

ОСОБЛИВОСТІ ФОТОСИНТЕТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ ЗАЛЕЖНО ВІД СТРОКІВ СІВБИ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ

МАРЧЕНКО Т.Ю. – доктор сільськогосподарських наук,

старший науковий співробітник

orcid.org/0000-0001-6994-3443

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

ПІЛЯРСЬКА О.О. – кандидат сільськогосподарських наук,

старший дослідник

orcid.org/0000-0001-6994-3443

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

МІЩЕНКО С.В. – доктор сільськогосподарських наук,

старший науковий співробітник

orcid.org/0000-0002-1979-4002

Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка

ЛАВРИНЕНКО Ю.О. – доктор сільськогосподарських наук,

професор, академік Національної академії аграрних наук України

orcid.org/0000-0001-9442-8793

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

БАЗИЛЕНКО Є.О. – аспірант

orcid.org/0000-0002-7550-4102

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства
Національної академії аграрних наук України

МАРЧЕНКО В.Д. – студентка

orcid.org/0009-0009-8010-8284

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Постановка проблеми. Надійне забезпечення населення країни продовольством має стратегічне значення в умовах глобальної світової, фінансової та економічної кризи. У зв'язку з очікуваним підвищенням температури повітря в Північній півкулі продовольча безпека України значною мірою буде залежати від того, наскільки ефективно адаптується агропромисловість до майбутніх змін клімату.

У вирішенні проблеми продовольчої безпеки особлива роль належить зерну кукурудзи як найважливішому та соціально значущому продукту. Кукурудза є основною фуражною культурою у світі, оскільки вважається одним з кращих видів зерна для виробництва концентрованих кормів. Потреба в кукурудзі і сфері її застосування не обмежуються не тільки кормовими та харчовими цілями, продукти її переробки активно використовуються в промисловості, енергетиці та медицині. Сьогодні кукурудза також є основним джерелом сировини для заводів з виробництва біогазу в Європі та Північній Америці [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Однією з актуальних проблем сільськогосподарської науки є підвищення продуктивності фотосинтезу рослин, що є основою формування врожаю агрокультур. Урожайність зерна кукурудзи, як і інших агрокультур, цілком визначається активністю роботи фотосинтетичного апарату. Фотосинтез є джерелом утворення й накопичення органічної речовини рослинами. Органічна

речовина, що утворюється в процесі фотосинтезу, становить 90–95% сухої маси речовини, що свідчить про велике значення фотосинтезу під час формування врожаю й накопичення сухої речовини в рослині [3].

Формування врожаю залежить від інтенсивності фотосинтезу, оскільки процеси накопичення органічної речовини тісно пов'язані з діяльністю листя та його спроможністю акумулювати сонячну світлову енергію. Визначальними факторами, які забезпечують проходження процесу фотосинтезу є сонячна радіація, температурний режим повітря та ґрунту, ступінь забезпеченість рослин водою й елементами живлення. Крім того, важливе значення для проходження фотосинтезу та формування максимально можливого врожаю кукурудзи є площа листової поверхні. Причому, чим більше цей показник, тим більше рослини здатні акумулювати сонячну енергію у процесі фотосинтезу та синтезувати органічну речовину [4].

Згідно із сучасним теоретичними уявленнями про механізми функціонування і взаємозв'язки донорно-акцепторної системи у рослині, основними фізіолого-біохімічними процесами у рослинному організмі, від яких залежить забезпечення величини продукційного процесу, є інтенсивність процесів фотосинтезу і транспорту метаболітів. Активація цих процесів, зокрема продуктивності фотосинтезу, сприяє підвищенню реалізації потенціалу урожайності рослин [5, 6], адже саме фотосинтез є основою біопродуктивності природних

екосистем і формування величини врожаю польових культур [7].

Перебіг процесу фотосинтезу зумовлюється особливостями фотосинтетичного апарату, який є ключовим показником, що свідчить про реакцію рослин на умови довкілля, зокрема на агротехнічні прийоми вирощування [8]. Головною запорукою продуктивної роботи фотосинтетичного апарату є зелені пігменти – хлорофіли а і b, що є чутливими індикаторами фізіологічного стану рослин і найважливішими компонентами фотосинтетичного апарату [9]. Зазначені пігменти беруть безпосередню участь у формуванні структури фотосинтетичного апарату, відіграють важливе значення у фотохімічних реакціях, пов'язаних із поглинанням енергії сонячного світла та трансформації її в хімічну енергію органічних речовин, тобто є безпосередніми постачальниками енергії для фотосинтезуючих рослин [10].

Формування зерна кукурудзи в основному відбувається завдяки фотосинтезу верхніх листків. Більш високу продуктивність забезпечують гібриди, у яких листки середніх та нижніх ярусів інтенсивно використовують послаблену інсоляцію, а верхні – краще пристосовані до інтенсивного надходження ФАР. Максимальної величини площа листків досягає на 60–70-й день після появи сходів, що збігається з фазою «викидання-цвітіння волоті». Після цього йде поступове зменшення площі листової поверхні і доходить до нуля на 130-й день вегетації [11, 12]. Збільшення листової поверхні відбувається нерівномірно протягом вегетації і значною мірою визначається кількістю поживних речовин у ґрунті, в тому числі мікроелементами (Купрум, Цинк тощо) [13]. Втрата рослинами 25% листків на заключних етапах органогенезу, призводить до зменшення врожайності зерна кукурудзи на 10% [14, 15].

Мета дослідження – встановити вплив строків сівби на фотосинтетичні показники інноваційних гібридів кукурудзи різних груп ФАО в умовах Північного Степу України.

