Джерело: http://ukrsugar.com/uk/post/optimizacia-organicnogo-virobnictva-cukrovih-burakiv-ta-zmensenna-rozrivu-u-vrozajnosti-na-pivnoci-polsi

https://www.researchgate.net/publication/381503052_Optimizing_an_Organic_Method_of_Sugar_Beet_Cultivation_and_Yield_Gap_Decrease_in_Northern_Poland

Jozef Tyburski

Оптимізація органічного виробництва цукрових буряків та зменшення розриву у врожайності на півночі Польщі

П’ятниця, 12 липня 2024 12:00

Завдяки розвитку механізації, успіхам у селекції, застосуванню синтетичних засобів захисту рослин і добрив урожайність більшості сільськогосподарських культур помітно зросла. Однак побічні ефекти підвищення продуктивності сільського господарства важко усунути: несприятливі зміни природних екосистем і викиди значної кількості азоту, фосфору, вуглекислого газу, метану та пестицидів в атмосферу

та ґрунтове середовище. Запровадження інтенсивного землеробства також призвело до зменшення сортової стійкості та ефективності засобів захисту рослин, подальшого збільшення собівартості вирощування, а також підвищення їх хімічного складу. З метою пом’якшити негативний вплив вищезазначених факторів, робляться ставки на використання більш стійких та сприятливих для навколишнього середовища та людини систем ведення сільського господарства, у тому числі органічного.

За матеріалами статті на тему «Оптимізація органічного методу вирощування цукрових буряків та зменшення розриву у врожайності в Північній Польщі» («Optimizing an Organic Method of Sugar Beet Cultivation and Yield Gap Decrease in Northern Poland») журналу Agriculture (14) 2024 р.

Історично так склалося, що саме у вирощуванні цукрових буряків раніше, ніж інших видів культурних рослин, почали застосовувати хімічні методи боротьби з патогенами та шкідниками, а саме протруювання та дражування насіння, а також були виведені однозародкові сорти. Крім того, були досягнуті успіхи у виведенні стійкості, особливо, проти церкоспорозу та ризоманії. Це сприяло значному підвищенню врожайності цукрових буряків: за перші 100 років селекції вміст цукру в коренеплодах зріс з 4% до понад 16%, а за останні 50 років урожайність буряків подвоїлася. Після періоду надзвичайно динамічного збільшення врожайності цукрових буряків настала фаза стабілізації, але в європейських країнах вихід цукру характеризується щорічним зростанням на 0,6-1,4% у результаті постійного селекційного прогресу. Виробництво цукрових буряків має великий потенціал для подальшого підвищення ефективності, особливо в рамках органічного землеробства.

У системі органічного виробництва цукрових буряків вибір сортів досить важливий, не в останню чергу тому, що органічні буряки першими переробляються на цукор, перш ніж технологічні лінії цукрового заводу будуть «забруднені» звичайною сировиною. З цієї причини органічні сорти буряків повинні характеризуватися швидким проростанням, високою динамікою росту, а також високою врожайністю, незважаючи на раннє збирання.

Серед іншого, церкоспороз, поширене захворювання на цукрових буряках, вирощуваних в органічній системі, відповідає за значне зниження вмісту цукру в коренях. У цій системі заборонено використання більшості хімічних засобів захисту рослин, але дозволені обробки препаратами, що містять мідь і сірку, які мають добру ефективність. У разі високої ураженості листя церкоспорозом доцільно використовувати сорти з підвищеною стійкістю.

Останнім часом ризоктоніоз також є основною проблемою органічного вирощування буряків, якій можна протистояти шляхом використання стійких сортів та правильної сівозміни. Лімітуючим фактором для врожайності цукрових буряків також є попелиця, яка переносить вірус жовтухи листя. В органічному виробництві боротьба з попелицею ґрунтується на використанні комах, які є хижаками для неї, включаючи сонечко та осу, а також олії німу з *Azadirachta Indica* та інсектицидного мила. Стосовно ґрунтових паразитичних нематод, таких як бурякова цистоподібна нематода (*Heterodera schachtii*), протинематодні заходи ґрунтуються на дотриманні сівозміни з використанням так званого механізму уловлювання, а також стійких до нематоди сортів буряків.

Збалансоване внесення добрив відіграє важливу роль у реалізації потенціалу врожайності цукрових буряків. В органічному виробництві використовується в основному гній, можливе використання сидератів, компосту, а також пропонованих у продажу органічних азотних добрив, таких як Bioilsa N 12,5, і мінеральних добрив, у тому числі калійних і фосфорних добрив природного походження.

У зв’язку з посиленням нестабільності погодних умов збільшується вплив абіотичних факторів на врожайність цукрових буряків. Вони викликають втрати врожайності як при органічному, так і традиційному вирощуванні, часто становлячи так званий мінімальний фактор. Протидіяти дії цих несприятливих абіотичних факторів можна шляхом поліпшення фізичних властивостей ґрунту, його структури, вмісту води та органічних речовин.

Якщо заходи боротьби з бур’янами не вживаються, конкуренція з бур’янами може призвести до втрати врожайності буряків від 26% до майже 100%. З цієї причини органічне вирощування цукрових буряків не рекомендується на сильно забур’янених полях. Боротьба з бур'янами базується

в основному на застосуванні механічних обробок, при яких високоефективними є культиватори, обладнані оптичними датчиками.

Цукровий буряк як вид, що вимагає збалансованого внесення добрив і ретельного контролю бур'янів, вважався засобом прогресу в сільському господарстві з початку його вирощування. Але якщо в XIX столітті для механічної та ручної прополки було достатньо трудових ресурсів, то сьогодні все дуже проблематично. Лише нещодавно з'явилися висококласні машини для прополки, включно з оптичною прополкою та ротаційною бороною, які можуть замінити людську працю. Це створює хороші умови для розширення площ органічного вирощування цукрових буряків у багатьох європейських країнах, у тому числі для організації такого виробництва в Польщі, на користь виробників й споживачів органічних продуктів харчування та біорізноманіття.

У вище наведеному контексті також важливим є рівень врожайності, який значною мірою залежить від кількості органічної речовини, що міститься в ґрунті, та її впливу на біологічну активність і продуктивність ґрунту. Для фермера, окрім доходу від продажів коренеплодів, мають значення й інші моменти, зокрема можливість збирати листя на корм худобі або викуповувати органічний жом із цукрових заводів. Крім того, важливі екологічні аспекти, включаючи клімат, а також фізіолого-біохімічні та енергетичні аспекти органічного вирощування. Існує інтерес до органічного удобрення, органічного протруювання насіння та методів біологічного контролю агрофагів цукрових буряків.

