

## ДОБІР СУБСТРАТІВ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПРЕПАРАТІВ ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО ВИРОЩУВАННЯ КАСЕТНОЇ РОЗСАДИ ЦИБУЛІ ПОРЕЙ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Слободяник Галина Яківна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна  
ORCID: 0000-0003-3419-9751  
sgy123@i.ua

Тернавський Андрій Григорович

кандидат сільськогосподарських наук, доцент  
Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Україна  
ORCID: 0000-0002-8640-2419  
ternawskyi@gmail.com

Внаслідок тривалого вегетаційного періоду цибулю порей в умовах Лісостепу України вирощують переважно розсадним способом. Врожайність цибулевих овочевих рослин буде вищою за касетного способу вирощування розсади. Перевагою касетної розсади є можливість механізованого висаджування розсадосадильними машинами. Для вирощування розсади овочевих рослин пропонуються субстрати різного складу, якості і вартості. Популярними в овочівництві, екологічно-безпечними та доступними за ціною є низка фізіологічно-активних препаратів різного механізму дії. Технологія вирощування касетної розсади цибулі порей потребує удосконалення щодо добору субстрату для малоємкісних чарунок та оптимізації умов живлення молодих рослин в обмеженому кореневої об'ємі. У статті наведено порівняльну характеристику впливу таких субстратів, як універсальний Щедра земля і торф'яний Klasmann TS1 (фактор А) на якість касетної розсади цибулі порей. Оцінювали також ефективність доповнення субстратів мікробіологічними препаратами Азотофіт (5 г/кг) і Мікофренд (5 г/кг) (фактор В). У польовому досліді визначено врожайність цибулі порей залежно від технології вирощування розсади.

Поліпшення субстрату для наповнення касет мікробіологічними добавками Азотофіт і Мікофренд прискорює формування сходів цибулі порей на 2–3 доби. На підставі проведених досліджень встановлено, що вид субстрату і мікробіологічні препарати достовірно впливали на розвиток кореневої системи розсади, частка якої становила 29–35 % від загальної маси рослини. Найбільшу листову поверхню (11,32 см<sup>2</sup>/рослину) та загальну масу (1,73 г/рослину) одержано за вирощування касетної розсади на торф'яному субстраті Klasmann TS1 з внесенням Азотофіт + Мікофренд. Але вид субстрату (фактор А) та взаємодія факторів А×В не мали достовірного впливу на такі показники, як сира маса сходів на 10-ту добу, кількість листків, площу листової поверхні розсади на період висаджування і товарну масу цибулі порей. Достовірно та істотно впливали на врожайність цибулі порей мікробіологічні добавки. Використання Мікофренду виявилось менш ефективним, порівняно до внесення у субстрат Азотофіту. У середньому за два роки варіювання рівня врожайності цибулі порей було незначним, коефіцієнт варіювання – 4 %. У підсумку, найвищу врожайність було одержано після сумісного застосування Азотофіт + Мікофренд – 38,3 т/га на субстраті Klasmann TS1 та 37,6 т/га на субстраті Щедра земля.

**Ключові слова:** касетна розсада, цибуля порей, субстрат, мікробіологічний препарат, Азотофіт, Мікофренд.

DOI <https://doi.org/10.32782/agrobio.2023.4.7>

**Вступ.** Останнім часом звертають увагу на впровадження екологічних заходів вирощування овочевих рослин, зокрема, заміни торфу в базових субстратах, оскільки його видобуток завдає шкоди навколишньому середовищу (Tietjen et al., 2022; Liu et al., 2018). Але за використання альтернативних складників складно визначити найкращі компоненти та їх співвідношення (Seglie et al., 2015). Для покращення якості ґрунтосумішей до них додають деревне вугілля, перегній і вермикомпост, які показали позитивні результати для росту та врожайності овочевих рослин. Часто використовують такі органічні і неорганічні матеріали, як торф'яний мох, тирсу, сушені листки часнику, перліт і цеоліт (Yang et al., 2003; Pellejero et al., 2016; Yasin et al., 2020). Під час вирощування розсади салату посівного найкращі результати було отримано за використання таких місцевих дешевих компонентів, як деревне вугілля і рисове лушпиння, а менш доцільний пташиний послід (Gusatti et al., 2019).

Виникає потреба в розробці середовищ, які відповідають вимогам екологічного виробництва розсади овочевих рослин (Zamparo et al., 2021). Найбільш екологічно безпечним і ефективним заходом є використання біостимуляторів та мікробіологічних препаратів (Karpenko et al., 2020; Rosa et al., 2022; Kumari et al., 2023; Chieb & Gachomo, 2023). Популярність мікробіологічних препаратів в овочівництві зумовлена їх універсальністю. Найбільш розповсюдженими у їх складі є бактерії видів *Azotobacter chroococcum* і *Bacillus* (Grover et al., 2011; Colo et al., 2014). Додаткове внесення едафічних мікроорганізмів значно підвищує якість цибулі (Prisa, 2019a). На екологічно-чистому субстраті (торф і вермикуліт із корисними мікроорганізмами) вищими були схожість насіння цибулі, кількість листків і висота розсади (Kim et al., 2021). Інокуляція арбускулярними мікоризними грибами також істотно впливає на ріст і розвиток цибулі, навіть за низької колонізації (Bettoni et al., 2014).

