

ВПЛИВ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ НА ФОТОСИНТЕТИЧНУ ДІЯЛЬНІСТЬ І НАСІННЄВУ ПРОДУКТИВНІСТЬ ЛЮЦЕРНИ

ТИЩЕНКО А.В. – кандидат сільськогосподарських наук

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

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

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

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

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

ПІЛЯРСЬКА О.О. – кандидат сільськогосподарських наук

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

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

ДИМОВ О.М. – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

<https://orcid.org/0000-0002-7839-0956>

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

КУЦЬ 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>

Асканійська Державна сільськогосподарська дослідна станція Інституту зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Люцерна – кормова культура, що вирощується в усьому світі й серед кормових бобових культур характеризується високою продуктивністю біомаси, поживною цінністю з високим вмістом білка. Крім того, фіксація атмосферного азоту робить її незамінним попередником для інших сільськогосподарських культур [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема підвищення продуктивності рослин безпосередньо пов'язана з фотосинтетичною діяльністю агрофітоценозів, оскільки фотосинтез – один із найважливіших процесів, від якого залежать ріст і розвиток рослин і, відповідно, їх урожай [2; 3]. Параметри формування їх визначаються як генетично, так і цілою низкою чинників: кліматичними умовами й рівнем агротехніки вирощування культури [4; 5; 6]. Площа листів є одним із важливих показників, що характеризує фотосинтетичну діяльність рослин, і врожайність тісно пов'язана саме з їх розмірами [7; 8; 9]. У процесі фотосинтезу рослини поглинають із зовнішнього середовища вуглець, за допомогою якого формується 42–45% маси сухої органічної речовини, що визначає продуктивність фотосинтетичної діяльності посівів. Фотосинтетична діяльність рослин містить ряд найважливіших показників: площа асиміляційної поверхні, швидкість наростання, тривалість та інтенсивність її роботи. Сукупність цих показників визначає фотосинтетичний потенціал (далі – ФП) і чисту продуктивність фотосинтезу, яка уособлює загальну суху біомасу, що накопичується за добу в розрахунку на 1 м² (далі – ЧФП) [10; 11].

Усі процеси, що відбуваються під час фотосинтезу, закономірно залежать від умов зовнішнього середовища [12]. З одного боку, на величину листової поверхні й тривалість її активної діяльності позитивний вплив

здійснюють добрива, особливо азотні [13]. З іншого боку, встановлено, що фізіологічно активні речовини (стимулятори, регулятори росту) позитивно впливають на величину й період інтенсивного функціонування листового апарату рослин і на пересування асимілянтів у репродуктивні органи. Тому головним завданням для отримання високих врожаїв є створення такого посіву, в якому б максимально розкривалися потенційні можливості фотосинтетичної діяльності рослин. Цього можна домогтися в разі створення оптимальних умов для росту й розвитку рослин [14; 15].

Одним з ефективних елементів збільшення фотосинтетичної продуктивності рослин, формування оптимального за розмірами й строком роботи фотосинтетичного апарату є регулятори росту рослин [16]. Вони сприяють створенню належних умов для росту й розвитку рослин різних культур. Застосування регуляторів росту рослин є важливим резервом підвищення продуктивності та якості сільськогосподарської продукції, водночас вони є екологічно безпечними й найповніше задовольняють зростальні вимоги до забезпечення безпеки для здоров'я людини, тварин, корисної фауни агроценозів, є найекономнішими й не потребують додаткових матеріальних ресурсів [17; 18]. Завдяки невеликим нормам внесення та біологічному походженню вони належать до найбезпечніших препаратів. Питанням використання регуляторів у землеробстві приділяють значну увагу в більшості економічно розвинених країн [19; 20; 21]. Стимулятори росту все частіше застосовують у біологічному землеробстві в разі обробки рослин під час вегетації. Вони позитивно впливають на фізіологічні процеси, що відбуваються в рослинах, сприяють підвищенню фотосинтетичної продуктивності, регуляції фізіологічних функцій, інтеграції фізіологічних процесів

у рослин та адаптації до несприятливих абіотичних і біотичних факторів [22; 23].

Тому розроблення елементів технології вирощування культур із використанням стимуляторів росту рослин, що створюють оптимальні умови для формування фотосинтетичного апарату, з теоретичним і практичним обґрунтуванням закономірностей формування асиміляційної площі листової поверхні й чистої продуктивності фотосинтезу як важливих показників фотосинтетичної діяльності посівів сільськогосподарських культур дає можливість отримувати максимальну продуктивність, що є актуальним.

Мета статті. Дослідження впливу стимуляторів росту й умов зволоження на фотосинтетичну діяльність і насінневу продуктивність сортів люцерни різних років життя та їх взаємозв'язок.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводили протягом 2011–2015 рр. на дослідному полі Інституту зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук України. У ґрунтово-кліматичному відношенні поле розташоване в степовій зоні, на Інгулецькому зрошуваному масиві.

Метод закладки польового досліду – розщеплені ділянки. Головні ділянки (фактор А) – умови зволоження (без зрошення та краплинне зрошення); суб-ділянки (фактор В) – сорти люцерни (Унітро й Зоряна); суб-субділянки (фактор С) – позакореневе підживлення в міжфазний період «початок цвітіння – масове цвітіння» регуляторами росту: 1 – контроль 1 (без обробок); 2 – контроль 2 (обробка водою); 3 – Агростимулін; 4 – Гарт; 5 – Люцис; 6 – Емістим С. Строк сівби ранньовесняний. Посів широкорядковий із міжряддям 70 см. Площа посівної ділянки – 60 м², облікової – 50 м², повторність чотириразова.

Обробку регуляторами росту проводили ранцевим обприскувачем у фазу розвитку рослин «початок цвітіння»: Агростимулін та Емістим С з розрахунку 10 мл/га, Гарт – 50 мл/га й Люцис – 10 г/га.

Площу листової поверхні визначали методом «висічок» за формулою:

$$S = MS_1n / M_1,$$

де: М – маса листків у пробі, г; S₁ – площа однієї висічки, см²; n – кількість висічок; M₁ – загальна маса висічок, г.

