

7. Коломієць Ю.В., Григорюк І.П., Буценко Л.М. Вплив мікробних препаратів на збудників бактеріальних хвороб томатів. Овочівництво і баштанництво: історичні аспекти, сучасний стан, проблеми і перспективи розвитку: мат-ли II Міжнар. наук.-практ. конф. (21–22 березня 2016 р.). Ніжин, 2016. Т. 2. С. 156–160.

8. Ушкаренко В.О. та ін. Дисперсійний і кореляційний аналіз результати польових дослідів: навч. посібник. Херсон, 2008.

УДК 633.11:631.81.095.337

ПИГМЕНТНА СИСТЕМА ФОТОСИНТЕТИЧНОГО АПАРАТУ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ДІЇ МІКРОЕЛЕМЕНТУ ЦИНК

Кривенко А.І. – к.с.-г.н., с.н.с., доцент, заступник директора з наукової роботи, Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція

Національної академії аграрних наук України

Бурикiна С.І. – к.с.-г.н., п.н.с. науково-технологічного відділу агрохімії

грунтознавства та органічного виробництва,

Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція

Національної академії аграрних наук України

У статті відображені результати польового дослідів отримані протягом 2013-2015 рр. Мета – вивчити вплив хелатної та неорганічної форми цинку на пігментну систему пшениці озимої з урахуванням агрохімічного фону, способів і термінів внесення мікроелементу. Досліди виконувались на чорноземах південних малогумусних важко суглинистих добре окультурених. Вивчали два агрохімічні фони: 1 – без внесення добрив; 2 – $N_{90}P_{60}K_{40}$. Способи внесення мікроелементу: в ґрунт у передпосівну культивуацію в дозі 2,0 кг/га, позакорневне внесення -250 г/га у фази куцїння, стеблунання та куцїння + стеблунання. Форма внесення цинку – сірчанокисла сіль та комплексонат цинку з оксиетилдендіфосфоновою кислотою (ОЕДФ). Мінеральні добрива вносились у вигляді амїачної селїтри, гранульованого суперфосфату та калїйної солї, а також суперфосфату з включенням комплексонату цинку (0,75%). Попередник пшениці озимої сорту Кнопа – пар чорний. Встановлено, що використання мікроелементу цинк у вигляді комплексної солї з ОЕДФ зменшую негативну дію посухи і підвищує продуктивність рослин озимої пшениці на 8,0-19,4% залежно від погодних умов. Показано, що фізіологічна дія мікроелементу цинк на рослини пшениці сорту Кнопа полягала у затримуванні деградації пігментного комплексу, підвищенні вмісту хлорофілу і каротиноїдів.

Ключові слова: цинк, хлорофіл, каротиноїди, пшениця озима.

Кривенко А.И., Бурикiна С.И. Пигментная система фотосинтетического аппарата пшеницы озимой при действии микроэлемента цинк

В статье отражены результаты полевого опыта полученные в течение 2013-2015 гг. Цель – изучить влияние хелатной и неорганической форм цинка на пигментную систему озимой пшеницы с учетом агрохимического фона, способов и сроков внесения микроэлемента. Опыт проводился на черноземах южных малогумусных тяжело суглинистых хорошо окультуренных. Изучали два агрохимических фона: 1 – без внесения удобрений; 2 – $N_{90}P_{60}K_{40}$. Способы внесения микроэлемента: в почву в предпосевную культивуацію в дозе 2,0 кг/га, внекорневое внесение -250 г/га в фазы куцїння, стеблунання и куцїння + стеблунання. Форма внесения цинка – сернокислая соль и комплексонат цинка с оксиетилдендіфосфоновой кислотой (ОЕДФ). Минеральные удобрения вносились в виде аммиачной селїтри, гранулированного суперфосфата и калийной соли, а также суперфосфата с включением комплексоната цинка (0,75%). Предшественник озимой пшеницы сорта Кнопа – пар черныи. Определено, что использование микроэлемента цинк в виде комплексной соли с ОЕДФ снижает отрицательное действие засухи и повышает продуктивность

растений озимой пшеницы на 8,0-19,4% в зависимости от погодных условий. Показано, что физиологическое действие микроэлемента цинк на растения пшеницы сорта Кнопа заключалось в задерживании деградации пигментного комплекса, повышении содержания хлорофилла и каротиноидов.

Ключевые слова: цинк, хлорофилл, каротиноиды, пшеница озимая.

