе развитието на ПМК е по-силно зависимо от валежите в сравнение с развитието на АС и това ясно се вижда на Фигура 12 и Фигура 13. В дни без валеж, но с наличие на листна влага (Фиг. 12) има изключително малко ПМК и това е в нетипичен за тях период, какъвто е началото на нощта. Следователно това са вероятно остатъчни от предишни събития спори, които са освободени от плодните тела. АС са значително повече и то в типично за тях време (нощем и рано сутрин), което е индикация, че при листна влага би могло да има изстрелване. В часовете извън обхвата на графиката не е имало листна влага и те не са включени.



Фигура 12. Разсейване на спори при наличие на листна влага. 7.5.-8.5.2018 г., Ботевград.

Не по-малко интересна е събраната информация относно типовете спори във въздуха при липса на листна влажност или валеж (Фиг. 13). ПМК липсват напълно, а картината при АС като времеви интервал и количество е аналогична на тази при наличие на листна влажност. В този случай възниква въпросът как аскоспорите се изстрелват при дефицит на валеж и листна влага.

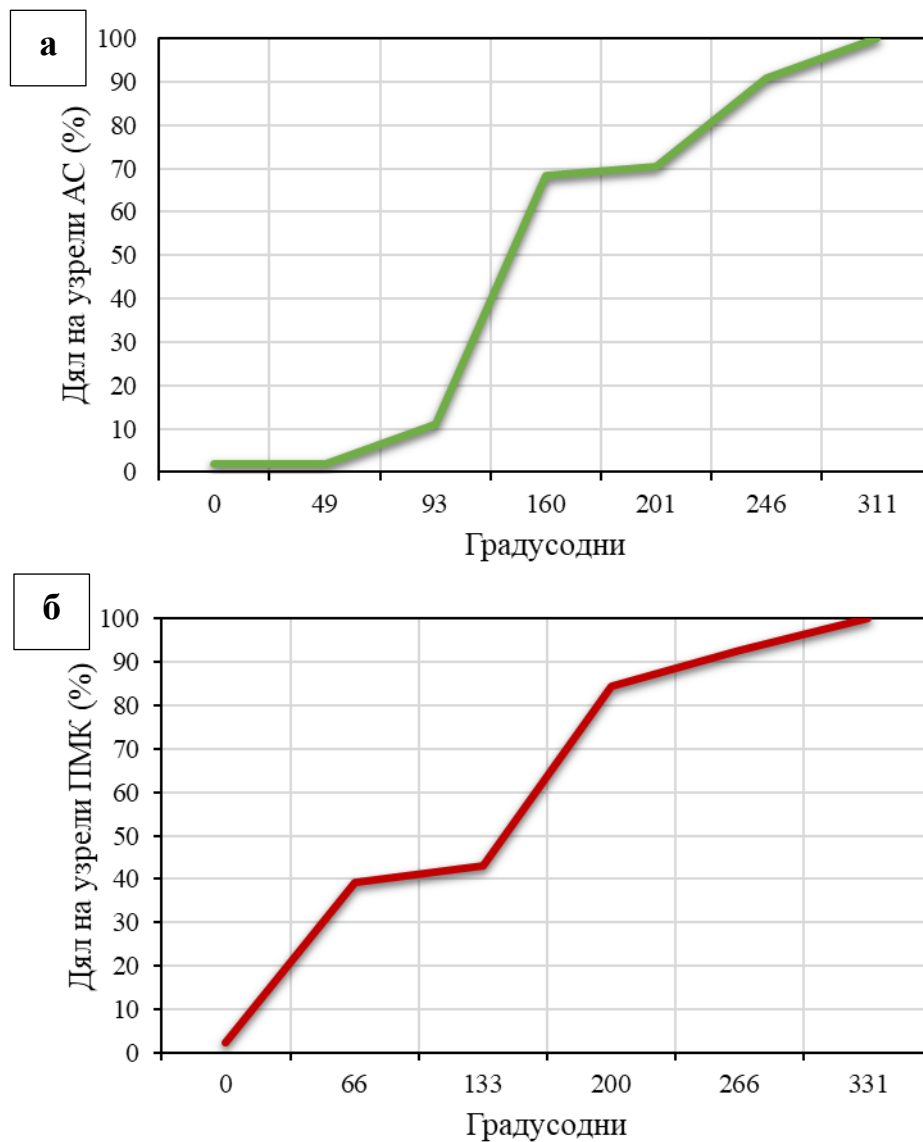


Фигура 13. Разсейване на спори при липса на листна влажност. 19.5.-20.6.2018 г., Кричим.

Обобщените резултати показват, че АС са основният източник на първичен инокулум в България. ПМК също имат значителен дял в определени години и също допринасят за засилване на инфекциозния натиск. Показателна в това отношение е 2020 г., когато количеството на ПМК е приблизително еднакво или по-голямо спрямо това на АС във всяка една локация на опита. Наличието на информация за динамиката на наличните спори във въздуха е от ключово значение за определяне реалния риск от зараза.

2.2. Развитие на апотеции и пролетни асервули при лабораторни условия

Настоящите резултати показват, че узряването на АС и ПМК при равни условия протича за приблизително еднакъв период от време съотв. 311 и 331 ГД (Фиг. 14). При апотециите началното развитие до 93 ГД е много бавно, следва рязко ускоряване на процеса до 160 и леко забавяне до 311 ГД. Динамиката на узряване при ПМК има голямо сходство с предишното описание с тази разлика, че до 66 ГД тяхното узряване е по-бързо, а в интервала между 66 и 133 ГД има временно забавяне преди отново да се ускори процесът. Прави впечатление, че кривата и при двата вида спори има сигмоидна форма, което е типично и за други аскомицетни гъби – *V. inaequalis* и *V. pirina* (Eiketo и др., 2011; Gadoury и MacHardy, 1982a).



Фигура 14. Кумулативен дял на узрели АС (а) ПМК (б) спрямо градусодни (листа).

Изчерпването на запаса от аскоспори за 311 ГД при 22°C означава, че процесът на узряване при контролирани условия е приблизително 14 дни при температурна база 0°C. Данните за необходимите условия за узряване на аскоспорите при *B. jaarii* са ограничени, а за пролетни макроконидии според направената справка напълно липсват.

2.3. Динамика на разграждане на листа след листопад

Данните за разграждане на листа от череша и вишна при различни метеорологични условия и системи на отглеждане са все още ограничени. По-детайлно проучване в тази насока е извършено в Унгария от Holb (2013). Многогодишни данни от такива опити биха послужили при създаване на прогнозен модел за потенциалната първична зараза при ЦС. Данните за изследването са поместени в Таблица 16.

Таблица 16. Дял от почвена повърхност покрита с листа

Локация/ година	Почвена повърхност покрита с листа (%)								
	30.11.	30.12.	30.01.	28.02.	30.03.	30.04.	30.05.	30.06.	15.07.
Пловдив									
2018/19	100	100	99	95	90	70	40	10	5
2019/20	100	100	100	95	80	65	45	15	10
Брестник									
2019/20	100	100	100	90	80	60	40	20	10
Кричим									
2017/18	100	100	100	90	80	75	55	35	10
2018/19	100	100	99	95	90	80	50	10	5
2019/20	100	100	100	90	80	60	45	15	5
Габарево									
2017/18	100	100	99	90	80	75	50	30	15
Ботевград									
2017/18	100	100	100	90	75	60	45	20	10

* Напълно покрита почвена повърхност с листа в обследвания участък се приема за 100%.

Обследването може да се опише най-общо с три етапа. Първият обхваща времето 30.11-30.03, вторият 01.04-30.05 и третият 01.06-15.07. Обобщените данни за всички комбинации локация/година показват намаляване на листната маса през първият етап от 10 до 25% при средна стойност на показателя 18.1%. През втория период редуцията е 30-50%, при средна стойност 35.6%, а през третия между 30-45% и средно с 37.5%. Крайното количество запазена листна маса, измерено на 15.07 за всички разглеждани случаи не се различава съществено и е в диапазона 5-15%.