Фотосинтетичний потенціал визначали за формулою [7, с. 24]:

$$\text{ФП} = [(Л_1+Л_2)Т_1+(Л_2+Л_3)Т_2...] / 2,$$

де: Л₁+Л₂ – сума площі листків за періодами, тис. м²/га; Т₁, Т₂... – тривалість роботи листків, днів.

Статистичну обробку експериментальних даних проводили за допомогою AgroSTAT, XLSTAT, Statistica (v. 13).

Результати досліджень та їх обговорення. Фотосинтетична діяльність – це головний фізіологічний процес у рослині. Від активності фотосинтезу залежать кількісні показники, насамперед продуктивність. Одним з основних показників фотосинтетичної діяльності посівів є площа листової поверхні. Вона в люцерни наростає від фази стеблування (початок бутонізації) до фази початку цвітіння, а у фазу масового цвітіння досягає своїх максимальних значень. У рік посіву в умовах

природного зволоження в сорту Зоряна на варіанті контроль 1 ці показники коливаються по фазах: стеблування (далі – С) – 6,48 тис. м²/га, бутонізації (далі – Б) – 9,95, масового цвітіння (далі – Мц) – 16,11, масового плодоутворення (далі – Мп) – 15,46 тис. м²/га (рис. 1).

Дані наших досліджень показують, що після застосування стимуляторів росту у фазу «початок цвітіння» відбулося збільшення асиміляційної поверхні рослин люцерни. Найбільшою вона сформувалася за обробки стимуляторами Агростимулін і Гарт у фазу масового цвітіння – 18,37 і 18,76 тис. м²/га, а у фазу масового плодоутворення – 17,63 тис. м²/га із застосуванням стимулятора Агростимулін.

У разі краплинного зрошення зберігається така ж закономірність. Найбільша площа асиміляційної поверхні формується у фазу масового цвітіння – 26,45 і 26,47 тис. м²/га – під час використання стимуляторів Емістим С та Агростимулін, а у фазу масового плодоутворення 23,27 тис. м²/га показав стимулятор росту Емістим С (рис. 2).

У посівах другого року життя площа листової поверхні значно збільшилася в порівнянні з посівами першого року й склала по сорту Зоряна й фазами розвитку: початок бутонізації (далі – Пб) – 20,27 тис. м²/га, початок цвітіння (далі – Пц) – 25,49, масове цвітіння (Мц) – 35,79 і масове плодоутворення (Мп) – 28,16 тис. м²/га в умовах природного зволоження (контроль 1). За краплинного зрошення відзначається та ж послідовність, але за вищих значень площі асиміляційної поверхні: 32,17; 40,82; 53,61; 45,92 відповідно (табл. 1).

Дані таблиці показують, що застосування стимуляторів росту сприяє збільшенню площі листової поверхні як в умовах зрошення (на 2,2–19,9%), так і за природного зволоження (на 3,5–15,8%). Максимальні значення зафіксовані в разі використання стимуляторів Гарт і Люцис по всіх фазах розвитку (34,31–34,69; 46,12–46,74; 61,98–63,21; 52,80–54,11 тис. м²/га).

Важливим показником фотосинтетичної діяльності рослин у посівах люцерни є фотосинтетичний потенціал (далі – ФП), який залежить не тільки від загальної поверхні листя, але й від тривалості активної їх діяльності, тому він може змінюватися протягом вегетаційного періоду. Найнижче значення ФП відзначено в міжфазний період Пц – Мц, що пояснюється коротким періодом роботи асиміляційної поверхні в такий період, і різко підвищується до масового плодоутворення.

Величину фотосинтетичного потенціалу багато в чому визначають умови вирощування культури. Тому в середньому по роках досліджень в умовах зрошення в сорту Зоряна по фазах розвитку (контроль 1) розміри ФП були: Пб – Пц – 0,70 млн м²×днів/га; Пц – Мц – 0,42 і Мц – Мп – 2,44 млн м²×днів/га (другий рік життя травостою). В умовах природного зволоження ці показники нижчі й складають 0,44; 0,28 і 1,56 млн м²×днів/га відповідно.

Дослідження показали, що в разі застосування стимуляторів росту значення ФП зростає і його величина знаходиться в межах 0,75–0,78 млн м²×днів/га; 0,47–0,49 і 2,68–2,87 млн м²×днів/га в умовах зрошення по фазах розвитку (сорт Зоряна – контроль 1). Без зрошення показники ФП нижче й складають 0,47–0,48;