Ріст і розвиток кореневої системи сходів визначається їх адаптацією до умов вирощування на молекулярному рівні (Zhang et al., 2018), а теоретичною основою для виробництва розсади овочевих рослин є оптимізоване еталонне оцінювання її якості (Gong et al., 2019). Фізико-хімічні властивості субстратів варто регулювати залежно до потреб рослин і вимог розсадосадильних машин (Lim et al., 2017; Han et al., 2019; Han et al., 2022). Якість субстратів визначається їх об'ємною масою, волого- і повітроємністю та доступністю поживних речовин упродовж усього періоду вирощування розсади (Costa et al., 2012; Ma et al., 2020).

Готові до використання комерційні субстрати, залежно від виробника, різняться за фізичними, агрохімічними показниками та ціною. Поліпшення їх складу внесенням бактеріальних і мікоризних препаратів дозволить оптимізувати вирощування касетної розсади, зокрема, цибулі порей, що і зумовило тематику наших досліджень.

**Матеріали і методи досліджень.** Метою даної роботи був підбір оптимальної комбінації базового субстрату та мікробіологічних препаратів для вирощування касетної розсади цибулі порей, оцінювали вплив складу ґрунтосумішей на продуктивність рослин. Касетну розсаду цибулі порей сорту Форест вирощували у плівковій розсадно-овочевій теплиці. Використовували пластикові касети Агрін – голландський стандарт 72Q, (виробник – Agreen). Загальний об'єм касети – 2,88 л, розмір чарунок, 4×4,5×2 см, об'єм чарунок 40 см<sup>3</sup> (0,04 л).

Оцінювали ефективність двох видів субстратів (фактор А) – торф'яного субстрату Klasmann TS1 (виробник Klasmann-Deilmann, Німеччина) і універсального субстрату Щедра Земля (Україна), до яких вносили мікробіологічні препарати (фактор В) – Азотофіт (5 г/кг), Мікофренд

(5 г/кг) та сумісно Азотофіт + Мікофренд. За контроль (St.) був варіант без мікробіологічних препаратів.

Мікробіологічні препарати вносили, дотримуючись рекомендацій виробника БТУ-центр (Україна). Азотофіт – універсальний біоактиватор, що містить клітини *Azotobacter chroococcum*. Мікоризоутворюючий біопрепарат Мікофренд, призначений для поліпшення умов живлення та захисту від хвороб. У його складі є мікоризоутворюючі гриби, ризосферні мікроорганізми, фосфатомобілізуючі бактерії і фунгіцидної дії (Каталог препаратів БТУ-центр, 2021). Відповідно схеми досліджу субстрати готували за місяць до сівби.

Кількість рослин в облікових касетах – 288 шт. на кожне повторення. Повторність досліджу – чотириразова. Вихід розсади становив 936 шт./м<sup>2</sup>. Через 60 діб після появи сходів розсаду цибулі порей висаджували у відкритий ґрунт за схемою розміщення 45×15(2) см. Біометричні вимірювання у розсадний період виконували кожні 10 діб, після пересаджування у відкритому ґрунт – кожні 20 діб. Товарний врожай цибулі порей збирали і оцінювали в першій декаді жовтня. Дослідження проводилися відповідно до загально-прийнятих методик (Bondarenko & Yakovenko, 2001). Статистичну обробку отриманих результатів виконували методом дисперсійного аналізу, розраховано стандартне відхилення ( $\pm$  SD), використовували пакети програм Microsoft Office Excel та Statistica 10. Показники порівнювали за допомогою критерію Тьюкі – різні літери верхнього регістру вказують на значні відмінності між даними на рівні  $p < 0,05$ .

**Результати.** На інтенсивність проростання насіння під час вирощування розсади суттєво впливають фізичні і біотичні умови. Мікробіологічні добавки Азотофіт і Мікофренд виявили стимулюючу дію на формування сходів цибулі порей. Найраніше формувалися сходи за

Таблиця 1

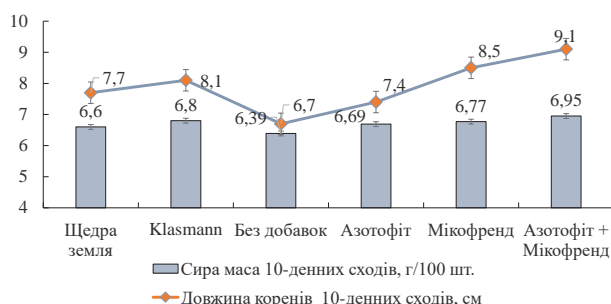
Вплив субстрату на формування сходів цибулі порей, 2022–23 рр.

