

ЗВ'ЯЗОК НАСІННЕВОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ З НАКОПИЧЕННЯМ КОРЕНЕВОЇ МАСИ ТА АЗОТФІКСУЮЧОЇ ЗДАТНОСТІ СОРТІВ ЛЮЦЕРНИ ПЕРШОГО РОКУ ЖИТТЯ

ТИЩЕНКО О.Д. – кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0002-8095-9195>

ТИЩЕНКО А.В. – кандидат сільськогосподарських наук

<https://orcid.org/0000-0003-1918-6223>

ПІЛЯРСЬКА О.О. – кандидат сільськогосподарських наук

<https://orcid.org/0000-0001-8649-0618>

КУЦ Г.М. – кандидат сільськогосподарських наук,
старший науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0003-0448-9432>

Інститут зрошуваного землеробства
Національної академії аграрних наук України

ГАЛЬЧЕНКО Н.М. – кандидат сільськогосподарських наук

<https://orcid.org/0000-0002-1717-5101>

КОНОВАЛОВА В.М. – аспірант

<https://orcid.org/0000-0002-0655-9214>

Асканійська державна сільськогосподарська дослідна станція

Інституту зрошуваного землеробства

Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Внаслідок інтенсивних методів ведення землеробства ґрунти поступово втрачають агрономічні цінні властивості: зменшення вмісту гумусу, зниження поглинаючої і водоутримуючої здатності, руйнування структури, збільшення щільності будови тощо. Ці процеси розвиваються повільно, вочевидь не проявляються і найчастіше тривалий час не викликають тривоги за родючість ґрунту. Насправді ж насувається серйозна небезпека – виснаження ґрунтів, а відповідно і зниження родючості. У результаті відсутності або порушення науково обґрунтованих сівозмін, вирощування економічно прибуткових монокультур (соняшник, ріпак), а також недостатнього внесення мінеральних і органічних добрив відбувається виснаження ґрунту й фактично його знищення [1].

Вирішення цієї проблеми можливе в разі розміщення в сівозмінах багаторічних бобових трав, зокрема люцерни. Вона завдяки своїй потужній кореневій системі пронизує великий об'єм ґрунту, при цьому покращуючи його фізико-хімічні властивості шляхом зниження щільності будови ґрунту, збільшенням загальної порозності та обсягу пор. При цьому зростає польова вологоємність і вміст водоміцних агрегатів в орному шарі [2; 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Рослини люцерни після першого року життя в умовах природного зволоження накопичують у ґрунті кореневу масу в кількості 15–20 ц/га, при зрошенні – 25–30 ц/га [4–6]. Відмерле коріння розкладається, що сприяє поповненню гумусу в ґрунті і підвищенню врожаю наступних культур [7–9].

Вплив рослинних рештків на родючість та структуру ґрунту залежить від їх кількості та якості [10–12]. Встановлено, що накопичення кореневої маси люцерни залежить від термінів і способів сіви, сорту, системи обробітку ґрунту, умов вологозабезпечення, добрив та інших факторів, а також віку рослин. Адже люцерна в різні періоди свого росту і розвитку має різну потужність [13–15].

На коренях люцерни утворюється бульбочкова бактерія (*Sinorhizobium meliloti*), завдяки чому вона здатна фіксувати азот із повітря та накопичувати в ґрунті до 200–300 кг/га біологічного азоту [8; 16; 17]. Тому вона сприяє ліквідації азотного дефіциту, який утворюється в результаті винесення його з ґрунту рослинами, вимивання і денітрифікації. Біологічний азот треба розглядати як фактор часткової заміни промислового азоту в системі удобрення сільськогосподарських культур, формування родючості ґрунту та охорони навколишнього середовища (відсутність забруднення ґрунтів, водойм і атмосфери). Азотфіксація – єдина дармова й екологічно чиста можливість постачання азоту рослинам. Але людство не усвідомило важливості і необхідності використання цього процесу в повному обсязі в сільському господарстві [2; 7].

Мета – розробка та наукове обґрунтування технологічних прийомів підвищення насінневої продуктивності люцерни, азотфіксуючої здатності та накопичення кореневої маси в ґрунті в рік посіву.

Матеріали та методи досліджень. Завданням дослідження є розробка та наукове обґрунтування технологічних прийомів підвищення насінневої продуктивності люцерни, азотфіксуючої здатності та накопичення кореневої маси в ґрунті в рік посіву.

Дослідження проводилися протягом 2011–2013 рр. на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства НААН України. У ґрунтово-кліматичному плані воно розташоване в сухостеповій зоні на Інгулецькому зрошуваному масиві.

Метод закладки польового дослідження – розщеплені ділянки. Головні ділянки (фактор А) – умови зволоження (без зрошення і краплинне зрошення); субділянки (фактор В) – сорти люцерни (Унітро (*Medicago varia* Mart.) і Зоряна (*Medicago sativa* L.)); суб-субділянки (фактор С) – позакореневе підживлення регулятором росту Плантафол 30: 1 –

контроль 1 – без обробок; 2 – контроль 2 – обприскування водою; позакореневе підживлення Плантафолом 30 за міжфазними періодами: 3 – «початок стеблуння-початок бутонізації»; 4 – «початок бутонізації-початок цвітіння» і 5 – «початок цвітіння-масове цвітіння». Строк сівби ранньовесняний. Посів широкорядний із міжряддям 70 см. Посівна площа ділянки – 60 м², облікова – 50 м², повторність чотириразова.