Матеріали та методи

У період 2016-2018 рр. у Польщі було проведено дві серії польових досліджень органічного вирощування цукрових буряків. Першу було проведено на середньо-важкому ґрунті на сільськогосподарській дослідній станції, розташованій у селі Балцини Вармінсько-Мазурського воєводства. Другу серію досліджень проводили на середньо-важкому ґрунті на сертифікованій органічній фермі, розташованій у селі Плонне Куявсько-Поморського воєводства.

Загальна кількість опадів у період вегетації цукрових буряків (квітень-вересень) у 2016, 2017 та 2018 роках становила відповідно 379,8, 426,2 та 431,6 мм у с. Балцини та 381,5, 401,2 та 332,7 мм у с. Плонне. Середні температури протягом експериментального періоду коливалися від 14,4 до 17°C у Балцини та від 14,7 до 17,1°C у Плонне. Невеликі коливання погодних умов, особливо опадів, були зареєстровані на обох ділянках. Польові випробування проводилися на півночі Польщі, ділянки розташовані на відстані близько 90 км одна від одної, тому результати представлені окремо.

Для опису типу ґрунту дослідних ділянок проводились польові та лабораторні дослідження. На обох ділянках був суглинистий ґрунт Luvisol (містить 28-29% частинок діаметром ≤ 0,02 мм), який називається середньо-важким ґрунтом. Вміст окремих фракцій ґрунту не змінювався залежно від глибини шару, що свідчить про його однорідність (*Табл. 1*).

Таблиця 1. Фізичні властивості ґрунтів на експериментальних ділянках органічних ферм у селах Балцини та Плонне

Специфікація	Місце проведення експерименту	
	Балцини	Плонне
Текстурний клас	Мулистий суглинок	Мулистий суглинок
Шар ґрунту 0-30 см		
Пісок,%	38	42
Мул, %	33	30
Глина, %	29	28
Шар ґрунту 30-60 см		
Пісок,%	39	42
Мул, %	30	31
Глина, %	31	27

За даними хімічного аналізу ґрунту, pH ґрунту в с. Балцини був нейтральним, а в Плонне – слаболужним, вміст K і Mg був низьким, а вміст S — середнім (*Табл. 2*). Ґрунти мали 9,84-9,91 г органіки на 1 кг ґрунту. Нітратно-азотний вміст у Балцині був середнім, а в Плонне – високим.

Таблиця 2. Окремі хімічні властивості середньо-важких ґрунтів

Розташування та тип ґрунту	Органічний C, г/кг ґрунту	pH		Наявні форми, мг/кг ґрунту				
		1 моль KCl $дм^{-3}$	H2O	N-NO3	P	K	Mg	S-SO4
Балцини, середньо-важкий ґрунт	9,84	6,05	6,33	24,3	65,4	59,5	48,8	26,5
Плонне, середньо-важкий ґрунт	9,91	6,42	6,89	37,7	64,6	71,4	64,2	28,6

В обох дослідах цукрові буряки підживлювалися органічними та мінеральними добривами. Посіви удобрювали гноєм великої рогатої худоби у нормі 30 т/га (105 кг N/га), фермерським компостом у нормі 30 т/га, що відповідає нормі 103 кг N/га, та добривом Bioilsa (12,5% N) у нормі 800 кг/га, що відповідає нормі 100 кг чистого N/га. Bioilsa — комерційно доступне органічне добриво, виготовлене з побічних продуктів тваринного походження. Переважаючою сировиною є свиняча щетина зі скотобійні. Цей побічний продукт піддається ферментативному розкладанню для отримання органічного азотного добрива, схваленого для органічного сільського господарства, яке досить часто використовується в багатьох країнах ЄС.

Таблиця 3. Середній вміст сухої речовини та основних макроелементів у гною великої рогатої худоби та компості, що використовувалися в дослідах

Органічне добриво	Вміст, %						
	Суха речовина	N	P	K	Na	Ca	Mg
Гній великої рогатої худоби	24,50	1,43	0,91	1,55	0,23	0,94	0,26
Компост	40,81	0,84	0,61	0,98	0,19	0,96	0,32

На обох ділянках, підживлених добривом Bioilsa, додатково вносили мінеральні калій і магній у вигляді калій магнезії (Patentkali) з нормою 66,4 кг K і 16,1 кг Mg на 1 га. Добриво додатково містило сірку, а 45 кг S вносили за допомогою Patentkali. Слід зазначити, що добриво Patentkali

дозволене в органічному виробництві та прийнятне для використання на органічних господарствах у Польщі.

При традиційному вирощуванні вносили гній у нормі 30 т/га, аміачну селітру (50 кг N/га), калійну сіль (80 кг K/га) та суперфосфат (40 кг P/га), оскільки це є переважаючим стандартом для вирощування цукрових буряків у Польщі протягом останніх двох століть, хоча в останні десятиліття гній застосовується все менше, що спричиняє проблеми з вмістом органічної речовини в ґрунті.

У дослідах використовуватися сорти цукрових буряків Eliska, Jampol та Sobieski. Сорт Eliska виведений компанією KWS (Німеччина). Диплоїдний сорт нормальноцукрового типу, із середньою цукристістю та дуже правильною формою коренеплоду, характеризується стійкістю до ризоманії, церкоспорозу, толерантністю до бурякових цистоподібних нематод. Сорт Jampol виведений компанією Kutno Sugar Beet Breeding Company (Польща). Нормально-цукрового типу, з інтенсивним листям, відрізняється стійкістю до ризоманії та церкоспорозу. Сорт Sobieski виведений Wielkopolska Sugar Beet Breeding Company (Польща). Нормально-цукрового типу, характеризується стійкістю до ризоманії та церкоспорозу.

Буряк вирощували після озимої пшениці в чотирипільній сівозміні культур. Його посіяли на обох досліджуваних ділянках у перший тиждень квітня. Щороку буряк збирали в перший тиждень жовтня. Коренеплоди збирали вручну з кожної центральної частини ділянки (18 м^2), потім, після видалення листя, їх очищали і зважували. Проаналізовано якісні показники 20 коренеплодів цукрових буряків. Оцінювалася врожайність коренеплодів, вміст цукру, K, Na, альфа-аміноазоту та вихід білого цукру.

Результати, отримані в експерименті в Балцини

У серії досліджень у Балцини найвищий вміст цукру (18,64%) був зафіксований під час традиційного вирощування буряків (гній + NPK; *Табл. 4*). Цукрові буряки, вирощені в системі органічного землеробства, мали середній вміст цукру 18,32%, без статистично значущих відмінностей між варіантами з гноєм і добривом Bioilsa. Найменший вміст цукру був виявлений у буряку, підживленому компостом. Не було виявлено статистично значущих відмінностей у вмісті цукру між сортами Jampol і Sobieski. Найменший вміст цукру мали коренеплоди сорту Eliska.