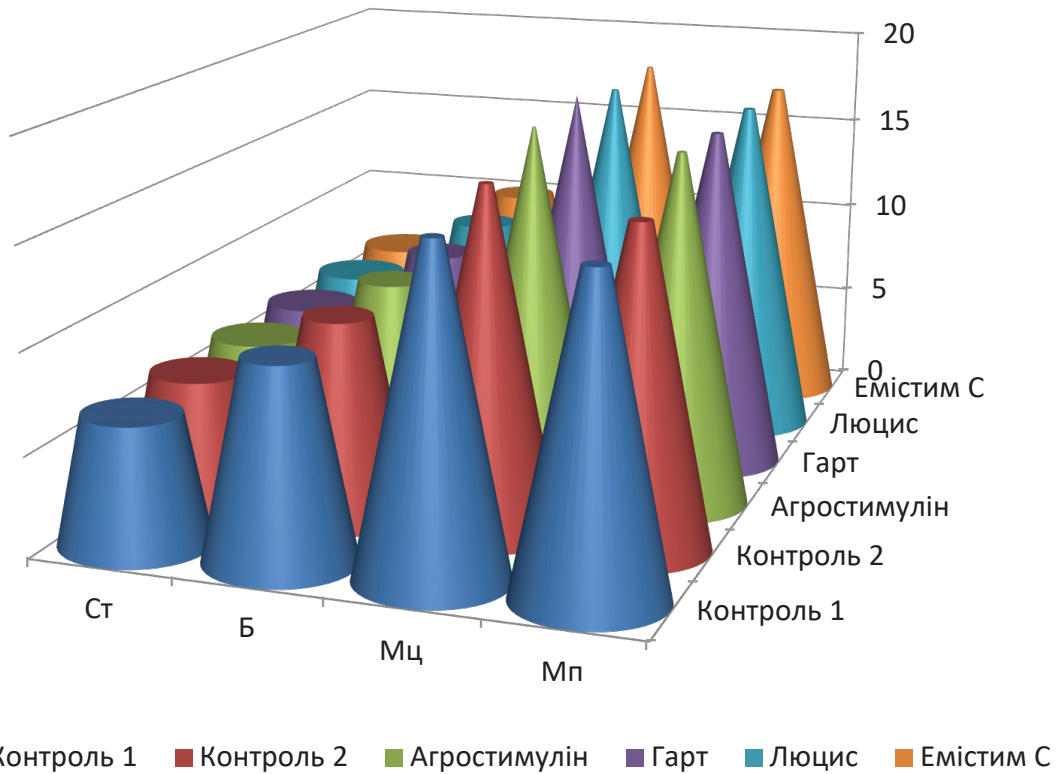


Рис. 1. Площа асиміляційної поверхні рослин люцерни сорту Зоряна у фази розвитку за умов природного зволоження, тис. м²/га (2011–2013 рр.)

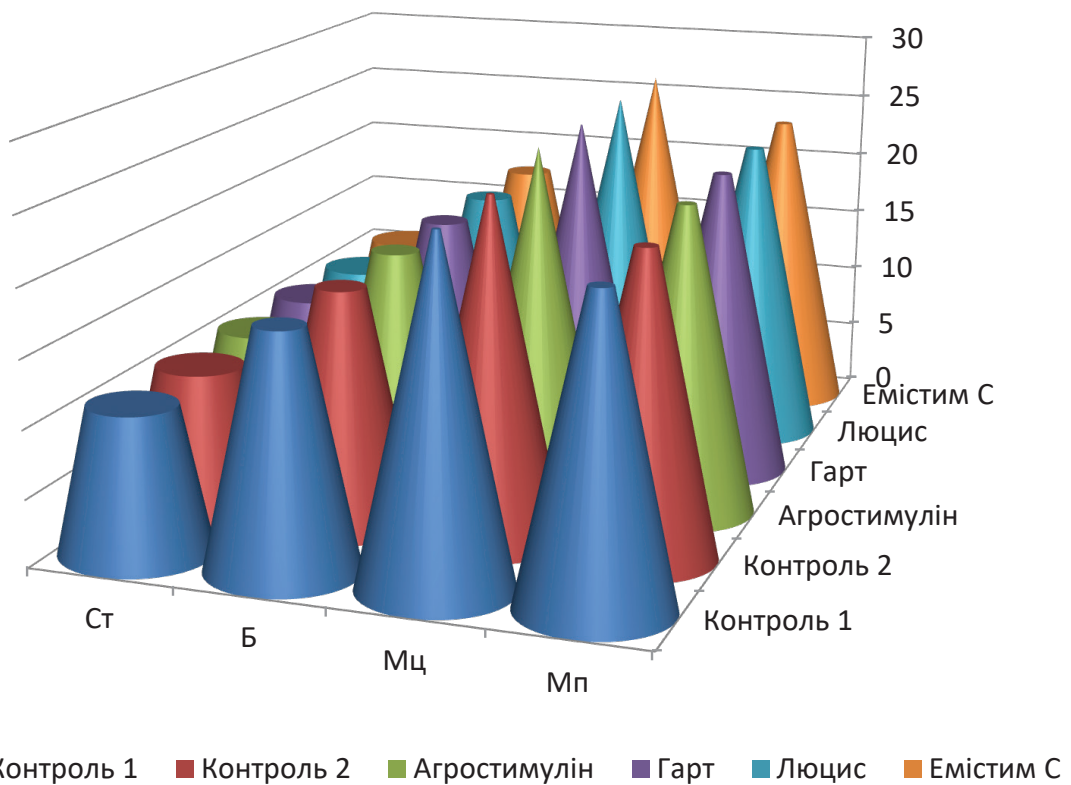


Рис. 2. Площа асиміляційної поверхні рослин люцерни сорту Зоряна у фази розвитку за краплинного зрошення, тис. м²/га (2011–2013 рр.)

Таблиця 1 – Вплив умов вирощування на фотосинтетичний потенціал, чисту продуктивність фотосинтезу й насінневу продуктивність сортів люцерни другого року життя травостою (середній за 2012–2014 рр.)

Умови зволоження (Фактор А)	Сорт (Фактор В)	Стимулятор росту (Фактор С)	Площа листкової поверхні, тис. м ² /га				Фотосинтетичний потенціал, млн м ² ·днів/га				Урожайність, кг/га
			Пб	Пц	Мц	Мп	Пб – Пц	Пц – Мц	Мц – Мп		
1 Без зрошення	2 Унітро	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
		Контроль 1	18,32	26,27	35,90	26,72	0,43	0,28	1,52	451	
		Контроль 2	18,43	26,45	36,51	27,37	0,43	0,28	1,55	452	
		Агростимулін	20,22	29,14	40,03	30,65	0,48	0,31	1,72	460	
		Гарт	20,38	30,34	41,50	32,27	0,49	0,32	1,79	477	
		Люцис	20,28	30,54	41,57	32,04	0,49	0,32	1,79	472	
	Зоряна	Емістим С	19,65	28,05	39,22	30,42	0,46	0,30	1,69	465	
		Середнє	19,55	28,47	39,12	29,91	0,46	0,30	1,68	463	
		Контроль 1	20,27	25,49	35,79	28,16	0,44	0,28	1,56	471	
		Контроль 2	20,69	25,94	36,12	28,46	0,45	0,28	1,57	471	
		Агростимулін	22,01	27,29	38,71	29,26	0,48	0,30	1,65	479	
		Гарт	22,29	27,57	39,97	30,11	0,48	0,30	1,70	497	
Краплинне зрошення	2 Унітро	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
		Контроль 1	20,54	27,62	38,61	29,64	0,47	0,30	1,66	473	
		Контроль 2	31,70	39,64	52,42	44,61	0,68	0,41	2,37	628	
		Агростимулін	32,01	40,24	53,03	45,03	0,69	0,42	2,40	628	
		Гарт	32,95	42,73	56,32	49,43	0,72	0,45	2,59	641	
		Люцис	33,09	44,07	58,26	50,45	0,74	0,46	2,66	661	
	Зоряна	Емістим С	33,16	44,30	58,85	51,13	0,74	0,46	2,69	655	
		Середнє	32,60	42,25	55,54	48,70	0,71	0,44	2,55	645	
		Контроль 1	32,59	42,21	55,74	48,23	0,71	0,44	2,54	643	
		Контроль 2	32,17	40,82	53,61	45,92	0,70	0,42	2,44	640	
		Агростимулін	32,73	41,17	54,13	46,63	0,70	0,43	2,47	641	
		Гарт	34,13	45,23	60,18	51,39	0,76	0,47	2,73	653	
Середнє	Емістим С	34,31	46,12	61,98	52,80	0,77	0,49	2,81	674		
	Середнє	34,69	46,74	63,21	54,11	0,78	0,49	2,87	668		
	Контроль 1	34,24	44,63	58,99	50,63	0,75	0,47	2,68	658		
	Контроль 2	33,71	44,12	58,68	50,25	0,74	0,46	2,67	656		
	Агростимулін	33,71	44,12	58,68	50,25	0,74	0,46	2,67	656		
	Гарт	33,71	44,12	58,68	50,25	0,74	0,46	2,67	656		