Kryvenko A.I., Burykina S.I. Pigment system of photosynthetic apparatus of winter wheat for the action of trace element zinc

The article reflects the results of field experience obtained during 2013-2015. Purpose-to study the effect of chelated and inorganic forms of zinc on the pigment system of winter wheat, taking into account the agrochemical background, methods and timing of application of trace elements. The experiments were carried out on the black soils of the southern low-humus heavily loamy well-cultivated. Studied two agrochemical backgrounds: 1 – without fertilizers; 2 – $N_{90}P_{60}K_{40}$. Methods of application of trace elements: in the soil in pre-sowing cultivation at a dose of 2.0 kg/ha, foliar application -250 g / ha in the phases of tillering, stemming and tillering + stemming. Form of any zinc – sulfate salt and complexant zinc oksietilidendifosfonovaya acid (HEDP). Mineral fertilizers were introduced in the form of ammonium nitrate, granulated superphosphate and potassium salt, as well as superphosphate with the inclusion of zinc complexonate (0.75%). The predecessor of winter wheat varieties knop-black steam. It was found that the use of the trace element zinc as a complex salt with eedf reduces the negative effects of drought and increases the productivity of winter wheat plants by 8,0-19,4% depending on weather conditions. It is shown that the physiological effect of the trace element zinc on wheat plants knopa was to delay the degradation of the pigment complex, increasing the content of chlorophyll and carotenoids.

Key words: zinc, chlorophyll, carotenoids, winter wheat.

Чарльз Дарвін назвав хлорофіл самою цікавою речовиною на Землі, а К. А. Тимірязєв говорив, що зерно хлорофілу – вихідна точка всього, що ми розуміємо під словом «життя» [1, с. 121]. Після того, як у 1818 році французи Ж. Пельгє та Ж. Ковенту виділили з листка зелену речовину і назвали її хлорофілом, вчені займалися його вивченням та вже в другій половині XIX століття К. А. Тимірязєв і німецький вчений Н. Мюллер встановили тісний зв'язок хлорофілу з фотосинтезом [2, с. 33, с. 123].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що фотосинтетичний апарат рослин реагує на дію будь-яких агротехнічних заходів певними перебудовами: зміни загальної кількості хлорофілу, співвідношення між його фракціями *a* та *b*, вмісту каротиноїдів – додаткових пігментів, які захищають фотосинтетичний апарат від фотоокислення, зумовленого несприятливими чинниками довкілля [3, 4]. Особливий вплив мають умови мінерального живлення макро- та мікроелементами [5, 6] і температурний режим [7]. При дефіцитному живленні синтез фотосинтетичних пігментів скорочується [8].

При вивченні динаміки накопичення основних пігментів на ранніх етапах онтогенезу рослин, В.В. Минайчевим із співавторами показано, що при концентраціях сульфату цинку в розчині від 0,001 до <0,1 мМ вміст хлорофілу та каротиноїдів в двотижневих проростках гороху поступово зростає, з наступним зниженням майже на 50% від контролю, яке спостерігалось при 10 мМ [9]. Автори відмічають зростання більш ніж удвічі вмісту хлорофілу *b*, що приводить до зміни співвідношення хлорофілів за обох сценаріїв, але якщо при низьких концентраціях іону цинку причиною могло бути прискорене перетворення хлорофілу *a* в форму *b* на фоні синтезу білків [10], то при високих – можливо пов'язане, за думкою дослідників, з прискоренням розкладу фракції *a* або з пошкодженням білків за накопичення цинку в проростках. За цими результатами дослідники зробили висновок, що нормальний синтез пігментів забезпечується концентрацією цинку 0,05-1,00 мМ (15-290 мг/кг ґрунту), залежно від культури.

Аналогічний вплив концентрацій цинку на формування пігментів фотосинтезу спостерігали для редиски [11], токсичним порогом для якої стала концентрація

цинку 0,87 ммоль або 250 мг на кг ґрунту; в тридцяти денних проростках злакових рослин [12], де вміст всіх пігментів знижувався при концентраціях цинку 0,05-0,10 мМ при незмінному співвідношенні a/b . А ось наявність хлориду цинку в концентраціях від 1 до 7 мМ сприяло підвищенню більш як удвічі вмісту хлорофілів в проростках томату при стабільному співвідношенні зелених пігментів [13].

Тож вивчення особливостей впливу мікроелементів на ефективність роботи фотосинтетичного апарату не менш важливий, аніж макроелементів. Цинк бере участь у біосинтезі попередників хлорофілу b , впливає на перебіг біохімічних процесів, які відбуваються під час дихання і фотосинтезу, а також пов'язаний з формуванням реакційних центрів та світлозбиральних комплексів, бере участь в окисновідновних ферментативних реакціях.

Мета – вивчити вплив хелатної та неорганічної форми цинку на пігментну систему пшениці озимої з урахуванням агрохімічного фону, способів і термінів внесення мікроелементу.