Таблиця 4. Вплив органічного та традиційного вирощування та сортів цукрових буряків на вміст та вихід цукру (%). Балцини 2016-2018 рр.

Параметри	Сорти	Органічне вирощування				Традиційне вирощуван-ня	Середнє— Сорт
		Гній 30 т/га	Компост 30 т/га	Bioilsa 800 кг/га	Середнє	Гній + NPK	
Вміст цукру, %	Eliska	18.14	17.90	18.09	18.04	18.40	17.38^{b}
	Jampol	18.60	18.41	18.61	18.54	18.85	18.62^{a}
	Sobieski	18.46	18.22	18.44	18.37	18.66	18.45^{a}
	Середнє	18.40^{B}	18.18^{C}	18.38^{BC}	18.32^{BC}	18.64^{A}	18.15
Вихід цукру, %	Eliska	15.80	15.68	15.74	15.74	15.99	15.80^{b}
	Jampol	16.39	16.35	16.41	16.38	16.60	16.44^{a}
	Sobieski	16.27	16.16	16.29	16.24	16.45	16.29^{a}
	Середнє	16.15^{B}	16.06^{B}	16.15^{B}	16.12^{B}	16.35^{A}	16.18

A–C, значущість фактору I (підживлення); a-b, значущість фактору II (сорт).

Органічне вирощування цукрових буряків не мало статистично значущої різниці у виході білого цукру (в середньому 16,12%). Найвищий вихід білого цукру був виявлений при традиційному

вирощуванні буряків. Було показано, що фактор сорту має значний вплив на вихід цукру. Найбільший вихід цукру мали коренеплоди сорту Jampol (16,44%), найменший – Eliska (15,80%).

Достовірно найменший вміст калію було виявлено в коренеплодах, підживлених компостом (45,0 ммоль в 1000 г; *Табл. 5*). Інші варіанти підживлення не відрізнялися за вмістом калію в буряках. Також не було виявлено статистично значущого впливу сорту на вміст калію.

Таблиця 5. Вплив органічного та традиційного вирощування та сортів цукрових буряків на вміст мелазотрофів у коренеплодах: K, Na та N-α-NH_2 (ммоль/1000 г). Балцини 2016-2018 рр.

Параметри	Сорти	Органічне вирощування				Традиційне вирощуван-ня	Середнє— Сорт
		Гній 30 т/га	Компост 30 т/га	Bioilsa 800 кг/га	Середнє	Гній + NPK	
K, ммоль в 1000 г	Eliska	49.3	46.5	49.5	48.4	50.3	48.9^{a}
	Jampol	48.4	44.6	48.0	47.0	48.5	47.4^{a}
	Sobieski	46.9	44.0	45.9	45.6	46.7	45.9^{a}
	Середнє	48.2^{A}	45.0^{B}	47.8^{A}	47.0^{A}	48.5^{A}	47.4
Na, ммоль в 1000 г	Eliska	6.40	6.20	6.80	6.50	6.8	6.55^{a}
	Jampol	3.80	3.80	4.10	3.90	4.1	3.95^{b}
	Sobieski	4.60	4.30	4.50	4.50	4.7	4.53^{b}
	Середнє	4.90^{A}	4.80^{A}	5.10^{A}	5.00^{A}	5.2^{A}	5.01
N-α-NH_2, ммоль в 1000 г	Eliska	14.7	12.8	13.9	13.8	17.2	14.7^{a}
	Jampol	14.0	11.8	13.5	13.1	16.5	14.0^{a}
	Sobieski	14.1	11.7	14.1	13.3	16.9	14.2^{a}
	Середнє	14.3^{B}	12.1^{D}	13.8^{BC}	13.4^{C}	16.9^{A}	14.3

A–D, значущість фактору I (підживлення); a-b, значущість фактору II (сорт).

Сорт мав статистично значний вплив на вміст натрію в коренеплодах. Найбільший вміст цього елемента був виявлений в коренеплодах сорту Eliska (6,55 ммоль в 1000 г), а найменший – у коренеплодах сортів Jampol та Sobieski (3,95 і 4,53 ммоль в 1000 г відповідно). Система землеробства не викликала статистично значущих відмінностей у вмісті натрію.

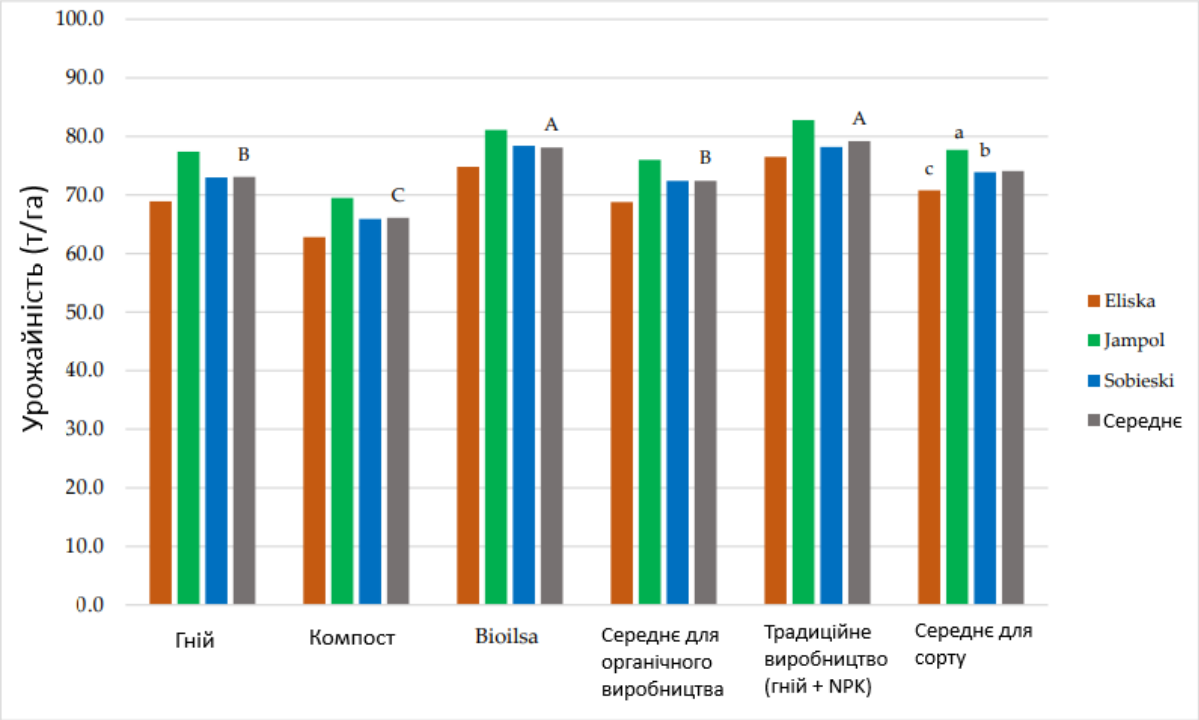
Вміст альфа-аміноазоту не залежав від сорту буряків і коливався від 14,0 до 14,7 ммоль в 1000 г. Проте важливе значення мала система виробництва — найвищий вміст альфа-аміноазоту було зафіксовано при традиційному вирощуванні буряків (16,9 ммоль у 1000 г), а найнижчий вміст цього мелазотрофа (12,1 ммоль у 1000 г) — під час органічного виробництва буряків, підживлених компостом. Вміст шкідливої фракції азоту в інших органічних варіантах (внесення гною та добрива Bioilsa) статистично значущо не відрізнявся і становив 14,3 і 13,8 ммоль в 1000 г відповідно.