Вид субстрату (А)	Мікробіологічні препарати (В)	Тривалість періоду сівба-сходи, діб	Сира маса 10-денних сходів, г/100 шт.		Довжина коренів 10-денних сходів, см	
			середня за 2022–23 рр.	$\pm$ до St.	середня за 2022–23 рр.	$\pm$ до St.
Універсальний Щедра земля	Без добавок (St.)	18	6,31 <sup>a</sup> $\pm$ 0,34	-	6,5 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	-
	Азотофіт	16	6,59 <sup>a</sup> $\pm$ 0,63	0,28	7,1 <sup>a</sup> $\pm$ 0,1	0,6
	Мікофренд	16	6,62 <sup>a</sup> $\pm$ 0,67	0,31	8,4 <sup>a</sup> $\pm$ 0,2	1,9
	Азотофіт + Мікофренд	15	6,88 <sup>a</sup> $\pm$ 0,27	0,57	8,8 <sup>ab</sup> $\pm$ 0,5	2,3
Торф'яний Klasmann TS1	Без добавок (St.)	18	6,47 <sup>a</sup> $\pm$ 0,25	-	6,9 <sup>de</sup> $\pm$ 0,1	-
	Азотофіт	16	6,78 <sup>a</sup> $\pm$ 0,26	0,31	7,7 <sup>c</sup> $\pm$ 0,1	0,8
	Мікофренд	16	6,91 <sup>a</sup> $\pm$ 0,34	0,44	8,5 <sup>b</sup> $\pm$ 0,2	1,6
	Азотофіт + Мікофренд	14	7,02 <sup>a</sup> $\pm$ 0,11	0,55	9,3 <sup>a</sup> $\pm$ 0,3	2,4
Середнє по досліджу			6,70	-	7,9 $\pm$ 1,0	-
Коефіцієнт варіювання (CV), %			6	-	12	-
H <sub>IP</sub> <sub>05A</sub>			F <sub>ф</sub> < F <sub>т</sub>	-	0,21	-
H <sub>IP</sub> <sub>05B</sub>					0,30	
H <sub>IP</sub> <sub>05AB</sub>					F <sub>ф</sub> < F <sub>т</sub>	

сумісного внесення препаратів – на 3–4 доби раніше контролю (табл. 1).

Вид субстрату на інтенсивність проростання насіння цибулі порей не впливав. У середньому за два роки не встановлено достовірного впливу субстрату або внесення мікробіологічних препаратів на сиру масу 10-денних сходів касетної розсади, але достовірно збільшувалася довжина їх коренів. Варіювання сирої маси 10-денних сходів було помірне – 6 %, а довжини коренів середнім – 12 %. За морфологічними ознаками 10-денних сходів цибулі порей відмічали перевагу касетної розсади на торф'яному субстраті Klasmann TS1 із внесенням Азотофіт + Мікофренд – сира маса 7,02 г/100 шт., довжина коренів – 9,3 см.

Поліпшення складу субстратів внесенням лише Азотофіту збільшувало сиру масу сходів на 5 %, Мікофренду – на 6 %, а сумісне їх застосування – на 9 % у середньому по фактору В (рис. 1).



**Рис. 1.** Сира маса і довжина коренів 10-денних сходів цибулі порей у середньому залежно від факторів – вид субстрату (А) та мікробіологічні препарати (В), середні за 2022–23 рр.

За сумісного внесення у субстрат Азотофіту і Мікофренду середня по фактору В довжина коренів збільшувалася на 36 %.

У середньому за дворічними даними не встановлено достовірного впливу виду субстрату на кількість листків та загальну масу 60-денної розсади цибулі порей, але достовірно та істотно збільшувалася маса кореневої системи (табл. 2).

Кількість листків істотно збільшувалася лише за сумісного внесення мікробіологічних препаратів – на 0,9–1,0 шт. та після внесення Мікофренду на субстраті Щедра земля – на 0,5 шт. за  $HIP_{05B}$  – 0,5 шт./рослину. Застосування мікробіологічних препаратів істотно збільшує загальну масу 60-денної розсади, але не встановлено достовірного впливу взаємодії досліджуваних факторів. Частка маси кореневої системи від загальної за використання Азотофіту нижча – 29–32 %, аніж за внесення Мікофренду – 30–33 %. Найбільшу частку кореневої системи відмічено після сумісного внесення у субстрати Азотофіту і Мікофренду – 33–35 %. Найбільшої загальної маси формувалася розсада на торф'яному субстраті Klasmann TS1 за внесення Азотофіту і Мікофренду – 1,73 г/рослину, що відповідає приросту до контролю на 16 %.

За даними дисперсійного аналізу всі варіанти застосування мікробіологічних препаратів забезпечували достовірний та істотний приріст площі листової поверхні досліджуваних рослин (табл. 3).

На торф'яному субстраті Klasmann TS1 завдяки введенню до ґрунтосуміші мікробіологічних добавок площа листків розсади збільшувалася на 13–33 %, порівняно до варіанту даного субстрату без препаратів. На універсальному субстраті Щедра земля із Азотофітом та Мікофрендом площа листової поверхні розсади була більша варіанту без добавок на 17–34 %.

У середньому по фактору В найменша площа листової поверхні у розсади, вирощуваної без мікробіологічних препаратів. Варіювання показників площі листової поверхні порею через 60 діб після висаджування роз-