Поливи проводили за допомогою краплинного зрошення (Т-ТАРЕ Т8Х 508-20-500) з укладенням крапельної стрічки в кожен рядок, безпосередньо під рослини. Розрахунковий кореневмісний шар ґрунту приймали за міжфазними періодами: «сходи-стеблуння» – 0,3 м, «стеблуння-бутонізація» – 0,5 м, «бутонізація-дозрівання насіння» – 0,7 м. Ширина смуги зволоження – 0,5 м. Вологість ґрунту в міжфазний період «сходи-початок цвітіння» підтримували на рівні 70–75% НВ та з міжфазного періоду «початок цвітіння-дозрівання насіння» знижували її до 50–55% НВ. Обробку водою та Плантафолом 30.10.10 (30 г на 10 л води) проводили ранцевим оприскувачем у міжфазні періоди згідно зі схемою досліджу.

Вивчення розподілу коренів методом відмивання (за Н.З. Станковим, 1964) дало змогу визначити масу і процентний їх розподіл (після збирання) по шарах ґрунту через кожні 10 см [18]. Азотфіксацію визначали методом балансу [19]. Баланс гумусу розраховували за методикою [20].

Результати досліджень. Отримані експериментальні дані свідчать, що в середньому за роки дослі-

джень насіннева продуктивність люцерни в умовах природного зволоження становила 1,39 ц/га, за краплинного зрошення – 2,18 ц/га.

Урожайність кондиційного насіння люцерни сорту Унітро становила 1,91 ц/га й сорту Зоряна – 1,66 ц/га. Разом зі збільшенням врожайності насіння відбуваються й зміни параметрів накопичення повітряно-сухої кореневої маси та азотфіксації (табл. 1).

Накопичення сухої маси коренів по варіантах досліджу має також істотні коливання залежно від умов зволоження та застосування регулятора росту. Найбільша маса в умовах природного зволоження спостерігалася в сорту Зоряна під час застосування Плантафолу 30.10.10 1,89–1,90 т/га, а на контрольних варіантах становила 1,63–1,68 т/га за врожайності насіння 1,28–1,34 та 1,15–1,16 відповідно.

У сорту Унітро без зрошення на варіантах, де застосовувався регулятор росту, повітряно-суха маса коренів становила 1,83–1,86 т/га, або вище контрольних варіантів на 17,31–25,68%.

Аналогічна картина спостерігається в умовах краплинного зрошення суха маса коренів становила 2,28 т/га, проти 1,75 т/га без зрошення при збільшенні врожайності з 1,39 до 2,29 ц/га.. Рослини люцерни в процесі зрошення і застосування регулятора росту накопичували сухої маси коренів до 2,42–2,53 т/га в сорту Унітро та 2,45–2,52 т/га сорту Зоряна, що перевищувало контрольні варіанти на 21,0–29,1% і 19,5–27,9% відповідно.

Таблиця 1 – Урожайність насіння люцерни, накопичення повітряно-сухої кореневої маси в шарі ґрунту 0–50 см та фіксація атмосферного азоту рослинами люцерни залежно від зрошення, сорту та застосування регулятора росту Плантафолу 30.10.10 (середнє за 2011–2013 рр.)

Умови зволоження (фактор А)	Сорт (фактор В)	Застосування Плантафол 30.10.10 (фактор С)	Урожайність насіння, ц/га	Накопичення повітряно-сухої кореневої маси, т/га	Фіксація атмосферного азоту, кг/га
1	2	3	4	5	6
Без зрошення	Унітро	контроль 1 (без обробок)	1,34	1,48	54,12
		контроль 2 (обприскування водою)	1,35	1,56	58,24
		поч. стеблуння – поч. бутонізації	1,63	1,84	81,42
		поч. бутонізації – поч. цвітіння	1,67	1,86	81,24
		поч. цвітіння – масове цвітіння	1,69	1,83	75,74
		середнє	1,54	1,71	70,15
	Зоряна	контроль 1 (без обробок)	1,15	1,63	60,30
		контроль 2 (обприскування водою)	1,16	1,68	64,22
		поч. стеблуння – поч. бутонізації	1,28	1,89	84,47
		поч. бутонізації – поч. цвітіння	1,33	1,90	85,29
		поч. цвітіння – масове цвітіння	1,34	1,89	80,53
		середнє	1,25	1,79	74,96
середнє			1,39	1,75	72,56
Краплинне зрошення	Унітро	контроль 1 (без обробок)	2,11	1,96	121,78
		контроль 2 (обприскування водою)	2,12	2,00	125,34
		поч. стеблуння – поч. бутонізації	2,33	2,48	157,97
		поч. бутонізації – поч. цвітіння	2,40	2,53	157,42
		поч. цвітіння – масове цвітіння	2,49	2,42	151,21
		середнє	2,29	2,28	142,74