Методи та матеріали дослідження. Польові досліді проводили впродовж 2021–2023 рр. на території ФГ «Світлана», Єланецького району Миколаївської області. Територія опорного пункту розташована в агро-екологічній зоні Північний Степ ($GTK_{v-ix} = 0,69-0,89$), згідно агро-екологічного районування за Полупан М.І. та інші (2010) [16].

ґрунт дослідної ділянки – чорнозем звичайний неглибокий малогумусний слабозмитий. Вміст гумусу в орному шарі ґрунту 3,17–3,41%, вниз по профілю кількість гумусу поступово зменшується. В нижній частині профілю ґрунту кількість гумусу становить 1,89%, рН водної витяжки становить 7,0 в орному шарі, вниз по профілю вона поступово збільшується і реакція ґрунтового розчину стає слаболужною. За даними Миколаївської зональної агрохімлабораторії чорноземи звичайні неглибокі малогумусні середньозабезпечані легкорозчинними формами фосфору і високозабезпечені обмінним калієм. Кількість P_2O_5 становить 50–100 мг/кг ґрунту, K_2O – 110–150 мг/кг ґрунту. Механічний склад даних ґрунтів легкоглинистий, «фізичної глини» (часток розміром 0,01 мм) вони мають в орному шарі 56,80%, грубого

пилу (часток розміром 0,001 мм) 38,52%. Залягання ґрунтових вод на глибині 12,7–16 м.

Попередник – пшениця озима. Дослідження проведені згідно методики польового досліді, статистичну обробку результатів досліджень здійснювали методом дисперсійного аналізу [17, 18].

Двофакторний дослід закладали методом розщеплених рендомізованих блоків. Дослідження проводили в чотириразовій повторності. Посівна площа ділянок становила 50,0 м², облікова – 30,0 м².

Фактор А – строк сівби, дата: 15.04, 25.04, 05.05, 15.05.

Фактор В – різні за групами ФАО гібриди кукурудзи селекції Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН: Степовий (ФАО 190), Олешківський (ФАО 280), Тронка (ФАО 380), Гілея (ФАО 420).

Експериментальні дослідження рослин, включаючи збір рослинного матеріалу, відповідали інституційним, національним або міжнародним керівним принципам. Автори дотримувалися стандартів Конвенції про охорону біологічного різноманіття (1992 https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_030) та Конвенції про торгівлю видами дикої фауни і флори, що перебувають під загрозою зникнення (1979 <https://cites.org/eng/disc/what.php>).

Погодні умови протягом дослідження були типовими для регіону (Рис. 1).

Результати дослідження. Формування урожайності кукурудзи є наслідком ефективності використання сонячної енергії та оптико-біологічної структури її посіву. Однією із найважливіших умов одержання високого врожаю є оптимальна площа асиміляційної поверхні посіву та ефективність її функціонування. Як недостатня площа листової поверхні на перших фазах росту і розвитку рослин є причиною зниження ефективності використання фотосинтетично-активної радіації, так і надлишкова площа асиміляційної поверхні призводить до взаємозатінення листків нижніх ярусів і, як наслідок, не ефективного перерозподілу продуктів асиміляції, що суттєво впливає на урожайність та якість продукції. Отже, одержання максимально можливої урожайності кукурудзи напряму залежить від тих складових технології, які будуть забезпечувати формування оптимальної площі листової поверхні та тривалості її роботи, результатом чого і буде необхідна фотосинтетична продуктивність посіву та рівень його урожайності.

В середньому за три роки досліджень, максимальна площа листової поверхні відмічена за строку сівби 25 квітня – 33,118 тис. м²/га (табл. 1).

Різниця за площею листової поверхні, залежно від строків сівби, в середньому за три роки, коливалась в межах 31,313...33,118 тис. м²/га. За ранньої та пізньої сівби площа листової поверхні зменшувалась на 1,619 та 1,803 тис. м²/га за ранньої та пізньої сівби відповідно, що становило 4,8, 5,4% відповідно.

Значно більший вплив на площу листової поверхні чинив генотиповий склад гібридів. Так, найбільша площа листової поверхні, в середньому за фактором В, була у гібрида Олешківський – 35,595 тис. м²/га. У гібрида Гілея площа листя була найменшою і становила 28,625 тис. м²/га (зменшення на 24,3% порівняно

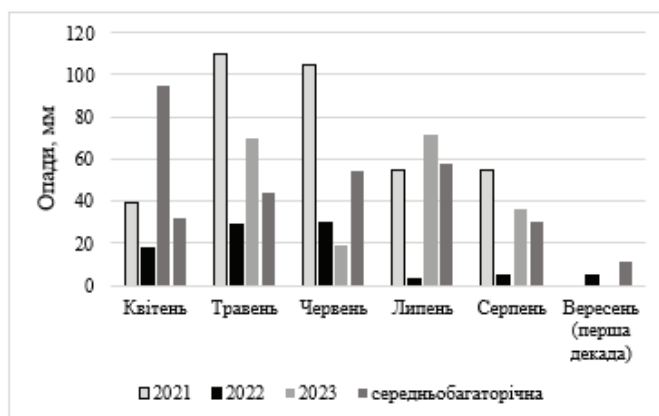


Рис. 1. Опали протягом періоду вегетації кукурудзи, мм

з гібридом Олешківський). Це пов'язано з більшою тривалістю вегетації цього гібрида та з меншою його посухостійкістю. В фазу найбільшого розвитку листової поверхні рослин (фаза цвітіння) у рослин цього гібрида зафіксоване посилене усихання та відмирання нижніх листків (до десятого листка), що призвело до суттєвого зменшення площі листового апарату. Слід відзначити, що у сприятливі за погодними умовами роки (2021 р.) та за ранніх строків сівби різниця площі листової поверхні у цих гібридів становила 17,1...17,5%.

