

УДК 631.52:633.15:631.67

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.5>

ІНДЕКСИ УРОЖАЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ У ГІБРИДІВ КУКУРУДЗИ РІЗНИХ ГРУП ФАО ЗА РІЗНИХ СТРОКІВ СІВБИ У ПІВНІЧНОМУ СТЕПУ УКРАЇНИ

Базиленко Є.О. – аспірант,

Інститут кліматично орієнтованого сільського господарства

Національної академії аграрних наук України

Марченко Т.Ю. – д.с.-г.н., доцент,

доцент кафедри захисту, генетики і селекції рослин,

Одеський державний аграрний університет

В неполивних умовах проведені дослідження зі встановлення адаптованості сучасних вітчизняних гібридів кукурудзи різних груп ФАО до агроecологічних умов Північного Степу України за різних строків сівби. Визначено вплив генотипу, строків сівби, флуктуації погодних умов на Індекс урожайності та Індекс ефективної продуктивності у гібридів кукурудзи різних груп ФАО. Встановлено, що Індекс урожайності гібридів кукурудзи має суттєвий зв'язок з генотиповими особливостями гібридів, строками сівби та погодними умовами року. Найвищим Індекс урожайності спостерігався у сприятливий за вологозабезпеченістю рік. Посушливість року призводила до різкого зниження індексу. Найбільш негативно реагували на погодні умови гібриди з ФАО 380 (Тронка) та ФАО 420 (Гілея) в біомасі яких зменшувалась зернова частка до 0,28 та 0,32 відповідно за посушливих умов. Пізні строки сівби (5 та 15 травня) призводили до зменшення Індeksu урожайності у всіх гібридів. У гібридів з більшою тривалістю періоду вегетації проявилась найбільша негативна реакція на пізні строки сівби, особливо в посушливі роки.

Коефіцієнт варіації Індeksu ефективної продуктивності, в середньому за гібридним складом, коливався від 13,2 до 25,8%. Характерним є високий вплив метеорологічних умов в роки проведення досліджень на цей показник. Найбільша мінливість Індeksu ефективної продуктивності була засвідчена у несприятливому за кількістю опадів 2022 році ($V=25,8\%$). В цьому році були зафіксовані найменші індекси, що вказує на вагомий вплив погодних умов на економіку виробництва зерна. При цьому, основний важелем, що вплинуло на зменшення індексу, була не збиральна вологість зерна, а низька урожайність. Це стосувалось, в першу чергу, пізньостиглих гібридів (Тронка та Гілея), а також пізніх строків сівби, що вплинули на підвищення вологості зерна. Тому, використовувати даний показник доцільно для гібридів кукурудзи за різних строків сівби з врахуванням погодних умов року. Жорсткі погодні умови призводять до суттєвого зменшення Індeksu ефективної продуктивності.

Розрахунковий вихід біогазу та метану мав низький рівень варіабельності (коефіцієнти варіації не перевищували 10%) за генотипового впливу, строків сівби та погодних умов. Детальне обстеження посівів кукурудзи у фазу молочно-воскової стиглості на предмет структури продуктивності качанів у посушливі роки може зорієнтувати виробників на використання сирової біомаси для виробництва біогазу та метану, що забезпечить більші прибутки порівняно з мінімальною урожайністю зерна та витратами на досушування.

Ключові слова: кукурудза, гібриди, адаптивність, посухостійкість, біомаса, індекс урожайності, зерно.

Basilenko E.O., Marchenko T.Yu. Yield indexes and effective productivity in corn hybrids of different FAO groups for different sowing periods in the Northern Steppe of Ukraine

In non-irrigated soils, an investigation was carried out to establish the adaptability of current chicken hybrids of corn and various groups of FAO to the agroecological brains of the Pivnichny Steppe of Ukraine for various lines of Sivbi. The influx of genotype, sevby lines, weather fluctuations on the Yield Index and Effective Productivity Index in corn hybrids of various FAO groups was determined. It has been established that the Yield Index of corn hybrids is closely

related to the genotypic characteristics of the hybrids, the sevbi lines and the weather patterns of the rock. The highest yield index was observed in the rivers that are friendly to water supply. The dryness of the rock led to a sharp decrease in the index. The most negative reactions to the weather were hybrids with FAO 380 (Tronka) and FAO 420 (Gilea) in the biomass of which the grain portion was changed to 0.28 and 0.32, depending on dry minds. The late harvest days (5th and 15th of May) resulted in a change in the Yield Index for all hybrids. Hybrids with a more dry growing season showed the most negative reaction to late growth, especially in dry periods.