Таблиця 2

**Вплив субстрату на якість 60-денної касетної розсади цибулі порей, 2022–23 рр.**

Вид субстрату (А)	Мікробіологічні препарати (В)	Кількість листків, шт./рослину		Частка маси кореневої системи від загальної маси рослини, %		Загальна маса, г/рослину	
		середня за 2022–23 рр.	± до St.	середня за 2022–23 рр.	± до St.	середня за 2022–23 рр.	± до St.
Універсальний Щедра земля	Без добавок (St.)	2,2 <sup>b</sup> ±0,4	-	26 <sup>c</sup> ±3	-	1,4 <sup>c</sup> ±0,10	-
	Азотофіт	2,4 <sup>ab</sup> ±0,3	0,2	29 <sup>abc</sup> ±3	3	1,6 <sup>2ab</sup> ±0,05	0,21
	Мікофренд	2,7 <sup>ab</sup> ±0,4	0,5	30 <sup>abc</sup> ±3	4	1,5 <sup>4bc</sup> ±0,05	0,13
	Азотофіт + Мікофренд	3,1 <sup>ab</sup> ±0,5	0,9	33 <sup>ab</sup> ±3	7	1,66 <sup>ab</sup> ±0,06	0,25
Торф'яний Klasmann TS1	Без добавок (St.)	2,4 <sup>ab</sup> ±0,5	-	28 <sup>bc</sup> ±2	-	1,49 <sup>bc</sup> ±0,10	-
	Азотофіт	2,5 <sup>ab</sup> ±0,5	0,1	32 <sup>ab</sup> ±3	4	1,63 <sup>ab</sup> ±0,06	0,14
	Мікофренд	2,7 <sup>ab</sup> ±0,4	0,3	33 <sup>ab</sup> ±3	5	1,58 <sup>abc</sup> ±0,04	0,09
	Азотофіт + Мікофренд	3,2 <sup>a</sup> ±0,4	0,8	35 <sup>a</sup> ±3	7	1,73 <sup>a</sup> ±0,09	0,24
Середнє по досліді		2,65		31		1,58	
CV, %		13		9		10	
$HIP_{05A}$		$F < F_{\tau}$	-	1	-	$F < F_{\tau}$	-
$HIP_{05B}$		0,5		1		0,05	
$HIP_{05AB}$		$F < F_{\tau}$		$F < F_{\tau}$		$F < F_{\tau}$	

сади було великим – 25 % та істотно залежить від досліджуваних факторів. У середньому за фактором А (вид субстрату) через 60 діб вегетації у відкритому ґрунті листкова поверхня більша за використання торф'яного субстрату Klasmann TS1 – 39,73 см<sup>2</sup>/рослину, що на 16 % більше, ніж на субстраті Щедра земля.

Приріст площі листової поверхні через 60 діб після висаджування розсади в межах фактора В більший за використання Мікофренду – на 11,15–13,71 см<sup>2</sup>/рослину, порівняно із Азотофітом – на 4,88–10,31 см<sup>2</sup>/рослину. У середньому по фактору В площа листової поверхні цибулі порей через 60 діб вегетації у відкритому ґрунті завдяки сумісному внесенню Азотофіту і Мікофренду перевищувала варіант без мікробіологічних препаратів на 85 %. За вирощування розсади на торф'яному субстраті Klasmann TS1 + Азотофіт + Мікофренд площа листків більша контролю у 2,1 рази.

У 2022–23 рр. урожайність цибулі порей за внесення Азотофіту або Мікофренду за критерієм Тьюкі статистично значуще не відрізнялася незалежно від виду субстрату. Проте у середньому за два роки (середнє за повтореннями) внесення лише Мікофренду забезпечувало статистично різний рівень урожайності. Коефіцієнт варіювання товарної маси цибулі порей був середнім – 11 %, а врожайності низьким – 4 %. Не встановлено достовірного впливу субстратів і мікробіологічних препаратів на товарну масу цибулі порей. Використання торф'яного субстрату Klasmann TS1 істотно збільшувало рівень врожаю лише у 2023 році за внесення Азотофіту або Мікофренду та без даних препаратів (табл. 4).

Врожайність цибулі порей залежала від інших супутніх умов на 77 %, а вплив фактору В (мікробіологічні препарати) становив 27%, тоді як фактору А (субстрат) – лише 2% у середньому за роки досліджень.

Таблиця 3

**Площа листків цибулі порей на період висаджування і через 60 діб вегетації у відкритому ґрунті залежно від складу субстрату, см<sup>2</sup>/рослину**

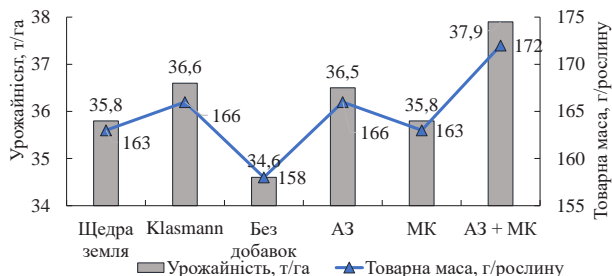
Вид субстрату (А)	Мікробіологічні препарати (В)	Площа листків розсади на період висаджування		Площа листків через 60 діб після висаджування	
		середня за 2022–23 рр.	середня по фактору В	середня за 2022–23 рр.	середня по фактору В
Універсальний Щедра земля	Без добавок (St.)	8,12 <sup>a</sup> ±0,45	8,30	25,42 <sup>a</sup> ±0,93	26,37
	Азотофіт	9,47 <sup>cd</sup> ±0,39	9,86	30,30 <sup>a</sup> ±1,86	33,96
	Мікофренд	10,02 <sup>bc</sup> ±0,59	9,78	36,57 <sup>a</sup> ±3,58	38,80
	Азотофіт + Мікофренд	10,85 <sup>ab</sup> ±0,44	11,09	44,49 <sup>b</sup> ±2,36	48,85
Середнє по фактору А		9,62±1,10		34,20±7,67	
Торф'яний Klasmann TS1	Без добавок (St.)	8,48 <sup>de</sup> ±0,45		27,31 <sup>a</sup> ±2,08	
	Азотофіт	10,25 <sup>bc</sup> ±0,36		37,62 <sup>c</sup> ±2,68	
	Мікофренд	9,54 <sup>c</sup> ±0,39		41,02 <sup>bc</sup> ±2,35	
	Азотофіт + Мікофренд	11,32 <sup>a</sup> ±0,53		53,20 <sup>a</sup> ±2,47	
Середнє по фактору А		9,90±1,14	-	39,73±9,69	-
Середнє по досліді		9,76		36,99	
CV, %		11		25	
HIP <sub>05A</sub>		F <sub>φ</sub> < F <sub>τ</sub>		3,12	
HIP <sub>05B</sub>		0,78		4,41	
HIP <sub>05AB</sub>		F <sub>φ</sub> < F <sub>τ</sub>		6,24	