Найбільша різниця за площею листової поверхні у гібрида Олешківський та Гілея спостерігалась у посушливому 2022 році – 29,136 та 22,157 тис. м²/га (зменшення на 31,5% порівняно з гібридом Олешківський). Погодні умови року найбільше впливали на асиміляційну площу гібридів. Посуха 2022 року зменшувала площу листової поверхні на 8...10 тис. м²/га у всіх гібридів кукурудзи. Мінімальна площа листової поверхні встановлена у гібрида Гілея за сівби 15 травня (22,157 тис. м²/га), що менше на 46,9% порівняно з гібридом Олешківський

Таблиця 1

Площа асиміляційної поверхні гібридів кукурудзи різних груп ФАО під час цвітіння за різних строків сівби, тис. м²/га

Строк сівби (фактор А)	Гібрид (фактор В)	Роки досліджень			Середнє за 2021-2023 рр.	В середньому за фактором В
		2021	2022	2023		
15.04	Степовий	35,124	25,111	32,178	30,804	31,089
	Олешківський	38,778	28,236	35,224	34,079	35,595
	Тронка	36,554	26,847	33,548	32,316	33,681
	Гілея	33,111	23,159	30,115	28,795	28,625
	Середнє за фактором А	35,892	25,838	32,766	31,499	
25.04	Степовий	36,129	27,426	33,191	32,249	
	Олешківський	40,229	30,431	37,546	36,069	
	Тронка	38,223	28,418	35,671	34,104	
	Гілея	34,236	24,658	31,256	30,050	
	Середнє за фактором А	37,204	27,733	34,416	33,118	
05.05	Степовий	35,101	25,091	32,011	30,734	
	Олешківський	40,337	32,546	38,356	37,080	
	Тронка	39,444	29,765	36,542	35,250	
	Гілея	31,562	23,458	32,489	29,170	
	Середнє за фактором А	36,611	27,715	34,849	33,059	
15.05	Степовий	34,923	24,887	31,899	30,570	
	Олешківський	39,564	29,136	36,758	35,153	
	Тронка	37,119	27,365	34,678	33,054	
	Гілея	29,136	22,157	28,156	26,483	
	Середнє за фактором А	35,186	25,886	32,873	31,315	
	НІР₀₅, тис. м²/га	0,563	0,489	0,613		

за сівби 5 травня (32,546 тис. м²/га). Таким чином, встановлено, що строки сівби мають суттєвий вплив на генотипову реакцію гібрида залежно від групи ФАО та посушливості року. Найбільшу толерантність до посухи проявляють гібриди Степовий та Олешківський (група ФАО 190 та 280 відповідно). Гібрид Гілея (ФАО 420), що належить до гібридів інтенсивного типу, найбільш негативно реагував на ранні та пізні строки сівби з причини низької холодостійкості та посухостійкості, тому реалізація потенційної площі листової поверхні залежить, перш за все, від сприятливості погодних умов року.

Важливим аспектом досліджу є можливість визначення рівня впливу розмірів листової поверхні гібридів кукурудзи на формування урожайності зерна за різних строків сівби. Встановлено, що між площею листової поверхні посіву і врожайністю зерна гібридів існує додатний кореляційний зв'язок слабкої сили (рис. 2).

Так, коефіцієнт кореляції між площею листової поверхні рослин у фазу цвітіння та урожайністю зерна гібридів становив 0,167...0,392. Найбільший коефіцієнт кореляції встановлено за строку сівби 25 квітня, що свідчить про можливість підвищення урожайності зерна гібридів кукурудзи агротехнічними заходами, що сприяють зростанню листової поверхні. Встановлена кореляція між площею листової поверхні та урожайністю зерна і за інших строків сівби. Проте, кореляція слабка і пов'язана з екстраполяцією всієї групи гібридів в якій значною мірою впливу постають гібриди з високою посухостійкістю (Степовий, Олешківський). Тому, прогноз урожайності можливий за показниками площі листової поверхні гібридів конкретних груп ФАО у фенологічну фазу цвітіння.

Фотосинтетичний потенціал гібридів кукурудзи у наших дослідженнях залежав від біологічних особли-

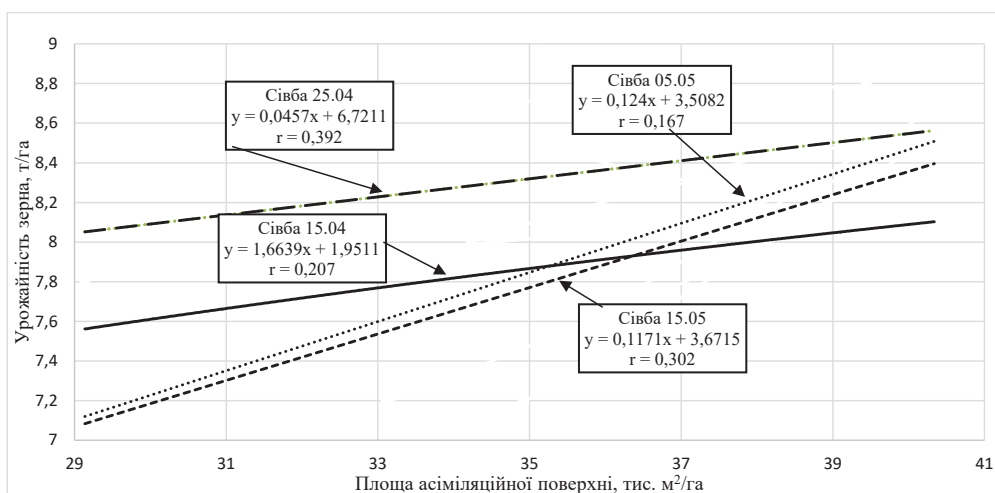


Рис. 2. Кореляційно-регресійні моделі залежності площі асиміляційної поверхні та урожайності зерна гібридів кукурудзи залежно від строків сівби

