

Възможности за химичен контрол на ръжда по фасул, с причинител *Uromyces appendiculatus*

Магдалена Колева

Технически университет - Варна, Машинно-технологичен факултет, катедра „Растениевъдство“

E-mail: koleva_magdalena@abv.bg

ORCID Магдалена Колева <https://orcid.org/0009-0000-1864-0039>

Резюме

Целта на настоящото проучване е да установи ефективността на фунгициди на база: азоксистробин, дифеноконазол, пираклостробин + боскалид, бордолезова смес за борба с ръжда по фасул, с причинител *Uromyces appendiculatus*, при еднократно приложение. Използвани са сорт „Скития“ и „Добруджански 7“. Нападението от ръжда е проследено двукратно: при поява на соруси по вариантите и 14 дни след прилагане на фунгицидите. Изчислени са индекса на нападение (ИН), площ под кривата на развитие на болестта (AUDPC) (горна/долна листна повърхност) и ефективност (Е) на фунгицидите. През 2023 стойностите на AUDPC са най-високи при контролния вариант (65,18/64,56), следван от бордолезовата смес (35,48/37,42), дифеноконазол (22,86/21,45), азоксистробин (18,74/20,32) и пираклостробин + боскалид (18,84/20,26). ИН при контролата е 34,26%, следвана от бордолезовата смес (32,96%), пираклостробин + боскалид (12,85%), дифеноконазол (9,56%) и азоксистробин (7,88%). Най-висока ефективност показва азоксистробин (78%), следван от дифеноконазол (72,1%), пираклостробин + боскалид (62,5%) и бордолезовата смес (3,76%). През 2024 стойностите на AUDPC са най-високи при варианта третиран с бордолезова смес (195,64/186,75), следвани от контролата (189,00/183,40). Най-нисък AUDPC има при азоксистробин (52,60/51,90), следван от дифеноконазол (58,23/65,10) и пираклостробин + боскалид (145,60/173,60). ИН е най-висок при бордолезова смес (66,24%), следван от контролата (65,34%), пираклостробин+боскалид (44,58%), а най-нисък при азоксистрибин (25,36%) и дифеноконазол (35,68%). Ефективността на използваните фунгициди през 2024 е най-висока при азоксистробин (61,19%), следвана от дифеноконазол (45,39%), пираклостробин + боскалид (31,77%). Бордолезовата смес не е ефективна по отношение на ръждата по фасул през 2024. Анализът на варианса за двете години показва достоверно влияние както на самостоятелното действие на проучваните фактори (година, период на отчитане, фунгицид), така и на тяхното взаимодействие по отношение както на AUDPC, така и на ИН.

Ключови думи: обикновен фасул, *P. vulgaris*, фунгициди

Chemical control options for common bean rust, caused by *Uromyces appendiculatus*

Magdalena Koleva

Technical University - Varna, Faculty of Manufacturing Engineering and Technologies, Department Plant Production

Corresponding author*: koleva_magdalena@abv.bg

ORCID Magdalena Koleva <https://orcid.org/0009-0000-1864-0039>

Citation: Koleva, M. (2025). Chemical control options for common bean rust, caused by *Uromyces appendiculatus*. *Bulgarian Journal of Soil Science Agrochemistry and Ecology*, 59(2), 61-72 (Bg).

Abstract

The aim of this study is to determine the efficiency of fungicides based on: azoxystrobin, difenoconazole, pyraclostrobin + boscalid, and Bordeaux mixture for control bean rust, caused by *Uromyces appendiculatus* in a single application. The varieties “Skytia” and “Dobrudzhanski 7” were used. Two assessments were made: when uredinia appeared on the variants and 14 days after application of the fungicides. The Disease intensity (DI), Area under disease progress curve (AUDPC) (adaxial/abaxial) and Efficiency (E) of the fungicides were calculated. In 2023 AUDPC values were highest in the control variant (65.18/64.56), followed by Bordeaux mixture (35.48/37.42), difenoconazole (22.86/21.45), azoxystrobin (18.74/20.32) and pyraclostrobin + boscalid (18.84/20.26). The DI of the control was 34.26%, followed by Bordeaux mixture (32.96%), pyraclostrobin+boscalid (12.85%), difenoconazole (9.56%) and azoxystrobin (7.88%). The highest E was shown by azoxystrobin (78%), followed by difenoconazole (72.1%), pyraclostrobin + boscalid (62.5%) and Bordeaux mixture (3.76%). In 2024 AUDPC values are highest in the variant treated with Bordeaux mixture (195.64/186.75), followed by the control (189.00/183.40). The lowest AUDPC is found in azoxystrobin (52.60/51.90), followed by difenoconazole (58.23/65.10) and pyraclostrobin + boscalid (145.60/173.60). DI is highest in Bordeaux mixture (66.24%), followed by control (65.34%), pyraclostrobin+boscalid (44.58%), and lowest in azoxystrobin (25.36%) and difenoconazole (35.68%). Efficiency of the fungicides in 2024 is the highest for azoxystrobin (61.19%), followed by difenoconazole (45.39%), pyraclostrobin+boscalid (31.77%). Bordeaux mixture does not show efficiency against bean rust in 2024. The analysis of variance for the two years shows a significant difference of both the independent action of the factors studied (year, reporting period, fungicide) and their interaction with respect to both AUDPC and DI.