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Середнє		33,15	43,16	57,21	49,24	0,73	0,45	2,61	649
			Оцінка істотності часткових відмінностей							
НІР ₀₅	A		6,66	8,21	9,82	10,36	0,141	0,807	0,503	22,5
НІР ₀₅	B		2,04	2,27	2,79	1,88	0,043	0,026	0,126	4,0
НІР ₀₅	C		0,31	0,67	1,01	0,89	0,013	0,009	0,047	2,2
			Оцінка істотності головних ефектів							
НІР ₀₅	A		1,92	2,37	2,84	2,99	0,408	0,233	0,145	7,1
НІР ₀₅	B		0,59	0,66	0,81	0,54	0,013	0,008	0,036	1,3
НІР ₀₅	C		0,15	0,34	0,50	0,44	0,006	0,005	0,023	1,1

0,29–0,30 і 1,65–1,71 млн м²·днів/га відповідно. Кращими варіантами є варіанти з використанням стимуляторів Гарт і Люцис, незалежно від умов зволоження, з показниками 0,77–0,78; 0,49; 2,81–2,87 млн м²·днів/га (зрошення) та 0,48; 0,30 та 1,70–1,71 млн м²·днів/га.

Порівняльний аналіз врожайних даних показав, що максимальний урожай насіння люцерни отримано в разі застосування стимуляторів Гарт і Люцис із коливаннями від 655 до 671 кг/га за зрошення та 472–497 кг/га – в умовах природного зволоження.

У рік посіву величина ФП нижче в порівнянні з другим роком життя травостою. Слід зазначити, що його значення збільшувалося від одного міжфазного (С – Б) періоду до іншого (Б – Мц), а в третьому (Мц – Мп) – досягло максимального значення. В умовах природного зволоження наростання проходило аналогічно: 0,13–0,32–0,81 млн м²·днів/га (контроль 1). Обробка рослин люцерни стимуляторами сприяла збільшенню фотосинтетичного потенціалу, в другий період «бутонізація – масове цвітіння» незначно – до 0,33–0,35 млн м²·днів/га, в третій – «масове цвітіння – масове плодоутворення» – досягла великого значення – 0,91–0,93 млн м²·днів/га (рис. 3).

В умовах зрошення відзначається збільшення величини фотосинтетичного потенціалу з тією ж послідовністю по міжфазних періодах: 0,22–0,52–1,22 млн м²·днів/га з невеликим підвищенням у разі застосування стимуляторів до 0,22–0,54–1,28 млн м²·днів/га (рис. 4).

Кореляційним аналізом результатів досліджень 2012–2014 рр. встановлено, що між врожайністю насіння люцерни й показниками площі листкової поверхні існують прямі тісні кореляційні зв'язки ($r = 0,888–0,945$).

Між урожайністю та фотосинтетичним потенціалом залежність також була прямою та тісною ($r = 0,939–0,945$), що підтверджує висновок щодо важливості забезпечення якомога довшого періоду активного функціонування листкової поверхні під час вирощування люцерни на насіння.

Висновки. Результати досліджень дозволили встановити вплив стимуляторів росту на асиміляційну поверхню рослин люцерни, фотосинтетичний потенціал, а також кореляційні зв'язки між врожайністю насіння люцерни, показниками площі листкової поверхні ($r = 0,888–0,945$) і фотосинтетичним потенціалом ($r = 0,939–0,945$).

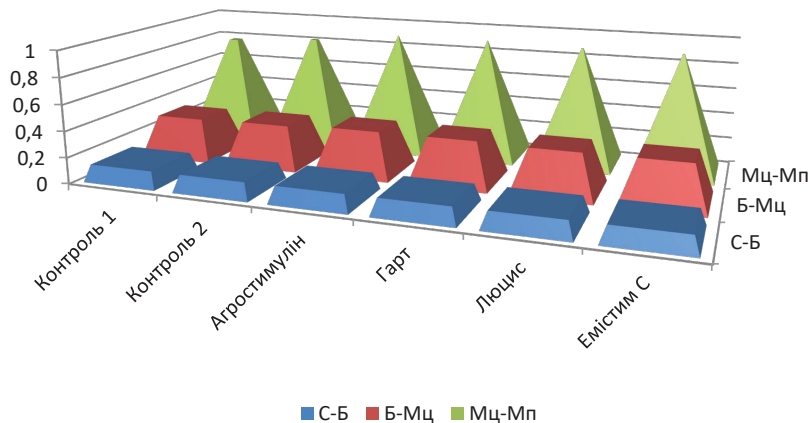


Рис. 3. Фотосинтетичний потенціал рослин люцерни сорту Зоряна за міжфазними періодами в умовах природного зволоження, млн м²·днів/га (2011–2013 рр.)