Закінчення таблиці 1

1	2	3	4	5	6
	Зоряна	контроль 1 (без обробок)	1,98	1,97	123,63
		контроль 2 (обприскування водою)	2,00	2,05	127,65
		поч. стеблуння – поч. бутонізації	2,04	2,52	159,48
		поч. бутонізації – поч. цвітіння	2,14	2,49	157,88
		поч. цвітіння – масове цвітіння	2,14	2,45	153,19
		середнє	2,06	2,30	144,37
	середнє	2,18	2,29	143,55	
Оцінка істотності часткових відмінностей					
HIP ₀₅		A	0,104	0,158	8,331
HIP ₀₅		B	0,337	0,186	11,667
HIP ₀₅		C	0,033	0,162	9,939
Оцінка істотності головних ефектів					
HIP ₀₅		A	0,033	0,050	2,635
HIP ₀₅		B	0,107	0,059	3,689
HIP ₀₅		C	0,017	0,081	4,970

Фіксація атмосферного азоту рослинами люцерни в умовах природного вологозабезпечення становила 72,56 кг/га, а за краплинного зрошення вона збільшувалась у два рази та досягала 143,55 кг/га. Найбільша азотфіксація в умовах природного зволоження спостерігалася у варіантах із застосуванням Плантафола 30.10.10 в міжфазні періоди «початок стеблуння-початок бутонізації» й «початок бутонізації-початок цвітіння» – 84,47–85,29 кг/га в сорту Зоряна. При застосуванні регулятора росту в міжфазний період «початок цвітіння-масове цвітіння» азотфіксація становила 80,53 кг/га, а на контролі вона не перевищувала 60,30–64,22 кг/га.

У сорту Унітро без зрошення на контрольних варіантах азотфіксація становила 54,12–58,24 кг/га, що нижче варіантів із застосуванням регулятора росту на 30,0–50,4%.

Краплинне зрошення сприяло зростанню азотфіксуючої активності рослин люцерни. На варіантах із застосуванням Плантафолу 30.10.10 в

міжфазні періоди «початок стеблуння – початок бутонізації» й «початок бутонізації – початок цвітіння» азотфіксація досягала 157,88–159,48 кг/га в сорту Зоряна й 157,42–157,97 кг/га в сорту Унітро. У варіанті із застосуванням регулятора росту в міжфазний період «початок цвітіння – масове цвітіння» азотфіксуюча активність рослин знижувалася до 153,19 кг/га в сорту Зоряна та 151,21 кг/га в сорту Унітро. Фіксація атмосферного азоту в сортів люцерни на контрольних варіантах була нижче на 20,2–21,69 та 20,7–22,6% відповідно.

Встановлено, що між врожайністю насіння, накопиченням кореневої маси та азотфіксацією сортів люцерни є тісний прямий кореляційний зв'язок (рис. 1, 2). Зокрема, коефіцієнт кореляції між врожайністю насіння та накопиченням кореневої маси в сорту Унітро становив $r = 0,950$, а в сорту Зоряна $r = 0,874$. Високим він був між врожайністю насіння та азотфіксацією в сорту Унітро $r = 0,986$ й $r = 0,972$ в сорту Зоряна.

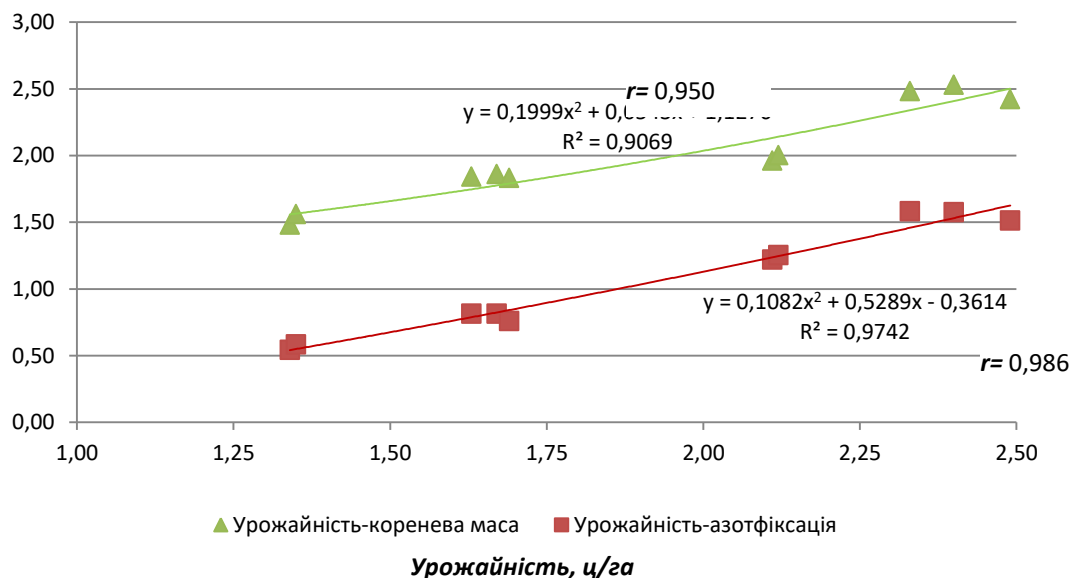


Рис. 1. Поліноміальна лінія тренду залежності між врожайністю насіння, накопиченням кореневої маси та азотфіксацією в сорту Унітро, 2011–2013 рр.