2.4. Развитие на цилиндроспориоза през сезона

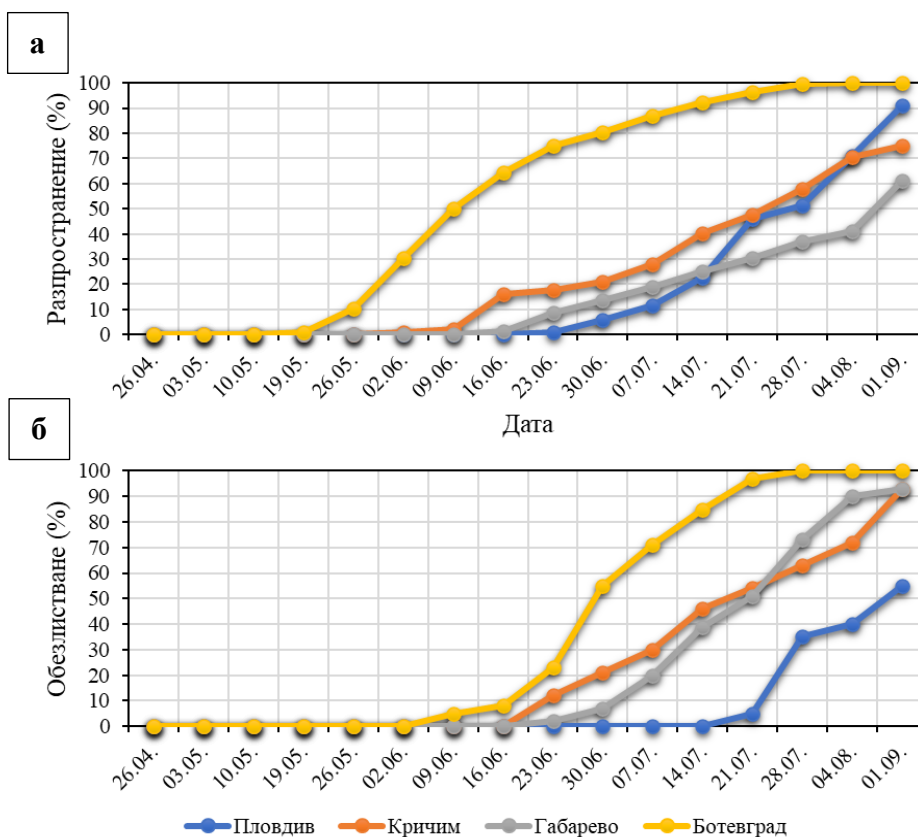
2.4.1. Динамика на развитие

Мониторингът на заболяването ЦС обхваща локации в три области на страната за период от три години. Събраните данни позволиха да бъдат констатирани определени закономерности и взаимовръзки между развитие на симптоми, фенологично развитие на растението и метеорологичните фактори (Таблица 17).

Таблица 17. Развитие на ЦС през периода 2018–2020 г.

Локация	Година	Първа поява			Установени стойност над 20%	
		аскоспори	симптоми	обезлистване	разпространение	обезлистване
Пловдив	2018	17 апр	16 юни	21 юли	14 юли	28 юли
	2019	14 апр	3 май	21 юни	26 май	1 сеп
	2020	5 апр	9 май	28 юли	14 юли	по-ниско
Кричим	2018	20 апр	1 юни	22 юни	30 юни	7 юли
	2019	6 май	18 май	22 юни	16 юни	14 юли
	2020	22 апр	16 май	28 юли	4 авг	по-ниско
Габарево	2018	8 май	21 май	18 юни	14 юли	7 юли
	2019	22 апр	21 май	18 юни	16 юни	7 юли
Ботевград	2018	25 апр	19 май	9 юни	2 юни	23 юни
Брестник	2020	23 апр	16 май	28 юли	по-ниско	по-ниско

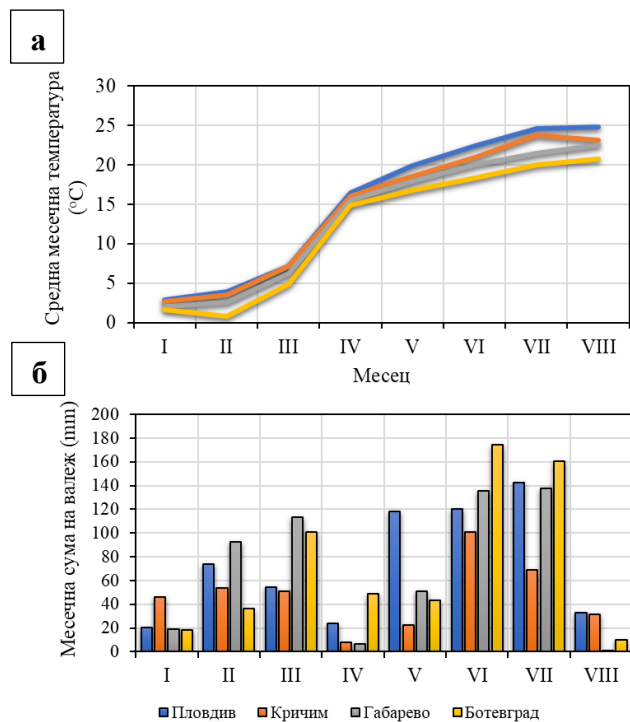
Специално внимание е отделено на датите, когато е достигнат праг от 20% разпространение на болестта и обезлистване. Преглед на графиките (Фиг. 15) показва силно сходство в развитието на заболяването в три локации (Пловдив, Кричим и Габарево) и две съседни области на Южна България през 2018 година.



Фигура 15. Разпространение (а) и обезлистване (б) от ЦС, 2018 г.

Изключение прави развитието на ЦС в Северна България и по-точно Ботевград, където болестта се е появила по-рано в сравнение с останалите три локации и бързо е достигнала 20% разпространение (2.6.) и 20% обезлистване (26.6.). В края на юли и началото на август всички налични листа са били заразени, а малко след това е настъпило и пълно обезлистване в същата градина. В началото на септември дърветата в останалите градини също са обезлистени в резултат на нападение от ЦС.

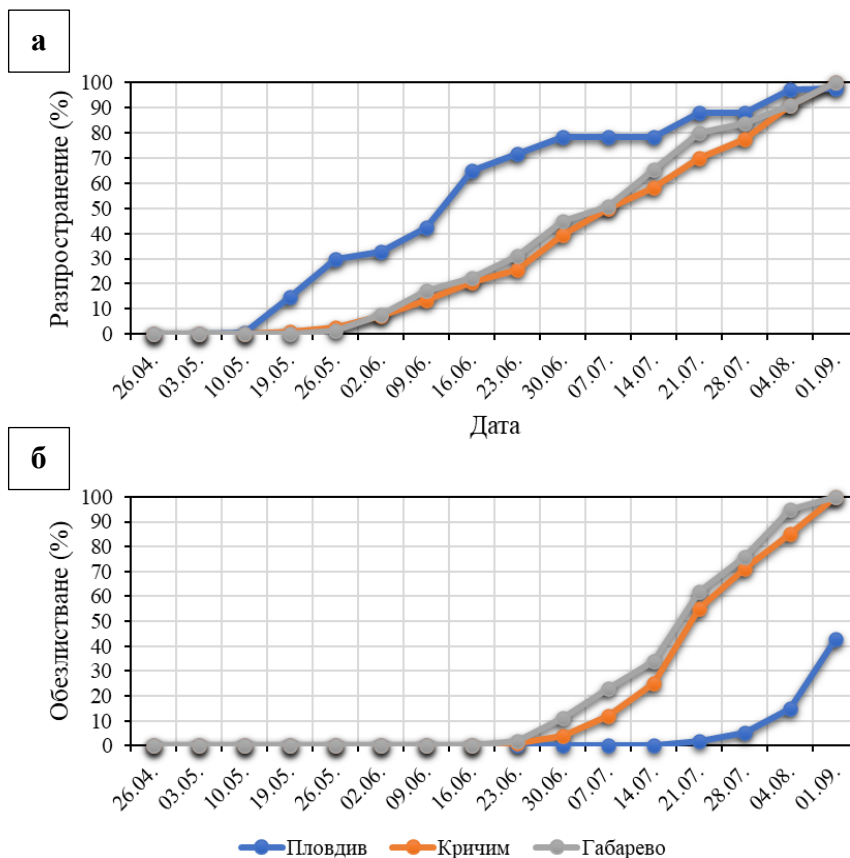
От месечните метеорологични данни (Фиг. 16) е видно, че сумата на валежите е в пряка връзка с разпространяване на патогена в насаждението. Температурата на въздуха е в рамките на оптимума и е почти постоянна за различните локации. Валежите са били относително равномерно разпределени през целия сезон с известни изключения.