Key words: common bean, *P. vulgaris*, fungicides

Въведение

За много райони на света ръждата по фасул е заболяване с икономическо значение. В България Kovachevski (1930) описва болестта за първи път преди приблизително век. През последните двадесет и пет години ръждата по фасул се появява спорадично в северните части на страната, като последното съобщение за нападение на болестта е направено през 2020 (Koleva and Kiryakov, 2020). Заболяването се среща ежегодно и има стопанско значение за района на Родопите (Beleva, 2010; Genchev and Kiryakov, 2005).

Ръждата по фасул се причинява от макроцикличната, еднородна, биотрофна, фитопатогенна гъба *Uromyces appendiculatus* (Pers:Pers) Unger. Според Beleva (2010) патогенът презимува като телиоспори в района на Родопите и се разпространява с въздушните течения в останалите части на страната като уредоспори.

Стратегията за борба с ръждата по фасул включва използване на устойчиви сортове, спазване на тригодишен сеитбооборот, оптимални срокове на сеитба и гъстота на посева, унищожаване на растителните остатъци, използване на биологични и химични средства за контрол (Jochua te al., 2004; Juroszek and von Tiedemann, 2011; Osuna-Caballero et al., 2024).

Включените в официалната сортова листа сортове обикновен фасул показват в повечето случаи чувствителна реакция както при полски, така и при лабораторни условия по отношение на разпространените у нас раси и патотипове на *U. appendiculatus* (Beleva, 2010; Koleva and Kiryakov, 2021a). През последните двадесет години редица изследвания са насочени към издирване на образци обикновен фасул с расово-специфична и/или расово-неспецифична устойчивост към идентифицираните патотипове на *U. appendiculatus* в страната (Kiryakov and Genchev, 2001; 2002; 2004; Beleva, 2010; Koleva and Kiryakov, 2021a; 2021b), но все още няма селекционна програма насочена към създаване на устойчиви към болестта сортове фасул.

Биологичен контрол на ръждата по фасул

може да се постигне чрез използване на биоагенти от род *Pseudomonas* (Abo-Elyousr et al., 2021), *Trichoderma spp.* (Cruz-Triana et al., 2018) и растителни масла, като ленено масло (Arslan, 2014).

Най-често използваните фунгициди за контрол на ръжди при много култури са триазоли, стробилурини и карбоксамиди (Juliatti et al., 2017). Спрямо ръждата по фасул в литературата има изследвания относно ефикасността на фунгициди на база хлорталонил (Mullins et al., 1999), пропиконазол (McMillan, 2000), медни и серни средства (Schwartz et al., 1996), азоксистробин (Levy, 2005), битертанол и триадимефон (Pohronezny et al., 1987), тебуконазол (McMillan, 2000), миклобутанил (Mullins et al., 2000). Sharma et al. (2019) проследяват ефективността на осем фунгицида към *U. appendiculatus* при in vitro и in vivo условия. Авторите установяват най-висока ефективност на цинеб + хексаконазол по отношение на кълняемост на спорите на патогена и дължината на кълна, а на азоксистробин по отношение на степента на нападение. Според Devi et al. (2020) четирикратни третириания с азоксистробин в концентрация 0,1% осигуряват ефективен контрол на болестта. Beleva (2010) установява, че фунгициди на база азоксистробин, тебуконазол + спирокарбамин + триадимефол и спирокарбамин + пропиконазол + тебуконазол са високо ефикасни по отношение на ръждата по фасула в България.

Към настоящия момент в списъка с разрешени за употреба в страната препарати за растителна защита са вписани шест търговски продукта на базата на активните вещества: бордолозова смес, дифеноконазол, пираклостробин, пираклостробин + боскалид, азоксистробин (Bulgarian Food Safety Agency, 2025).

Според Mullins et al. (2000) прилагането на фунгициди срещу *U. appendiculatus* трябва да започне при поява на симптоми на болестта. Levy (2005) установява, че ефикасен контрол на болестта може да се постигне чрез осигуряване на 3-4 вегетационни третириания с фунгициди, като интервалът на третиране е седем дни. Според Beleva (2010) шесткратни третириания, от поява на симптоми, през интервал от седем

дни, с фунгициди на база азоксистробин и тебуконазол + спироксимин + триадоменол води до статистически доказано повишаване на добива в години с висок инфекциозен фон.

Често в практиката производителите третират срещу даден патоген веднага след установяване симптоми на заболяване. При ръждата по фасул в литературата не се среща информация за праг на икономическа вредоносност или критична фенофаза.

Целта на настоящото проучване е да установи ефективността на разрешени за употреба фунгициди за контрол на ръждата по фасул при еднократно приложение, непосредствено след поява на симптоми.

Материали и методи

Изследването е проведено през 2023-2024 на Учебно-опитно поле на катедра „Растениевъдство“, Технически университет, гр. Варна.

Включени са четири от регистрираните в страната фунгициди за борба с ръждата по фасул (таблица 1). Тъй като при полските изследвания са използвани малки количества работен разтвор, то регистрираната доза при отделните продукти е превърната в процентен разтвор, при спазване на регистрираните дози за декар.

Чувствителният към ръждата по фасула сорт обикновен фасул „Скития“ е засят в опитни парцели с големина 6 m² (дължина 3 m / ширина 2 m), междуредово разстояние 0,5 m и вътрередово разстояние 0,1 m, по пет реда в парцела. Сеитбата е извършена ръчно, на 11.05.2023 и на 16.04.2024. Отделните варианти са засяти в три повторения, плюс прилежащите им контроли, разположени рандомизирано в опитната площ. За охрана на опита е засят сорт „Добруджански 7“, чувствителен към болестта (Beleva, 2010).