The coefficient of variation in the index of effective productivity, on average for a hybrid warehouse, ranged from 13.2 to 25.8%. Characteristic is a high influx of meteorological minds into the investigation of this event. The greatest intensity of the Index of Effective Productivity was recorded in the unfavorable year of 2022 ($V=25.8\%$). In this series, the smallest indices were recorded, which indicates a vast influx of weather minds into the economy of grain production. In this case, the main thing is that, based on the change in the index, it was not the moisture content of the grain that was affected, but the low yield. There were, in the first place, mature hybrids (Tronka and Gilea), as well as late sevbi lines that stuck to the advances of the grain grain. Therefore, *vikoristovovat* this indicator is completely for corn hybrids for different lines of sivbi from the faith of weather minds to fate. Harsh weather conditions lead to a significant change in the Index of Effective Productivity.

The high yield of biogas and methane has a low level of variability (the coefficient of variation did not exceed 10%) for the genotypic influx, the lines of the combination and the weather minds. Detailed analysis of corn sowings in the milky-waxy stage for the structure of productivity of pumps in dry rocks can focus the vibrators on the vigor of raw biomass for the production of biogas and methane, which will ensure More income is equalized with minimal grain yield and costs for drying.

Key words: corn, hybrids, adaptability, dryness, biomass, yield index, grain.

Постановка проблеми. Виробництво зерна кукурудзи в Україні є на сьогодні основною агропромислового комплексу, тому актуальними питаннями зерновиробництва є наукове обґрунтування технологічних заходів вирощування інноваційних гібридів кукурудзи та добір адаптованих гібридів до певних агроекологічних зон та сортових агротехнологій [1].

Реалізація потенціалу продуктивності гібридів кукурудзи обмежується різними лімітованими факторами і одним із головних є вологозабезпеченість, що визначається агроекологічними зональними умовами та погодними флуктуаціями. Пристосованість гібридів до ґрунтово-кліматичних умов зони Північного Степу відображується параметрами урожайності біомаси, збиральної вологості зерна та його урожайності, стабільності прояву продуктивності за роками, посухостійкості. Удосконалення технології вирощування інноваційних вітчизняних гібридів кукурудзи в зонах з недостатньою природною вологозабезпеченістю є важливим чинником повноти реалізації генотипового потенціалу продуктивності кукурудзи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В степовій зоні без зрошення потенційна висока урожайність гібридів інтенсивного типу може бути шкідливою для реальної продуктивності, тому необхідно добирати гібриди для виробництва за принципом адаптованості до агроекологічних умов. В богарних умовах відсоток реалізації потенційних можливостей гібридів може бути значно меншим і, що важливо, зменшуватися зі зростанням генотипового потенціалу гібриду, що вказує на необхідність враховувати важливий технологічний показник гібридів – напрям та рівень генотип-середовищної реакції на екологічний градієнт, що закладається до гібриду за спеціальними селекційними програмами [2].

За результатами досліджень Вожегової Р.А. зі співавторами визначено, що у всіх гібридів, продуктивність яких вивчали, проявилася тенденція зростання виходу сухої речовини за мірою збільшення тривалості вегетаційного періоду у гібридів та густоти рослин. Урожайність зерна певною мірою пов'язана з формуванням

загальної надземної маси та групою ФАО. Дані щодо накопичення надземної маси рослинами кукурудзи свідчать, що гібриди з тривалішим періодом вегетації формують значно більше як сирої надземної маси, так і сухої речовини, ніж ранньостиглі [3].

Агротехнологічними заходами можливо визначити оптимальні умови вирощування, що забезпечують реалізацію потенціалу гібриду. Важливою умовою повноти реалізації продуктивності гібриду є висока адаптованість певного генотипу до ґрунтово-кліматичних умов регіону [4].

Сучасні гібриди інтенсивного типу можливо програмувати на певний рівень урожайності агротехнічними заходами [5]. Проте в неполивних умовах, зі значними флуктуаціями погодних умов вегетації, коливання урожайності зерна гібридів кукурудзи різних груп ФАО може бути алогічним відносно потенціалу гібриду та рівню інтенсивності технології. Більш потенційно продуктивний гібрид може значно поступатись гібриду екстенсивного типу з підвищеною посухостійкістю. Індекс урожайності є важливим показником реутилізації продуктів фотосинтезу гібридів кукурудзи у зерно. Дослідженнями Аверчева О.В. зі співавторами було доведено, що цей показник був значно нижчим у гібридів, які вирощувалися без зрошення. Характерним є те, що він зменшувався з підвищенням групи стиглості гібридів від 0,32 до 0,20. Це свідчить про те, що за неполивних умов інтенсивні гібриди кукурудзи формують переважну частку листостеблової маси у загальній біомасі рослин гібридів. [6].

Важливим результативним показником ефективності поєднання генотипу кукурудзи та технологічних елементів є Індекс урожайності (ІУ) або Коефіцієнт господарської ефективності ($K_{госп}$), що визначається відношенням маси корисної продукції (зерна) до всієї надземної сухої біомаси. Цей коефіцієнт характеризує фізіолого-біохімічні процеси рослин, що спрямовані на формування у рослин продуктів асиміляції утилітарно важливої частки біомаси (зерна). Дослідженнями Каленської С.М., Таран В.Г. встановлено, що цей Індекс може суттєво змінюватись залежно від гібридного складу, мінерального живлення, погодних умов та густоти рослин гібридів. В проведених дослідях він коливався від 0,36 до 0,52 [7].