За даними дисперсійного аналізу встановлено, що найбільший вплив на урожайність насіння, накопичення кореневої маси та азотфіксацію сортів люцерни справляли умови зволоження – частка впливу становила 81%, 61% та 86% відповідно. Це підтверджує те, що основним фактором формуван-

ня врожайності насіння, накопичення кореневої маси та азотфіксації в умовах Південного Степу є зрошення. Сорт мав вплив на насіннєву продуктивність рослин (9%), на накопичення кореневої маси та азотфіксацію (1%), а вплив регулятора росту Плантафол 30.10.10 – 7%, 32% та 12 % відповідно.

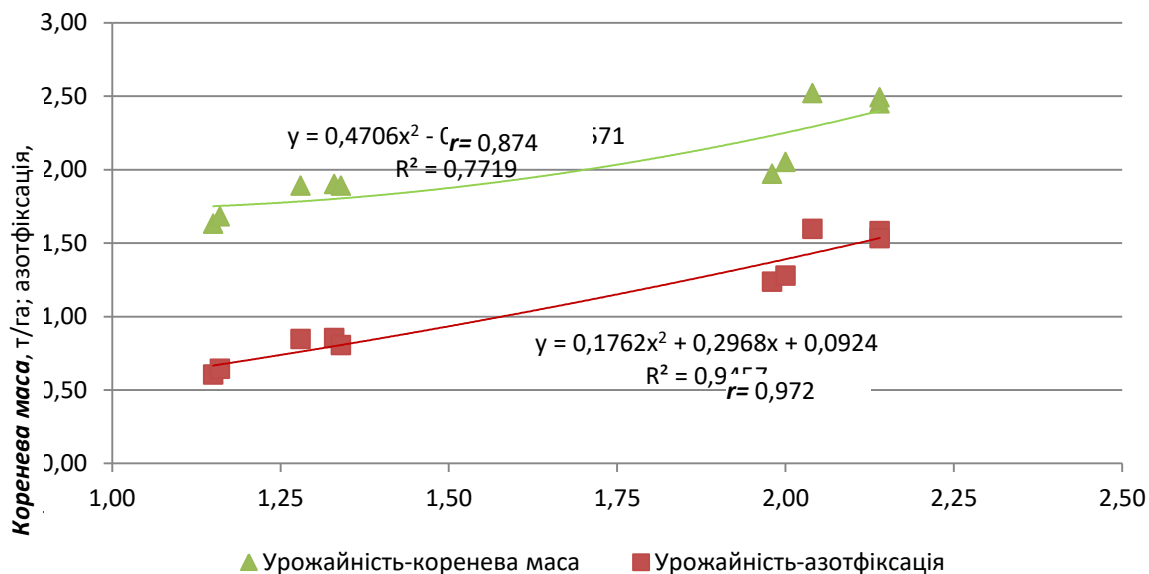


Рис. 2. Поліноміальна лінія тренду залежності між врожайністю насіння, накопиченням кореневої маси та азотфіксацією в сорту Зоряна, 2011–2013 рр.

В останні роки землеробство України функціонує за негативного балансу гумусу, а значення культури люцерни як фактора відтворення родючості ґрунту різко зростає. Дослідження показали, що навіть після однорічного використання люцерни на насіння баланс гумусу є позитивним, але неоднаковим та залежить від умов вирощування.

Втрата гумусу прямопропорційно залежала від врожайності насіння. Чим більший був врожай

насіння, тим більша була втрата гумусу. Тому в умовах природнього зволоження втрата була найменшою й становила в середньому 0,008 ц/га, тоді як при зрошенні – 0,013 ц/га. Застосування регулятора росту Плантафол 30.10.10 сприяло збільшенню врожаю насіння, за різних умов зволоження, та відповідно збільшувало втрату гумусу (табл. 2).

Таблиця 2 – Баланс гумусу люцерни на насіння першого року життя залежно від умов вирощування, ц/га (середнє за 2011–2013 рр.)

Умови зволоження (фактор А)	Сорт (фактор В)	Застосування Плантафол 30.10.10 (фактор С)	Урожайність насіння, ц/га	Накопичення повітряно-сухої надземної маси, ц/га	Накопичення повітряно-сухої кореневої маси, ц/га	Втрата гумусу з насінням, ц/га	Повернення гумусу з рослинними та кореневими рештками, ц/га	Баланс гумусу, ц/га
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Без зрошення	Унітро	контроль 1 (без обробок)	1,34	19,60	14,80	0,007	0,140	0,132
		контроль 2 (обприскування водою)	1,35	20,20	15,60	0,007	0,147	0,139
		поч. стеблуння – поч. бутонізації	1,63	24,00	18,40	0,009	0,184	0,174
		поч. бутонізації – поч. цвітіння	1,67	24,70	18,60	0,009	0,186	0,176
		поч. цвітіння – масове цвітіння	1,69	23,40	18,30	0,009	0,177	0,167