За създаване на изкуствен инфекциозен фон отделни растения от сорт „Добруджански 7“, са инокулирани във фенофаза несъщински лист (BVCH 12) (Feller et al., 1995) (09.06.2023 и 29.04.2024), посредством намазване на горна и долна листна повърхност с четка за рисуване

със спорова суспензия на *U. appendiculatus* (2,0 x 10⁴ уредоспори/ml), към която е добавен 0,1% Tween 20, като прилепител. За създаване на висока влажност на въздуха, след инокулация растенията са покривани с изолаторни кафези за 18 часа (Stavely, 1983).

Третирането с фунгициди е проведено при поява на симптоми (соруси) по опитните варианти. Количеството използван работен разтвор е съобразено с фенофазата от развитието на културата (BVCH 21-22) и в съответствие с размера на опитната парцела. Контролните варианти са третирани с вода. Използвана е раменна пръскачка.

Нападението от ръжда е проследено двукратно. Първото отчитане е осъществено ден преди третирането. Второто отчитане е направено след 14 дни. Степента на нападение (CH) на всяко растение поотделно е отчетена по шестстепенна скала на Cobb (Stavely, 1985), където при степен 1 от 0 до 5% от листната петура е покрита със соруси, съответно 2 – от 6 до 10%; 3 – от 11 до 25%; 4 – от 26 до 40%; 5 – от 41 до 65%; 6 – от 66 до 100%. От средните два реда на всяка парцелка са маркирани по 10 произволно избрани растения. От тях при всяко отчитане е вземано по едно листче от троен лист от горните етажи, на което е отчетен броят соруси по горна и долна листна повърхност (Beleva, 2010).

На основа степента на нападение е изчислен индекса на нападение (ИН) по формулата на McKinney:

$$i = \frac{\sum(a.b)100}{N.K}$$

където i – индекс на нападение; а – брой нападнати растения от отделните категории; b – бал, отчетен при съответните растения; N – общ брой изследвани растения в опита; K – най-високия бал по скалата (McKinney, 1923).

Броят соруси е използван за определяне на площ под кривата на развитие на болестта (AUDPC), поотделно за горна и долна повърхност на листа.

$$AUDPC = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{x_i + x_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

където n – брой отчитания; x_i – брой соруси; t_i ($t_{i+1} - t_i$) – интервал между две отчитания (Jeger and Viljanen-Rollinson, 2001).

Ефективността на използваните фунгициди е изчислена по формулата на Abbott (1925), където:

$$E = \frac{PK - PB}{PK} * 100$$

където E – ефективност, PK – показател за развитие на болестта в контролата, PB – показател за развитие на болестта в третирания вариант.

За статистическа обработка на данните е използван тест на Duncan (Duncan, 1955) и програмен продукт SPSS 19.

Резултати и обсъждане

Първи симптоми на ръжда по фасул през 2023 по инокулирани растения от размножителя, сорт „Добруджански 7“, се наблюдават 16 дни след заразяване с *U. appendiculatus*. Първото отчитане на степента на нападение (СН) по опитните варианти е проведено 15 дни по-късно. Индексът на нападение (ИН) в опитната площ варира между 10,82% и 7,68% (таблица 2). Стойностите на площ под кривата на развитие на болестта (AUDPC) са най-високи в опитните парцели предназначени за третиране с бордолезова смес и нетретирана контрола, съответно 26,17/28,46 (горна/долна листна повърхност) и 22,34/28,68, а най-ниски при тези предназначени за пираклостробин + боскалид (17,15/19,58) (таблица 2).

При второто отчитане стойностите на AUDPC са най-високи при контролния вариант, съответно 65,18/64,56, а индексът на нападение е 34,26% (таблица 2). При изпитваните фунгициди най-високи стойности AUDPC има при бордолезовата смес (35,48/37,42), следвана от дифеноконазол

(22,86/21,45), азоксистробин (18,74/20,32) и пираклостробин + боскалид (18,84/20,26). Индексът на нападение е най-висок при бордолезовата смес, като стойностите почти се доближават до тези на контролата (32,96%). Най-нисък е показателят при фунгицида азоксистробин (7,88%), следван от дифеноконазол (9,56%) и пираклостробин + боскалид (12,85%).

Ефективността на използваните през 2023 фунгициди е най-висока при азоксистробин (78%), следван от дифеноконазол (72,1%) и пираклостробин + боскалид (62,5%), а най-ниска при бордолезовата смес (3,76%) (таблица 2).

През 2024 първи симптоми на ръжда по фасул по инокулирани растения от сорт „Добруджански 7“, се наблюдават 14 дни след заразяване с *U. appendiculatus*. Първото отчитане е проведено 13 дни по-късно. При отделните варианти ИН е между 7,68% - 10,82% (таблица 3). Площта под кривата на развитие на болестта (AUDPC) варира между 46,25 - 72,48 за горна листна повърхност, и 46,75 – 75,56 за долна листна повърхност (таблица 3).

При второто отчитане стойностите на AUDPC са най-високи при варианта третиран с бордолезова смес, съответно 195,64 за горна листна повърхност и 186,75 за долна, следвани от нетретираната контрола (189,00/183,40). Най-ниски стойности на AUDPC са отчетени при фунгицида на база азоксистробин (52,60/51,90), следван от дифеноконазол (58,23/65,10) и пираклостробин + боскалид (145,60/173,60). Индексът на нападение е най-висок при варианта третиран с бордолезова смес (66,24%), следван от нетретираната контрола (65,34%), пираклостробин + боскалид (44,58%), а най-нисък съответно при азоксистрибин (25,36%) и дифеноконазол (35,68%).