Індекс урожаю описує здатність рослин відокремлювати загальну біомасу (асимілювати) у сформовану репродуктивну частку біомаси (зерно). Отже, це важлива риса для напряму селекції рослин та завдання для удосконалення технологій вирощування. Взаємозв'язок його з біомасою та врожайністю зерна простежується протягом тривалого терміну створення нових генотипів. Сучасні гібриди мають більший індекс продуктивності порівняно з минулими. Проте і сучасні інтенсивні гібриди мають значну варіабельність цього показника залежно від кліматичних, погодних, агротехнічних умов та їх взаємодії. Індекс урожайності у гібридів кукурудзи може коливатись від 0,20 до 0,56. Цей показник є надійним індикатором ефективності агротехнічних заходів та селекційних здобутків [8, 9]. Встановлено, що агрокліматичні умови вирощування мають значний вплив на врожайний індекс [10].

Дослідженнями Танчика С.П., Центилю Л.В. було доведено, що строки сівби гібридів кукурудзи мають вирішальне значення для підвищення ефективності виробництва зерна. Висока урожайність зерна не завжди може бути показником високої ефективності виробництва. Було встановлено, що на показники економічної ефективності виробництва зерна кукурудзи істотний вплив чинить вологість зерна під час збирання кукурудзи. На передзбиральну вологість зерна впливають

умови навколишнього середовища, і перш за все – строки сівби, завдяки яким є можливість корегувати морфо-біологічні, фізіологічні особливості гібридів, структурні елементи продуктивності [11].

Задля підвищення ефективності технологій вирощування кукурудзи та оптимізації вибору елітного типу гібриду для певних агроекологічних умов дослідниками Пащенко Ю.М., Борисов В.М, Шишкіна О.Ю. було запропоновано використовувати показник «Індекс ефективної продуктивності» (І еф. прод.), що визначається співвідношенням показників урожайності зерна і збиральної вологості. Цей показник в умовах Північного Степу та Лісостепу має тісний взаємозв'язок із рентабельністю виробництва ($r = 0,95$) і характеризує найважливіші утилітарні властивості гібридів кукурудзи та є індикатором економічної доцільності вирощування зерна в північних агроекологічних зонах [12].

Метою досліджень було встановити адаптованість сучасних вітчизняних гібридів кукурудзи різних груп ФАО до агроекологічних умов Північного Степу України за різних строків сівби. Визначити вплив флуктуації погодних умов на Індекс урожайності та Індекс ефективної продуктивності у гібридів кукурудзи.

Методи та матеріали досліджень. Польові досліді проводили впродовж 2021–2023 рр. на території ФГ «Світлана», Єланецького району Миколаївської області. Територія господарства розташована в агроекологічній зоні Північний Степ (ГТК_{v-ix} = 0,69–0,89), згідно агроекологічного районування за М.І. Полупан, В.Б. Соловей, В.А. Величко зі співавторами (2010) [13].

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем звичайний неглибокий малогумусний слабовмитий. Вміст гумусу в орному шарі ґрунту 3,17–3,41%. Попередник – пшениця озима. Дослідження проведені згідно загальноновизнаних методики польового досліді, статистичну обробку результатів досліджень здійснювали методом дисперсійного аналізу [14, 15].

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).

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

Виклад основного матеріалу дослідження. В степовій зоні України, на фоні тенденцій до змін клімату, реалізація потенційної продуктивності гібридів кукурудзи значною мірою залежить від флуктуацій погодних умов. Урожайність біомаси гібридів також поєднана з особливостями метеорологічних умов року. Найбільша суха біомаса гібридів кукурудзи зафіксована у 2021 році за сприятливих погодних умов (табл. 1).

Максимальна біомаса була зафіксована у 2021 році у гібридів Тронка та Гілея – 19,11 та 19,22 т/га відповідно. Формування такої кількості біомаси забезпечили гібриди зі збільшеною тривалістю періоду вегетації (ФАО 380, 420). Найбільша біомаса кукурудзи у всіх групах стиглості була за сівби 5 травня. Найменша біомаса в середньому у гібридів була за раннього строку сівби 15 квітня (15,57 т/га). Варіювання урожайності біомаси за строками сівби було найбільшим у гібриду середньопізньої групи Гілея – від 15,98 до 19,22 т/га. Найбільшу стабільність урожайності біомаси проявив гібрид Степовий (ФАО 190) – 14,17...14,92.