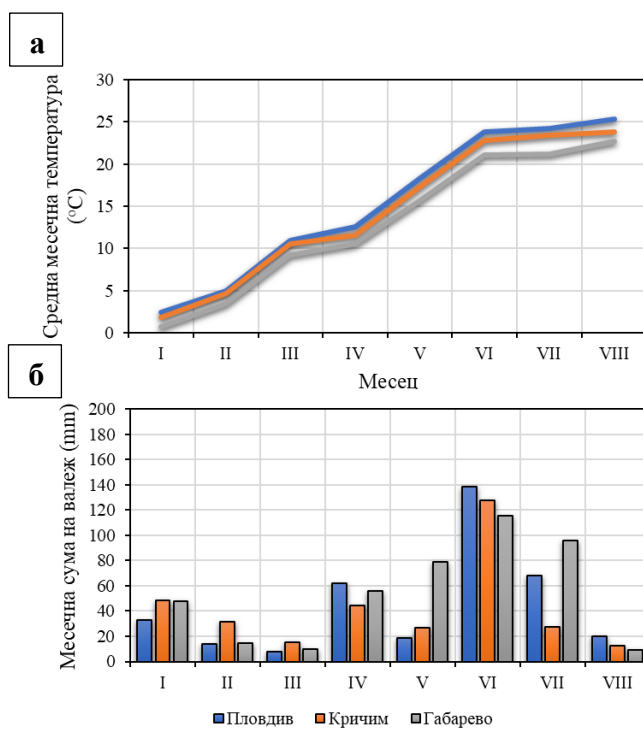
Фигура 16. Температура (а) и валежи (б) през периода януари-август, 2018 г.

С най-малко валежи е бил месец април, по-конкретно в Ботевград сумата е 48.6 mm, в Пловдив два пъти по-ниска (23.8 mm), в Кричим и Габарево незначителна (прибл. 7 mm). През май валежите са били средно около 50 mm. В тези два месеца те не са били силно благоприятни и това е довело до закъсняло начално развитие през юни. В периода юни-юли е имало добре изразена валежна обстановка с месечни стойности на показателя от 70 до 174.4 mm. В резултат на това е последвало прогресиращо разпространение на болестта вкл. обезлистване от края на юни до септември. Прави впечатление благоприятното разпределение на валежите през целия сезон в т.ч. наличие на твърде високи норми в Ботевград.

Развитието на болестта през 2019 г. е било подобно на това през предходната година (Фиг. 17; Фиг. 18) с плавно развитие на ЦС през целия сезон от май до септември. В сравнение с 2018 г. април е бил по-дъждовен през 2019 г. и е повлиял върху по-ранния начален момент на епидемията. От същите графики прави впечатление няколко важни момента. Разпространението на болестта много добре корелира с обезлистването в Кричим и Габарево, а в Пловдив и през двете години то се забавя.



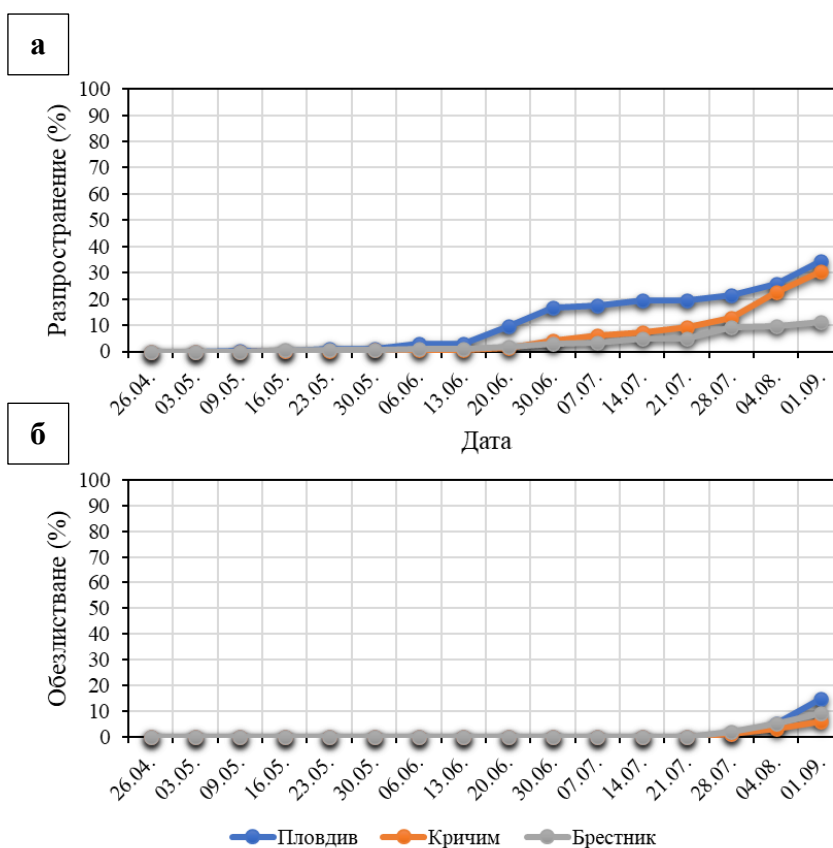
Фигура 17. Разпространение (а) и обезлистване (б) от ЦС, 2019 г.



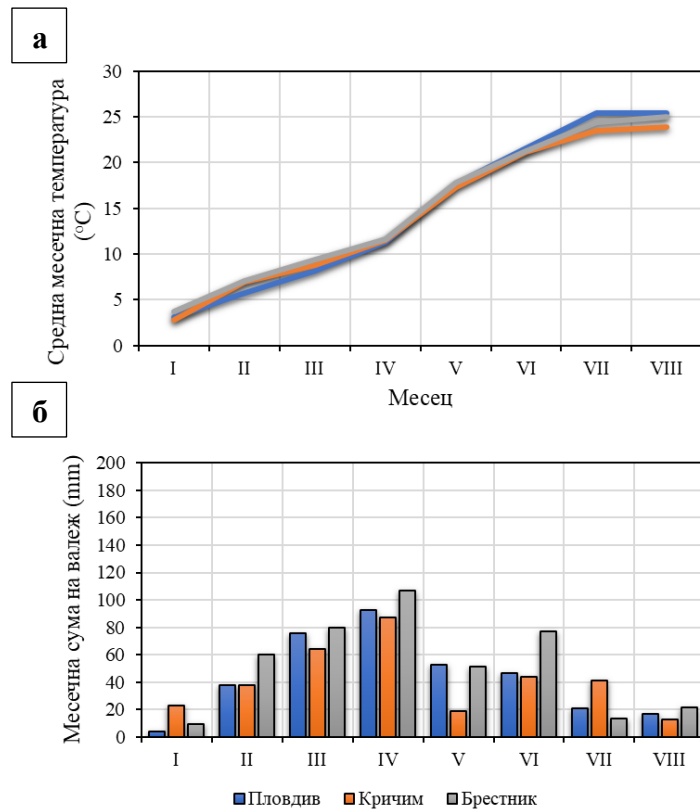
Фигура 18. Температура (а) и валежи (б) през периода януари-август, 2019 г.

Предвид сходствата по отношение на метеорологичните условия в двете години и различията в кривата на развитие можем да изкажем мнение, че натрупания инфекциозен фон от 2018 г. е спомогнал за по-добре изразеното нападение от ЦС през 2019 година.

Разпространението на ЦС през последната година на обследването (2020) може да се категоризира като слабо или средно (Фиг. 19). Болестта се явява в рамките на нормалното (края на май и начало на юни) и до края на юли поддържа нива не по-високи от 10 и 20% заразени листа. Тези стойности леко се покачват до началото на септември за Пловдив и Кричим, а в Брестник са по-ниски. Средните месечни стойности на температурата на въздуха и валежите за трите локации почти съвпадат с изкл. на Кричим, където през май валежите са били 2.5 пъти по-ниски, отколкото при другите две места (Фиг. 20).



Фигура 19. Разпространение (а) и обезлистване (б) от ЦС през 2020 г.



Фигура 20. Температура (а) и валежи (б) през периода януари-август, 2020 г.

Прави впечатление, че валежите са били по-стабилни по локации и значими като количество през месеците март и април, след което стават по-непостоянни и редуцирани в останалата част от сезона. През периода юли-септември август те липсват или са пренебрежимо ниски като стойност. Относно локациите Кричим и Пловдив съществуват данни и за трите сезона, което позволява да се изведат някои заключения. В периода 2018-19 г. условията за болестта са били като цяло благоприятни, единствено с тази разлика, че през 2018 г. е имало известно закъснение в началната поява на симптоми и това бе обяснено с възможно по-нисък инфекциозен фон от предходния сезон. Общото в по отношение на метеорологичните фактори, че през април и май валежите са били като цяло поддържащи болестта и неизравнени по локации, но през юни и юли значителни като количество.