Ефективността на използваните фунгициди през 2024 е най-висока при азоксистробин (61,19%), следвана от дифеноконазол (45,39%), пираклостробин + боскалид (31,77%). Бордолезовата смес не показва ефективност по отношение на ръждата по фасул през съответната година (таблица 3).

Сравнителен анализ на показателите AUDPC и ИН при двете отчитания през 2023 показва,

Таблица 1. Използвани фунгициди за борба с ръждата по фасул при полски условия
Table 1. Fungicides used to control common bean rust under field conditions

Търговско наименование / Trade name	Активно вещество, g.kg ⁻¹ .l ⁻¹ / Active substance, g.kg ⁻¹ .l ⁻¹	Концентрация, % / Concentration, %
Тейзър 250 СК / Teizar 250 СК	Азоксистробин, 250 / Azoxystrobin, 250	0,5
Дифкор 250 СК / Difcor 250 СК	Дифеноконазол, 250 / Difenoconazole, 250	0,05
Сигнум / Signum /	Пиракlostробин, 67 + Боскалид, 267 / Pyraclostrobin + Boscalid, 267	0,1
Бордо микс 20 ВП / Bordo mix 20 VP	Бордолезова смес / Bordeaux mixture	0,5

че при всички опитни варианти се наблюдава повишаване на стойностите, както на AUDPC за горна и долна листна повърхност, така и на ИН, с изключение на AUDPC за горна листна повърхност при дифеноконазол. Разликите при фактор период на отчитане са доказани при всички варианти при $LSD_{0.05}$, с изключение на ИН при азоксистробин и AUDPC за горна листна повърхност при азоксистробин, дифеноконазол и пиракlostробин + боскалид. Факторът фунгицид, както и комбинираното действие на двата фактора, влияят достоверно върху проучваните показатели с изключение на ИН при азоксистробин (таблица 2). Разгледани самостоятелно, резултатите от второто отчитане показват статистически доказани ($P<0,05$) разлики между нетретираната контрола и изпитваните фунгициди по отношение и на двата показателя, с изключение на ИН при бордолезовата смес (таблица 2).

Анализ на получените резултати при двете отчитания през 2024 също показва, повишаване на стойностите на AUDPC и ИН при всички опитни варианти. Самостоятелното и комбинирано действие на факторите период на отчитане и фунгицид влияе достоверно на проучваните показатели при $LSD_{0.05}$ с изключение на AUDPC за горна листна повърхност при азоксистробин, и AUDPC за долна листна повърхност при азоксистробин при период на отчитане x фунгицид (таблица 3). При

второто отчитане, разгледано самостоятелно, се наблюдават достоверни разлики между контролата и бордолезовата смес и фунгицидите азоксистробин и дифеноконазол и при двата показателя. При пиракlostробин + боскалид разликите при ИН и AUDPC по горна листна повърхност са доказани, а при тези за долна листна повърхност не (таблица 3).

Анализът на варианса за двете проучвани години показва достоверно влияние, както на самостоятелното действие на факторите година, период на отчитане и фунгицид, така и на тяхното взаимодействие по отношение както на AUDPC, така и на ИН (фиг. 1). Върху показателя AUDPC за горна и долна листна повърхност, най-голямо влияние оказва факторът година (фиг. 1a, 1b), а върху ИН факторът период на отчитане (фиг. 1c). Факторът фунгицид заема четвърто място и при трите проучвани показателя.

Индексът на нападение и AUDPC са показатели, които характеризират развитието на болестта. ИН е общ и широк термин, който обхваща и описва количествено заболяването, изразено като честота, разпространение, площ, гъстота или брой (Bock et al., 2022). AUDPC се използва за осредняване на безспорните вариации и особености, често наблюдавани в развитието на дадено заболяване, а също и за интегриране на всички аспекти на развитието на заболяването във връзка с развитието и

Таблица 2. Площ под кривата на развитие (AUDPC), индекс на нападение и ефективност на четири фунгицида през 2023

Table 2. Area under disease progress curve (AUDPC), Disease intensity (DI) and Efficiency of four fungicides in 2023

Вариант / Variant	Първо отчитане / First assessment			Второ отчитане / Second assessment			Ефективност, % / Efficiency, %
	AUDPC		ИН, % / DI*, %	AUDPC		ИН, % / DI*, %	
	Горна / Adaxial	Долна / Abaxial		Горна / Adaxial	Долна / Abaxial		
Контрола / Untreated control	22,34	28,68	10,82	65,18 a**	64,56 a	34,26 a	
Азоксистробин / Azoxystrobin	16,35	15,38	7,68	18,74 c	20,32 c	7,88 c	78,0
Дифеноконазол / Difenoconazole	23,18	19,35	8,76	22,86 c	21,45 c	9,56 c	72,1
Пиракло-стробин + боскалид / Pyraclostrobine + boscalid	17,15	19,58	10,44	18,84 c	20,26 c	12,85 b	62,5
Бордо-лезова смес / Bordeaux mixture	26,17	28,46	10,62	35,48 b	37,42 b	32,96 a	3,76

$LSD_{0.05} = 3,25 / 0,43$ (AUDPC горна/долна листна повърхност) и 0,24 (ИН) за период на отчитане;

$LSD_{0.05} = 1,03 / 0,68$ (AUDPC горна/долна листна повърхност) и 0,38 (ИН) за фунгицид;

$LSD_{0.05} = 1,45 / 0,97$ (AUDPC горна/долна листна повърхност) и 0,54 (ИН) за период на отчитане x фунгицид;