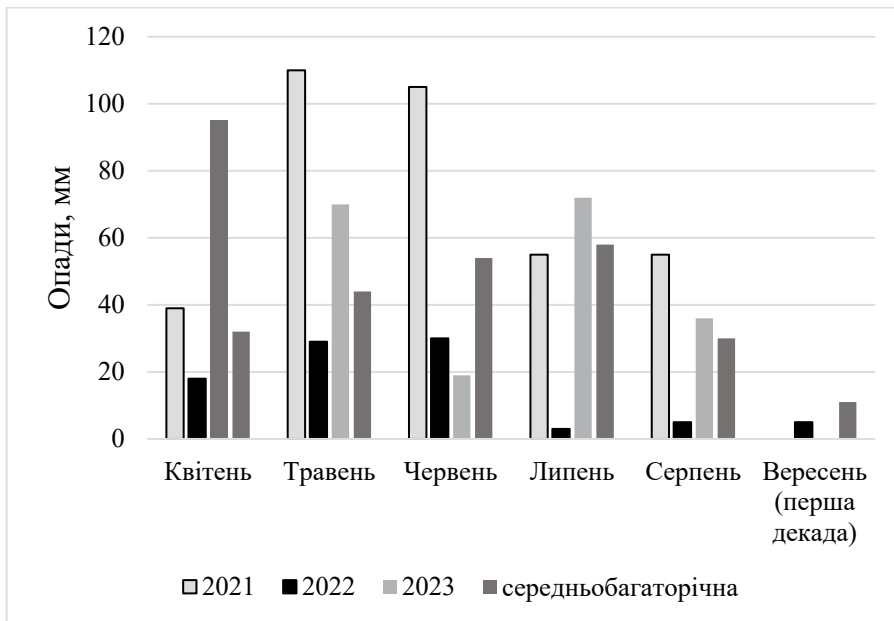


Рис. 1. Опади протягом періоду вегетації кукурудзи, мм

У посушливий 2022 рік біомаса гібридів зменшилась від 2 до 7 т/га. Найбільше втрачали біомасу від посухи гібриди Тронка та Гілея за пізніх строків сівби (05.05 та 15.05). Гібриди ранньої групи Степовий та Олешківський менше реагували на посушливі умови року і урожайність біомаси їх зменшувалась в межах 1–2 т/га.

Урожайність біомаси гібридів у 2023 році, що був більш сприятливим порівняно з 2022 роком, була аналогічною з 2021 роком. Проте, у цьому році кількість опадів у червні була недостатньою (див. Рис. 1), що позначилось на зменшенні урожайності біомаси порівняно з 2021 роком на 2 т/га у середньому за гібридами за усіх строків сівби.

Ранньостиглий гібрид Степовий (ФАО 190) максимальну врожайність зерна показав у 2021 році за сівби 25 квітня – 7,51 т/га. Мінімальна урожайність у нього була за сівби 15 травня, зниження врожайності склало 0,32 т/га. У нього була найменша реакція на строки сівби. Також мінімальною реакцією на строки сівби реагував гібрид Олешківський. Зниження урожайності з 8,67 т/га (строк сівби 05.05) до 8,11 (строк сівби 15.05) становив 0,56 т/га. Більше реагували на строки сівби гібриди Тронка та Гілея. Пониження урожайності залежно від строків сівби у них становило 1,08 т/га та 1,46 т/га відповідно. Несприятливі погодні умови 2022 року зумовили різке зниження урожайності у всіх гібридів. Найбільше падіння урожайності, порівняно з 2021 роком) спостерігалось за строку сівби 15 травня. В середньому за гібридами, урожайність зерна знизилась з 7,87 до 4,07 т/га. Найбільше реагували на погіршення погодних умов гібриди з ФАО 380 та 420 (Тронка та Гілея). У них урожайність зерна знизилась з 8,09 т/га (Тронка) до 3,91 т/га та з 7,81 т/га до 3,12 т/га (Гілея). Гібриди такого типу найбільш уразливі до недостатньої вологозабезпеченості, особливо за пізніх строків сівби. Погодні умови 2023 року були середніми за вологозабезпеченістю, тому загальна реакція гібридів також відповідала середнім показникам за 2021 та 2022 роки.

Важливим показником господарської цінності гібридів кукурудзи є Індекс урожайності (ІУ), що визначає частку зерна в загальній біомасі. Встановлено, що ІУ залежав від генотипу гібриду, строків сівби та погодних умов року (див. табл. 1). Найбільш високим він був у гібридів Степовий та Олешківський і коливався в межах 0,48...0,53 у сприятливому 2021 році. Дещо меншим він був у гібридів Тронка та Гілея (0,44...0,48). У цьому році зміщення строків сівби на більш пізні (05.05 та 05.15) призвели до незначного зменшення ІУ. Посушливі погодні умови 2022 року призвели до зниження ІУ у всіх гібридів. Найбільший негативний вплив на ІУ спричинив пізній строк сівби (15 травня). Індекс урожайності за цього строку, в середньому за гібридами, знизився до 0,32. Особлива негативна реакція за ІУ на пізні строки сівби спостерігалась у гібридів Тронка та Гілея, їх ІУ знизився до 0,28 та 0,25 відповідно. У 2023 році, який характеризувався як «середній» за погодними умовами, ІУ визначався за аналогічного впливу генотипу гібриду та строків сівби.