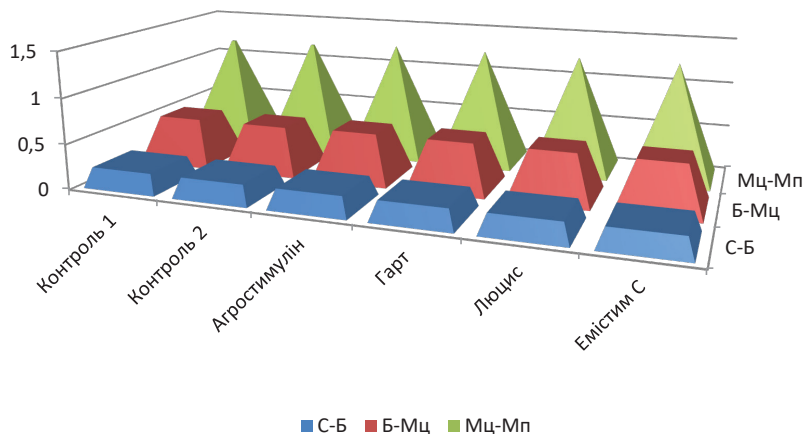


Рис. 4. Фотосинтетичний потенціал рослин люцерни сорту Зоряна за міжфазними періодами за краплинного зрошення, млн м²·днів/га (2011–2013 рр.)

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Yu L-X. Identification of Single-Nucleotide Polymorphic Loci Associated with Biomass Yield under Water Deficit in Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Using Genome-Wide Sequencing and Association Mapping. *Front. Plant Sci.* 2017. No. 8. P. 1152. DOI: 10.3389/fpls.2017.01152.
2. Ионас Е.Л. Влияние новых форм удобрений и регуляторов роста на динамику роста, накопление биомассы растений, фотосинтетическую деятельность и урожайность картофеля. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.* 2018. № 1. С. 84–90.
3. Андрианова Ю.А., Тарчевский И.А. Хлорофилл и продуктивность растений. Москва : Наука, 2000. 137 с.
4. Васин В.Г., Васин А.В., Кожевникова О.П., Фадеев С.В. Фотосинтетическая деятельность однолетних культур в поливидовых посевах. *Актуальные проблемы сельскохозяйственной науки и образования : сборник научных трудов.* Самара : СамВен, 2005. 369 с.
5. Зотиков В.И. Роль зернобобовых культур в решении проблемы кормового белка и основные направления по увеличению их производства. *Научное обеспечение производства зернобобовых и крупяных культур : сб. науч. тр. ВНИИЗБК.* Орел, 2004. С. 256–260.
6. Васин В.Г., Вершинина О.В., Лысак О.Н. Влияние биостимуляторов на показатели фотосинтетической деятельности и продуктивности гороха. *Научно-производственный журнал: Зернобобовые и крупяные культуры.* 2015. № 2 (14). С. 26–34.
7. Ничипорович А.А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. Москва : АН СССР, 1961. 193 с.
8. Эффективность применения микроудобрений и регуляторов роста при возделывании сельскохозяйственных культур / И.П. Вильдфлуш и др. Минск : Беларус. Наука, 2011. 293 с.
9. Setiyono T.D., Weiss A., Specht J.E., Gassman K.G., Dobermann A. Leaf area index simulation in soybean grown under near – optimal conditions. *Field Crops Research.* 2008. V. 108. P. 82–92. DOI: 10.1016/j.fcr.2008.03.005.
10. Васин В.Г., Просандеев Н.А. Особенности фотосинтетической деятельности растений пшеницы и ячменя при применении гербицидов. *Известия Самарской ГСХА.* 2011. № 4. С. 15–18. DOI: <https://doi.org/10.17816/1997-3225.20110415-18>.
11. Васин В.Г., Бурунов А.Н. Влияние удобрений и обработки посевов препаратами Мегамикс на показатели фотосинтетической деятельности посевов яровой пшеницы. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии: научно-теоретический журнал.* Ульяновск : УГСХА, 2014. № 1 (25). С. 6–10.
12. Еряшев А.П., Шапошников А.С., Еряшев П.А. Фотосинтетическая деятельность и продуктивность пивоваренного ячменя в зависимости от уровня минерального удобрения и норм высева. *Вестник Ульяновской ГСХА.* 2017. № 1 (37). С. 19–24. DOI: 10.18286/1816-4501-2017-1-19-24.
13. Шаповал О.А., Алиев-Лещенко Р.М. Влияние регуляторов роста растений и доз NPK на фотосинтетическую деятельность растений подсолнечника. *Плодородие.* 2014. № 1 (76). С. 2–4.
14. Евдокимова М.А., Марьина-Чермных О.Г. Влияние регуляторов роста на фотосинтетическую деятельность посевов ярового ячменя. *Вестник Ульяновской ГСХА.* 2018. № 4 (44). С. 91–97. DOI: 10.18286/1816-4501-2018-4-91-97.
15. Мурзова О.В., Вильдфлуш И.П. Влияние макро-, микроудобрений и регуляторов роста на фотосинтетическую деятельность и продуктивность посевов пленчатого и голозерного овса на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве северо-восточной части Беларуси. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.* 2017. № 2. С. 100–104.
16. Асанішвілі Н.М., Сербенюк Г.А., Бондарчук А.А. Фотосинтетична діяльність і продуктивність агрофітоценозів кукурудзи залежно від елементів технології вирощування у Північному Лісостепу. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН».* 2012. С. 75–81.
17. Василенко М.Г., Стадник А.П., Душко П.М., Драга М.В., Кічігіна О.О., Зацарінна Ю.О., Перець С.В. Урожайність і якість насіння сільськогосподарських культур за дії регуляторів росту. *Агроекологічний журнал.* 2018. № 1. С. 96–101. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2018.161350>.
18. Toscano Stefania, Romano Daniela, Massa Daniele, Bulgari Roberta, Franzoni Giulia, Ferrante Antonio. Biostimulant applications in low input horticultural cultivation systems. *Italus Hortus.* 2018. № 25 (2). P. 27–36 DOI: 10.26353/j.itahort/2018.1.273.
19. Моргун В.В., Яворська В.К., Драговоз І.В. Проблема регуляторів росту у світі та її вирішення в Україні. *Фізіологія і біохімія культурних рослин.* 2002. Т. 34. № 5. С. 371–376.
20. Деева В.П. Регуляторы роста растений: механизмы действия и использование в агротехнологиях. Минск : Беларус. наука, 2008. 133 с.
21. Marulanda A., Barea J.-M., Azcon R. Stimulation of Plant Growth and Drought Tolerance by Native Microorganisms (AM Fungi and Bacteria) from Dry Environments: Mechanisms Related to Bacterial Effectiveness. *J. Plant Growth Regul.* 2009. Vol. 28. P. 115–124. DOI: 10.1007/s00344-009-9079-6.
22. Поливаний С.В., Кур'ята В.Г. Дія емістиму С на морфогенез та насінневу продуктивність маку олійного. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені В. Гнатюка. Серія: Біологія.* Тернопіль, 2015. № 1 (62). С. 117–124.
23. Swain S.M., Singh D.P., Helliwell C.A., Poole A.T. Plants with increased expression of ent-kaurene oxidase are resistant to chemical inhibitors of this gibberellin biosynthesis enzyme. *Plant and Cell Physiology.* 2005. 46. № 2. P. 284–291. DOI: <https://doi.org/10.1093/pcp/pci027>.
24. Ничипорович А.А., Строгонова Л.Е., Чмора С.Н., Власова С.Н. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. Москва : изд. АН СССР, 1961. 136 с.