$LSD_{0.05} = 3,25 / 0,43$ (AUDPC adaxial/abaxial) и 0,24 (DI) for assessment;

$LSD_{0.05} = 1,03 / 0,68$ (AUDPC adaxial/abaxial) и 0,38 (DI) for fungicide;

$LSD_{0.05} = 1,45 / 0,97$ (AUDPC adaxial/abaxial) и 0,54 (DI) for assessment x fungicide;

*Disease intensity, calculated using McKinney formula; ** a,b,c,d – Duncan`s multiple range test ($p < 0,05$)

растежа на гостоприемника (Jeger and Viljanen-Rollinson, 2001). В случая с патосистемата обикновен фасул – *U. appendiculatus*, при която гостоприемника формира по един троен лист на всеки четири дни, а инкубационния период, в зависимост от абиотичните фактори, продължава от 10 до 14 дни (Imhoff et al., 1982), отчитането на AUDPC по листа от най-

горните етажи на фасулевото растение дава информация за хода на развитие на болестта, във връзка с трите елемента на патологичния процес: гостоприемник, патоген, околна среда. Ето защо резултатите от настоящото проучване показват най-голямо влияние на фактора година върху AUDPC, а на фактора период на отчитане върху ИН (фиг. 1).

Таблица 3. Площ под кривата на развитие (AUDPC), индекс на нападение и ефективност на четири фунгицида през 2024

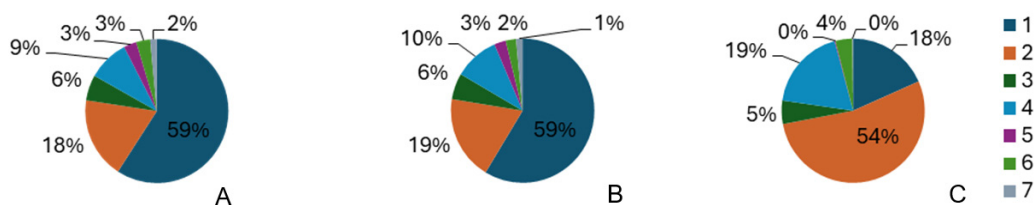
Table 3. Area under disease progress curve (AUDPC), Disease intensity (DI) and Efficiency of four fungicides in 2024

Вариант / Variant	Първо отчитане / First assessment			Второ отчитане / Second assessment			Ефективност, % / Efficiency, %
	AUDPC		ИН, % / DI*, %	AUDPC		ИН, % / DI*, %	
	Горна / Adaxial	Долна / Abaxial		Горна / Adaxial	Долна / Abaxial		
Контрола / Untreated control	68,77	73,95	10,82	189,00 a**	183,40 a	65,34 a	
Азоксистробин / Azoxystrobin	52,05	51,20	7,68	52,60 c	51,90 b	25,36 d	61,19
Дифеноконазол / Difenoconazole	46,25	46,75	8,76	58,23 c	65,10 b	35,68 c	45,39
Пираклостробин + боскаlid / Pyraclostrobine + boscalid	72,25	68,78	10,44	145,60 b	173,60 a	44,58 b	31,77
Бордо-лезова смес / Bordeaux mixture	72,48	75,56	10,62	195,64 a	186,75 a	66,24 a	-1,38

LSD_{0.05} = 1,73 / 0,45 (AUDPC горна/долна листна повърхност) и 0,26 (ИН) за период на отчитане;
LSD_{0.05} = 2,73 / 0,70 (AUDPC горна/долна листна повърхност) и 0,41 (ИН) за фунгицид;
LSD_{0.05} = 3,87 / 0,99 (AUDPC горна/долна листна повърхност) и 1,74 (ИН) за период на отчитане x фунгицид
LSD_{0.05} = 1,73 / 0,45 (AUDPC adaxial/abaxial) и 0,26 (DI) for assessment
LSD_{0.05} = 2,73 / 0,70 (AUDPC adaxial/abaxial) и 0,41 (DI) for fungicide;
LSD_{0.05} = 3,87 / 0,99 (AUDPC adaxial/abaxial) и 1,74 (DI) for assessment x fungicide
*Disease intensity, calculated using McKinney formula; ** a,b,c,d – Duncan`s multiple range test (p<0,05)

Съществено значение за развитието и разпространението на ръждата по фасула през вегетационният период имат абиотичните фактори, най-вече температурата, валежите и относителната влажност на въздуха. Развитието и разпространението на *U. appendiculatus* се благоприятства от температури 16-24° C (Im-

hoff et al., 1982), висока относителна влажност на въздуха (Harter et al, 1935) и валежи, тъй като спорите покълват в капка вода (Stavely, 1991; Harter et al, 1935). През 2023 сеитбата беше извършена в края на агротехническите срокове. Липсата на почвена влага и валежи през периода забави поникването на растенията,



Фиг. 1. Влияние на факторите: 1. година; 2. период на отчитане; 3. фунгицид; 4. година x период на отчитане; 5. година x фунгицид; 6. период на отчитане x фунгицид; 7. година x период на отчитане x фунгицид върху показателите: А – AUDPC по горна листна повърхност; В - AUDPC по долна листна повърхност; С – индекс на нападение

Fig. 1. Influence of the factors: 1. year; 2. assessment; 3. fungicide; 4. year x assessment; 5. year x fungicide; 6. assessment x fungicide; 7. year x assessment x fungicide to: A – AUDPC (adaxial); B - AUDPC (abaxial); C – Disease intensity

което измести съответно процеса на изкуствено инокулиране на сорт „Добруджански 7“ в началото на юни, когато абиотичните фактори са неблагоприятни за възникване на инфекциозен процес. Това обяснява ниската степен на нападение, съответно и индекс на нападение по нетретираната контрола и като цяло по-слабото развитие на болестта през тази година. Въпреки това при третиране на опитните варианти с фунгициди на база азоксистробин, дифеноконазол и пиракlostробин + боскалид се наблюдава статистически доказано ($P < 0,05$) понижаване на стойностите на ИН спрямо нетретираната контрола, което от своя страна води до сравнително добра ефективност, най-силно изразена при азоксистробин (78%).