През 2020 г. ситуацията е диаметрално противоположна, оптимални валежите са били през март и април, след което те са намалели в месеците до края на сезона. Описаният сценарий води до ограничено разпространение на заболяването през последната година и в трите локации. Факторът инфекциозен фон би следвало да се

игнорира, тъй като през есента на 2019 г. неговото ниво е било високо. Месец юни и донякъде юли изпъкват с ключова роля за епидемиологичното развитие на болестта. Количеството валежи през април е от два до пет пъти по-голямо през 2020 г., но това не е повлияло съществено върху следващите събития. Появата на вторична зараза през юни предоставя на ЦС възможност за масово развитие посредством летни макроконидии. Температурите са оптимални за зараза и все още не са екстремно високи през юни, което има връзка с по-продължителното задържане на листна влага по листата след валеж.

2.4.2. Влияние на метеорологичните фактори върху развитие на ЦС

Значението на метеорологичните фактори за развитието на заболяването ЦС предполага прилагането на допълнителни и по-задълбочени анализи чрез прилагането на различни статистически методи и подходи. Използването на панелен анализ се основава на някои негови предимства. Панелният анализ на данни има за цел откриване на ненаблюдаема хетерогенност, както между изследвани показатели, така и във времеви период, тъй като тази хетерогенност не може да бъде открита чрез анализ на времеви серии или чрез напречно сечение (Eom и др., 2008).

В настоящето изследване метеорологичните фактори (средна температура, валеж, листна влажност) са изчислени спрямо посочените методи за съответната локация. Като цяло се наблюдава хетерогенност по отношение на броя заразени листа по локации. В Кричим и Пловдив е отчетена хомогенност в определени периоди, която вероятно произтича от близкото им географско разположение и сходни метеорологични условия. Прави впечатление, че в Кричим, Габарево и Пловдив голяма част от листата се заразяват в температурния диапазон 20-25°C, а в Ботевград при 15-20°C. Това донякъде е разбираемо, като се има предвид по-високата надморска височина и по-ниски температури в района на Ботевград.

Във всички локации преобладаващата част от заразени листа са отчетени при валежи от 0 до 30 mm. По отношение на листната влажност по-голямата част от инфектираните листа се срещат в диапазона на този параметър 0-50 h. Изключение е градината в Ботевград, където вероятно поради по-чести валежи и висока относителна влажност са били в интервала 60-100 h. Възможно е спецификата за всяка локация (α_i) да е свързана с независимите променливи каквито са метеорологичните фактори. Резултатите от предварителните тестове на модела на фиксираните ефекти показаха висока значимост.

Поради наличието на хетероскедастицитет и автокорелация в остатъчния компонент са използвани клъстерни стандартни грешки по метода на Арелано (Arellano method), за да се неутрализира ефекта на горепосочените два проблема (Wooldridge, 2013), които правят невалидни стандартните формули (Табл. 18).

Таблица 18. Двупосочни фиксирани ефекти с използвани клъстерни стандартни грешки

Променлива	Оценка	Стандартна		р-стойност	Равнище
		грешка	Статистика		на значимост
Средна температура	0.685	0.167	4.104	0.000	***
Валеж	0.026	0.011	2.400	0.017	*
Листна влажност	0.005	0.013	0.408	0.683	
Adj R-squared ^a	-0.05	R ²	0.0132		
F-статистика	6.037	р-стойност	0.0004		
Степени на свобода	3; 1350				

^a Adj R-squared – изгладен коефициент на детерминация

Статистически значими стойности при ниво на съгласие $\alpha = 0.05$ имат регресионните коефициенти на средна температура и сума на валежите, като и двата коефициента са позитивни и показват положителна зависимост и каузация със зависимата променлива. При нарастване със средно 1°C за предходните 11 дена, броя заразени листа се очаква да нарасне с 0.69%, при фиксирани други променливи. Ефектът на валежите е по-незначителен и показва, че при нарастване на сумата на валежите със средно 10 mm за седемдневен период след седмица се очаква покачване с 0.26% на заразените листа. Ефектът на листната влажност не е статистически значим.

При изчислението на модела на двупосочни фиксирани ефекти с тройна интеракция е направено двойно центриране, за да се постигне ефекта на вътрешно-груповия оценител (ефекта на вътрешно-груповата вариация). Стандартните грешки отново са коригирани с клъстерни по метода на Арелано (Arellano method) за контролиране на хетероскедастицитет и серийна автокорелация (Табл. 19).

Таблица 19. Двупосочни фиксирани ефекти с тройна интеракция и използвани клъстерни стандартни грешки

Променлива	Оценка	SE ^a	Статистика	Равнище	
				р-стойност	на значимост
Средна температура	1.2831	0.2534	5.0634	0.0000	***
Валеж	-0.0029	0.0109	-0.2693	0.7877	
Листна влажност	0.0633	0.0200	3.1677	0.0016	***
Ср. температура:Валеж	0.0637	0.0103	6.1689	0.0000	***
Ср. темп.:Листна влажност	-0.0208	0.0039	-5.3983	0.0000	***
Валеж:Листна влажност	0.0012	0.0005	2.3426	0.0193	**
Ср. темп.*Валеж*Листна влажност	-0.0021	0.0004	-5.0600	0.0000	***
Обща сума на квадрати	37279	R ²	0.08803	F-стат.	18.5608
Остатъчна сума на квадрати	33998	Adj. R ²	0.025018	Р-стойност	< 2.22e-16
ID	40	T	16-48	N	1440

^a SE (standart error) – стандартна грешка

Замествайки коефициентите от панелната регресия се получава следното уравнение (1):

$$y_{it} = 1.283 \text{ Ср. темп.} - 0.003 \text{ Валеж} + 0.0633 \text{ Листна вл.} + 0.0637 \text{ Ср. темп.* Валеж} - 0.0298 \text{ Ср. темп.* Листна вл.} + 0.0012 \text{ Валеж * Листна вл.} - 0.002 \text{ Ср. темп.* Валеж * Листна вл.} + v_{it}, \quad (1)$$

Статистически значими при ниво на съгласие $\alpha = 0.05$ са всички коефициенти с изключение на валежите. Обяснителната способност на модела е все още ниска, но изгладеният коефициент на детерминация е вече положителен и е приблизително 3%. За интерпретация на резултатите, изражението на Уравнение 1 се разделя на две части. Първата част представлява коефициенти невключващи средната температура, които се явяват константа на модела.

Втората част представлява наклона на линейната зависимост и включва всички коефициенти, където участва средната температура (2):

$$y_{it}'' = (-0.003\text{Валеж} + 0.0633\text{Листна вл.} + 0.0012\text{Валеж} * \text{Листна вл.}) + \text{Ср. темп.} (1.283 + 0.0637\text{Валеж} - 0.0201 * \text{Листна вл.} - 0.0021\text{Валеж} * \text{Листна вл.}) + v_{it}, \quad (2)$$

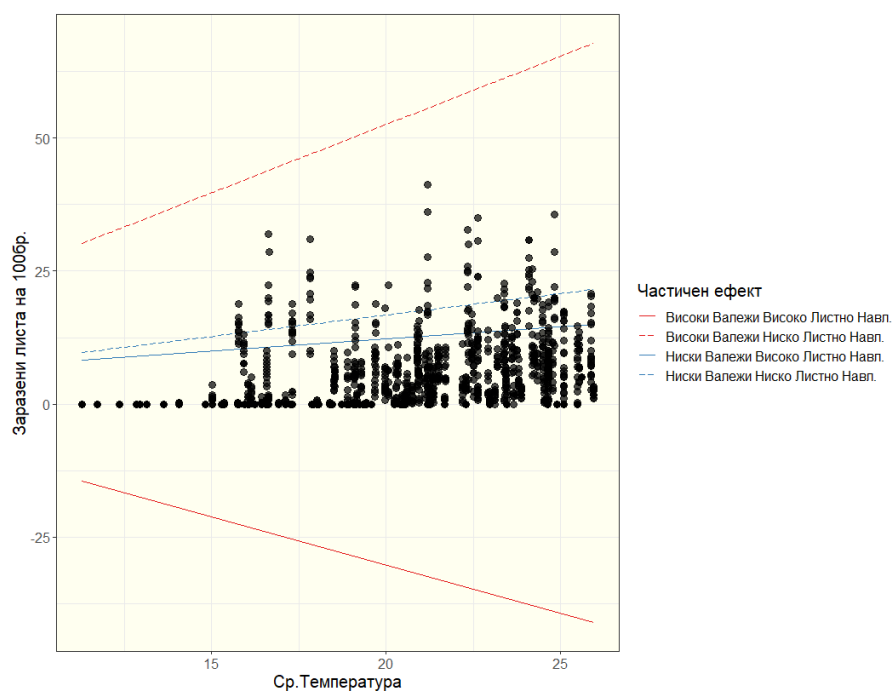
Средната температура е основната независима променлива, която може да опише заразата по листата чрез функцията на модератора (Jaccard и др., 2003). При изчисляване на наклона се използват регресионните коефициенти от втората част на модела (Уравнение 8), както и допълнително създадени коефициенти за високи и ниски стойности на независимите променливи валеж (mm) и листна влажност (h). При изчисляване на константата на модела се използват регресионни коефициенти от първата част на Уравнение 8. Стойностите са изчислени на база сбора/разликата (висока/ниска стойност) от средна аритметична за променливите и стандартното им отклонение (Табл. 20).