Таблиця 4

**Урожайність цибулі порей залежно від складу субстрату, т/га (2022-23 рр.)**

Вид субстрату (А)	Мікробіологічні препарати (В)	Середня товарна маса, г/рослину	Урожай, т/га			
			2022	2023	середній за два роки	± до St.
Універсальний Щедра земля	Без добавок (St.)	155 <sup>a</sup> ±6	34,8 <sup>b</sup> ±2,0	33,2 <sup>b</sup> ±0,9	34,0 <sup>d</sup> ±1,3	-
	Азотофіт	165 <sup>a</sup> ±13	37,1 <sup>ab</sup> ±1,7	35,6 <sup>ab</sup> ±1,0	36,4 <sup>abc</sup> ±0,5	2,4
	Мікофренд	161 <sup>a</sup> ±11	36,5 <sup>ab</sup> ±2,0	34,1 <sup>ab</sup> ±1,2	35,3 <sup>cd</sup> ±1,4	1,3
	Азотофіт + Мікофренд	171 <sup>a</sup> ±11	38,4 <sup>ab</sup> ±1,7	36,7 <sup>ab</sup> ±2,3	37,6 <sup>ab</sup> ±1,0	3,6
Торф'яний Klasmann TS1	Без добавок (St.)	160 <sup>a</sup> ±16	35,7 <sup>ab</sup> ±1,6	34,8 <sup>ab</sup> ±2,2	35,3 <sup>cd</sup> ±1,6	-
	Азотофіт	166 <sup>a</sup> ±15	36,6 <sup>ab</sup> ±1,0	36,5 <sup>ab</sup> ±1,3	36,6 <sup>abc</sup> ±0,5	1,3
	Мікофренд	165 <sup>a</sup> ±11	36,9 <sup>ab</sup> ±2,3	35,7 <sup>ab</sup> ±1,5	36,3 <sup>ab</sup> ±1,0	1,0
	Азотофіт + Мікофренд	174 <sup>a</sup> ±11	39,3 <sup>a</sup> ±2,3	37,2 <sup>a</sup> ±0,7	38,3 <sup>a</sup> ±1,1	3,0
CV, %		11	6	5	4	
HIP <sub>05A</sub>		F <sub>φ</sub> < F <sub>τ</sub>	F <sub>φ</sub> < F <sub>τ</sub>	0,6	F <sub>φ</sub> < F <sub>τ</sub>	-
HIP <sub>05B</sub>			0,9	0,8	0,6	
HIP <sub>05AB</sub>			F <sub>φ</sub> < F <sub>τ</sub>			

В межах фактору В порей найбільшої товарної маси формувалася за сумісного застосування Азотофіту і Мікофренду – 172 г/рослину, що становить приріст до контролю 8 %. Середній приріст урожайності цибулі порей для субстрату Klasmann TS1 становив 0,8 т/га в межах фактора А. Вища ефективність поліпшення субстрату Азотофітом – урожай 36,5 т/га, аніж Мікофрендом – урожай 35,8 т/га, а максимальна врожайність за їх сумісного внесення (рис. 2).



**Рис. 2. Товарна маса та врожайність цибулі порей у середньому залежно від факторів вид субстрату (А) та мікробіологічні препарати (В) (А3 – Азотофіт, МК – Мікофренд)**

За роки досліджень вищий рівень урожайності із касетної розсади, вирощуваної у торф'яному субстраті Klasmann TS1 + Азотофіт + Мікофренд – 37,2–39,3 т/га, це у середньому за два роки більше варіанту контролю на 3,0 т/га. За аналогічного варіанту поліпшення субстрату Щедра земля середній приріст врожаю був 3,6 т/га.

**Обговорення.** Торф – найбільш популярний садовий субстрат, оскільки має стабільні фізико-хімічні властивості (Pane et al., 2011). Зміна складу базових субстратів впливає на розвиток кореневої системи і стійкість рослин (Zamrao et al., 2021). Введення до складу базових субстратів Азотофіту і Мікофренду сприяло ранішому формуванню сходів касетної розсади цибулі порей, проростки мали більшу масу і кореневу систему. Ці результати узгоджуються із іншими даними (Kim et al., 2021), де на екологічно-чистому субстраті схожість насіння цибулі була вищою на 5 %, а довжина 10-денних проростків – більшою на 3,7 см.