Встановлено значну взаємодію експериментальних факторів для вмісту альфа-аміноазоту. Найнижчий статистично значущий вміст альфа-аміноазоту був у буряках, підживлених компостом, та у сортах Sobieski та Jampol.

Найвища урожайність коренеплодів була зафіксована при традиційному та органічному вирощуванні буряків із внесенням добрива Bioilsa (79,2 та 78,1 т/га) відповідно, тоді як найнижчу урожайність було отримано при органічному вирощуванні буряків із використанням компосту (66,1 т/га; *Рис. 1*). Показано статистично достовірний вплив сорту буряків на отриману врожайність. Найвищою врожайністю характеризувався сорт Jampol (77,7 т/га), а найнижчою (70,8 т/га) — сорт Eliska.

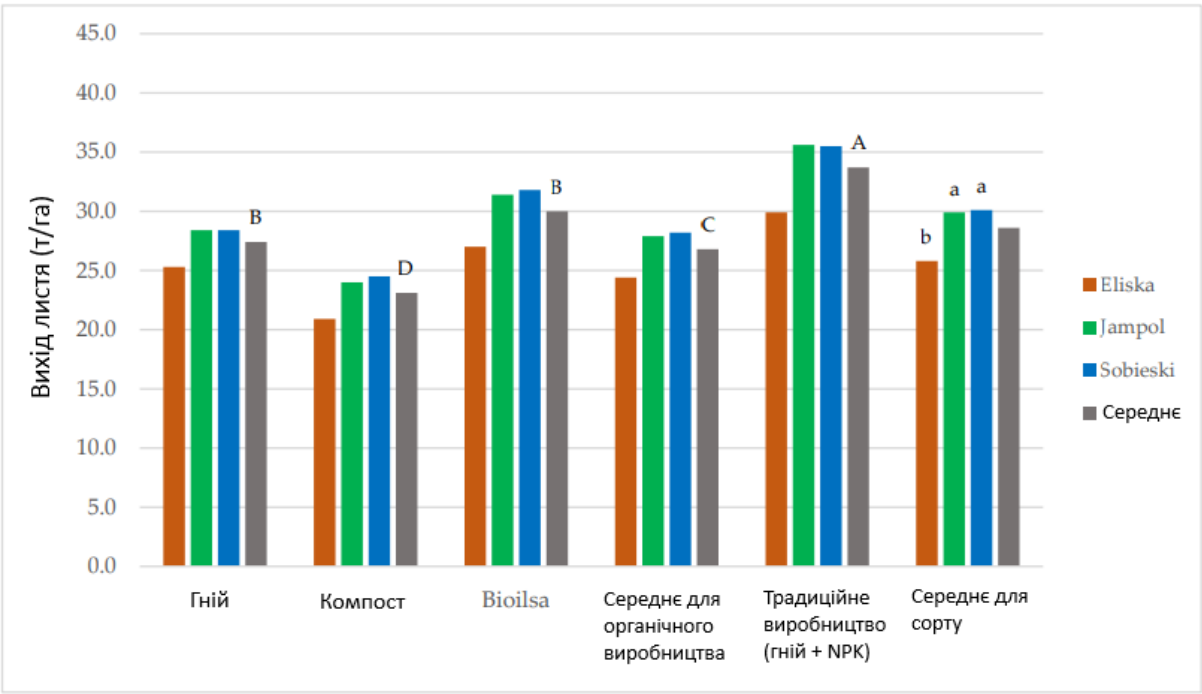
Найбільшу статистично відмінну врожайність було отримано у варіанті з традиційним вирощуванням буряків та органічним вирощуванням із застосуванням добрива Bioilsa, в обох випадках із вирощуванням сорту Jampol.

Рис. 1. Вплив органічного та традиційного вирощування та сортів цукрових буряків на врожайність коренеплодів. Балцини 2016-2018 рр. A–C, значущість фактору I (підживлення); a-c, значущість фактору II (сорт).