Таблица 20. Дескриптивна статистика на данните за изследваните локации

Променлива	Брой единици	Средна аритметична	SD ^a	Мин.	25%	Медиана	75%	Макс.
Локация	1,440	2.889	0.994	1	2	3	4	4
Дърво	1,440	5.5	2.873	1	3	5.5	8	10
Заразени								
листа,	1,440	28.38	34.135	0	0	11.81	52.75	100
кумулятивна								
Заразени								
листа	1,440	4.828	6.413	0	0	2	7.816	41.247
Средна температура	1,440	20.216	3.593	11.282	17.7	20.495	23.382	25.945
Валеж	1,440	16.398	22.428	0	1.375	8.45	19.1	114.7
Листна влажност	1,440	32.768	21.246	0	17.25	29.417	46.125	100.083

^a SD (standard deviation) – стандартно отклонение

Получават се четири случая на наклон и константа, в зависимост от комбинация на стойностите на валеж и листна влажност (Jaccard и др., 2003). Четирите наклона отразяват частичния ефект от тройната интеракция върху заразените листа в модела на двупосочните фиксирани ефекти (Фиг. 21). Двата наклона на комбинациите малки по количество валежи с висока листна влажност и големи по количество валежи с ниска листна влажност са близки и отразяват добре линейната зависимост, потвърдена от модела между средна температура и заразени листа. Зависимостта е положителна, с полегат наклон т.е. малък коефициент. Наблюдава се обратна (негативна) зависимост между средна температура и брой заразени листа при високи валежи и висока листна влажност.



Фигура 21. Наклон на частичния ефект от тройната интеракция върху заразените листа в модела на двупосочните фиксирани ефекти.

Ефектът на интеракция с температура показва, че при висока температура, голяма сума на валежи и листна влажност се очаква по-малък брой заразени листа по дърветата. Последната комбинация от висока стойност на валежи и ниска на листна влажност отново интерактират с температура в позитивно влияние върху броя заразени листа. Наклонът на линейната зависимост е значително по-стръмен и коефициента на

зависимост между средна температура и заразени листа – 1.283, средно за модела, при липса на интеракция и фиксирани стойности на останалите две променливи. Това означава, че при по-значителни като количество валежи и по-кратка продължителност на листната влажност, високата температура ще повлияе по-значително на заразяването и се очакват повече заразени листа.

Поради необходимост от изравняване на скалите на променливите (Bring, 1994), са представени и стандартизирани коефициенти на модела с двупосочни фиксирани ефекти и тройна интеракция (Табл. 21).

Таблица 21. Модел на двупосочни фиксирани ефекти с тройна интеракция при стандартизирани променливи

Променлива	Оценка	SE ^a	Статистика	p-стойност	Равнище
					на значимост
Средна температура	0.7049	0.1392	5.0634	0.0000	***
Валеж	-0.0102	0.0379	-0.2693	0.7877	
Листна влажност	0.1865	0.0589	3.1677	0.0016	**
Средна температура:Валеж	0.7744	0.1255	6.1689	0.0000	***
Ср.темп.:Листна влажност	-0.2149	0.0398	-5.3983	0.0000	***
Валеж:Листна влажност	0.0795	0.0339	2.3426	0.0193	*
Ср.темп.:Валеж:Листна влажност	-0.4828	0.0954	-5.0600	0.0000	***
Обща сума на квадрати	918.4	R	0.08803	F stat	18.5608
Остатъчна сума на квадрати	837.55	Adj. R	0.025018	p-стойност	< 2.22e-16
ID	40	T	16-48	N	1440

^a SE (standart error) – стандартна грешка

Резултатите потвърждават посоката на зависимостите, като единствено отличават двойната интеракция между средна температура и валежи като зависимост с най-силен коефициент, последван от този на средната температура и тройната интеракция. Анализът на панелни данни за изследваните локации показва силна положителна зависимост между средна температура на въздуха и по-незначителна при останалите променливи спрямо разпространението на ЦС по листата. Прилагането на тройна интеракция между средна температура на въздуха, сума на валежи и листна влажност оказва ефект върху посоката на изследваната зависимост. Големите количества валежи, комбинирани с ниска стойност на листната влажност допринасят за усилване ефекта от повишаване на температурата върху появата на нови заразени листа. Продължителна листна влажност в комбинация с голямо количество валежи изместват в негативна посока зависимостта между висока температура и брой заразени листа. В този случай анализът показва, че при по-ниските температури в извадката, се очаква по-голям брой заразени листа.

При тълкуването на данните би следвало да се вземат под внимание някои особености в протокола на опита. Според резултатите температурата се откроява като основен фактор за появата на симптоми по листата. Прогнозата се извършва на база 11 дневен период, който приключва 3 дни преди дата на отчитане и най-добре описва инкубационния период на патогена. Вероятно, това е причината температурата да е по-значима от валежите. При наличие на валежи ако температурата е висока би следвало и листната влага да е по-кратка като продължителност, защото тя се изпарява по-бързо.

2.5. Валидиране на прогнозен модел чрез контролни растения

Резултатите от двугодишния опит показват, че броят и продължителността на периодите, в които растенията бяха изложени на естествен инфекциозен фон беше сходен. Посредством модела на Eisensmith и Jones през 2018 г. бяха регистрирани 32 инфекциозни периода. Най-краткият от тях беше с продължителност 1 час, а най-дългият - 27 часа. Средната температура на въздуха е била в интервала от 12.3 до 23.5°C, а валежите 0.5 - 61.5 mm. Най-голям брой зарази са регистрирани през май – 16, докато през месеците юни и април те са били съотв. 12 и 4. През 2018 г. периодите с валежи са били със средна продължителност 5 часа. Броят периоди с продължителност 1 час е бил 15, а на тези с продължителност повече от 1 час - 17. Средната продължителност на инфекциозните периоди е била 9 часа.

През втората година на опита са регистрирани 33 потенциални инфекциозни периода. Най-късият период е бил 1 час, а най-дългият – 18 часа. Средните температури варираха от 8.3 до 27.4°C, а валежите от 0.2 до 69.2 mm. По 12 бр. инфекциозни периоди са отчетени през месеците юни и април, а най-малко през май - 9. През 2019 г. периодите с валежи са били със средна продължителност 4 часа. Броят валежи с продължителност 1 час е 18, а с продължителност повече от 1 час - 17. Средната продължителност на дългите периоди е бил 7 часа.

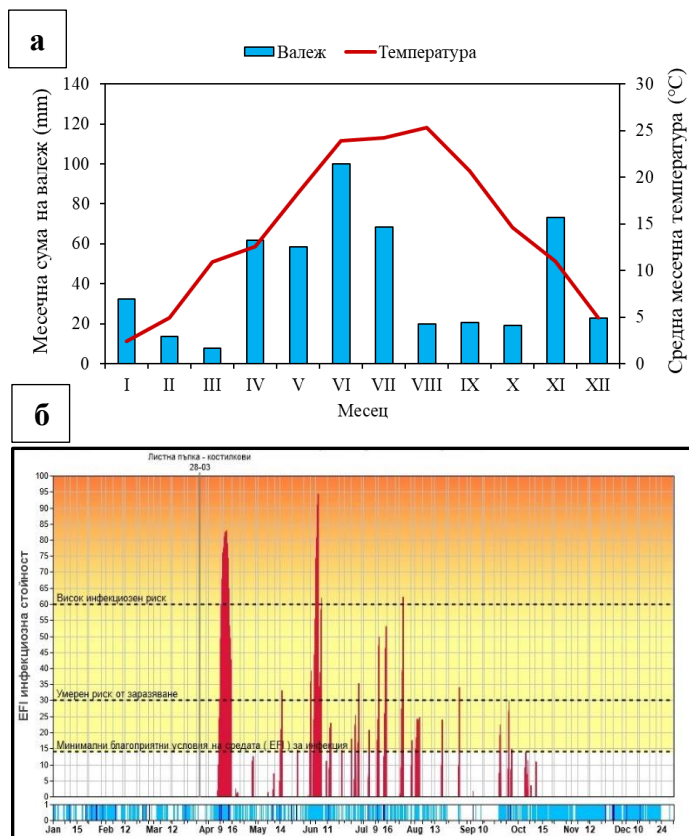
В рамките на целия двугодишния опит симптоми не са установени по контролни дървета, които са поставяни в градината. При тези обстоятелства категоричен извод за надеждността на модела трудно може да бъде направен, но от методологична гледна точка е целесъобразно да се потърсят причините за липсата на симптоми.