Закінчення таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
		середнє	1,54	22,38	17,10	0,008	0,167	0,158
	Зоряна	контроль 1 (без обробок)	1,15	19,00	16,30	0,007	0,167	0,161
		контроль 2 (обприскування водою)	1,16	19,90	16,80	0,007	0,175	0,168
		поч. стеблування – поч. бутонізації	1,28	24,00	18,90	0,007	0,212	0,204
		поч. бутонізації – поч. цвітіння	1,33	24,70	19,00	0,008	0,213	0,206
		поч. цвітіння – масове цвітіння	1,34	23,10	18,90	0,008	0,203	0,196
	середнє	1,25	22,14	17,90	0,007	0,194	0,187	
середнє	1,39	22,26	17,50	0,008	0,181	0,173		
Краплинне зрошення	Унітро	контроль 1 (без обробок)	2,11	35,50	19,60	0,012	0,224	0,212
		контроль 2 (обприскування водою)	2,12	36,00	20,00	0,012	0,229	0,217
		поч. стеблування – поч. бутонізації	2,33	39,80	24,80	0,013	0,282	0,269
		поч. бутонізації – поч. цвітіння	2,40	40,00	25,30	0,013	0,284	0,271
		поч. цвітіння – масове цвітіння	2,49	39,80	24,20	0,014	0,276	0,263
		середнє	2,29	38,22	22,80	0,013	0,259	0,246
	Зоряна	контроль 1 (без обробок)	1,98	32,80	19,70	0,011	0,246	0,235
		контроль 2 (обприскування водою)	2,00	33,20	20,50	0,011	0,254	0,242
		поч. стеблування – поч. бутонізації	2,04	37,20	25,20	0,012	0,307	0,295
		поч. бутонізації – поч. цвітіння	2,14	36,90	24,90	0,012	0,304	0,291
		поч. цвітіння – масове цвітіння	2,14	36,60	24,50	0,012	0,297	0,284
		середнє	2,06	35,34	23,00	0,012	0,282	0,269
	середнє	2,18	36,78	22,90	0,013	0,271	0,258	
			Оцінка істотності часткових відмінностей					
НІР ₀₅	А		0,104		1,58			
НІР ₀₅	В		0,337		1,86			
НІР ₀₅	С		0,033		1,62			
		Оцінка істотності головних ефектів						
НІР ₀₅	А		0,033		0,50			
НІР ₀₅	В		0,107		0,59			
НІР ₀₅	С		0,017		0,81			

Гумус повертається в ґрунт у вигляді решток надземної та кореневої маси. За краплинного зрошення кількість повітряно-сухої надземної маси 38,22 ц/га була сформована сортом Унітро та 35,34 ц/га – сортом Зоряна, тоді як в умовах природного зволоження – 22,38 ц/га та 22,14 кг/га відповідно.

Застосування Плантафолу 30.10.10 сприяло збільшенню накопиченню повітряно-сухої надземної маси незалежно від умов вирощування та сорту.

Баланс гумусу є різниця між поверненням та його втратою. В умовах природнього зволоження баланс гумусу становив 0,173 ц/га, тоді як при зрошенні – 0,258 ц/га.

За краплинного зрошення він становив 0,246 ц/га в сорту Унітро та 0,269 ц/га – в сорту Зоряна. Застосування Плантафолу 30.10.10 збільшувало позитивний баланс на 21,2–27,8% в сорту Унітро та сорту Зоряна – 17,4–25,5%.

В умовах природного зволоження баланс гумусу на контрольних варіантах становив 0,132–0,139 ц/га в сорту Унітро й 0,161–0,168 ц/га в сорту Зоряна, що було нижче на 20,1–33,3% та 16,7–22,6%, відповідно.

Встановлено, що між врожайністю насіння, втратою, поверненням та балансом гумусу в сортів люцерни є тісний прямий кореляційний зв'язок (рис. 3, 4).