През 2024 сеитбата на опитните варианти е извършена в рамките на оптималните агротехнически срокове. Растенията поникнаха дружно десет дни по-късно. Абиотичните фактори през периода са в рамките на оптималните по отношение на *U. appendiculatus*, което от своя страна доведе до по-ранна поява (40 дни) на болестта в опитните варианти, по-висока степен на нападение при нетретираната контрола и съответно по-силно развитие на болестта през тази година. През второто отчитане на отделни растения, както при контролата, така и при парцелите третирани с бордолезова смес беше

отчетена 100% степен на нападение. Въпреки високия инфекциозен фон опитните варианти третирани с фунгицидите на база азоксистробин, дифеноконазол и пиракlostробин + боскалид показват достоверни разлики по отношение на ИН спрямо нетретираната контрола. През тази година, при условия благоприятни за развитие на ръждата по фасул, фунгицидите показват по-ниска ефективност в сравнение с 2023, но отново най-силно изразена при азоксистробин (таблица 3).

Получените резултати показват, че и при двете години на изследване най-висока ефективност показва фунгицида на база азоксистробин, следван от дифеноконазол и пиракlostробин + боскалид. Фунгицидът на база бордолезова смес е неефективен по отношение на ръждата по фасул и през двете проучвани години.

Въпросът с броя приложения на фунгицидите и момента на извършването им при повечето патосистеми е винаги актуален от научна и практическа гледна точка. Според Mullins et al. (2000) прилагането на фунгициди срещу ръжда по фасул трябва да започне при поява на симптоми на болестта. В литературата съществуват данни, че 3-4 (Levy, 2005) до шест третириания (Beleva, 2010) през интервал от седем дни осигуряват ефикасен контрол

срещу *U. appendiculatus*. Резултатите от настоящото изследване показват, че еднократно приложение на фунгициди на база азоксистробин, дифеноконазол и пиракlostробин + боскалид води до статистически доказани ($P < 0,05$) разлики в ИН и AUDPC, както и ефективност на фунгицидите, спрямо нетретираната контрола, в две различни по отношение на абиотичните фактори години. Еднократното прилагане на тези фунгициди, веднага след поява на симптоми, води до подтискане на популацията на патогена и образуване на по-малко количество инокулум за последващи заразявания през вегетацията.

Активното вещество азоксистробин е от групата на стробилурините. Стробилурините, известни още като QoI (Quinoline outside inhibitors) възпрепятстват митохондриалното дишане, като се насочват към веригата за пренос на електрони между цитохром b и c, което възпрепятства синтеза на АТФ (Köhle et al. 1997). Те показват ефикасност към ръжди при редица култури, в това число и фасул, като в някои случаи действат и като растежни активатори (Sharma et al., 2019; Devi et al., 2020; Selim and Khalil, 2021; Osuna-Caballero et al., 2024). Включеният в изследването фунгицид на база азоксистробин показва най-добра ефективност по отношение на ръждата по фасул и през двете години на проучване. Според Beleva (2010) фунгицидът Куадрис 25СК, на база на активното вещество азоксистробин, в концентрация 0,075% е високо ефикасен по отношение на ръждата по фасула и води до повишаване на добива след шест третирания в години с висок инфекциозен фон. Използваният в настоящото изследване фунгицид Тейзър 250 СК съдържа същото количество активно вещество (250 g.l^{-1}), но приложен с по-висока концентрация (0,5%) и дори след еднократно третиране показва добра ефективност (78% през 2023 и 61,19% през 2024).

Използваният в изследването фунгицид Сигнум е комбинация от две активни вещества: пиракlostробин и боскалид. Пиракlostробин е от групата на стробилурините. Активното вещество боскалид е от групата на карбоксамидите,

има системно действие, ефективно е срещу аскомицетни гъби, но не и срещу базидиомицетни гъби (Walter, 2016). При този фунгицид се наблюдава сравнително добра ефективност (62,5%) през 2023 и незадоволителна (31,77%) през 2024. Резултатите показват, че еднократното приложение на фунгицида, в години благоприятни за развитие на патогена, не би било достатъчно за постигане на ефективен контрол на болестта. По-слабата ефективност на фунгицида, в сравнение с азоксистробин, вероятно се дължи на по-малкото количество активно вещество пиракlostробин (67 g.l^{-1}) в единица обем.

Активното вещество дифеноконазол е от групата на триазолите, системни фунгициди, които преминават през листата (трансламинарно) и се предвиждат по ксилема (акропетално). Те действат чрез инхибиране на ензима 14 α -стерол деметилаза, като по този начин се възпрепятства свързването на ергостерол, което води до нарушаване на структурна и функционална цялост на клетъчната стена на фитопатогенните гъби (Osuna-Caballero et al., 2024). Включеният в изследването фунгицид на база това активно вещество показва добра ефективност към *U. appendiculatus* през 2023 (71,2%) и незадоволителна (45,39%) през 2024. Подобно на вече написаното за фунгицида Сигнум, може да се предположи, че предвид условията през съответната година, е допустимо използването на фунгицида Дифкор двукратно, но допълнителни изследвания трябва да потвърдят или отхвърлят тази хипотеза.