Едно от възможните обяснения е ниската чувствителност на метода. Друга възможност е при опита в Пловдив инфекциозният фон да е бил недостатъчно висок. Размерът на овощната градина, в която през първата година са излагани на потенциална зараза растенията в контейнери е едва 1.6 дка. През втората година се разчиташе освен на естествения инфекциозен фон от градината, така също на заразени листа поставени върху площадка, сред която се поставят контролните растения в контейнери. Листата представляват презимувал материал от предишния сезон с доказана визуално и под микроскоп инфекция от изследвания патоген.

3. Контрол

3.1. Химични третираня при различни прагове на инфекциозен индекс

По време на първата половина от вегетацията на 2019 г. метеорологичните условия бяха благоприятни за развитие на ЦС (Фиг. 22). Април се характеризираше с голямо количество валежи (62.3 mm) и средна температура 12.5°C, която е близка до оптималната за развитие на патогена (Фиг. 22а). Сумата на валежите през май беше ниска – 18.7 mm, а за юни достигна 138.6 mm. Средните месечни температури за май (18.3°C) и юни (23.9°C) не бяха ограничаващи за развитието на заболяването. В периода начало на април – средата на юни бяха отчетени два периода с нисък индекс, един със среден и два с висок (Фиг. 22б). Първите изстрелвания на единични узрели аскоспори бяха установени чрез спороловка на 24.03. във фенофаза „зелен конус“ (ВВСН 09) при сорт Ван.



Фигура 22. Метеорологични условия (а) и прогнозирані инфекциозни периоди според модела на Eisensmith и Jones (б), Пловдив, 2019 г. Източник: RIMpro B. V., Нидерландия.

При всички варианти първото третиране (11.04.) беше по време на инфекциозен период с висок индекс (Табл. 22).

Таблица 22. Третираня при сорт Ван, 2019 г.

Фенофаза			
Дата	(ВВСН)	Третиране ^а	Фунгицид
11.04.	69	1, 2, 3	Луна експирианс
25.04.	73	1, 2	Делан 700 ВГ
04.05.	75	1, 2	Делан 700 ВГ
13.05.	78	1, 2	Делан 700 ВГ
23.05.	81	1, 2, 3	Делан 700 ВГ
01.06.	85	1, 2, 3	Сигнум

^а (1) Нисък индекс - $EFI \geq 14$; (2) Среден индекс - $EFI \geq 28$; (3) Висок индекс - $EFI \geq 56$

Пръскане преди зараза с контактен продукт не беше възможно поради промяна на първоначална прогноза, посочваща липса на риск. Това наложи използване на фунгицид с лекуващо действие – Луна експирианс. Следващите четири пръскания бяха направени с контактен продукт Делан 700 ВГ, а последното с оглед приближаващият срок на беритба със Сигнум.

Първи симптоми на заболяването са открити в нетретираната контрола на 3.5. по време на фенофаза „нарастване на плодовете“ (ВВСН 75). През същия месец поради малко количество валежи бяха регистрирани единствено два инфекциозни периода със среден индекс (14.05. и 24.05.), които не се отразиха съществено върху развитие на заболяването. Извършени са две отчитания на болести по листата на 26.05. и 05.06.

Анализът на резултатите включва не само тяхната статистическа значимост, но така също размера на ефекта (големина на ефекта) и доверителния интервал. Размерът на ефекта описва значението на наблюдавания ефект и служи за определяне на неговата практическа и теоретична стойност. Статистическата значимост невинаги се припокрива с практическата такава (Vasilev, 2014). Доверителните интервали, докладвани в част от анализите служат за оценяване несигурността при определяне на средната стойност на популацията.

Анализът на данните за ЦС произведе силно значим статистически резултат ($p_{KW} < 1\%$) при статистика на размер на ефекта, $\epsilon^2 = 0.18$, с доверителен интервал 0.18–1, показваща умерена обяснителна способност на модела. Според теста на Дън съществуват статистически значими разлики на вариантите в сравнение с нетретираната контрола, а между отделните варианти такива липсват (Табл. 23).

Таблица 23. Ефект на третиранията върху ЦС, сорт Ван, 2019 г.

Третиране	Цилиндроспориоза
Нетретирана контрола	1.221 ^a a*
Нисък индекс (EFI≥14)	0.000 b
Среден индекс (EFI≥28)	0.000 b
Висок индекс (EFI≥56)	0.000 b

^a Средна аритметична на отчетената степен на нападение (%); * Третирания с различни азбучни обозначения са със статистически значими разлики в средните рангове (отнася се за вътрешногруповата характеристика) според тест на Дън.

Изучаването степента на значение на разликите чрез метода на Варга и Дилейни потвърждава резултатите от предходната група тестове (Табл. 24).

Таблица 24. Степен на значение на разлики между третиранията, сорт Ван, 2019 г.

Третиране I - Третиране II	Цилиндроспориоза		
	VDA ^a	L _{VDA} ^b	U _{VDA} ^b
Нетр. контрола – Нисък индекс	0.6489749	0.633928	0.663731
Нетр. контрола – Среден индекс	0.6489749	0.633571	0.664074
Нетр. контрола – Висок индекс	0.6489749	0.634224	0.663447
Нисък индекс – Среден индекс	0.4683068	0.448397	0.488317
Среден индекс – Висок индекс	0.5590098	0.539411	0.578425
Нисък индекс – Висок индекс	0.5272149	0.507773	0.546574

^a Коефициент на Варга-Дилейни.; ^b Долна граница на коефициента на Варга-Дилейни.;

^b Горна граница на коефициента на Варга-Дилейни.; * Интервали включващи 0.5 предполагат еднаква разпределеност на степен на нападение при третиранията.

Спрямо всички останали третираня, нетретираната контрола показва най-висока сравнителна вероятност за развитие на заболяването. В проучваната година третираня при нисък и среден индекс бяха шест, а при висок – три на брой. Резултатите подкрепят хипотезата, че третирането при висок индекс е с близък и не по-малко ефективен резултат от това при нисък индекс. Умерената обяснителна способност на модела при ЦС показва, че освен самото третиране има и други случайни фактори оказващи влияние.

От практическа гледна точка това означава, че изпитваните варианти при конкретните метеорологични условия и сорт ще дадат сходни резултати, ако се повтори опита. При други метеорологични условия, инфекциозен фон и сорт е възможно получаване на различен краен резултат и ефект на даден вариант върху ЦС. Според получените данни от изследването единствено в нетретираната контрола са установени заразени листа.

Освен по листата симптоми на ЦС бяха установени и по плодни дръжки. Те бяха открити по време на узряване на плодовете под формата на удължени петна с размери 1-2 mm, с червен до виолетов цвят и наличие на спороношение (летни макроконидии). За установяване ефекта от третиранията е извършено едно отчитане на 8.6. Резултатите от дисперсионния анализ на данните показват статистически значим ефект ($P \approx 0$). Между

нетретираната контрола и изпитваните варианти съществува статистически доказана разлика, а между отделните варианти липсва (Табл. 25).

Таблица 25. Ефект на третиранията върху развитие на ЦС по плодни дръжки, сорт Ван, 2019 г.