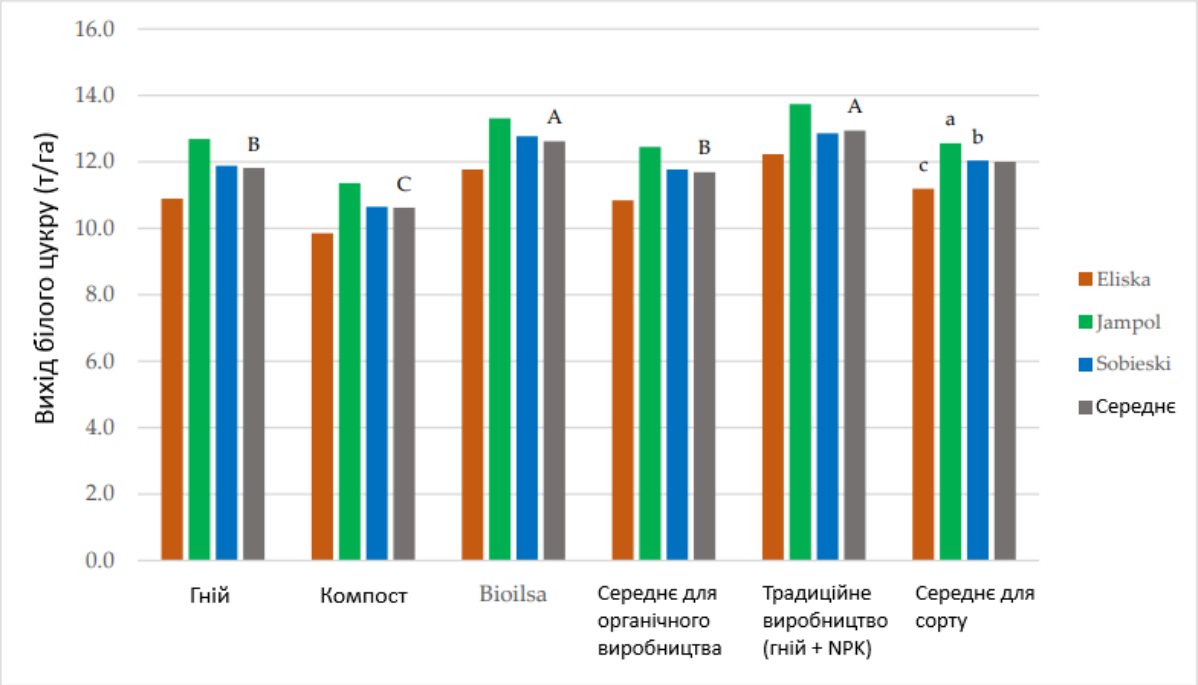
Найменший вихід листя було отримано під час підживлення буряків компостом (23,1 т/га; *Рис. 2*). Не було виявлено статистично значущих відмінностей у виході листя між іншими органічними варіантами вирощування буряків (гній 30 т/га та Bioilsa 800 кг/га). Дійсно, найвищий вихід листя (33,7 т/га) було отримано в традиційній системі вирощування буряків. Найвищий вихід листя мали сорти Jampol та Sobieski (29,9 та 30,1 т/га), найменший — сорт Eliska (25,8 т/га).

Рис. 2. Вплив органічного та традиційного вирощування та сортів цукрових буряків на вихід листя. Балцини 2016-2018 рр. A–D, значущість фактору I (підживлення); a–b, значущість фактору II (сорт).



Статистично значущі відмінності у виході білого цукру були зафіксовані для всіх досліджуваних сортів буряків. Найбільший вихід цукру мав сорт Jampol (12,56 т/га), а найменший — сорт Eliska (11,19 т/га; *Рис. 3*). Найвищий вихід цукру було виявлено під час традиційного та органічного виробництва буряків у варіанті з внесенням добрива Bioilsa (12,94 та 12,62 т/га), тоді як найнижчий вихід цукру (10,62 т/га) був виявлений в органічному виробництві з внесенням компосту.

Рис. 3. Вплив органічного та традиційного вирощування та сортів цукрових буряків на вихід білого цукру. Балцини 2016-2018. A–C, значущість фактору I (підживлення); a-c, значущість фактору II (сорт).



Результати, отримані в експерименті в Плонне

Система виробництва буряків змінювала вміст цукру в дослідах у селі Плонне в діапазоні від 17,63% (в органічному буряку, підживленому компостом) до 18,06% (традиційне виробництво; *Таблиця 6*). З урахуванням сортового чинника найнижчий вміст цукру (17,22%) мав сорт Eliska.

Таблиця 6. Вплив органічного та традиційного вирощування та сортів цукрових буряків на вміст та вихід білого цукру (%). Плонне 2016-2018 рр.

Параметри	Сорти	Органічне вирощування				Традиційне вирощуван-ня	Середнє— Сорт
		Гній 30 т/га	Компост 30 т/га	Bioilsa 800 кг/га	Середнє	Гній + NPK	
Вміст цукру, %	Eliska	17.18	17.02	17.23	17.14	17.46	17.22^{b}
	Jampol	18.25	18.05	18.20	18.17	18.51	18.25^{a}
	Sobieski	17.98	17.82	17.92	17.91	18.21	17.98^{a}
	Середнє	17.80^{A}	17.63^{B}	17.78^{A}	17.74^{B}	18.06^{A}	17.82
Вихід цукру, %	Eliska	14.89	14.87	14.95	14.90	15.14	14.96^{b}
	Jampol	16.01	15.86	15.88	15.89	16.14	15.97^{a}
	Sobieski	15.68	15.64	15.62	15.65	15.86	15.70^{a}
	Середнє	15.53^{B}	15.46^{B}	15.48^{B}	15.48^{B}	15.71^{A}	15.54

A–B, значущість фактору I (підживлення); a-b, значущість фактору II (сорт).

Найнижчий вихід цукру було виявлено під час органічного виробництва буряків (15,48%), тоді як найвищий був отриманий під час традиційного вирощування (15,71%). За сортовим фактором найменший вміст цукру (14,96 %) мав сорт Eliska. Достовірних відмінностей за цим параметром між польськими сортами Jampol та Sobieski не виявлено (*Табл. 6*).

Сорт суттєво не вплинув на вміст калію в буряках. Найменший вміст калію (45,6 ммоль в 1000 г) визначено під час органічного вирощування буряків, підживлених компостом (*Табл. 7*). Вміст калію серед інших варіантів істотно не відрізнявся.

Таблиця 7. Вплив органічного та традиційного вирощування та сортів цукрових буряків на вміст мелазотрофів у коренеплодах: K, Na, N-α-NH_2 (ммоль/1000 г). Плонне 2016-2018 рр.

Параметри	Сорти	Органічне вирощування				Традиційне вирощуван-ня	Середнє— Сорт
		Гній 30 т/га	Компост 30 т/га	Bioilsa 800 кг/га	Середнє	Гній + NPK	
K, ммоль в 1000 г	Eliska	47.1	44.1	47.0	46.1	47.1	46.3^{a}
	Jampol	49.6	46.7	49.4	48.6	49.7	48.9^{a}
	Sobieski	48.8	45.9	48.6	47.8	49.1	48.1^{a}
	Середнє	48.5^{A}	45.6^{B}	48.3^{A}	47.5^{A}	48.6^{A}	47.8
Na, ммоль в 1000 г	Eliska	5.60	5.40	5.60	5.50	5.70	5.58^{a}
	Jampol	4.80	4.50	4.70	4.70	5.00	4.75^{b}
	Sobieski	5.00	4.90	5.30	5.10	5.50	5.18^{a}
	Середнє	5.10^{B}	4.90^{C}	5.20^{B}	5.10^{B}	5.40^{A}	5.17
N-α-NH_2, ммоль в 1000 г	Eliska	20.2	17.4	20.2	19.3	23.7	20.4^{a}
	Jampol	18.5	15.5	18.2	17.4	21.5	18.4^{b}
	Sobieski	17.6	15.6	17.4	16.9	20.3	17.7^{b}
	Середнє	18.8^{B}	16.2^{C}	18.6^{B}	17.9^{BC}	21.8^{A}	18.9

A–C, значущість фактору I (підживлення); a-b, значущість фактору II (сорт).