востей гібридів, строків сівби та погодних умов року. Використання для досліджень гібридів кукурудзи різних груп ФАО дозволило виявити тенденцію флуктуації показника фотосинтетичного потенціалу гібридів залежно від тривалості вегетаційного періоду у дослідних гібридів (табл. 2).

Фотосинтетичний потенціал гібридів ФАО 290–420 у сприятливий за погодними умовами 2021 рік, за раннього строку сівби (15 квітня), мав несуттєві відмінності 1967,156...2035,845 тис. м²* діб. Значно менший фотосинтетичний потенціал мав гібрид Степовий, що визначало меншою тривалістю періоду вегетації. У пізні строки сівби (05.05 та 15.05) пізньостиглий гібрид Гілея різко знижував показники фотосинтетичного потенціалу. Особливо різке зниження цього показника зафіксоване у несприятливому 2022 році. За пізнього строку сівби фотосинтетичний потенціал гібриду Гілея зменшився на 39,9% відносно попереднього сприятливого за вологозапасами 2021 року. Потенційно цей гібрид мав найбільшу кількість листків на рослині, площу листової поверхні

та подовжену тривалість вегетації. Проте, недостатня вологозабезпеченість в період вегетації призводила до прискореного відмирання листків нижнього ярусу, що позначалося на зменшенні фізіологічно активної листової поверхні рослин та зменшенні фотосинтетичного потенціалу. Ранні строки сівби (15, 25 квітня) дещо підвищували фотосинтетичний потенціал пізньостиглого гібриду Гілея на 12,2...16,3%, проте його холодостійкість є недостатньою для надраних строків сівби. Найбільша стабільність фотосинтетичного потенціалу спостерігалась у гібриду Олешківський. Цей гібрид належить до степового еко типу, має скорочений термін вегетації, що дозволяє йому стабільно формувати площу листової поверхні та фотосинтетичний потенціал за різних погодних умов.

Встановлено, що фотосинтетичний потенціал гібридів кукурудзи в умовах Північного Степу найбільше залежить від погодних умов року (вологозабезпеченості). Пізні строки сівби (15 травня) призводять до істотного зменшення фотосинтетичного потенці-

Таблиця 2

Фотосинтетичний потенціал гібридів кукурудзи різних груп ФАО залежно від строків сівби, тис. м²* діб

Строк сівби (фактор А)	Гібрид (фактор В)	Роки досліджень			Середнє за 2021-2023 рр.	В середньому за фактором В
		2021	2022	2023		
15.04	Степовий	1791,324	1255,550	1641,078	1562,651	1544,576
	Олешківський	2035,845	1468,272	1831,648	1778,588	1839,547
	Тронка	1967,156	1503,432	1878,688	1783,092	1856,782
	Гілея	2003,216	1366,381	1776,785	1715,461	1663,865
	Середнє за фактором А	1949,385	1398,409	1398,409	1893,281	
25.04	Степовий	1824,515	1357,587	1642,955	1608,352	
	Олешківський	2091,908	1551,981	1914,846	1852,912	
	Тронка	2159,600	1562,990	1961,905	1894,832	
	Гілея	2054,160	1417,835	1797,220	1756,405	
	Середнє за фактором А	2032,546	1472,598	1472,598	1778,125	
05.05	Степовий	1755,050	1229,459	1568,539	1517,683	
	Олешківський	2097,524	1676,119	1975,334	1916,326	
	Тронка	2208,864	1637,075	2009,810	1951,916	
	Гілея	1862,158	1348,835	1868,118	1693,037	
	Середнє за фактором А	1980,899	1472,872	1472,872	1769,740	
15.05	Степовий	1711,227	1194,576	1563,051	1489,618	
	Олешківський	2037,546	1500,504	1893,037	1810,362	
	Тронка	2041,545	1477,710	1872,612	1797,289	
	Гілея	1704,456	1218,635	1548,580	1490,557	
	Середнє за фактором А	1873,694	1347,856	1347,856	1646,957	
НІР₀₅, тис. м²* діб		66,321	48,136	53,247		

алу у гібридів ФАО 380...420. Скоростиглий гібрид Степовий найменше реагує на строки сівби за цим показником.

З метою встановлення сполученої мінливості фотосинтетичного потенціалу гібридів кукурудзи з урожайністю зерна, було побудовано кореляційно-регресійні моделі залежності між цими показниками (рис. 3).