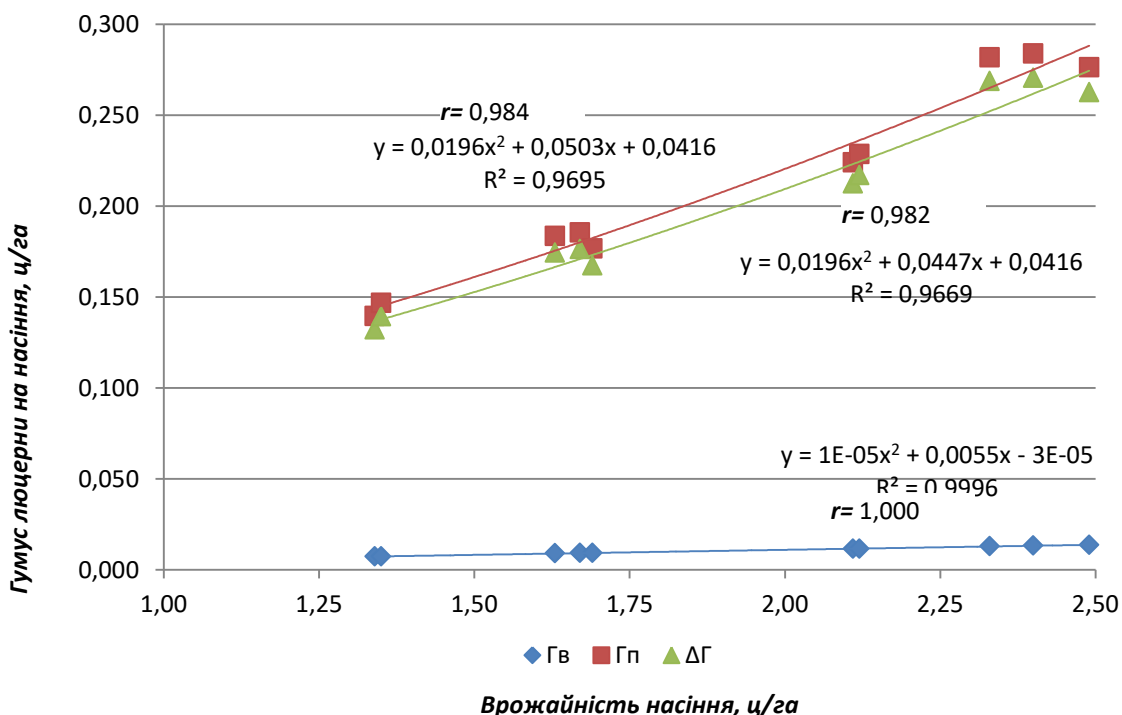


Рис. 3. Поліноміальна лінія тренду залежності між врожайністю насіння, витратою, поверненням та балансом гумусу у сорту Унітро, 2011–2013 рр.

Зокрема, коефіцієнт кореляції в сорту Унітро між врожайністю насіння та втратою гумусу становив $r = 1,000$, між врожайністю й повер-

ненням гумусу – $r = 0,984$ та між врожайністю насіння та балансом гумусу становив $r = 0,982$.

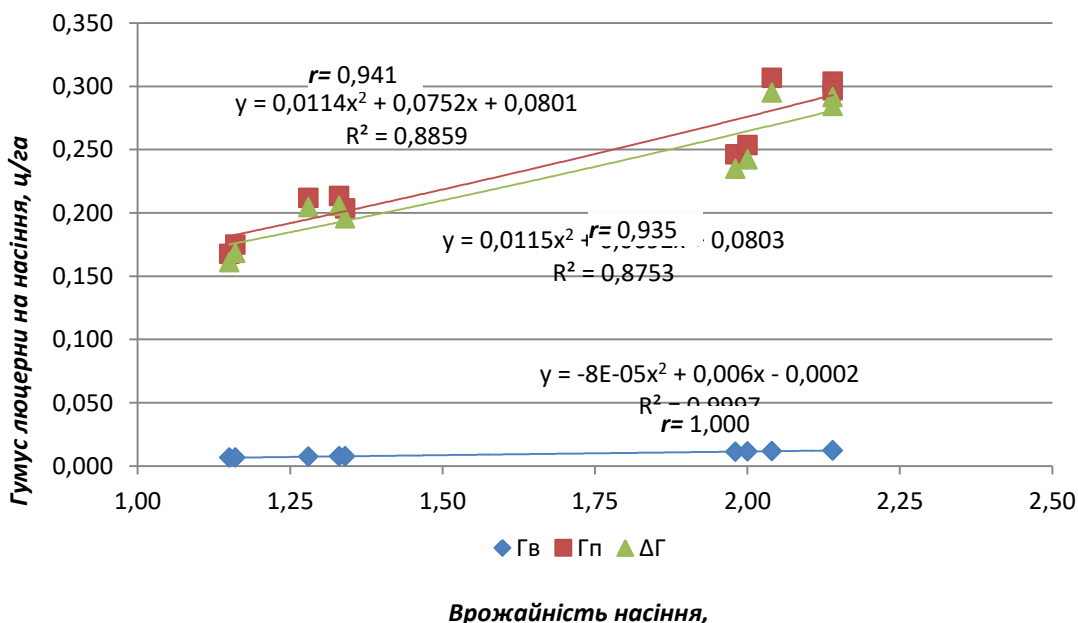


Рис. 3. Поліноміальна лінія тренду залежності між врожайністю насіння, витратою, поверненням та балансом гумусу у сорту Зоряна, 2011–2013 рр.

У сорту Зоряна коефіцієнт кореляції між врожайністю та втратою гумусу дорівнював $r = 1,000$, між врожайністю й поверненням гумусу – $r = 0,941$, між врожайністю насіння та балансом гумусу становив $r = 0,935$.

Висновки. Найбільший врожай насіння було

отримано за краплинного зрошення. Накопичення кореневої маси та процес азотфіксації найбільш інтенсивно відбувається в умовах зрошення. Максимальний позитивний баланс гумусу в обох сортів люцерни також спостерігався за краплинного зрошення. Застосування регулятора росту Плантафол