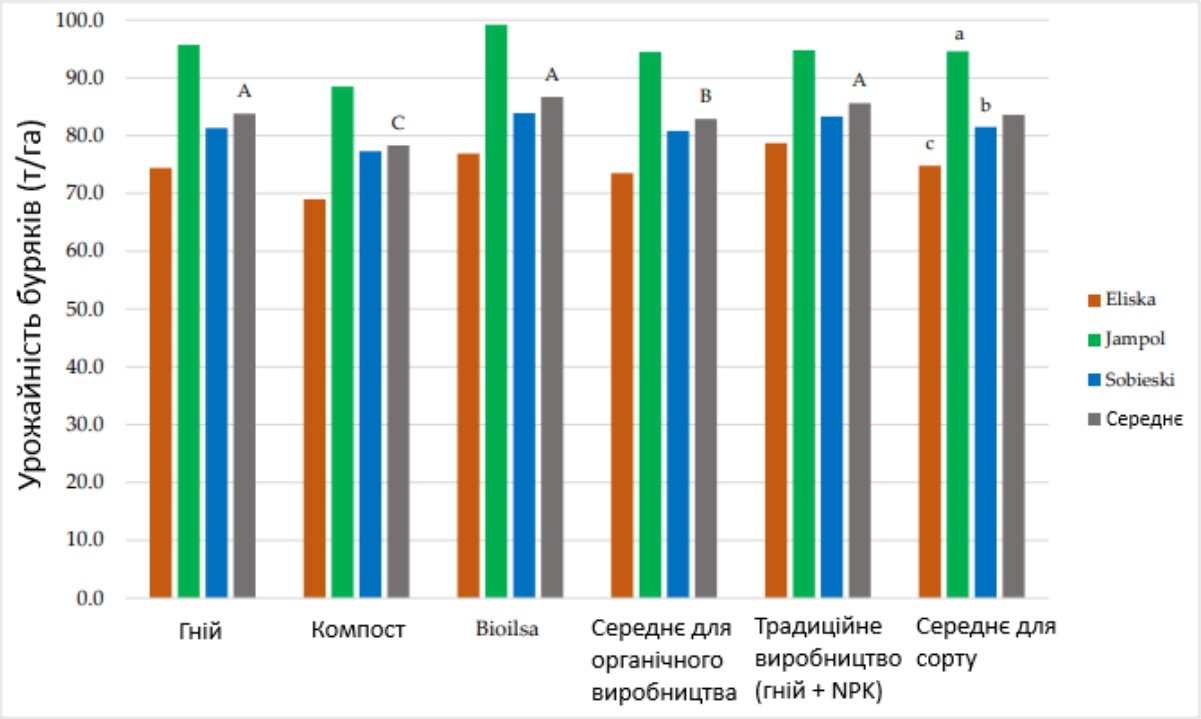
Найвищий вміст натрію (5,4 ммоль в 1000 г) було зафіксовано при традиційному вирощуванні, а найнижчий – при органічному виробництві з підживленням компостом. Вміст цього мелазотрофу при вирощуванні сорту Eliska був значно вищим, ніж у сортів Jampol та Sobieski (*Табл. 7*).

Найнижчим вмістом альфа-аміноазоту (16,2 ммоль в 1000 г) характеризувались органічні буряки, підживлені компостом, а найвищим (21,8 ммоль в 1000 г) — буряки в системі традиційного вирощування. Не було статистично значущих відмінностей у вмісті альфа-аміноазоту в органічних буряках (гній 30 т/га та Bioilsa 800 кг/га). Фактор сорту також суттєво впливав на вміст альфа-аміноазоту: у сорту Eliska його вміст становив 20,4 ммоль в 1000 г, тоді як у двох інших сортах (Jampol та Sobieski) — 18,5 і 17,7 ммоль в 1000 г відповідно.

Показано суттєву взаємодію дослідних факторів у контексті вмісту альфа-аміноазоту в коренях. Найменший вміст цього мелазотрофу спостерігався в органічних буряках, підживлених компостом, і в сортах Jampol та Sobieski (*Табл. 7*), що досить бажано для цукрової галузі.

Найвищу урожайність (94,6 т/га) мав сорт Jampol, а найменшу — сорт Eliska (74,8 т/га; *Рис. 4*). З огляду на систему вирощування, найнижчу урожайність було отримано під час органічного виробництва буряків, підживлених компостом. Інші варіанти не мали статистично значущих відмінностей в урожайності.

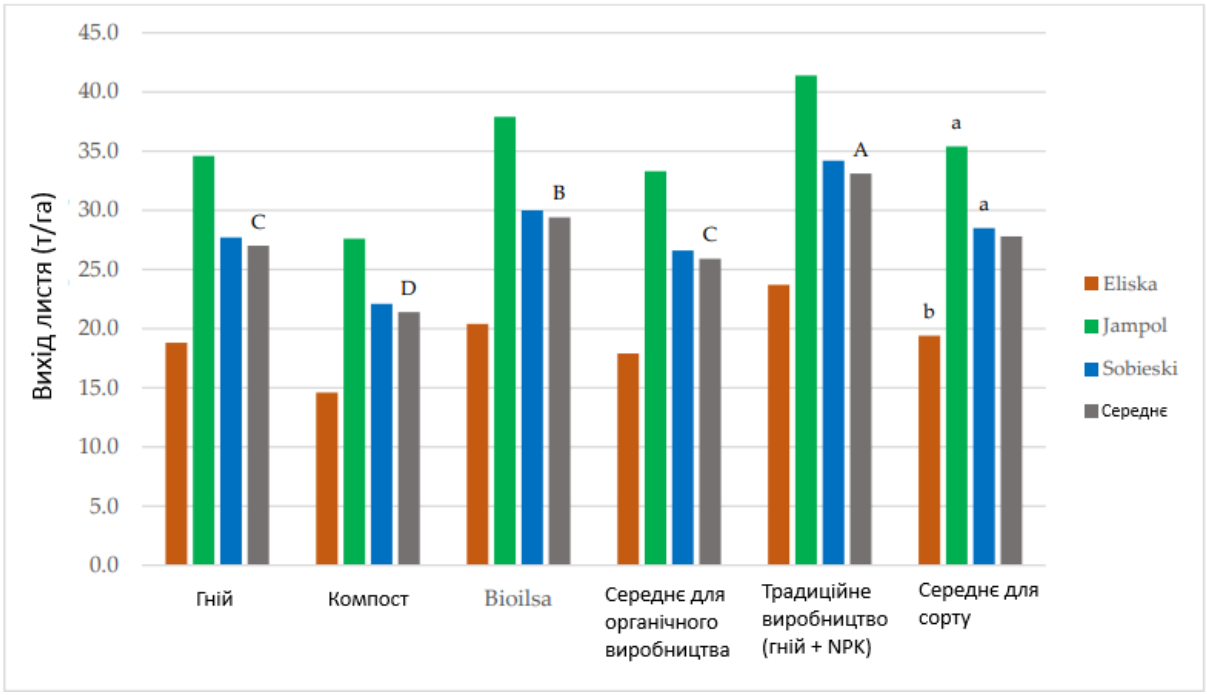
Рис. 4. Вплив органічного та традиційного вирощування та сортів цукрових буряків на врожайність. Плонне 2016-2018 рр. A–C, значущість фактору I (підживлення); a–c, значущість фактору II (сорт).