Третиране	Общ брой изследвани плодни дръжки		Средна (%)	
	дръжки			
Нетретирана контрола	1607		15.28 ^a	11.54 ^b a ^b
Нисък индекс (EFI≥14)	622		1.25	0.45 b
Среден индекс (EFI≥28)	859		1.04	0.30 b
Висок индекс (EFI≥56)	773		0.03	0.10 b
LSD _{0.05}			3.078	

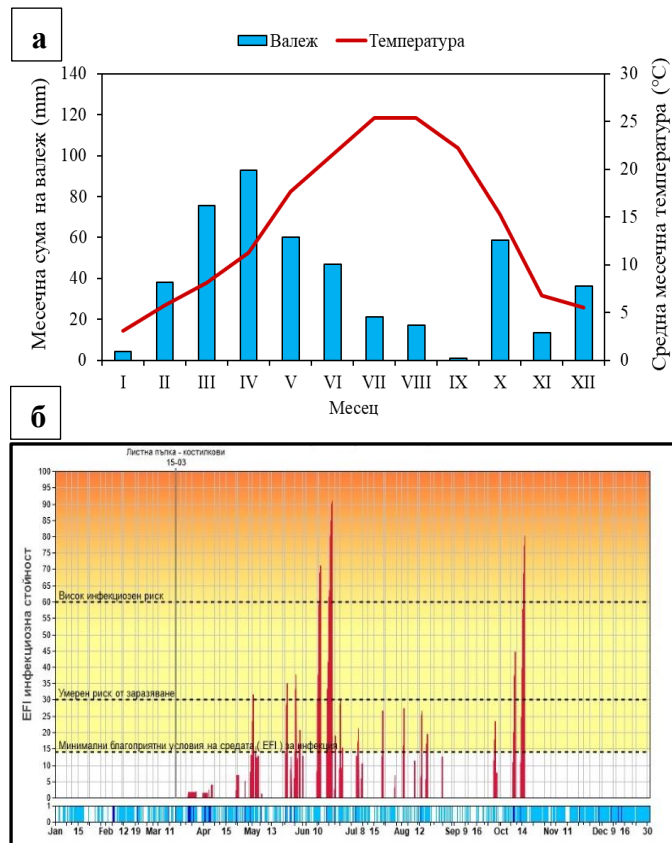
^a Непреобразувани средни (%)

^b Данните бяха преобразувани чрез $\text{arcsin}[\%]$. Средните стойности в таблицата са представени в проценти след обратна трансформация $\sin^2(\text{arcsin}[\%])$.

^b Варианти споделящи поне едно азбучно обозначение нямат статистически значими разлики в средните.

От представените резултати може да се обобщи, че третиранията при висок индекс, имат съпоставим ефект с тези при нисък и среден индекс както върху листа, така и върху плодни дръжки. В конкретната година броят третирания при висок индекс е довел до два пъти по-малко третирания в сравнение с тези при другите два по-ниски индекса.

През 2020 г. метеорологичните условия през първата половина на вегетацията бяха благоприятни за развитието на ЦС. Първата половина на април се характеризираше с по-чести валежи, докато втората беше по-безвалежна. В рамките на месеца имаше периоди с температури под оптималните за развитие на патогена (Фиг. 23). Първите изстрелвания на единични узрели аскоспори бяха установени чрез спороловка на 24.03. във фенофаза „зелен конус“ (BVCH 09) при сорт Ван.



Фигура 23. Метеорологични условия (а) и прогнозирани инфекциозни периоди според модела на Eisensmith и Jones (б), Пловдив, 2020 година. Източник: RIMpro V. V., Нидерландия.

Първото третиране за сезона беше само при варианта с нисък индекс (30.04.), а следващите две при всички варианти (Табл. 26). С оглед приближаващият срок на беритба последното третиране беше извършено със Сигнум.

Таблица 26. Третирания при сорт Ван, 2020 г.

Дата	Фенофаза		Фунгицид
	(ВВСН)	Третиране ^а	
30.04.	73	1	Делан 700 ВГ
20.05.	77	1, 2	Делан 700 ВГ
31.05.	81	1, 2	Сигнум

^а (1) Нисък индекс - $EFI \geq 14$; (2) Среден и висок индекс - $EFI \geq 28-56$

Резултатите при ЦС са статистически силно значими ($p < 1\%$), при ниска големина на ефекта (Cohen, 1992) ($\epsilon^2 = 0.04$) с доверителен интервал [0.04, 1] (Табл. 27).

Таблица 27. Ефект на третиранията върху степен на нападение при цилиндроспориоза, сорт Ван, 2020 г.

Третиране	Цилиндроспориоза
Нетретирана контрола	3.61 ^a a*
Нисък индекс (EFI \geq 14)	0.07 b
Среден и висок индекс (EFI \geq 28-56)	0.71 c

* Варианти с различни азбучни обозначения са със статистически значими разлики в средните рангове (отнася се за вътрешногруповата характеристика) при тест на Дън.

^a Средна аритметична на измерена степен на нападение (%).

Според VDA коефициента нетретираната контрола доминира стохастично спрямо варианта „нисък индекс“ ($VDA = 0.69$, [0,67, 0.71]), така и спрямо варианта „среден и висок индекс“ ($VDA = 0.65$, [0,63, 0.67]) (Табл. 28). Това показва, че и двата варианта са по-добри спрямо нетретираната контрола. В сравнение с варианта „среден и висок индекс“, при „нисък индекс“ има по-устойчиви резултати ($VDA \approx 0.46$, [0.435, 0.475]).

Таблица 28. Степен на значение на разлики между третиранията, сорт Ван, 2020 г.

Третиране I – Третиране II	Цилиндроспориоза		
	VDA ^a	L_{VDA} ^b	U_{VDA} ^b
Нетретирана контрола – Нисък индекс	0.688365	0.67017	0.705997
Нетр. контрола – Среден и висок индекс	0.6476024	0.627691	0.667014
Нисък индекс – Среден и висок индекс	0.4543462	0.434207	0.474636

^a Коефициент на Варга-Дилейни.

^b Долна граница на коефициента на Варга-Дилейни.

^b Горна граница на коефициента на Варга-Дилейни.

* Интервали включващи 0.5 предполагат еднаква разпределеност на степен на нападение при третиранията.

От обобщените данни и от останалите анализи е видно, че разликата между двата варианта е малка. Сравнителният анализ на данните от двете години показва, че третиранията според прогнозния модел на Eisensmith и Jones преди инфекциозен период постигат няколко важни цели. На първо място се осъществява по-добър контрол на ЦС чрез контактни продукти и липса на риск от резистентност. От друга страна е възможна употребата на лекуващи продукти при доказана необходимост до няколко часа след зараза, ако напр. има неочаквана промяна в метеорологичните условия. Пример за подобен случай бе началото на сезона 2019 г. при появилата се първа чувствителна фенофаза на културата. Не на последно място броят на третиранията може да бъде намален значително, ако се прилагат съобразно прогнозиран от модела висок индекс на риск от зараза.

V. ИЗВОДИ

Получените резултати от експерименталната работа, извършена през периода 2018-2020 г., позволяват да се формулират следните по-важни изводи:

1. Установените симптоми на ЦС съответстват на описаните в литературата у нас и в чужбина, те бяха открити върху същински и прицветни листа, а така също върху плодни дръжки на череша и вишна. Епифитотийното развитие на ЦС през 2018 - 2019 г. доведе до ранно обезлистване и преждевременно развитие на плодни и листни пъпки в периода от края на август до начало на септември.
2. По своите морфологични и културални характеристики получените изолати на *Cylindrosporium hiemalis (Higgins) Trotter* не се различават помежду си и отговарят на описанията в литературата. Същото важи и за морфологичните особености на АС, ПМК, ЛМК и микроконидии, взети от заразени листа по време на изследването.
3. През отделните години делът на АС спрямо общия брой уловени за сезона първични спори варира от 46 до 91% със средна стойност 71%, а на ПМК от 9 до 54% със средна стойност на показателя 29%.
4. Във всички години първи АС и ПМК са уловени след фенофаза „зелен конус“ в развитието на дърветата. Първи АС са отчетени в периода от края на март до средата на април, а ПМК от края на март до началото на май.
5. Годишната динамика в разсейването на АС и ПМК се различава между отделните локации в дадена година, така и в рамките на една локация през отделните години. Общият брой денонощия с ПМК беше по-малък в сравнение с този с налични АС, което вероятно е свързано с техния по-ограничен дял в общата маса от първични спори.
6. Във всички локации и години са регистрирани 3-5 основни пика на разсейване на АС и ПМК за сезон, при втория тип спори те са били по-ясно изразени. Засушаванията през април и май забавят узряването на АС и ПМК, което удължава периода на разсейване до втората половина на юни. Валежи през същия период водят до изчерпване на основното количество спори още в края на май.