REFERENCES:

1. Yu, L-X. (2017). Identification of Single-Nucleotide Polymorphic Loci Associated with Biomass Yield under Water Deficit in Alfalfa (*Medicago sativa* L.) Using Genome-Wide Sequencing and Association Mapping. *Front. Plant Sci.* 8:1152. Doi: 10.3389/fpls.2017.01152 [in English].
2. Ionas, Ye.L. (2018). Vliyaniye novykh form udobreniy i regulyatorov rosta na dinamiku rosta, nakopleniye biomassy rasteniy, fotosinteticheskuyu deyatelnost' i urozhaynost' kartofelya [Influence of new forms of fertilizers and growth regulators on growth dynamics, accumulation of plant biomass, photosynthetic activity and potato

- yield]. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii – Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*, 1, 84–90 [in Russian].
3. Andrianova, Yu.A. & Tarchevskiy, I.A. (2000). *Khlorofill i produktivnost' rasteniy [Chlorophyll and plant productivity]*. Moscow: Nauka [in Russian].
4. Vasin, V.G., Vasin, A.V., Kozhevnikova, O.P. & Fadeyev, S.V. (2005). *Fotosinteticheskaya deyatel'nost' odnoletnikh kul'tur v polivodovykh posevakh. Aktual'nyye problemy sel'skokhozyaystvennoy nauki i obrazovaniya: sbornik nauchnykh trudov [Photosynthetic activity of annual crops in multi-species crops. Actual problems of agricultural science and education: collection of scientific works]*. Samara: SamVen [in Russian].
5. Zotikov, V.I. (2004). Rol' zernobobovykh kul'tur v reshenii problemy kormovogo belka i osnovnyye napravleniya po uvelicheniyu ikh proizvodstva [The role of leguminous crops in solving the problem of fodder protein and the main directions for increasing their production]. *Nauchnoye obespecheniye proizvodstva zernobobovykh i krupyanykh kul'tur: sb. nauch. tr. VNIIZBK – Scientific support for the production of leguminous and cereal crops: collection of scientific papers All-Russian Scientific Research Institute of Legumes and Groats*. Orel, 256–260 [in Russian].
6. Vasin, V.G., Vershinina, O.V., & Lysak, O.N. (2015). Vliyaniye biostimulyatorov na pokazateli fotosinteticheskoy deyatel'nosti i produktivnosti gorokha [The influence of biostimulants on the parameters of photosynthetic activity and productivity of peas]. *Nauchno-proizvodstvennyy zhurnal: Zernobobovyye i krupyanyye kul'tury Scientific-production journal: Legumes and cereals*, 2(14), 26–34 [in Russian].
7. Nichiporovich, A.A. (1961). *Fotosintez i teoriya polucheniya vysokikh urozhayev [Photosynthesis and the theory of obtaining high yields]*. Moscow: USSR Academy of Sciences [in Russian].
8. Vil'dflush, I.R. et al. (2011). *Effektivnost' primeneniya mikroudobreniy i regulyatorov rosta pri vozdeleyvaniy sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [The effectiveness of microfertilizers and growth regulators in the cultivation of agricultural crops]*. Minsk: Belarus. Navuka [in Russian].
9. Setiyono, T.D., Weiss, A., Specht, J.E., Gassman, K.G. & Dobermann, A. (2008). Leaf area index simulation in soybean grown under near – optimal conditions. *Field Crops Research*, 108, 82–92. DOI: 10.1016 / j.fcr.2008.03.005 [in English].
10. Vasin, V.G. & Prosandeyev, N.A. (2011). Osobennosti fotosinteticheskoy deyatel'nosti rasteniy pshenitsy i yachmenya pri primenenii gerbitsidov [Features of photosynthetic activity of wheat and barley plants when using herbicides]. *Izvestiya Samarskoy GSKHA – Proceedings of the Samara State Agricultural Academy*, 4, 15–18. DOI: <https://doi.org/10.17816/1997-3225.20110415-18> [in Russian].
11. Vasin, V.G. & Burunov, A.N. (2014). Vliyaniye udobreniy i obrabotki posevov preparatami Megamiks na pokazateli fotosinteticheskoy deyatel'nosti posevov yarovoy pshenitsy [Influence of fertilizers and cultivation of crops with Megamix preparations on the indicators of photosynthetic activity of spring wheat crops]. *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii: nauchno-teoreticheskiy zhurnal – Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy: scientific and theoretical journal*. Ul'yanovsk : UGSKhA, 1 (25), 6–10 [in Russian].
12. Yeryashev, A.P., Shaposhnikov, A.S. & Yeryashev, P.A. (2017). Fotosinteticheskaya deyatel'nost' i produktivnost' pivovarennoy yachmenya v zavisimosti ot urovnya mineral'nogo udobreniya i norm vyseva [Photosynthetic activity and productivity of malting barley depending on the level of mineral fertilizers and seeding rates]. *Vestnik Ul'yanovskoy GSKHA – Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 1 (37), 19–24. DOI 10.18286/1816-4501-2017-1-19-24 [in Russian].
13. Shapoval, O.A., & Aliyev-Leshchenko, R.M. (2014). Vliyaniye regulyatorov rosta rasteniy i doz NPK na fotosinteticheskuyu deyatel'nost' rasteniy podsolnechnika [Influence of plant growth regulators and NPK doses on photosynthetic activity of sunflower plants]. *Plodородiye – Fertility*, 1 (76), 2–4 [in Russian].
14. Yevdokimova, M.A., & Mar'ina-Chernmykh, O.G. (2018). Vliyaniye regulyatorov rosta na fotosinteticheskuyu deyatel'nost' posevov yarovogo yachmenya [Influence of growth regulators on photosynthetic activity of spring barley crops]. *Vestnik Ul'yanovskoy GSKHA – Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 4 (44), 91–97. DOI 10.18286/1816-4501-2018-4-91-97 [in Russian].
15. Murzova, O.V. & Vil'dflush, I.R. (2017). Vliyaniye makro-, mikroudobreniy i regulyatorov rosta na fotosinteticheskuyu deyatel'nost' i produktivnost' posevov plenchatogo i golozernogo ovsa na dernovo-podzolistoy legkosuglinistyoy pochve severo-vostochnoy chasti Belarusi [Influence of macro-, micronutrient fertilizers and growth regulators on photosynthetic activity and productivity of crops of hulled and naked oats on sod-podzolic light loamy soil of the north-eastern part of Belarus]. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii – Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*, 2, 100–104 [in Russian].
16. Asanishvili, N.M., Serbenyuk, H.A. & Bondarchuk, A.A. (2012). Fotosyntetychna diyal'nist' i produktivnist' ahrofototsenoziv kukurudzy zalezno vid elementiv tekhnolohiyi vyroshchuvannya u Pivnichnomu Lisostepu [Photosynthetic activity and productivity of agrophytocenoses of corn depending on the elements of cultivation technology in the Northern Forest-Steppe]. *Zbirnyk naukovykh prats' NNTS "Instytut zemlerobstva NAAN" – Collection of scientific works of NSC "Institute of Agriculture NAAS"*, 75–81 [in Ukrainian].
17. Vasylenko, M.H., Stadnyk, A.P., Dushko, P.M., Draha, M.V., Kichihina, O.O., Zatsarinna, Yu.O. & Perets', S.V. (2018). Urozhaynist' i yakist' nasinnyya sil'skohospodars'kykh kul'tur za diyi rehulyatoriv rostu [Yield and quality of seeds of agricultural crops for actions of growth regulators]. *Ahroyekolohichnyy zhurnal – Agroecological journal*, 1, 96–101. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2018.161350> [in Ukrainian].
18. Toscano Stefania, Romano Daniela, Massa Daniele, Bulgari Roberta, Franzoni Giulia, Ferrante Antonio. (2018). Biostimulant applications in low input horticultural cultivation systems. *Italus Hortus*, 25 (2), 27–36. doi: 10.26353/j.itahort/2018.1.273 [in English].
19. Morhun, V.V., Yavors'ka, V.K. & Drahovoz, I.V. (2002). Problema rehulyatoriv rostu u sviti ta yiyi vyrishennya v Ukrayini [The problem of growth regulators in the world and its solution in Ukraine]. *Fiziologiya i biokhimiya kul'turnykh rasteniy – Physiology and biochemistry of cultivated plants*, 34, 5, 371–376 [in Ukrainian].
20. Deyeva, V.P. (2008). *Regulyatory rosta rasteniy: mekhanizmy deystviya i ispol'zovaniye v agrotekhnologii*