Таблиця 1

**Урожайність сухої біомаси та Індекс урожайності гібридів кукурудзи
за різних строків сівби**

Строк сівби (фактор А)	Гібрид (фактор В)	Показники за роками								
		Урожайність сухої біомаси, т/га			Урожайність зерна, т/га			Індекс урожайності (ІУ)		
		2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
15.04	Степовий	14,69	12,82	13,26	7,49	5,64	6,63	0,51	0,44	0,50
	Олешківський	15,60	13,44	15,08	8,11	6,05	7,39	0,52	0,45	0,49
	Тронка	16,06	14,28	14,41	7,71	5,57	6,63	0,48	0,39	0,46
	Гілея	15,98	13,11	12,67	7,19	4,85	5,45	0,45	0,37	0,43
	Середнє за А	15,57	13,41	13,89	7,63	5,53	6,53	0,49	0,41	0,47
25.04	Степовий	14,17	12,6	13,44	7,51	5,29	6,45	0,53	0,42	0,48
	Олешківський	17,02	16,31	15,89	8,51	7,34	7,47	0,50	0,45	0,47
	Тронка	17,60	13,63	16,57	8,45	5,59	7,62	0,48	0,41	0,46
	Гілея	17,80	13,87	13,84	8,01	5,41	6,23	0,45	0,39	0,45
	Середнє за А	16,57	14,16	14,92	8,12	5,91	6,94	0,49	0,42	0,47
05.05	Степовий	14,92	13,79	13,49	7,46	5,24	6,34	0,50	0,38	0,47
	Олешківський	18,06	15,03	16,87	8,67	6,01	7,59	0,48	0,40	0,45
	Тронка	19,11	12,46	15,74	8,79	4,61	6,77	0,46	0,37	0,43
	Гілея	19,22	12,08	15,59	8,65	4,35	6,39	0,45	0,36	0,41
	Середнє за А	17,76	13,38	15,39	8,39	5,05	6,77	0,47	0,38	0,44
15.05	Степовий	14,67	13,36	13,87	7,19	4,81	6,52	0,49	0,36	0,47
	Олешківський	17,44	11,66	16,16	8,37	4,43	7,27	0,48	0,38	0,45
	Тронка	17,59	13,96	13,29	8,09	3,91	5,58	0,46	0,28	0,42
	Гілея	17,75	12,48	10,74	7,81	3,12	4,19	0,44	0,25	0,39
	Середнє за А	16,83	12,82	14,02	7,87	4,07	5,89	0,47	0,32	0,42
	НІР₀₅	0,36	0,31	0,35	0,16	0,18	0,15			

Таким чином, можна зробити висновок, що в умовах Північного Степу Індекс урожайності гібридів кукурудзи має суттєвий зв'язок з генотиповими особливостями гібридів, строками сівби та погодними умовами року. Найвищим Індекс урожайності спостерігався у сприятливий за вологозабезпеченістю рік. Посушливість року призводила до різкого зниження індексу. Найбільш негативно реагували погодні умови гібриди з ФАО 380 (Тронка) та ФАО 420 (Гілея) у біомасі яких зменшувалась зернова частка до 0,28 та 0,32 відповідно. Пізні строки сівби (5 та 15 травня) призводили до зменшення ІУ у всіх гібридів. У гібридів з більшою тривалістю періоду вегетації проявилась найбільша негативна реакція на пізні строки сівби, особливо в посушливі роки.

Збиральна вологість зерна відіграє важливу роль в економічній ефективності вирощування кукурудзи. Додаткові витрати, перш за все, пов'язані з необхідністю досушування зерна кукурудзи, що в останні роки стало досить витратним елементом технології доробки зерна після збирання. В наших дослідженнях збиральна вологість зерна за ранніх строків сівби була на рівні, або ж менше базових стандартів – до 14%, і тільки у гібридів Тронка і Гілея за квітневої сівби вона дещо перевищувала 14% (табл. 2). Таке перевищення було характерним для років з достатнім рівнем вологозабезпеченості (2021 та 2023 рр.).

Травневі строки сівби, особливо в середині місяця (15.05), суттєво підвищували збиральну вологість зерна, особливо у гібридів з ФАО 380 та 420. Гібриди Тронка та Гілея мали збиральну вологість зерна за сівби 15 травня 16,4...25,6%. Звичайно, за такої вологості зерна необхідно було проводити штучне досушування, що вимагало додаткових фінансових витрат. Розрахунки Індексу ефективної продуктивності, що був запропонований Ю. Пашенком зі співавторами [12], показав досить широку амплітуду коливань. Так, коефіцієнт варіації цього показника, в середньому за гібридним складом, коливався від 13,2 до 25,8%. Така мінливість характеризується як середня та висока для статистичних показників біологічних об'єктів. Характерним є високий вплив метеорологічних умов в роки проведення досліджень. Найбільша мінливість цього показника була засвідчена у несприятливому 2022 році (25,8%). В цьому році були зафіксовані найменші індекси, що вказує на вагомий вплив погодних умов на економіку виробництва. При цьому, основний важелем, що вплинув на зменшення індексу, була не збиральна вологість зерна, а низька урожайність. Це стосувалось, в першу чергу, пізньостиглих гібридів (Тронка та Гілея), а також пізніх строків сівби, що вплинули на підвищення вологості зерна. Тому, використовувати даний показник доцільно для гібридів кукурудзи за різних строків сівби та з врахуванням погодних умов року. Жорсткі погодні умови призводять до суттєвого зменшення Індексу ефективної продуктивності.