Използването на медни средства за борба с ръждата по фасул често е рутинна практика в някои райони на света (Pohronezny et al., 1987). Резултатите от изследването показват, че бордолезовата смес има много слаба ефективност (3,76%) през 2023 и е неефективна по отношение на ръждата по фасул през 2024.

Изводи

Получените при настоящото изследване резултати по отношение на възможностите за химичен контрол на ръждата по фасул, с

причинител фитопатогенната гъба *Uromyces appendiculatus*, дават основание за следните изводи:

Фунгицидът на база азоксистробин в доза 0,5% е високо ефективен по отношение на ръждата по фасула. В години с висок инфекциозен фон еднократното му приложение води до достоверни разлики в стойностите на показателите индекс на нападение, площ под кривата на развитие на болестта спрямо нетретираната контрола.

Фунгицидите на база дифеноконазол в доза 0,05% и пиракlostробин + боскалид в доза 0,1% са ефективни по отношение на болестта, изразено също чрез доказани разлики в стойностите на показателите индекс на нападение и площ под кривата на развитие на болестта. В години с благоприятни условия за развитие на патогена еднократното им приложение води до незадоволителна ефективност.

Фунгицидът на база бордозова смес в доза 0,5% е неефективен при контрол на ръждата по фасул.

Факторите година, период на отчитане и фунгицид, самостоятелно и при взаимодействие помежду си, оказват достоверно влияние върху AUDPC (горна/долна листна повърхност) и ИН. Върху показателя AUDPC за горна и долна листна повърхност, най-голямо влияние оказва факторът година, а върху ИН факторът период на отчитане. Факторът фунгицид заема четвърто място и при трите проучвани показателя.

Конфликт на интереси: авторите декларират липсата на конфликт на интереси

Литература

Abbott, W.S. (1925). A method of computing the effectiveness of insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18(2), 265-267.

Abo-Elyousr, K. A., Abdel-Rahim, I. R., Almasoudi, N. M., & Alghamdi, S. A. (2021). Native Endophytic *Pseudomonas putida* as a Biocontrol Agent against Common Bean Rust caused by *Uromyces appendiculatus*. *J Fungi*, 7(9), 745, <https://doi.org/10.3390/jof7090745>.

Arslan, U. (2014). Efficacy of plant oils on the control of bean rust and wheat leaf rust. *Fresenius Environ Bull*, 23, 2259-2265.

Beleva, M. (2010). *Investigations on common bean*

rust in Bulgaria. PhD Thesis, Doubrudzha Agricultural Institute, General Toshevo, Bulgaria (Bg).

Bock, C.B., Pethybridge, S.J., Barbedo, J.G.A., Esker, P.D. & Mahlein, A.K., & Ponte, E.M. (2022). A phytopathometry glossary for the twenty-first century: towards consistency and precision in intra- and inter-disciplinary dialogues. *Tropical Plant Pathology*, 47, 14-24. <https://doi.org/10.1007/s40858-021-00454-0>.

Bulgarian Food Safety Agency (2025). *National electronic register of plant protection products authorised for placing on the market and use*. https://iisr.egov.bg/jasperserver/flow.html?_flowId=viewReportFlow&reportUnit=%2Fpublic%2Fpest%2Fregister_1_a&_eventId_drill-Report=&_flowExecutionKey=e3s2&reportLocale=en_US (last accessed 24.03.2025).

Cruz-Triana, A., Rivero-González, D., Infante-Martínez, D., Echevarría-Hernández, A., & Martínez-Coca, B. (2018) Management of phytopathogenic fungi in *Phaseolus vulgaris* L. with the application of *Trichoderma Asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg. *Rev Protección Veg*, 33(3), 1-7.

Devi, B., Gupta, S. K., Singh, G., & Prasad, P. (2020). Efficacy of new generation fungicides against French bean rust caused by *Uromyces appendiculatus*. *Phytoparasitica*, 48, 535-543. <https://doi.org/10.1007/s12600-020-00820-9>.

Duncan, D. (1955). Multiple range and multiple F-test. *Biometrics*, 11, 1-42.

Feller, C., Bleiholder, H., Buhr, L., Hack, H., Hess, M., Klose, R., ... & Weber, E. (1995). Phanologische entwicklungsstadien von gemusepflanzen II. fruchtgemüse und hulsenfruchte. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes*, 47(9), 217-232.

Genchev, D. & Kiryakov, I. (2005). Dry bean in mountain regions in Bulgaria – present and future (Mini-Review), *Res. Commun. of U.S.B. branch Dobrich* (Electronic version), 7 https://www.oocities.org/usb_dobrich/009.pdf (last accessed 12.04.2025) (Bg).

Harter, L.L., Andrus, C.F. & Zaumeyer, W.J. (1935). Studies on the bean rust caused by *Uromyces phaseoli* typical. *J. Agric. Res.*, 50, 737-759.

Imhoff, M.W., Main, C.E. & Leonard, K.J. (1982). Effect of temperature, dew period and age of leaves, spores and source pustules on germination of bean rust urediospores. *Phytopathology*, 71(6), 577-583.

Jeger, M.J., & Viljanen-Rollinson S.L.H. (2001). The use of the area under the disease-progress curve (AUDPC) to assess quantitative disease resistance in crop cultivars. *Theor. Appl. Genet.*, 102, 32-40.