yakh [Plant growth regulators: mechanisms of action and use in agricultural technologies]. Minsk: Belarus. nauka [in Russian].

21. Marulanda, A., Barea, J.-M. & Azcon, R. (2009). Stimulation of Plant Growth and Drought Tolerance by Native Microorganisms (AM Fungi and Bacteria) from Dry Environments: Mechanisms Related to Bacterial Effectiveness. *J. Plant Growth Regul.* Vol. 28. P. 115–124. DOI 10.1007/s00344-009-9079-6 [in English].

22. Polyvanyy, S.V. & Kur'yata, V.H. (2015). Diya emistymu S na morfohenez ta nasinnyevu produktyvnist' maku oliynoho [The effect of emistim C on the morphogenesis and seed productivity of oil poppy. Scientific notes of]. *Naukovi zapysky Ternopil's'koho natsional'noho pedahohichnoho universytetu imeni V. Hnatyuka. Seriya: Biolojiya – Ternopil National Pedagogical University named after V. Hnatiuk. Series: Biology, 1 (62), 117–124* [in Ukrainian].

23. Swain, S.M., Singh, D.P., Helliwell, C.A., Poole, A.T. (2005). Plants with increased expression of ent-kaurene oxidase are resistant to chemical inhibitors of this gibberellin biosynthesis enzyme. *Plant and Cell Physiology*, 46, 2, 284–291. <https://doi.org/10.1093/pcp/pci027> [in English].

24. Nichiporovich, A.A., Strogonova, L.Ye., Chmora, S.N. & Vlasova, S.N. (1961). *Fotosinteticheskaya deyatel'nost' rasteniy v posevakh* [Photosynthetic activity of plants in crops]. Moscow: ed. USSR Academy of Sciences [in Russian].