Відсоток приживання розсади залежить від маси коренів і об'єму кореневмісного субстрату. Відмічають пряму залежність співвідношення сирової маси коренів і пагонів, хлорофілу а і хлорофілу b, діаметру і маси розсади (Gong et al., 2019; Nan et al., 2022). Загальна маса, площа листової поверхні, кількість листків та частка маси кореневої системи досліджуваних рослин цибулі порей закономірно збільшувалися за сумісного внесення Азотофіту і Мікофренду незалежно від виду субстрату. Але, на відміну від даних Seglie et al., (2015), склад субстрату не мав сильного впливу на вари-

ювання біометричних показників розсади. На субстраті із торфу маса розсади салату була 0,76 г, а на альтернативній суміш із зеленим компостом і кокосовим волокном збільшувалася до 2,56 г (Seglie et al., 2015).

За вирощування цибулі ріпчастої на субстраті із *Azotobacter chroococcum* рослини були вищі, а суха маса цибулин збільшувалася на 8–10 % (Balemi et al., 2007). Максимальний приріст товарної маси та врожайності цибулі порей забезпечував торф'яний субстрат Klasmann TS1 з удобренням його Азотофітом і Мікофрендом. Аналогічні результати із використанням бактеріальних препаратів в технології вирощування цибулі опубліковані в інших працях (Prisa, 2019b; Prisa, 2019; Colo et al., 2014; Karpenko et al., 2020; Kumar et al., 2001; Kumar et al., 2018). За використання едафічних мікроорганізмів маса кореневої системи і товарна маса цибулі збільшувалася у 2,3 рази (Prisa, 2019a). Окрім цього, ЕМ-мікроорганізми стимулюють ріст цибулі після пересаджування (Prisa, 2019b; Prisa, 2019c). Також, на інокульованих *Bacillus subtilis* та *Azotobacter chroococcum* ділянках урожайність цибулі ріпчастої була більшою за контроль на 6,7–11,7 т/га, але не встановлено позитивного впливу взаємодії від сумісного внесення *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus subtilis* і *Pseudomonas fluorescens* (Colo et al., 2014). Приріст урожаю цибулі порей за удобрення біопрепаратом Органік-балансом становив 3–9% (Karpenko et al., 2020). Відомо, що використання Азотобактеру підвищує врожайність польових культур, зокрема, кукурудзи і буряка цукрового (Hajnal et al., 2012; Mrkovački et al., 2012). За додаткового внесення ґрунтових мікроорганізмів поліпшується водопостачання рослин, розчинність мінеральних речовин та ефективність фотосинтезу (Olle, 2013; Xu et al., 2001).

**Висновки.** Досліджувані субстрати для наповнення касет універсальний Щедра земля і торф'яний Klasmann TS1 для вирощування розсади цибулі порей у чарунках об'ємом 40 мл доцільно поліпшувати мікробіологічними препаратами Азотофіт і Мікофренд. Це сприяє формуванню розсади із більшою кореневою системою, листовою поверхнею і загальною масою. Перевагу за біометричними показниками розсади відмічено на субстраті торф'яному Klasmann TS1, але вплив даного фактору був недостовірним за статистичними показниками. На якість касетної розсади і врожайність цибулі порей істотний вплив мають мікробіологічні препарати. Сумісне внесення бактеріального препарату Азотофіт і мікоризного Мікофренд виявилось найбільш ефективним незалежно від виду субстрату та забезпечує приріст врожаю 3,0–3,6 т/га. Подальші дослідження із поліпшення технології вирощування касетної розсади цибулі порей мають бути зосереджені на зниженні її собівартості поряд з удосконаленням умов водного і поживного режимів.

#### **Бібліографічні посилання:**

1. Balemi, T., Pal, N. & Saxena, A. K. (2007). Response of onion (*Allium cepa* L.) to combined application of biological and chemical nitrogenous fertilizers. *Acta agriculture Slovenia*, 89(1), 107–114.
2. Bondarenko H.L. & Yakovenko K.I. (2001). *Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytstvi i bashtannytstvi*. [Research Methodology in case of Vegetables and Melons]. *Osnovy, Kharkiv*, 234 (in Ukrainian).