Показано достовірну взаємодію експериментальних факторів у контексті врожайності коренеплодів. Найвищу урожайність мав сорт Jampol, підживлений добривом Bioilsa, яка не відрізнялася від урожайності буряків, вирощених у системі традиційного виробництва.

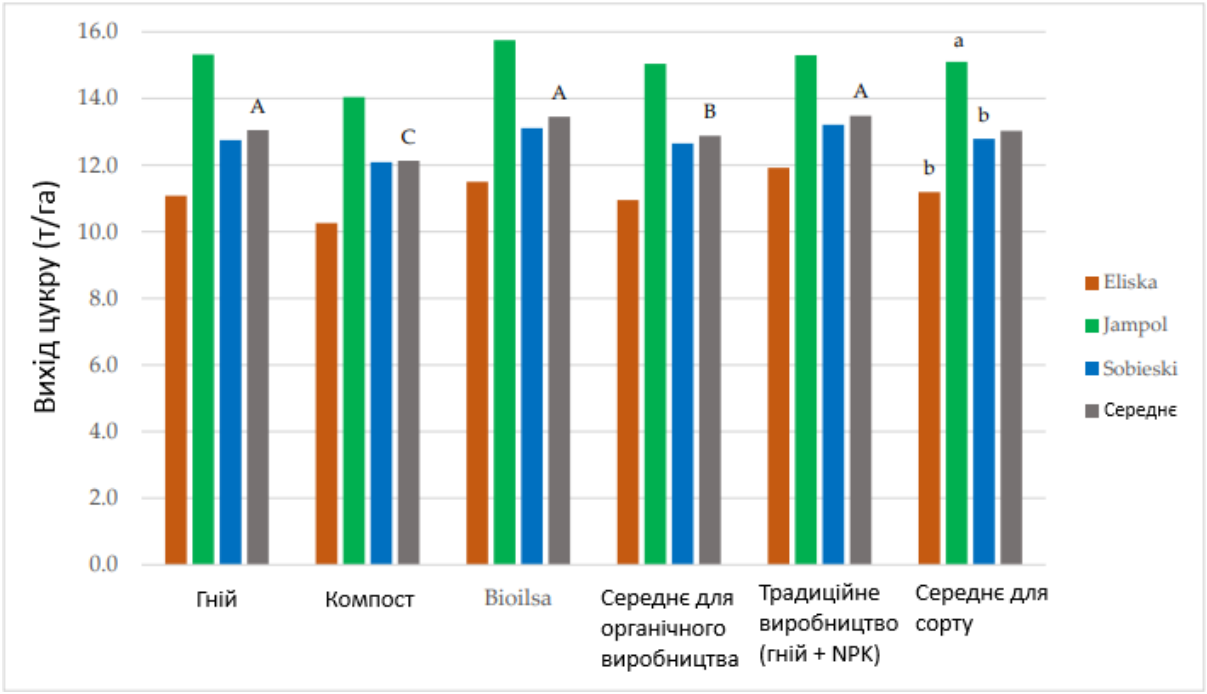
Система вирощування мала значний вплив на вихід листя, і кожен із досліджуваних варіантів дослідження (підживлення та вибір сорту) показав статистично значущі відмінності. Найвищий вихід листя був отриманий у системі традиційного вирощування (33,1 т/га), найнижчий — при органічному вирощуванні з підживленням компостом (21,4 т/га; *Рис. 5*). За сортовим фактором статистично значущу різницю в урожайності визначено між найменш урожайним сортом Eliska (19,4 т/га) та сортами Jampol та Sobieski (35,4 і 28,5 т/га) відповідно. Не було статистично значущих відмінностей між виходом листя в органічних буряках, підживлених гноєм та добривом Bioilsa, і традиційним вирощуванням.

Рис. 5. Вплив органічного та традиційного вирощування та сортів цукрових буряків на врожайність. Плонне 2016-2018 рр. A–D, значущість фактору I (підживлення); a-b, значущість фактору II (сорт).



Вихід білого цукру був найнижчим у системі органічному виробництва буряків із підживленням компостом (12,13 т/га) і найвищим при традиційному вирощуванні (13,48 т/га; *Рис. 6*). Вибір сортів суттєво вплинув на вихід цукру, найменший вихід цукру мав сорт Eliska (11,19 т/га).

Рис. 6. Вплив органічного та традиційного вирощування та сортів цукрових буряків на вихід білого цукру. Плонне 2016-2018 рр. A–C, значущість фактору I (підживлення); a-b, значущість фактору II (сорт).



Обговорення

Цукрові буряки успішно вирощуються у багатьох країнах Центральної та Західної Європи. У науковій літературі є численні дослідження його позитивного впливу на навколишнє середовище, особливо, стосовно викидів газів, що виникають у системі традиційного вирощування. Однак тема

різниці у врожайності між системами традиційного та органічного вирощування буряків розглядається вкрай рідко.

Зазвичай припускається, що органічне вирощування цукрових буряків призводить до скорочення врожайності цієї культури приблизно на 10-25%, порівняно з традиційним вирощуванням. Проте проведені дослідження показали, що за умови оптимізації внесення добрив і правильного вибору сорту в органічному виробництві можна підтримувати ключові кількісні та якісні параметри (урожайність коренеплодів, вміст та вихід білого цукру) на рівні, аналогічному до традиційного виробництва буряків.