Тищенко А.В., Тищенко О.Д., Пілярська О.О., Димов О.М., Куц Г.М., Гальченко Н.М. Вплив стимуляторів росту на фотосинтетичну діяльність і насінневу продуктивність люцерни

Мета. Дослідження впливу стимуляторів росту й умов зволоження на фотосинтетичну діяльність і насінневу продуктивність сортів люцерни різних років життя та їх взаємозв'язок. **Методи.** Польовий, лабораторний, статистичний. **Результати.** Під час вивчення площі листової поверхні в рік сівби в умовах природного зволоження в сорту Зоряна на варіанті контроль ці показники коливаються по фазах: стеблування – 6,48 тис. м²/га, бутонізації – 9,95, масового цвітіння – 16,11, масового плодоутворення – 15,46 тис. м²/га. Застосування стимуляторів росту сприяє збільшенню асиміляційної поверхні рослин люцерни. Кращі результати отримані по стимуляторах Агrostимулін і Гарт у фазу масового цвітіння – 18,37 і 18,76 тис. м²/га. За краплинного зрошення зберігається така ж закономірність. Найбільша площа асиміляційної поверхні формується у фазу масового цвітіння – 26,45 і 26,47 тис. м²/га. У посівах другого року життя площа листової поверхні значно збільшилася в порівнянні з посівами першого року й склала по сорту Зоряна за фазами розвитку: початок бутонізації – 20,27 тис. м²/га, початок цвітіння – 25,49, масове цвітіння – 35,79 і масове плодоутворення – 28,16 тис. м²/га в умовах природного зволоження (контроль 1). За краплинного зрошення відзначається та ж послідовність, але за вищих значень площі асиміляційної поверхні: 32,17; 40,82; 53,61; 45,92 тис. м²/га відповідно. Максимальні значення зафіксовані в разі використання стимуляторів Гарт і Люцис по всіх фазах розвитку (34,31–34,69; 46,12–46,74; 61,98–63,21;

52,80–54,11 тис. м²/га). Вивчення фотосинтетичного потенціалу показало, що за застосування стимуляторів росту значення фотосинтетичного потенціалу сприяє зростанню його величини й знаходиться в межах 0,75–0,78 млн м²×днів/га; 0,47–0,49 і 2,68–2,87 млн м²×днів/га в умовах зрошення по фазах розвитку (сорт Зоряна – контроль 1). Без зрошення показники фотосинтетичного потенціалу нижче й складають 0,47–0,48; 0,29–0,30 і 1,65–1,71 млн м²×днів/га відповідно. Кращими варіантами є варіанти з використанням стимуляторів Гарт і Люцис незалежно від умов зволоження з показниками 0,77–0,78; 0,49; 2,81–2,87 млн м²×днів/га (зрошення) та 0,48; 0,30 та 1,70–1,71 млн м²×днів/га. Максимальний урожай насіння люцерни отримано в разі застосування стимуляторів Гарт і Люцис із коливаннями від 655 до 671 кг/га за зрошення та 472–497 кг/га в умовах природного зволоження. Визначені кореляційні зв'язки між врожайністю насіння люцерни, показниками площі листової поверхні (r = 0,888–0,945) і фотосинтетичним потенціалом (r = 0,939–0,945). **Висновки.** Результати проведених досліджень дозволили встановити вплив стимуляторів росту на асиміляційну поверхню рослин люцерни, фотосинтетичний потенціал, а також кореляційні зв'язки між врожайністю насіння люцерни, показниками площі листової поверхні (r = 0,888–0,945) і фотосинтетичним потенціалом (r = 0,939–0,945).

Ключові слова: сорти, продуктивність, асиміляційна поверхня, фотосинтетичний потенціал, умови зволоження.

Tishchenko A.V., Tishchenko O.D., Pilyarska O.O., Dimov O.M., Kuts G.M., Galchenko N.M. Influence of growth stimulants on photosynthetic activity and seed productivity of alfalfa

Purpose. Study of the influence of growth stimulants and moisture conditions on the photosynthetic activity and seed productivity of alfalfa varieties of different years of life and their relationship. **Methods.** Field, laboratory, statistical. **Results.** When studying the leaf surface area in the year of sowing in conditions of natural moisture in the Zoryana variety on the control option, these indicators vary by phases: stalking – 6.48 thousand m²/hectare, budding – 9.95, mass flowering – 16.11, mass fruiting – 15.46 thousand m²/hectare. The use of growth stimulants helps to increase the assimilation surface of alfalfa plants. The best results were obtained with stimulants Agrostimulin and Hart in the phase of mass flowering 18.37 and 18.76 thousand m²/hectare. At drop irrigation the same regularity remains. The largest area of the assimilation surface is formed in the phase of mass flowering of 26.45 and 26.47 thousand m²/hectare. In crops of the second year of life the area of a leaf surface considerably increased in comparison with crops of the first year and made on a Zoryana variety and phases of development: the beginning of budding – 20.27 thousand m²/hectare, the beginning of flowering – 25.49, mass flowering – 35.79 and mass fruiting – 28.16 thousand m²/hectare in conditions of natural moisture (control 1). At drop irrigation the same sequence is noted, but at higher values of the area of assimilation surface: 32.17; 40.82; 53.61; 45.92 thousand m²/hectare, respectively. The maximum values are recorded

in the case of using stimulants Harth and Lucis in all phases of development (34.31–34.69; 46.12–46.74; 61.98–63.21; 52.80–54.11 thousand m²/hectare). The study of photosynthetic potential (PhP) showed that the introduction of growth stimulants to the value of PhP contributes to the growth of its value and it is in the range: 0.75–0.78 million m²×days/hectare; 0.47–0.49 and 2.68–2.87 million m²×days/hectare under irrigation conditions, by phases of development (Zoryana variety – control 1). Without irrigation, the indicators of PhP are lower and are: 0.47–0.48; 0.29–0.30 and 1.65–1.71 million m²×days/hectare, respectively. The best options are options using stimulants Harth and Lucis, regardless of humidification conditions with indicators: 0.77–0.78; 0.49; 2.81–2.87 million m²×days/hectare (irrigation) and 0.48;

0.30 and 1.70–1.71 million m²×days/hectare. The maximum yield of alfalfa seeds was obtained with the use of Hart and Lucis stimulants with fluctuations from 655 to 671 kg/hectare under irrigation and 472–497 kg/hectare under natural moisture. Correlations between alfalfa seed yield and leaf surface area ($r = 0.888–0.945$) and photosynthetic potential ($r = 0.939–0.945$) were determined.

Conclusions. The results of the studies allowed to establish the effect of growth stimulants on the assimilation surface of alfalfa plants, photosynthetic potential, as well as correlations between alfalfa seed yield and leaf surface area ($r = 0.888–0.945$) and photosynthetic potential ($r = 0.939–0.945$).

Key words: varieties, productivity, assimilation surface, photosynthetic potential, moisture conditions.