Jochua, C.N., Steadman, J.R., Amane, M.I.V., & Fenton, J.G. (2004). Pathotype variation and sources of resistance to the common bean rust pathogen in Southern Mozambique. *Ann. Rep. of Bean Improv. Coop.*, 47, 113-114.

Juliatti, F.C., de Azevedo, L.A.S., & Juliatti, F.C. (2017). Strategies of Chemical Protection for Controlling Soybean Rust. In: *Soybean - The Basis of Yield, Biomass and Productivity* (Ed. Kassai, M.), InTech, https://doi.org/10.1007/978-94-007-5444-4_1.

org/10.5772/67454.

Juroszek, P., & von Tiedemann, A. (2011). Potential strategies and future requirements for plant disease management under a changing climate. *Plant Pathol.*, 60(1), 100-112.

Kiryakov, I. & Genchev, D. (2001). Phiziological special ization of *Uromyces appendiculatus* (Pers: Pers.) Unger in Bulgaria and sources of resistance. *Res. Commun. of U.S.B. branch Dobrich*, 3, 45-50 (Bg).

Kiryakov, I. & Genchev, D. (2002). Sources of resistance to the main diseases in common bean in Bulgaria in core collection of Dorudja agricultural institute. In: *Scientific session "50 years Dobridja agricultural institute", 1 June 2001, Dobrich*, 1, 251-260 (Bg).

Kiryakov, I. & Genchev, D. (2004). New sources of resistance to bean rust in the collection of Dobrudja Agricultural Institute, *Res. Commun. of U.S.B. branch Dobrich*, 6(1), 72-77 (Bg).

Koleva, M. & Kiryakov, I. (2020). Pathotype diversity of *Uromyces appendiculatus* in Northeastern Bulgaria. *Journal of Central European Agriculture*, 21(4), 789-795, <https://doi.org/10.5513/JCEA01/21.4.2698>.

Koleva, M. & Kiryakov, I. (2021a). Resistance in common bean to *Uromyces appendiculatus* under field and greenhouse conditions. *Trakia Journal of Sciences*, 19(2), 113-121.

Koleva, M. & Kiryakov, I. (2021b). Sources of resistance in common bean accessions to a set of races of *Uromyces appendiculatus*. *Bulgarian Journal of Soil Science Agrochemistry and Ecology*, 55(1), 37-45 (Bg).

Kovachevski, I. (1930). *The diseases in common bean*. National Printing House, Sofia (Bg).

Köhle, H., Grossmann, K., Retzlaff, G., & Akers, A. (1997) Physiologi cal effects of the new fungicide JuwelReg. On yield in cereals. *Gesunde Pflanzen*, 49(8), 267-271.

Levy, C. (2005). Epidemiology and chemical control of soybean rust in Southern Africa. *Plant Disease*, 89, 669-674.

McKinney, H.H. (1923). A new system of grading plant diseases. *J. Agric. Res.*, 26, 195-218.

McMillan, R.T. (2000). New fungicide evaluations for bean rust of snap bean. *Annu. Rep. Of Bean Improv. Coop.*, 43, 35-36.

Mullins, C.A., Straw, R.A., Shamiyeh, N.B., & Follum, R. (1999). Evaluation of foliar fungicides for control of rust on snap bean. *Annu. Rep. Of Bean Improv. Coop.*, 44, 41-42.

Mullins, C.A., Straw, R.A., Shamiyeh, N.B., & Follum, R. (2000). Evaluation of fungicides for control of rust of edible bean cultivars, 1999. *Annu. Rep. Of Bean Improv. Coop.*, 45, 186-187.

Osuna-Caballero, S., Risipail, N., Barilli, E., & Rubiales, D. (2024). Management and breeding for rust resistance in legumes. *Journal of Plant Pathology*, <https://doi.org/10.1007/s42161-024-01679-z>.

Pohronezny, K., Francis, J., & Fong, W.C. (1987).

Strategies for chemical control of snap bean rust in Florida and their compatibility with Canadian residue tolerances. *Plant Disease*, 71, 639-642.

Selim, R. E., & Khalil, M. S. (2021) Strobilurins: New group of fungicides. *J. Plant Sci Phytopathol.*, 5(2), 63-64.

Sharma, N., Sharma, S., Gupta, S.K., & Sharma, M. (2019). Evaluation of fungicides against bean rust (*Uromyces appendiculatus*). *Pl. Dis. Res.*, 33 (2), 174-179.

Schwartz, H.F., McMillan, M.S., Steadman, J.R., & Kerr, E.D. (1996). Bio-Technical management of bean rust on the high plains. *Annu. Rep. Of Bean Improv. Coop.*, 39, 82-83.

Stavelly, J.R. (1983). A rapid technique for inoculation of *Phaseolus vulgaris* with multiple pathotypes of *Uromyces phaseoli*. *Phytopathology*, 73, 676-679.

Stavelly, J.R. (1985). The modified Cobb scale for estimating bean rust intensity. *Annu. Rep. of Bean Improv. Coop.*, 28, 31-32.

Stavelly, J.R. (1991). *Compendium of Bean Diseases* (Ed. Hall, R.). APS Press. 24-25.

Walter, H. (2016). "Fungicidal Succinate-Dehydrogenase-Inhibiting Carboxamides". In: *Bioactive Carboxylic Compound Classes: Pharmaceuticals and Agrochemicals* (Eds. Lamberth, C., & Dinges, J.). Wiley. pp. 405-425.

Received: 9th March 2025, **Approved:** 2nd June 2025, **Published:** June 2025