Урожайність цукрових буряків коливається в залежності від регіону вирощування. У Польщі середня врожайність буряків близько 10 років тому перевищувала 55 т/га і демонструє постійну тенденцію до зростання, перевищуючи 60 т/га. Урожайність, отримана в дослідах у с. Балцини і Плонне, була приблизно на 25-30% вищою, ніж середня по країні. Причини цієї невідповідності можна пояснити використанням гною, який у Польщі при традиційному вирощуванні використовується все меншою кількістю фермерів (близько 30%). Більшість виробників цукрових буряків не мають у господарстві худоби, а отже, і гною, тому вносять лише мінеральні добрива NPK, що погіршує баланс органічної речовини та структуру ґрунту, що негативно впливає на врожайність. Варто підкреслити, що органічне господарство, яке вносить природні добрива на ділянках із ґрунтами із середнім вмістом поживних речовин, може мати вищий потенціал урожайності, ніж традиційне господарство.

Варіанти підживлення, застосовані в органічному виробництві, забезпечили високі результати урожайності цукрових буряків. Сприятливий вплив гною на розвиток цукрових буряків неодноразово підтверджено. Використання гною у системі органічного вирощування дає можливість підтримувати задовільний рівень урожайності буряків, який мало відрізняється від традиційного вирощування. Наявний збалансований резерв поживних речовин задовольняв потреби цукрових буряків, водночас дозволяючи сформувати хорошу технологічну цінність коренеплодів за рахунок значного зниження вмісту мелазотрофів, насамперед альфа-аміноазоту.

У контексті вищезазначених міркувань підживлення добривом Bioilsa виявилося дуже корисним. Це добриво, виготовлене з відходів скотобійні (в основному свинячої щетини), з вмістом азоту 12,5%, який виділяється поступово протягом вегетаційного періоду. Оскільки цукровий буряк має тривалий вегетаційний період, а органічне вирощування супроводжується значною механічною прополкою (і водночас розпушуванням ґрунту), оксигенація ґрунту збільшується за рахунок прискорення вивільнення азоту. Завдяки використанню Bioilsa до ґрунт надходить практично лише азот. Тому при органічному вирощуванні додатково вносили мінеральне добриво Patentkali у складі 30% K, 10% Mg, 42,5% S. Це робили для забезпечення буряків належним запасом K і Mg, які присутні у великих кількостях у гної та компості, але практично відсутні в Bioilsa. Щоб відмовитися від мінеральних добрив K і Mg, потрібно було б використовувати Bioilsa N, P і K.

Загалом у системі органічного виробництва цукрових буряків варіант із застосуванням органічного азотного добрива Bioilsa N 12,5 забезпечив високу врожайність, що відповідає врожайності, отриманій у системі традиційного вирощування. Крім високої врожайності, варто відзначити сприятливий вплив Bioilsa на вміст мелазотрофів. Таким чином, Bioilsa у поєднанні з мінеральними добривами K і Mg є хорошою альтернативою для органічних господарств.

На практиці підживлення компостом застосовується рідше. Компост, який використовувався в експериментах, був виготовлений на органічній фермі з використанням гною великої рогатої худоби як субстрату. Зрілий компост, який використовувався в експерименті, був добривом із досить високою концентрацією азоту. Однак зрілий компост на більше 97% складається з азоту в органічній формі, що вимагає мінералізації, щоб рослина змогла його поглинути. Азот із компосту виділяється протягом дуже тривалого періоду, до 10 років, тому буряки можуть відчувати його дефіцит.

У даних дослідженнях використання компосту виявилося найменш ефективним методом підживлення цукрових буряків в органічному виробництві. Як було сказано вище, причиною цього є низька доступність і повільна мінералізація органічних сполук. Найбільш очевидним проявом дефіциту поживних речовин при вирощуванні буряків із використанням компосту було дуже низьке

поглинання азоту. Незважаючи на те, що це призвело до значно нижчого вмісту мелазотрофів, це також викликало значне скорочення врожайності буряків на 9,6% і 6,6%, а також виходу листя на 15,7% і 20,7%, порівняно з використанням гною. Поганий розвиток листя є основною причиною зменшення накопичення цукру, що безпосередньо погіршує його вихід.

На відміну від результатів даних досліджень, було виявлено сприятливий вплив використання компосту на врожайність цукрових буряків у системі органічного вирощування, однак варто зазначити, що для цього використовувалася дуже висока доза компосту (40 т/га) з високим вмістом N. Згідно з сучасними обмеженнями на використання азоту в гною в органічному виробництві, максимум становить 170 кг N/га, у вищезгаданому дослідженні доза становила 219,7 кг N/га, тобто обмеження було перевищено на 50 кг N/га. Варто зазначити, що використаний у даних дослідженнях гній у дозі 30 т/га містив лише 118,3 кг N, майже вдвічі менше, ніж компост.

Важливим фактором, який впливає на врожайність органічно вирощених цукрових буряків, виявився вибір сорту. Найменшу врожайність і менш сприятливі параметри якості врожаю (зокрема, менший вміст цукру) було виявлено у сорту Eliska. Це дивно, оскільки в зареєстрованих раніше випробуваннях (проведених під час традиційного виробництва) цей сорт характеризувався високою врожайністю та вмістом цукру. Таким чином, здається, що причиною гіршої врожайності і вмісту цукру був поганий розвиток листя, що, у свою чергу, призвело до пізнього змикання міжрядь і послабило можливість конкуренції з бур'янами. При органічному вирощуванні боротьба з бур'янами ускладнюється після того, як цукровий буряк досягнув фази двох-чотирьох листків (BBCH 14). Eliska також характеризувався високим вмістом мелазотрофів у коренях, що ще більше знижувало технологічність заготовленої сировини.

Висновки

Ефективні методи вирощування цукрових буряків, застосовані в польових дослідженнях, дозволили отримати врожайність на 25-30% вищу, ніж у середньому для Польщі, що говорить про високий потенціал для майбутнього широкого застосування даних практик. Вища врожайність та вихід білого цукру були отримані в дослідженні, проведеному в Плонне (з подібними ґрунтовими умовами до тих, що в с. Балцини), але на початку вегетаційного періоду буряки характеризувалися вищим вмістом азоту.

Органічне вирощування цукрових буряків у варіанті з компостом мало найбільший розрив в урожайності, порівняно з традиційним виробництвом. Менший розрив у врожайності в органічному вирощуванні був отриманий під час використання гною, що вказує на відсутність необхідності заміни гною на компост. Розрив урожайності в органічному виробництві може зменшитися до незначних значень або навіть перевищити рівень традиційного вирощування за допомогою використання добрива Bioilsa 12,5, доповненого мінеральними добривами K, Mg і S (Patenkali — дозволене для використання в органічному виробництві). Bioilsa 12,5 успішно використовується в органічному виробництві, але його висока вартість негативно позначається на прибутковості господарства. Вибір сортів цукрових буряків, придатних для органічного вирощування, має велике значення для врожайності і виходу білого цукру, допомагаючи значно зменшити різницю у врожайності, порівняно з традиційним виробництвом.