3. Ceglie, F. G., Bustamante, M. A., Ben, A. M. & Tittarelli, F. (2015). The challenge of peat substitution in organic seedling production: optimization of growing media formulation through mixture design and response surface analysis. *Plos One*, 10: e0128600. doi: 10.1371/journal.pone.0128600.
4. Chieb, M. & Gachomo, E. W. (2023). The role of plant growth promoting rhizobacteria in plant drought stress responses. *BMC Plant Biol.*, 23, 407. doi: 10.1186/s12870-023-04403-8.
5. Colo, J., Hajnal-Jafari, T., Durić, S., Stamenov, D., & Hamidović, S. (2014). Plant growth promotion rhizobacteria in onion production. *Polish Journal of Microbiology*, 63(1), 83–88.
6. Costa, E., Leal, P. A. M., Benett, C. G. S., Benett, K. S. S. & Salamene, L. C. P. (2012). Production of tomato seedlings using different substrates and trays in three protected environments. *Eng. Agri.*, 32, 822–830.
7. Gong, Binbin, Wang, Ning, Zhang, Tiejun, Wu, Xiaolei, Lü, Guiyun, Chu, Xinpei & Gao, Hongbo. (2019). Selection of tomato seedling index based on comprehensive morphology and leaf chlorophyll content. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 35(8): 237–244. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2019.08.028.
8. Grover, M., Ali, Sk. Z., Sandhya, V., Rasul, A. & Venkateswarlu, B. (2011). Role of microorganisms in adaptation of agriculture crops to abiotic stresses. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 27, 1231–1240. doi: 10.1007/s11274-010-0572-7.
9. Gusatti, M., Zanuzo, M. R., Machado, R. A. F., Vieira, C. V. & Cavalli, E. (2019). Performance of agricultural substrates in the production of lettuce seedlings (*Lactuca sativa* L.). *Scientific Electronic Archives*, 12(5), 40–45. doi: 10.36560/1252019807.
10. Hajnal-Jafari, T., Latković, D., Djurić, S., Mrkovački, N. & Najdenovska, O. (2012). The use of *Azotobacter* in organic maize production. *Research. J. Agricultural. Sci.*, 44(2), 28–32.
11. Han, L. H., Kumi, F., Mao, H. P. & Hu, J. P. (2019). Design and Tests of a Multi-pin Flexible Seedling Pick-up Gripper for Automatic Transplanting. *Appl. Eng. Agric.*, 35(6), 949–957. doi: 10.13031/aea.13426.
12. Han, L., Mo, M., Gao, Y., Ma, H., Xiang, D., Ma, G. & Mao, H. (2022). Effects of New Compounds into Substrates on Seedling Qualities for Efficient Transplanting. *Agronomy*, 12(5), 983. doi: 10.3390/agronomy12050983.
13. Karpenko, V., Slobodyanyk, G., Ulianych, O., Schetyyna, S., Mostoviyak, I. & Voitsekhovskiy, V. (2020). Combined application of microbial preparation, mineral fertilizer and bioadhesive in production of leek. *Agronomy Research*, 18(1), 148–162. doi: 10.15159/AR.20.014.
14. Kataloh preparativ BTU-tsentr. [Catalog of drugs btu-center]. <https://btu-center.com/search/?q=%C0%E7%EE%F2%EE%F4%B3%F2> (in Ukrainian).
15. Kim, Tae-Won, Khakurel, Dhruba, Jeon, Byeong-Gyun & Lee, Sung-Ho. (2021). Effect of environmentally friendly horticultural substrate on onion (*Allium cepa* L.) seedlings growth. *Journal of Agriculture & Life Science*, 55, 11–17. doi: 10.14397/jals.2021.55.5.11.
16. Kumar, A. (2001). Influence of nitrogen and potassium application on growth, yield and nutrient uptake by onion (*Allium cepa* L.). *Indian J. Agronomy*, 46, 742–746.
17. Kumar, Devendra Kurrey, Kumar, Mahendra, Lahre & Gaurav, S. Pagire. (2018). Effect of *Azotobacter* on growth and yield of onion (*Allium cepa* L.) *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(1), 1171–1175.
18. Kumari, M., Swarupa, P., Kesari, K. K. & Kumar A. (2023). Microbial inoculants as plant biostimulants: a review on risk status. *Life*, 13(1), 12. doi: 10.3390/life13010012.
19. Lim, J. H., Park, S. Y., Chae, W. B., Kim, S. K., Choi, S. K., Yang, E. Y., Lee, M. J., Jang, Y. N., Seo, M. H., & Jang, S. W. (2017). Seedling Conditions for Kimchi Cabbage, Head Lettuce, Cabbage and Broccoli for a Riding-type Transplanter. *J. Bios. Eng.*, 42, 104–111. doi: 10.5307/JBE.2017.42.2.104.
20. Liu, C. J., Duan, Y. L., Jin, R. Z., Han, Y. Y., Hao, J. H. & Fan, S. X. (2018). Spent mushroom substrates as component of growing media for lettuce seedlings. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 185, 012016. doi: 10.1088/1755-1315/185/1/012016.
21. Ma, G. X., Mao, H. P., Bu, Q., Han, L. H., Shabbir, A. & Gao, F. (2020). Effect of Compound Biochar Substrate on the Root Growth of Cucumber Plug Seedlings. *Agronomy*, 10(8), 1080. doi: 10.3390/agronomy10081080.
22. Marcelle, M. Bettoni, Átila, F. Mogor, Volnei, Pauletti, & Nieves, Goicoechea. (2014). Growth and metabolism of onion seedlings as affected by the application of humic substances, mycorrhizal inoculation and elevated CO<sub>2</sub>. *Scientia Horticulturae*, 180, 227–235. doi: 10.1016/j.scienta.2014.10.037.
23. Mrkovacki, N., Mezei, S., Kovacev, L., Bjelic, D., Jarak, M., Tyr, S. & Veres, T. (2012). Effect of *Azotobacter chroococcum* application on production characteristics of sugar beet and microorganisms in sugar beet rhizosphere. *Listy cukrovarnicke a reparske*, 128, 50–55.
24. Olle, M. (2013). Effect of efficient microorganisms on yield, quality and preservation of vegetables. In: *Gardening Forum*, 10–13.
25. Pane, C., Spaccini, R., Piccolo, A., Scala, F. & Bonanomi, G. (2011). Compost amendments enhance peat suppressiveness to *pythium ultimum*, *rhizoctonia solani* and *sclerotinia minor*. *Biolog. Control*, 56, 115–124.
26. Pellejero, G., Miglierina, A., Aschkar, G., Turcato, M. & Jimenez-Ballesta, R. (2016). Use of compost with onion (*Allium cepa* L.) waste and cattle manure as substrate component for horticultural seedlings. *Int. J. Plant Soil Sci.*, 12(4), 1–10. doi: 10.9734/IJPSS/2016/27347.
27. Prisa, D. (2019b). Improvement quality of aubergine plants with effective microorganisms. *Asian Academic Research Journal of Multidisciplinary*, 6(3), 1–8.
28. Prisa, D. (2019c). Rhizobacteria and zeolites for overcoming saline stress in the cultivation of succulent plants. *The International Journal of Engineering and Science*, 8(5), 38–41.
29. Prisa, D. (2019a). Effective microorganisms for the cultivation and qualitative improvement of onion (*Allium cepa* L.). *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 02(03), 001–007. doi: 10.30574/wjarr.2019.2.3.0038.