Встановлено, що між фотосинтетичним потенціалом посіву і врожайністю зерна гібридів існує додатний кореляційний зв'язок слабкої сили за строків сівби від 15 квітня до 5 травня. Коефіцієнт кореляції між фотосинтетичним потенціалом посіву та урожайністю зерна гібридів за таких строків сівби становив 0,375...0,435. Найбільший коефіцієнт кореляції встановлено за строку

сівби 5 травня, що свідчить про можливість підвищення урожайності зерна гібридів кукурудзи агротехнічними заходами, що сприяють зростанню площі листової поверхні та тривалості фотосинтетичної активності. Встановлена додатна кореляція між фотосинтетичним потенціалом та урожайністю зерна і за інших строків сівби, крім пізнього строку (15 травня). Проте, кореляція слабка і пов'язана з екстраполяцією всієї групи гібридів, в якій значною мірою впливу ставлять гібриди з високою посухостійкістю (Степовий, Олешківський). Тому, можливість підвищення урожайності за збільшення фотосинтетичного потенціалу існує, проте, за відповідної адаптивної технології, що передбачає оптимальні строки сівби.

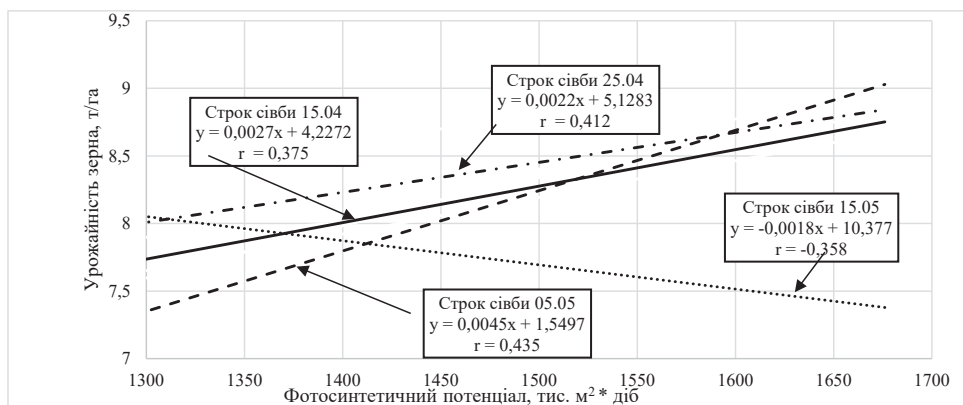


Рис. 3. Кореляційно-регресійні моделі залежності фотосинтетичного потенціалу та урожайності гібридів кукурудзи залежно від строків сівби

За пізньої сівби (15 травня) кореляція між фотосинтетичним потенціалом та урожайністю зерна була від'ємною (-0,358). Це вказує на можливість удосконалення технології вирощування гібридів різних груп ФАО в Північному Степу за різних строків сівби з виключенням пізньостиглих гібридів, які можуть мати потужну листову поверхню, проте ефективність фотосинтезу у них значно зменшується у другу половину вегетації з причини усихання та відмирання листків нижнього та середнього ярусу.

Висновки. Встановлено, що площа листової поверхні посіву кукурудзи залежить від групи ФАО, строків сівби та погодних умов року. Коефіцієнт кореляції між площею листової поверхні рослин у фазу цвітіння та урожайністю зерна гібридів становив 0,167...0,392. Найбільший коефіцієнт кореляції встановлено за строку сівби 25 квітня, що свідчить про можливість підвищення урожайності зерна гібридів кукурудзи агротехнічними заходами, що сприяють зростанню листової поверхні. Встановлена кореляція між площею листової поверхні та урожайністю зерна і за інших строків сівби. Проте, кореляція слабка і пов'язана з екстраполяцією всієї групи гібридів, в якій значною мірою впливу постають гібриди з високою посухостійкістю (Степовий, Олешківський).

Фотосинтетичний потенціал гібридів кукурудзи в умовах Північного Степу найбільш залежить від погодних умов року (вологозабезпеченості). Пізні строки сівби (15 травня) призводять істотного зменшення фотосинтетичного потенціалу у гібридів ФАО 380...420.

Між фотосинтетичним потенціалом посіву і врожайністю зерна гібридів існує додатний кореляційний зв'язок слабкої сили за строків сівби від 15 квітня до 5 травня. За пізніх строків сівби (15 травня) встановлена від'ємна кореляція між фотосинтетичним потенціалом та урожайністю зерна. Існує можливість підвищення урожайності за збільшення фотосинтетичного потенціалу, проте, за відповідної адаптивної технології, що передбачає оптимальні строки сівби з включенням посухостійких гібридів ФАО 190...290.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Костюкевич Т. К., Толмачова А. В. Оцінка впливу зміни клімату на агрокліматичні умови вирощування кукурудзи в центральній частині України. *Science. Innovation. Quality: 1st International Scientific-Practical Conference SIQ – 2020, December 17-18th, 2020*. Book of Papers. Berdyansk : BSPU, 2020. P. 264–267.
2. Костюкевич Т. К., Толмачова А. В., Бортник М. І. Альтернативні джерела енергії у підвищенні енергоефективності та енергонезалежності сільських територій : колективна монографія / за ред. І. О. Яснолоб, Т. О. Чайки, О. О. Горба. Полтава : Астрія, 2019. С. 94–101.
3. Томашук О. В., Каменчук Б. Д. Фотосинтетична продуктивність посівів кукурудзи під впливом різних систем землеробства в умовах Лісостепу правобережного. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 100. Т. 2. С. 91–97.
4. Паламарчук В. Д., Соломон А. М. Дослідження формування площі асиміляційної поверхні у кукурудзи