На сьогодні, за умов дефіциту викопних енергетичних джерел, важливим напрямом виробництва біопалива є дослідження з встановлення потенційної продуктивності гібридів кукурудзи та з розрахунку потенційного виходу біоетанолу та біогазу з гектара. В попередніх дослідженнях, за умов зрошення, досліджувались гібриди кукурудзи різних груп ФАО з метою встановлення їх продуктивності зерна та біомаси для встановлення розрахункового виходу біоетанолу та біогазу [16]. Максимальні розрахункові показники виходу біогазу та метану були у гібриду кукурудзи Арабат (ФАО 430) – 7,041 тис. м³/га. Максимальну врожайність сирової надземної маси у «фазу молочна стиглість зерна» показали гібриди кукурудзи середньопізньої групи Арабат (ФАО 430) та Віра (ФАО 430). Великі перспективи виробництва біогазу з біомаси гібридів кукурудзи були показані в дослідженнях

Паламарчука В. з співавторами [17]. Значні наукові розробки з використання гібридів кукурудзи для отримання біогазу були представлені в роботах Грабовського М. [18]. За його рекомендаціями ми розраховували потенційний вихід біогазу та метану з біомаси гібридів кукурудзи за різних строків сівби без використання зрошення.

Таблиця 2
Збиральна вологість зерна та Індекс ефективної продуктивності (І еф. прод.) у гібридів кукурудзи за різних строків сівби

Дата сівби (фактор А)	Гібрид (фактор В)	Показники за роками						
		Збиральна вологість зерна, %			Індекс ефективної продуктивності (І еф. прод.)			
		2021	2022	2023	2021	2022	2023	середнє
15.04	Степовий	13,0	12,2	13,4	5,76	4,62	4,95	5,11
	Олешківський	13,2	12,8	13,5	6,14	4,73	5,47	5,45
	Тронка	14,2	13,3	13,6	5,43	4,19	4,88	4,83
	Гілея	15,0	13,7	14,2	4,79	3,54	3,84	4,06
	Середнє за А	13,9	13	13,7	5,49	4,25	4,77	4,84
25.04	Степовий	13,6	12,8	13,5	5,52	4,13	4,78	4,81
	Олешківський	13,8	13,1	13,8	6,17	5,60	5,41	5,73
	Тронка	14,3	13,6	14,0	5,91	4,11	5,44	5,15
	Гілея	15,3	14,1	14,7	5,24	3,84	4,24	4,44
	Середнє за А	14,3	13,4	14	5,68	4,41	4,96	5,02
05.05	Степовий	13,8	13,1	13,7	5,41	4,00	4,63	4,68
	Олешківський	14,1	13,5	13,8	6,15	4,45	5,50	5,37
	Тронка	14,5	13,7	14,2	6,06	3,36	4,77	4,73
	Гілея	17,1	15,3	17,7	5,06	2,84	3,61	3,84
	Середнє за А	14,9	13,9	14,9	5,63	3,63	4,54	4,60
15.05	Степовий	14,2	14,1	14,6	5,06	3,41	4,47	4,31
	Олешківський	15,6	14,5	15,1	5,37	3,06	4,81	4,41
	Тронка	16,5	16,4	16,8	4,90	2,38	3,32	3,54
	Гілея	24,7	22,3	25,6	3,16	1,40	1,64	2,07
	Середнє за А	17,8	16,9	18,0	4,42	2,41	3,27	3,37
Коеф. варіації, %		16,1	15,5	18,2	13,2	25,8	21,0	

В наших дослідженнях урожайність сирої біомаси у молочно-воскову фазу розвитку переважно залежала від погодних умов року (табл. 3). Варіабельність урожайності сирої біомаси за гібридами була на низькому рівні, коефіцієнти варіації були менше 10%, що вказує більшу стабільність урожайності сирої біомаси відносно урожайності зерна. Вплив погодних умов року досліджень на урожайність біомаси також мав менший вплив порівняно з урожайністю зерна та Індексом урожайності. Це свідчить про те, що сира біомаса гібридів кукурудзи є менш залежною від генотипу гібриду, строків сівби та погодних умов року. Урожайність сирої біомаси не враховує відносну частку корисної продукції – зерна, а індекс

урожайності проявляється на завершальних етапах органогенезу і базується на генотипових особливостях, строках сівби та погодних умовах року. Тому, за несприятливих погодних умов, можливо передбачити використання сирової біомаси на отримання біогазу та метану. Розрахунковий вихід біогазу та метану також мав низький рівень варіабельності (коефіцієнти варіації не перевищували 10%) за генотипового впливу, строків сівби та погодних умов. Детальне обстеження посівів кукурудзи у фазу молочно-воскової стиглості на предмет структури продуктивності качанів у посушливі роки може зорієнтувати виробників на використання сирової біомаси для виробництва біогазу та метану, що забезпечить більші прибутки порівняно з мінімальною урожайністю та витратами на його досушування.