30.10.10 сприяє істотному підвищенню врожайності насіння, накопиченню кореневої маси й азотфіксуючої активності рослин люцерни та збільшенню балансу гумусу. Між врожайністю насіння, накопиченням кореневої маси, азотфіксацією, втратою, поверненням та балансом гумусу в сортів люцерни є тісний прямий кореляційний зв'язок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Putnam D., Russelle M., Orloff S. and other. Alfalfa, wildlife and the Environment. California Alfalfa and Forage Association 36 Grande Vista, Novato, CA 94947, 2001.
- Chen J., Zhu R., Zhang Q. et al. Reduced-tillage management enhances soil properties and crop yields in a alfalfa-corn rotation. *Case study of the Songnen Plain, China*. 2019. *Sci Rep* 9, 17064. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53602-7>.
- Ram Swaroop Meena. Soil Health Restoration and Management. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2020. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-8570-4>
- Балакай Н.И. Особенности роста корневой системы люцерны в первый год жизни. *Мелиорация и водное хозяйство* : Материалы науч.-практ. конф. «Повышение эффективности использования орошаемых земель Южного Федерального округа». Новочеркасск : ООО НПО «Темп», 2005. Вып. 6. С. 131–133.
- Nicole Tautges, Claire Flavin, Thomas Michaels, Nancy Ehlke, John Lamb, Jacob Jungers, Craig Sheaffer. Rotating alfalfa with dry bean as an alternative to corn-soybean rotations in organic systems in the Upper Midwest. *Renewable Agriculture and Food Systems*. February 2019. Vol. 34, Issue 1. Pp. 41–49. <https://doi.org/10.1017/S1742170517000321>.
- Krishna B. Bhandari, Charles P. West, Veronica Acosta-Martinez. Assessing the role of interseeding alfalfa into grass on improving pasture soil health in semi-arid Texas High Plains. *Applied Soil Ecology*. March 2020. Vol. 147, 103399. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.103399>.
- Tawfik El Moussaoui, Laila Mandi, Said Wahbi, Salvatore Masi, Naaila Ouazzani. Soil properties and alfalfa (*Medicago sativa* L.) responses to sustainable treated urban wastewater reuse. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 2019. Vol. 65, Issue 13. Pp. 1900–1912. <https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1580359>.
- The Blue Mountain Alfalfa Guide. URL: <http://www.ostrich.org.uk/industry/alfalfa.pdf>.
- Jerome H. Cherney, S. Ray Smith, Craig C. Sheaffer, Debbie J. R. Cherney. Nutritive value and yield of reduced-lignin alfalfa cultivars in monoculture and in binary mixtures with perennial grass. *Agronomy Journal*. January/February 2020. Vol. 112, Issue 1. Pp. 352–367. <https://doi.org/10.1002/agj2.20045>.
- Стрельченко В.П., Бовгуновський О.Д., Стецюк О.П. та ін. Відтворення гумусу в агроєкосистемах Полісся. *Вісник аграрної науки*. 2000. № 7. С. 9–13.
- Лимар А.О. Люцерна у короткоротаційних зрошуваних сівозмінах півдня України. *Таврійський науковий вісник*. 2000. Вип. 14. С. 6–21.
- Di Lenola M., Barra Caracciolo A., Ancona V., Laudicina V. A., Garbini G. L., Mascolo G., Grenni P. Combined Effects of Compost and Medicago Sativa in Recovery a PCB Contaminated Soil. *Water*. 2020. 12(3):860. <https://doi.org/10.3390/w12030860>.
- Гоф Б.Ф., Фроленко Н.А. Особенности формирования корневой системы люцерны при орошении. *Научно-техн. бюл. СибНИИСХ*. 1990. № 2. С. 19–23.
- Шеуджен А.Х., Онищенко Л.М., Хурум Х.Д. Плодородие почвы и продуктивность люцерны при внесении микроудобрений. *Плодородие*. 2006. №1. С. 18–19.
- Царев А.П., Царева М.А. Агробиологические основы формирования высокопродуктивных агрофитоценозов люцерны на корм и семена в Поволжье. Саратов : ООО «Новый вектор», 2010. 262 с.
- Orloff S. Intermountain alfalfa management. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. 1997. 138 p.
- Yang H., An F., Yang F., Wang Z. The impact of irrigation on yield of alfalfa and soil chemical properties of saline-sodic soils. *PeerJ* 7:e7148. 2019. <https://doi.org/10.7717/peerj.7148>.
- Станков Н.З. Корневая система полевых культур. Москва : Колос, 1964. 280 с.
- Посыпанов Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха. Москва : Агропромиздат, 1991. 300 с.
- Гумбаров А.Д., Долобешкин Е.В. Сравнительный анализ баланса гумуса под зерновыми и многолетними бобовыми культурами пашни. *Новые технологии*. 2019. № 2 (48). С. 217–227. DOI: 10.24411/2072-0920-2019-10221.
- Marchenko T.Yu. Innovative elements of cultivation technology of corn hybrids of different FAO groups in the conditions of irrigation. *Natural sciences and modern technological solutions: knowledge integration in the XXI century*: collective monograph. Lviv-Torun : Liha-Pres, 2019. P. 137–153. doi.org/10.36059/978-966-397-154-4/135-152.

REFERENCES:

- Putnam, D., Russelle, M., & Orloff, S. (2001). Alfalfa, wildlife and the Environment. California Alfalfa and Forage Association 36 Grande Vista, Novato, CA 94947 [in English].
- Chen, J., Zhu, R., & Zhang, Q. (2019). Reduced-tillage management enhances soil properties and crop yields in a alfalfa-corn rotation. *Case study of the Songnen Plain, China*. 9, 17064. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53602-7> [in English].
- Ram Swaroop, Meena (2020). Soil Health Restoration and Management. Springer Nature Singapore Pte Ltd. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-8570-4> [in English].
- Balakay, N.I. (2005). Osobennosti rosta kornevoy sistemy lyutserny v pervyy god zhizni. [Features of growth of the alfalfa root system in the first year of life] Reclamation and water management: Materials of scientific-practical. Conf. *Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya oroshaemykh zemel' Yuzhnogo Federal'nogo okruga – Improving the efficiency of irrigated land use in the Southern Federal District*. Novochechensk: LLC Temp, 6, 131–133 [in Ukrainian].
- Tautges, N., Flavin, C., Michaels, T., Ehlke, N., Lamb, J., Jungers J., & Sheaffer, C. (2019). Rotating