7. Основното количество (85%) АС и ПМК са били освободени от плодните тела до втората половина на месец май, а при останалата част това събитие е настъпило през първата и трета десетдневка на юни.
8. В половината от случаите прагът на 85% ПМК разсеяни във въздуха съвпада времево с този при АС. В останалите случаи е отчетено закъснение с 8 до 20 дни, при наличието на едно изключение, където описваното събитие е настъпило 10 дни по-рано в сравнение с АС.
9. Най-голямо количество от двата вида първични спори, взети по отделно, беше отчетено в Пловдив през 2019 година. Най-малък брой АС и ПМК са отчетени съотв. в Брестник през 2020 г. и в Ботевград през 2018 година. Съотношението между АС и ПМК варира от 2:1 до 10:1, докато през 2020 г. е било приблизително 1:1.
10. Основната част от АС и ПМК са уловени в денонощие с наличие на валежи, което доказва основното значение на този фактор за тяхното разсейване. В денонощията с липса на валеж преобладават случаите, в които е имало само АС, по-малко са тези с налични два вида спори. По всяка вероятност това се дължи на механизма на разсейване, по-малък размер и лесно задържане в атмосферата при АС.
11. Най-много събития с първи изстреляни АС и ПМК има непосредствено след началото на валеж. По-малък, но съществен дял се пада на изстрелвания, които започват един или два часа след посочения момент. При АС е възможно процесът да започне дори 5 часа след начало валеж. Варирането може да се обясни с необходимост от допълнително узряване при наличното навлажняване.
12. Разсейването на АС е по-слабо зависимо от валежите в сравнение с това при ПМК. Възможни са изстрелвания на АС при наличие единствено на високи листна влага и влажност на въздуха по-висока от 90%, или само при висока атмосферна влажност (>90%). Количеството изстреляни АС при тези условия е приблизително три пъти по-малко в сравнение с това провокирано от валеж.
13. Най-голям брой изстреляни АС е установен в интервала от 1 до 13 часа след валеж, а при ПМК е по-кратък от 1 до 4 часа. По време на валеж и след 13 час

количеството АС, което се отделя е около 3-7 пъти по-малко. По време на валеж и след 4-я час количеството отделени ПМК е 3-100 пъти по-малко.

14. Разсейването на АС и ПМК е възможно по всяко време на денонощието. Наличието на АС е най-голямо в интервала 01:00-07:00 h, докато при ПМК от 14:00 до 16:00 h.
15. В лабораторни условия е установена продължителност на узряване на апотеции при постоянна температура и влага за 14 дни (темп. база 0°C). Узряването на АС и ПМК при равни условия протича за приблизително еднакъв период от време съотв. 311 и 331 ГД. Резултатите от така проведеня опит би следвало да се повторят поради необходимост от допълнително статистическо доказване.
16. Разграждането на окапалите листа имаше сходна характеристика в различните локации и години. Покритието на почвата с листа в периода от 30.11. до 30.3. остана все още съществено (средно 18.1%), между 1.4. и 30.5 е намаляло средно с 35.6% и от тази дата до 15.7. с 37.5%.
17. Динамиката на развитие на ЦС по отношение разпространение и обезлистване в рамките на една година беше сходна между отделните локации в рамките на един сезон, но различна през годините. Валежите през месец юни, а така също в юли имат решаващо значение за развитие на заболяването. Не са установени данни температурата на въздуха да е лимитиращ фактор.
18. Прогнозиране развитието на ЦС чрез модел с двупосочни фиксирани ефекти на панелни данни показва силна зависимост между средната температура и разпространението и по-незначителна при останалите променливи – валежи и листна влажност. Моделът показва потенциални възможности, но от статистическа гледна точка е необходима повече информация и отчетени показатели, тъй като към момента обяснява едва 3% от наличните данни.
19. При валидиране в полски условия на прогнозния модел на Eisensmith и Jones спрямо първични зарази не бяха установени симптоми върху растенията уловки и през двете години на изпитване. Точно обяснение не може да бъде дадено, но част от предположенията са свързани с недостатъчен инфекциозен фон и малък обем на листната маса.

20. Ефектът от химични третираня при висок инфекциозен индекс е съпоставим с този при нисък и среден, а броят на третиранията в този случай беше редуциран през 2019 г. наполовина - от 6 на 3, а през 2020 г. от 3 на 2.
21. Пръсканията във фенофаза „край на цъфтеж“ (ВВСН 69), при наличен риск от инфекция с АС и ПМК, са от решаващо значение за контрола на болестта през останалата част от сезона. Всички третирани варианти в тази фенофаза през 2019 г. имаха значително по-малък процент заразени плодни дръжки и листа в сравнение с нетренираната контрола.

VI. НАУЧНИ И НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

1. Научни приноси с оригинален характер

1. За първи път в света е проведено прецизно (почасово) проучване на количеството спори във въздуха посредством 7-дневна спороловка от висок клас като тази на Burkard Manufacturing Co Ltd.
2. За първи път в света е проведено диференцирано отчитане на количеството АС и ПМК във въздуха, това позволява да се определи тяхното съотношение и динамика на разсейване по време на денонощието и вегетационния сезон.
3. Разсейването на ПМК е възможно по всяко време на денонощието и не зависи от светлината.
4. След проведено лабораторно проучване е изчислена необходимата сума от градусодни за узряване на плодните тела апотеции и пролетни асервули.
5. За първи път в света е проведено проучване за използване на прогнозен модел на Eisensmith и Jones с вградена прогноза за времето, което позволява по-гъвкав подход при вземане на решения и провеждане на профилактични, а не само лекуващи третираня.
6. За първи път в Европа е проведено проучване за доказване на инфекциозни събития при полски условия с помощта на контролни растения.

2. Научни приноси с потвърдителен характер

1. В условията на България болестта развива симптоми и по дръжките на череша.
2. Разсейването на АС при причинителя на ЦС е възможно по всяко време на денонощието.
3. В повечето години количеството АС при ЦС е по-голямо от това на ПМК, но е възможно те да бъдат и в равни количества.
4. Възможно е да бъде постигнато високо ниво на защита от ЦС посредством химично третиране при прогнозиран среден и висок инфекциозен индекс от модела на Eisensmith и Jones.

3. Приноси с приложен характер

1. Епидемиологичните данни за наличните във въздуха АС и ПМК е възможно да послужат за създаването на математически модел, който да е част от оценката на риска от първична зараза.
2. Най-много събития с първи изстреляни АС и ПМК има непосредствено след началото на валеж. По-малък, но съществен дял се пада на изстрелвания, които започват един или два часа след посочения момент. Подобни резултати са индикация за целесъобразността от провеждане на химични третираня с контактни продукти срещу покълнали, но все още незаразили спори по време на валеж или малко след него. Подобна практика е водеща при контрола на струпяване по ябълка или круша.
3. Използването на модела на Eisensmith и Jones в съчетание с вградена прогноза за времето позволява оптимален контрол на болестта след третиране при достигане на висок инфекциозен индекс и това води до редукция на техния общ брой. Подобна стратегия е приложима при технология с биологично разрешени или конвенционални продукти.
4. Данните за динамиката на разграждане при окапалите листа е възможно да послужат като компонент от прогнозен модел за първична зараза при ЦС.
5. Химични третираня по време на цъфтеж и след това, имащи за цел предпазване от зараза върху прилистниците, са от съществено значение за контрола на ЦС през целия сезон. По време на цъфтеж са установени АС и ПМК.
6. Потвърдената зараза по плодните дръжки е възможно да се превърне в допълнителен инфекциозен фактор в градини, където се продукцията се прибира машинно и дръжките остават до пролетта върху дърветата.
7. Основният запас от първичен инокулум се реализира до края на май, но известна част от него се разсейва до края на юни. Това доказва необходимостта от предпазни пръскания дори в периода на беритба и подчертава значението на всички вкл. санитарни мерки преди това, които биха намалили инфекциозния натиск.

Списък на публикациите във връзка с дисертационния труд

Marinov, M. (2022). Development of the cherry leaf spot epidemics in different regions of Bulgaria. *Agricultural Sciences/Agrarni Nauki*, 14(32), 47-55.

DOI: 10.22620/agrisci.2022.32.008.

Участие в научни и научно-практически конференции

1. 1-st International Symposium on Climate Change and Sustainable Agriculture, 14.11.-15.11.2019 – Пловдив, Република България.
2. VIII Congress on Plant Protection, 25.11.-29.11.2019 – Златибор, Република Сърбия.

СПИСЪК НА ИЗПОЛЗВАНИ СЪКРАЩЕНИЯ И СИМВОЛИ

АМС	Автоматична метеорологична станция
АС	Аскоспори
АУ-Пловдив	Аграрен университет-Пловдив
ГД	Градусодни
КДА	Картофено-декстрозен агар
ЛМК	Летни макроконидии
МА	Малцов агар
ММА	Модифициран малцов агар
МНМК	Метод на най-малките квадрати
ОА	Овесен агар
ПМК	Пролетни макроконидии
ПППЛ	Почвена повърхност покрита с листа
ПРЗ	Продукти за растителна защита
СПР	Система за подпомагане на вземане на решения
ТБ	Температурна база
ХТК	Хидротермичен коефициент
ЦИУБР	Център за интегрирано управление на болести по растенията
ЦС	Цилиндроспориоза
Adj R-squared	Изгладен коефициент на детерминация
APPD	Australian Plant Pest Database
BBCH	Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical industry
DSS	Decision support system
FRAC	Fungicide Resistance Action Committee
h	Часа
mg mL ⁻¹	Милиграм на милилитър
min	Минути
SE (standart error)	Стандартна грешка
Std	Стандартно отклонение