30. Rosa, R., Franczuk, J., Zaniewicz-Bajkowska, A., Remiszewski K., Dydiv, O. & Andrejiová, A. (2022). The influence of the biological activator nitrilife on the yield and quality of onions. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Series "Agronomy"*, 26, 87–93. doi: 10.31734/agronomy2022.26.087.
31. Sarah, Tietjen, Ines, Graubner & André, Sradnick. (2022). Reducing peat in substrate mixture formulations for press pots using the Taguchi method. *Scientia Horticulturae*, 295, 110838. doi: 10.1016/j.scienta.2021.110838.
32. Xu, H. L., Wang, R. & Miridha, M. (2001). Effects of Organic Fertilizers and a Microbial Inoculant on Leaf Photosynthesis and fruit Yield and Quality of Tomato plants. *Journal of Crop production*, 3, 173–182.
33. Yang, S. Y., Moon, Y. H. & Lee, W. H. (2003). The exploitation of new bed soil used by organic inert. *Bulletin of the Agricultural College, Chonbuk National University*, 34, 29–40.
34. Yasin, M., Jabran, K., Afzal, I., Iqbal, S., Nawaz, M.A., Mahmood, A., Asif, M., Nadeem, M. A., Rahman, Z. U., Adnan, M., Siddiqui, M., Shahid, M. G. & Andreasen, C. (2020). Industrial sawdust waste: An alternative to soilless substrate for garlic (*Allium sativum* L.). *J. Appl. Res. Med. Aromat. Plants*, 1–9. doi: 10.1016/j.jarmap.2020.100252.
35. Zamparo, L., Mattiussi, A., Valent, E. & Cattivello, C. (2021). Substrate formulation to improve vegetable seedling quality and environmental sustainability. *Acta Hortic.*, 1305, 63–70. doi: 10.17660/ActaHortic.2021.1305.9.
36. Zhang, X. Y., Zhou, W. K., Chen, Q., Fang, M. M., Zheng, S. S., Ben, S. & Li, C. Y. (2018). Mediator Subunit MED31 is Required for Radial Patterning of Arabidopsis Roots. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 115, 5624–5633. doi: 10.1073/pnas.1800592115.

**Slobodianykh H. Ya.**, PhD (Agricultural Sciences), Associate Professor, Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine

**Ternavskiy A. H.**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine

**Selection of substrates and microbiological preparations for effective cultivation of leek cassette seedlings for the conditions of the Forest-steppe of Ukraine**

Due to the long growing season, leeks in the forest-steppe of Ukraine are grown mainly by the seedling method. The yield of onion vegetable plants will be higher with the cassette method of growing seedlings. The advantage of cassette seedlings is the possibility of mechanized planting with seedling planting machines. Substrates of different composition, quality and cost are offered for growing vegetable seedlings. A number of physiologically active preparations with different mechanisms of action are popular in vegetable growing, environmentally friendly and affordable. The technology of growing leek cassette seedlings needs to be improved in terms of selecting a substrate for low-capacity cells and optimizing the nutritional conditions of young plants in a limited root volume. The article presents a comparative characterization of the effect of such substrates as universal Generous soil and peat Klasmann TS1 (factor A) on the quality of leek cassette seedlings. The effectiveness of supplementing substrates with microbiological preparations Azotophyte (5 g kg<sup>-1</sup>) and Mycofriend (5 g kg<sup>-1</sup>) (factor B) was also evaluated. In the field experiment, the yield of leeks was determined depending on the technology of growing seedlings.

Improvement of the substrate for filling the cassettes with microbiological additives Azotophyte and Mycofriend accelerates the formation of leek seedlings by 2–3 days. Based on the studies, it was found that the type of substrate and microbiological preparations significantly influenced the development of the root system of seedlings, the share of which was 29–35 % of the total plant weight. The largest leaf surface (11.32 cm<sup>2</sup> plant<sup>-1</sup>) and total weight (1.73 g plant<sup>-1</sup>) were obtained when growing cassette seedlings on Klasmann TS1 peat substrate with the introduction of Azotophyte + Mycofriend. However, the type of substrate (factor A) and the interaction of factors A×B did not have a significant effect on such indicators as the raw weight of seedlings on the 10-th day, the number of leaves, the leaf surface area of seedlings at the time of planting and the marketable weight of leeks. Microbiological additives had a significant and reliable effect on the yield of leeks. The use of Mycofriend was less effective compared to the introduction of Azotophyte into the substrate. On average, over two years, the variation in leek yield was insignificant, with a coefficient of variation – 4 %. As a result, the highest yield was obtained after the combined use of Azotophyte + Mycofriend – 38.3 t ha<sup>-1</sup> on the Klasmann TS1 substrate and 37.6 t ha<sup>-1</sup> on the Generous Land substrate.

**Key words:** cassette seedlings, leeks, substrate, microbiological preparation, Azotophyte, Mycofriend.