- alfalfa with dry bean as an alternative to corn-soybean rotations in organic systems in the Upper Midwest. *Renewable Agriculture and Food Systems. February 34(1)*. 41–49. doi.org/10.1017/ S1742170517000321 [in English].
26. Bhandari, K., Charles, P., & Acosta-Martinez, V. (2020). Assessing the role of interseeding alfalfa into grass on improving pasture soil health in semi-arid Texas High Plains. *Applied Soil Ecology. March 147*, 103399. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.103399 [in English].
27. Moussaoui, T.El., Mandi, L., Wahbi, S., Masi, S., & Ouazzani, N. (2019). Soil properties and alfalfa (*Medicago sativa* L.) responses to sustainable treated urban wastewater reuse. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 65(13). 1900–1912. https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1580359 [in English].
28. The Blue Mountain Alfalfa Guide. URL: <http://www.ostrich.org.uk/industry/alfalfa.pdf> [in English].
29. Cherney, Jerome H., Smith, S. Ray, Sheaffer, Craig C., & Cherney, Debbie, J.R. (2020). Nutritive value and yield of reduced lignin alfalfa cultivars in monoculture and in binary mixtures with perennial grass. *Agronomy Journal*. January/February 112(1). 352–367. https://doi.org/10.1002/agj2.20045 [in English].
30. Strelchenko, V.P., Bovgunovsky, O.D., & Stetsyuk, O.P. (2000). Vidtvorennya humusu v ahroekosystemakh Polissia [Humus reproduction in Polissia agroecosystems]. *Visnyk ahromoi nauky - Bulletin of agrarian science*, 7, 9–13 [in Ukrainian].
31. Limar, A.O. (2000). Lucerne in short rotation irrigation rotations of southern Ukraine [Lytserna u korotkorotatsiinykh zroshuvanykh sivozminakh pivdnia Ukrainy]. *Tavriyskiy naukovyi visnyk – Taurian Scientific Bulletin. Kherson: Island*, 14, 6–21 [in Ukrainian].
32. Di Lenola, M., Barra Caracciolo, A., Ancona, V., Laudicina, V.A., Garbini, G.L., Mascolo, G., & Grenni, P. (2020). Combined Effects of Compost and *Medicago Sativa* in Recovery a PCB Contaminated Soil. *Water*. 12(3):860. https://doi.org/10.3390/w12030860 [in English].
33. Goff, B.F., & Frolenko, N.A. (1990). Osobnosti formirovaniya kornevoy sistemy lyutserny pri oroshenii [Features of formation of the alfalfa root system during irrigation]. *Nauchno-tekhn. byul. SibNIISKH – Scientific and technical. bul. SibNIISKH*, 2, 19–23 [in Ukrainian].
34. Sheudzhen, A.K., Onischenko, L.M., & Khurum, H.D. (2006). Plodorodie pochvy i produktivnost' lyutserny pri vnesenii mikroudobreniy [Soil fertility and alfalfa productivity when making micro-fertilizers]. *Plodorodie – Fertility*, 1, 18–19 [in English].
35. Tsarev, A.P., & Tsareva, M.A. (2010). Agrobiologicheskie osnovy formirovaniya vysokoproduktivnykh agrofytotsenozov lyutserny na korm i semena v Povolzh'e. [Agrobiological bases of formation of high-performance alfalfa agrophytocenoses for feed and seeds in the Volga region]. Saratov: New Vector LLC [in Russian].
36. Orloff, S. (1997). Intermountain alfalfa management. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources [in English].
37. Yang, H., An, F., Yang, F., & Wang, Z. (2019). The impact of irrigation on yield of alfalfa and soil chemical properties of saline-sodic soils. *PeerJ* 7:e7148 https://doi.org/10.7717/peerj.7148 [in English].
38. Stankov, N.Z. (1964). *Kornevaya sistema polevykh kul'tur* [The root system of field crops]. M.: Kolos [in Russian].
39. Pospyspanov, G.S. (1991). *Metody izucheniya biologicheskoy fiksatsii azotavoz dukkha* [Methods of studying the biological fixation of nitrogen in the air]. M.: Agropromizdat [in Russian].
40. Gumbarov, A.D., & Dolobeshkin, E.V. (2019). Sravnitel'nyy analiz balansa gumusa pod zernovymi i mnogoletnimi bobovymi kul'turami pashni [Comparative analysis of the balance of humus under cereal and perennial leguminous crops of arable land]. *Novye tekhnologii – New technologies*, 2 (48), 217–227. DOI: 10.24411 / 2072-0920-2019-10221 [in Russian].
41. Marchenko, T.Yu. (2019). Innovative elements of cultivation technology of corn hybrids of different FAO groups in the conditions of irrigation. *Natural sciences and modern technological solutions: knowledge integration in the XXI century: collective monograph* Lviv-Torun: Liha-Pres, 137–153. doi.org/10.36059/978-966-397-154-4/135-152 [in Ukrainian].