- залежно від позакореневого підживлень. *Корми і кормовиробництво*. 2021. № 92. С. 82–94. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202192-08>.
5. Заець С. О., Кисіль Л. Б. Формування фотосинтетичної продуктивності сортів ячменю озимого (*Hordeum vulgare* L.) залежно від строків сівби та регуляторів росту в умовах зрошення. *Біоресурси і природокористування*. 2019. № 1–2(11). С. 89–97. <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-73-0/1.10>.
 6. Буйна О.І., Буйний О.В., Рогач В.В., Кур'ята В. Г. Вплив регуляторів росту рослин з протилежним напрямком дії на морфогенез, листовий апарат та продуктивність томатів. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 1(100). С. 14–24.
 7. Рудник-Іващенко О. І. Продуктивність фотосинтезу у рослин проса за фазами його розвитку на різних фонах мінерального життя. *Наукові доповіді НУБіП*. 2009. № 3(15). С. 110.
 8. Піда С.В., Тригуб О.В., Григорюк І.П. Дія бактеріальних препаратів та регуляторів росту рослин на фотосинтетичний апарат люпину білого (*Lupinus albus* L.). *Біоресурси і природокористування*. 2014. №1–2(6). С. 12–18.
 9. Навій В.М., Кучменко О.Б., Терещенко О.О. Вплив біопрепарату Поліміксобактерин та імунопротектора БАІ-СІ на вміст фотосинтетичних пігментів і урожайність кукурудзи. *Збірник наукових праць Уманського НУК*. 2019. № 95(1). С. 65–75. <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2019-95-1-65-75>.
 10. Стасик О. О., Кірізій Д. А., Прядкіна Г. О. Фотосинтез і продуктивність: основні наукові досягнення та інноваційні розробки. *Фізіологія рослин і генетика*. 2021. №53(2). С. 160–184.
 11. Паламарчук В. Д., Дідур І. М., Колісник О. М., Алексеев О. О. Аспекти сучасної технології вирощування висококрохмальної кукурудзи в умовах Лісостепу правобережного. Вінниця: Видавництво «Друк», 2020. 536 с.
 12. Городній М.М., Павлик Р.М. Вплив систематичного використання добрив в сівозміні на формування асиміляційного апарату посівів та продуктивність кукурудзи на силос. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2010. № 149. С. 54–60.
 13. Сметанська І. М. Фізіолого-агрохімічні аспекти формування врожаю та якості кукурудзи на силос. *Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету*. 2000. Вип. 7. С. 57–65.
 14. Теоретичні основи та практичні результати селекції гібридів кукурудзи інтенсивного типу для умов зрошення : монографія / Р. А. Вожегова, Ю. О. Лавриненко, Т. Ю. Марченко. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. 338 с.
 15. Паламарчук В. Д., Мазур В. А., Зозуля О. Л. Кукурудза: селекція та вирощування гібридів: монографія. Вінниця, 2009. 199 с.
 16. Полупан М. І., Соловей В.Б., Величко В.А. Природно-економічні, соціальні та екологічні умови аграрного виробництва в Степу. *Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України*. Київ : Аграрна наука, 2010. С. 14–53.
 17. Наукові основи вирощування гібридів кукурудзи в умовах зрошення Південного Степу України : монографія / Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Марченко Т.Ю.

та ін. Одеса : Олді+, 2024. 180. ISBN 978-966-289-759-3.

18. Методика польового дослідження (зрошуване землеробство) / Ушкаренко В.О., Вожегова Р.А., Голобородько С.П., Коковіхін С.В. Херсон: Гринь Д.С., 2014. 448 с.

REFERENCES:

- Kostiukevych, T.K., & Tolmachova, A.V. (2020). Otsinka vplyvu zminy klimatu na ahroklimatychni umovy vyroshchuvannya kukurudzy v tseentralnii chastyni Ukrainy [Assessment of the impact of climate change on the agroclimatic conditions of corn cultivation in the central part of Ukraine]. *Science. Innovation. Quality: 1st International Scientific-Practical Conference SIQ – 2020, December 17-18th, 2020: Book of Papers*. Berdyansk : BSPU, 264–267 [in Ukrainian].
- Kostiukevych, T.K., Tolmachova, A.V., & Bortnyk, M.I. (2019). *Alternatyvni dzhерела enerhii u pidvyshchenni enerhoefektyvnosti ta enerhonezalezhnosti silskykh terytorii [Alternative energy sources in increasing energy efficiency and energy independence of rural areas]*. Poltava: Astraia, 94–101 [in Ukrainian].
- Tomaschuk, O.V., & Kamenschuk, B.D. (2018). Fotosyntetychna produktyvnist posiviv kukurudzy pid vplyvom riznykh system zemlerobstva v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho [Photosynthetic productivity of corn crops under the influence of different farming systems in the conditions of the right-bank forest-steppe]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Bulletin*, 100(2), 91–97 [in Ukrainian].
- Palamarchuk, V.D., & Solomon, A.M. (2021). Doslidzhennia formuvannya ploskhi asimiliatsiinoi poverkhni u kukurudzy zalezho vid pozakorenyvnykh pidzhyvlen [Study of the formation of the assimilation surface area in corn depending on foliar fertilization]. *Kormy i kormovyrobnytstvo – Fodder and fodder production*, 92, 82–94. <https://doi.org/10.31073/kormovyrobnytstvo202192-08> [in Ukrainian].
- Zaiets, S.O., & Kysil, L.B. (2019). Formuvannya fotosyntetychnoi produktyvnosti sortiv yachmeniu ozymoho (*Hordeum vulgare* L.) zalezho vid strokiv sivby ta rehulatoriv rostu v umovakh zroshennia [Formation of photosynthetic productivity of varieties of winter barley (*Hordeum vulgare* L.) depending on sowing dates and growth regulators under irrigation conditions]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia – Bioresources and nature management*, 1–2(11), 89–97. <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-73-0/1.10> [in Ukrainian].
- Buina, O.I., Buinyi, O.V., Rohach, V.V., & Kuriata, V.H. (2018). Vplyv rehulatoriv rostu roslyn z protylezhnym napriamkom dii na morfohenez, lystkovyi aparat ta produktyvnist tomativ [Influence of plant growth regulators with the opposite direction of action on morphogenesis, leaf apparatus and productivity of tomatoes]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk – Taurian Scientific Bulletin*, 1(100), 14–24 [in Ukrainian].
- Rudnyk-Ivashchenko, O.I. (2009). Produktyvnist fotosyntezy u roslyn prosa za fazamy yoho rozvytku na riznykh fonakh mineralnogo zhyttia [Productivity of photosynthesis in millet plants by phases of its development on different backgrounds of mineral life] *Naukovi dopovidi NUBiP – Scientific reports of NUBiP*, 3(15), 110 [in Ukrainian].
- Pida, S.V., Tryhub, O.V., & Hryhoriuk, I.P. (2014). Diia bakterialnykh preparativ ta rehulatoriv rostu roslyn na fotosyntetychnyi aparat liupynu biloho (*Lupinus albus* L.) [Effect of bacterial preparations and plant growth regulators on the photosynthetic apparatus of white lupine (*Lupinus albus* L.)]. *Bioresursy i pryrodokorystuvannia – Bioresources and nature management*, 1–2(6), 12–18 [in Ukrainian].
- Navii, V.M., Kuchmenko, O.B., & Tereshchenko, O.O. (2019). Vplyv biopreparatu Polimiksobakteryn ta imunoprotektora BAI-SI na vmist fotosyntetychnykh pihmentiv i urozhainist kukurudzy [The influence of the biological preparation Polymyxobacterin and the immunoprotector BAI-SI on the content of photosynthetic pigments and the yield of corn]. *Zbirnyk naukovykh prats Umanskoho NUK – Collection of scientific works of the Uman National Technical University*, 95(1), 65–75. <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2019-95-1-65-75> [in Ukrainian].
- Stasyk, O.O., Kirizii, D.A., & Priadkina, G.O. (2021). Photosynthesis and productivity: main scientific achievements and innovative developments [Fotosynteza i produktyvnist: osnovni naukovi dosiahnennia ta innovatsiini rozrobky]. *Fiziolohiia roslyn i henetyka – Physiology of plants and genetics*, 53(2), 160–184 [in Ukrainian].
- Palamarchuk, V.D., Didur, I.M., Kolisnyk, O.M., & Alekseev, O.O. (2020). *Aspekty suchasnoi tekhnolohii vyroshchuvannya vysokokrokhmalnoi kukurudzy v umovakh Lisostepu pravoberezhnoho [Aspects of the modern technology of growing high-starch corn in the conditions of the right-bank forest-steppe]*. Vinnytsia: Vydavnytstvo «Druk», 536 [in Ukrainian].
- Horodnii, M.M., & Pavlyk, R.M. (2010). Vplyv systematychnoho vykorystannia dobryv v sivozmini na formuvannya asimiliatsiinoho aparatu posiviv ta produktyvnist kukurudzy na sylos [The influence of the systematic use of fertilizers in crop rotation on the formation of the assimilation apparatus of crops and the productivity of corn for silage]. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy – Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine*, 149, 54–60 [in Ukrainian].
- Smetanska, I.M. (2000). Fizioloho-ahrokhimichni aspekty formuvannya vrozhaui ta yakosti kukurudzy na sylos [Physiological and agrochemical aspects of crop formation and quality of corn for silage]. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho derzhavnogo ahrarynogo universytetu – Collection of scientific works of the Vinnytsia State Agrarian University*, 7, 57–65 [in Ukrainian].
- Vozhehova, R.A., Lavrynenko, Yu.O., & Marchenko, T.Yu. (2021). *Teoretychni osnovy ta praktychni rezultaty selektsii hibrydiv kukurudzy intensyvnoho typu dlia umov zroshennia [Theoretical foundations and practical results of the selection of intensive type corn hybrids for irrigation conditions]*. Kherson: OLDI-PLUS, 338 [in Ukrainian].
- Palamarchuk, V.D., Mazur, V.A., & Zozulia, O.L. (2009). *Kukurudza: selektsiia ta vyroshchuvannia hibrydiv [Maize: selection and cultivation of hybrids]*. Vinnytsia, 199 [in Ukrainian].
- Polupan, M.I., Solovei, V.B., & Velychko, V.A. (2010). Pryrodno-ekonomichni, sotsialni ta ekolohichni umovy ahrarynogo vyrobnytstva v Stepu [Natural, economic, and ecological conditions of agricultural production in the Steppe].

social and ecological conditions of agricultural production in the Steppe]. *Naukovi osnovy ahropromyslovoho vyrobnytstva v zoni Stepu Ukrainy – Scientific foundations of agro-industrial production in the Steppe zone of Ukraine*. Kyiv: Agrarian science, 14–53 [in Ukrainian].

17. Vozhehova, R.A., Lavrynenko, Yu.O., Marchenko, T.Yu., Vlaschuk, A.M., Drobyt, O.S., Piliarska, O.O., Valentiuk, N.O., Shapar, L.V., & Koblai, O.T. (2024). *Naukovi osnovy vyroshchuvannia hibrydiv kukurudz v umovakh zroshennia Pivdennoho Stepu Ukrainy [Scientific basis of growing corn hybrids under irrigation conditions of the Southern Steppe of Ukraine]*. Odesa: Oldi+, 180 [in Ukrainian].
18. Ushkarenko, V.O., Vozhehova, R.A., Holoborodko, S.P., & Kokovikhin, S.V. (2014). *Metodyka polovoho doslidu (zroshuvane zemlerobstvo) [Methodology of field experiment (irrigated agriculture)]*. Kherson: Grin. D.S., 448 [in Ukrainian].