Таблиця 3

Урожайність сирової біомаси та розрахунковий вихід біогазу та метану у гібридів кукурудзи за різних строків сівби

Строк сівби (фактор А)	Гібрид (фактор В)	Показники за роками								
		Урожайність сирової біомаси, т/га			Розрахунковий вихід біогазу, тис. м ³ /га			Розрахунковий вихід метану, тис. м ³ /га		
		2021	2022	2023	2021	2022	2023	2021	2022	2023
15.04	Степовий	31,25	32,11	35,79	8,81	7,69	7,96	5,11	4,46	4,61
	Олешківський	36,27	37,65	44,17	9,36	8,06	9,05	5,43	4,68	5,25
	Тронка	33,46	34,10	37,53	9,64	8,57	8,65	5,59	4,97	5,01
	Гілея	34,01	36,05	32,28	9,59	7,87	7,60	5,56	4,56	4,41
	Середнє за А	33,85	35,14	37,48	9,34	8,05	8,33	5,42	4,67	4,83
25.04	Степовий	30,15	33,68	36,00	8,50	7,56	8,06	4,93	4,38	4,68
	Олешківський	39,58	38,53	45,53	10,21	9,79	9,53	5,92	5,68	5,53
	Тронка	36,68	34,87	41,91	10,56	8,18	9,94	6,12	4,74	5,77
	Гілея	37,87	37,11	34,07	10,68	8,32	8,30	6,19	4,83	4,82
	Середнє за А	36,02	36,22	39,4	9,94	8,50	8,95	5,77	4,93	5,19
05.05	Степовий	31,74	34,47	35,61	8,95	8,27	8,09	5,19	4,80	4,69
	Олешківський	42,01	39,71	48,32	10,84	9,02	10,12	6,28	5,23	5,87
	Тронка	39,81	35,13	39,27	11,47	7,48	9,44	6,65	4,34	5,48
	Гілея	40,9	40,26	31,85	11,53	7,25	9,35	6,69	4,20	5,43
	Середнє за А	38,6	37,57	38,16	10,66	8,03	9,23	6,18	4,66	5,36
15.05	Степовий	31,22	37,11	34,37	8,800	8,02	8,32	5,11	4,65	4,83
	Олешківський	40,55	42,65	42,30	10,46	7,00	9,70	6,07	4,06	5,62
	Тронка	36,64	42,05	28,01	10,55	8,38	7,97	6,12	4,86	4,62
	Гілея	37,77	34,61	33,18	10,65	7,49	6,44	6,18	4,34	3,74
	Середнє за А	36,6	45,68	28,79	10,10	7,69	8,41	5,86	4,46	4,88
Коеф. варіації, %		9,68	15,15	19,97	8,77	7,81	10,38	8,76	7,90	10,33

Висновки. В неполивних умовах Північного Степу Індекс урожайності гібридів кукурудзи має суттєвий зв'язок з генотиповими особливостями гібридів, строками сівби та погодними умовами року. Найвищим Індекс урожайності

спостерігався у сприятливий за вологозабезпеченістю рік. Посушливість року призводила до різкого зниження індексу. Найбільш негативно реагували на посуху гібриди з ФАО 380 (Тронка) та ФАО 420 (Гілея) у біомасі яких зменшувалась зернова частка до 0,28 та 0,32. Пізні строки сівби (5 та 15 травня) призводили до зменшення Індексу урожайності у всіх гібридів. У гібридів з більшою тривалістю періоду вегетації проявилась найбільша негативна реакція на пізні строки сівби, особливо в посушливі роки.

Коефіцієнт варіації Індексу ефективної продуктивності, в середньому за гібридним складом, коливався від 13,2 до 25,8%. Характерним є високий вплив метеорологічних умов в роки проведення досліджень на цей показник. Найбільша мінливість Індексу ефективної продуктивності була засвідчена у найбільш несприятливому 2022 році ($V=25,8\%$). В цьому році були зафіксовані найменші індекси, що вказує на вагомий вплив погодних умов на економіку виробництва. При цьому, основний важелем, що вплинув на зменшення індексу, була не збиральна вологість зерна, а низька урожайність. Це стосувалось, в першу чергу, пізньостиглих гібридів (Тронка та Гілея), а також пізніх строків сівби, що вплинули на підвищення вологості зерна. Тому, використовувати даний показник доцільно для гібридів кукурудзи за різних строків сівби та врахування погодних умов року. Жорсткі погодні умови призводять до суттєвого зменшення Індексу ефективної продуктивності.