Марченко Т.Ю., Пілярська О.О., Міщенко С.В., Лавриненко Ю.О., Базиленко Є.О., Марченко В.Д. Особливості фотосинтетичної діяльності гібридів кукурудзи залежно від строків сівби в умовах Північного Степу

Мета – встановити вплив строків сівби на фотосинтетичні показники інноваційних гібридів кукурудзи різних груп ФАО в умовах Північного Степу України.

Методи та матеріали дослідження. Польові дослідження проводили впродовж 2021–2023 рр. на території ФГ «Світлана» Єланецького району Миколаївської області. Фактор А – строк сівби, дата: 15.04, 25.04, 05.05, 15.05. Фактор В – різні за групами ФАО гібриди кукурудзи селекції Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства НААН: Степовий (FAO 190), Олешківський (FAO 280), Тронка (FAO 380), Гілея (FAO 420). **Результати.** Визначено вплив генотипу, строків сівби, флуктуації погодних умов на площу листової поверхні посіву гібридів кукурудзи різних груп ФАО та на їх фотосинтетичний потенціал. Встановлена кореляція між цими ознаками та урожайністю зерна. Встановлено, що площа листової поверхні посіву кукурудзи залежить від групи ФАО, строків сівби та погодних умов року. Коефіцієнт кореляції між площею листової поверхні рослин у фазу цвітіння та урожайністю зерна гібридів становив 0,167...0,392. Найбільший коефіцієнт кореляції встановлено за строку сівби 25 квітня, що свідчить про можливість підвищення урожайності зерна гібридів кукурудзи агротехнічними заходами спрямованими на зростання листової поверхні. Встановлена кореляція між площею листової поверхні та урожайністю зерна і за інших строків сівби. Проте, кореляція слабка і пов'язана з екстраполяцією всієї групи гібридів в якій значною мірою впливу становлять гібриди з високою посухостійкістю (Степовий, Олешківський).

Висновки. Пізні строки сівби (15 травня) призводять до істотного зменшення фотосинтетичного потенціалу у гібридів ФАО 380...420. Між фотосинтетичним потенціалом посіву і врожайністю зерна гібридів існує додатний кореляційний зв'язок слабкої сили за строків сівби від 15 квітня до 5 травня. За пізніх строків сівби

(15 травня) встановлена від'ємна кореляція між фотосинтетичним потенціалом та урожайністю зерна. Існує можливість підвищення урожайності за збільшення фотосинтетичного потенціалу, проте, за відповідної адаптивної технології, що передбачає оптимальні строки сівби з включенням посухостійких гібридів ФАО 190...290.

Ключові слова: кукурудза, гібриди, адаптивність, посухостійкість, фотосинтетичний потенціал, площа листової поверхні, кореляція ознак, зерно.

Marchenko T.Yu., Piliarska O.O., Mishchenko S.V., Lavrynenko Yu.O., Bazilenko E.O., Marchenko V.D. Peculiarities of photosynthetic activity of maize hybrids depending on the timing of sowing in the conditions of the Northern Steppe

Purpose. Is to determine the influence of sowing dates on the photosynthetic parameters of innovative maize hybrids of different FAO groups in the conditions of the Northern Steppe of Ukraine. **Research methods and materials.** Field experiments were conducted during 2021–2023 on the territory of the "Svitlana" FGD, Yelanetsky District, Mykolaiv Oblast. Factor A – sowing period, date: 15.04, 25.04, 05.05, 15.05. Factor B – different FAO groups of maize hybrids selected by the Institute of Climate-oriented Agriculture of the National Academy of Sciences: Stepoviy (FAO 190), Oleshkivskiy (FAO 280), Tronka (FAO 380), Gileia (FAO 420). **The results.** The influence of genotype, sowing dates, fluctuations in weather conditions on the area of the leaf surface of sowing corn hybrids of different FAO groups and their photosynthetic potential was determined. A correlation was established between these features and grain yield. It has been established that the area of the leaf surface of corn sowing depends on the FAO group, sowing dates and weather conditions of the year. The correlation coefficient between the leaf surface area of plants in the flowering phase and the grain yield of hybrids was 0.167...0.392. The highest correlation coefficient was established for the sowing period of April 25, which indicates the possibility of increasing the grain yield of corn hybrids by agrotechnical measures that contribute to the growth of the leaf surface. A correlation was established between the area of the leaf surface and grain yield in other sowing periods. However, the correlation is weak and is related to the extrapolation of the entire group of hybrids, in which hybrids with high drought resistance (Stepoviy, Oleshkivskiy) have a significant influence. **Conclusions.** Late sowing dates (May 15) lead to a significant decrease in the photosynthetic potential of hybrids FAO 380...420. There is a weak positive correlation between the photosynthetic potential of sowing and the grain yield of hybrids during the sowing period from April 15 to May 5. During the late sowing period (May 15), a negative correlation was established between photosynthetic potential and grain yield. There is a possibility of increasing the yield by increasing the photosynthetic potential, however, with the appropriate adaptive technology, which provides for optimal sowing times with the exclusion of hybrids with FAO 190...290.

Key words: corn, hybrids, adaptability, drought resistance, photosynthetic potential, leaf surface area, trait correlation, grain.