Розрахунковий вихід біогазу та метану мав низький рівень варіабельності (коефіцієнти варіації не перевищували 10%) за генотипового впливу, строків сівби та погодних умов. Детальне обстеження посівів кукурудзи у фазу молочно-воскової стиглості на предмет структури продуктивності качанів у посушливі роки може зорієнтувати виробників на використання сирої біомаси для виробництва біогазу та метану, що забезпечить більші прибутки порівняно з мінімальною урожайністю та витратами на його досушування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гадзало Я.М., Вожегова Р.А., Біляєва І.М., Дробітько А.В. Наукове обґрунтування технологій вирощування кукурудзи на зрошуваних землях з урахуванням гідротермічних чинників і змін клімату. *Зрошуване землеробство*. 2020. № 73. С. 21–26. <https://doi.org/10.32848/0135-2369.2020.73.3>.
2. Аверчев О.В., Іванів М.О., Лавриненко Ю.О. Індекси врожайності та ефективної продуктивності у гібридів кукурудзи різних груп ФАО за різних способів поливу та вологозабезпеченості в Посушливому Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 114. С. 3–12. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.114.1>.
3. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю., Пілярська О. О., Скакун В. М. Удосконалення елементів агротехніки вирощування нових гібридів кукурудзи в умовах Центрального Лісостепу України. *Вісник аграрної науки*. 2023. Том. 101. № 11. С. 55–61. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202311-08>.
4. Skakun Vadim, Lavrynenko Yurii, Zavalnyuk Oleksandr, Skakun Yehor. Biometric indicators and yield of corn hybrids depending on elements of agrotechnology. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 11. P. 90–99. <https://doi.org/10.48077/scihor11.2023.90>.
5. Lavrynenko Y.O., Vozhegova R.A., Hozh O. A. Productivity of corn hybrids of different FAO groups depending on microfertilizers and growth stimulants under irrigation in the south of Ukraine. *Agricultural Science and Practice*. 2016. Vol. 3. No. 1. P. 55–60. <https://doi.org/10.15407/agrisp3.01.055>.
6. Аверчев О.В., Іванів М.О., Лавриненко Ю.О. Мінливість елементів структури продуктивності у гібридів кукурудзи різних груп ФАО та їх зв'язок з урожайністю зерна за різних способів поливу та вологозабезпеченості у Посушли-

вому Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 112. С. 3–15. <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2020.112.1>.

7. Каленська С.М., Таран В.Г. Індекс урожайності гібридів кукурудзи залежно від густоти стояння рослин, норм добрив та погодних умов вирощування. *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018. Т. 14, № 4. С. 415–421. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.14.4.2018.151909>.

8. Unkovich M., Baldock J., Forbes M. Variability in harvest index of grain crops and potential significance for carbon accounting: examples from Australian agriculture. *Advances in Agronomy*. 2010. Vol. 105(1). P. 173–219. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)05005-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)05005-4).

9. Birch C.J., McLean G., Sawers A. Analysis of high yielding maize production – a study based on a commercial crop. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 2008. Vol. 48, Iss. 3. P. 296–303. <https://doi.org/10.1071/EA06103>.

10. Ion V., Dicu G., Dumbravă M., Temocico G. et al. Harvest index at maize in different growing conditions. *Romanian Biotechnological Letters*. 2015. Vol. 20, № 6. 10951–10960.

11. Танчик С.П., Центило Л.В. Оптимізація строків сівби кукурудзи в Правобережному Лісостепу. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН»*. 2011. Вип. 1–2. С. 109–113.

12. Пашенко Ю.М., Борисов В.М., Шишкіна О.Ю. Адаптивні і ресурсозбережні технології вирощування гібридів кукурудзи. Дніпропетровськ : АРТ-ПРЕС, 2009. С. 178–180.

13. 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.

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

15. Вожегова Р.А., Лавриненко Ю.О., Малярчук М.П. та ін. Методика польових і лабораторних досліджень на зрошуваних землях. Херсон: Грінь Д. С., 2014. 268 с.

16. Вожегова Р. А., Лавриненко Ю. О., Марченко Т. Ю., Міщенко С. В., Пілярська О.О., Базиленко Є.О. Перспективні культури для біоенергетики України. *Аграрні інновації*. Херсон, 2022. № 11. С. 5–15. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2022.11.1>.

17. Palamarchuk V., Krychkovskiy V., Skakun M. Study of the efficiency of growing maize for silage for processing into biogas and digestate. *Scientific Horizons*, 2024. Vol. 27(1). P. 54–61 <https://doi.org/10.48077/scihor1.2024.54>.

18. Грабовський М. Б. Особливості технології вирощування кукурудзи як сировини для виробництва біогазу. Рослинництво та ґрунтознавство. Київ, 2019. Т. 10. № 2. С. 12–17. <https://doi.org/10.31548/agr2019.01.012>.