Матеріал, методика, умови досліджень. Досліди виконувались протягом 2013-2015 рр. на чорноземах південних малогумусних важко суглинистих добре окультурених.

Розмір посівної ділянки 140 м², облікової – 50 м², повторність – 4-х разова. Вивчали два агрохімічні фони: 1 – без внесення добрив; 2 – N₉₀P₆₀K₄₀. Способи внесення мікроелементу : в ґрунт у передпосівну культивуацію в дозі 2,0 кг/га, позакореневе внесення -250 г/га у фази кущіння, стеблуння та кущіння + стеблуння. Форма внесення цинку – сірчаноокисла сіль та комплексонат цинку з оксіетилендендіфосфоною кислотою (ОЕДФ). Мінеральні добрива вносились у вигляді аміачної селітри, гранульованого суперфосфату та калійної солі, а також суперфосфату з включенням комплексонату цинку (0,75%). Докладно схема досліді наведена при викладанні результатів. Попередник пшениці озимої сорту Кнопа – пар чорний.

Уміст хлорофілів і каротиноїдів визначали за методом А. Вельбуерна [14]. Зразки рослинного матеріалу відбирали з двох не суміжних повторень (по три середні проби) за фазами вегетації: осіннє та весняне кущіння, трубкування, колосіння, цвітіння. Для аналізу використовували всі листки (кущіння), перший розвинутий листок (трубкування) і прапорцевий листок (колосіння, цвітіння).

Район Причорноморського Степу, де проводились дослідження, характеризується нестабільним режимом зволоження. Кількість опадів за весняно-літній період вегетації озимої пшениці склала у 2013 році 76,6% від середньо багаторічної норми, у 2014 р. – 39,1% та у 2015 р. – 95,0%. За розподілом опадів більш сприятливим був 2013 рік, але за останнє десятиріччя змінився не тільки їх розподіл, але й характер випадання: здебільшого опади, що випадають за один раз або менш ніж продуктивні, або зливи. У 2013 році із загальної суми весняно-літніх опадів 50,% випало у вигляді злив, 2014 р. – 56,7% та у 2015 р. – 62,8%.

Крім того, у зв'язку з глобальними змінами, на півдні України спостерігається аридизація клімату, яка швидко прогресує. Повітряні та ґрунтові посухи на території Причорноморського степу стали більш частими, відмічаються дуже високі значення середньодобової температури повітря в період формування й досягання урожаю колосових культур. Прикладом, у 2013 році в період від трубкування до цвітіння середньодобова температура повітря була вища за середньо багаторічну на 1,5°C, у тому числі від фази колосіння до цвітіння – на 0,8°C; у 2014 загальне перевищення норми склало 5,1°C і від трубкування до цвітіння – 1,1°C, до того ж цей період характеризувався великими перепадами нічних та денних температур і

різким наростанням середньодобових – перед цвітінням, у 2015 році – $+1,0^{\circ}\text{C}$ (від фази виходу в трубку до цвітіння). Запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту в міжфазний період початок трубкування – цвітіння за роками досліджень складала від норми 68,11%, 63,6 % та 92,9%.

Розбіжність за метеопказниками дала можливість дослідити не тільки вплив агротехнічних факторів на вміст фотосинтетичних пігментів, але й визначити особливості впливу погодних умов за роками досліджень.

Статистична обробка отриманих результатів виконувалась з використанням пакету прикладних програм Excel та Statistika, методами дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізів.

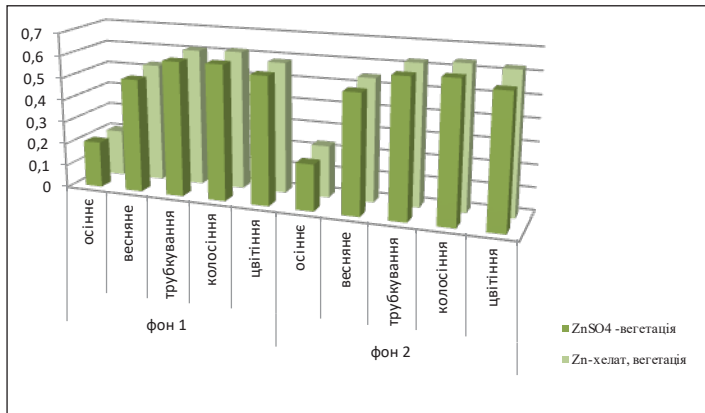
Результати та їх обговорення. Аналіз отриманих даних свідчить, що в середньому за роки досліджень найбільший вплив на зміни у вмісті пігментів мав фон живлення, що особливо помітно в осінній період розвитку рослин, оскільки стан фотосинтезуючої системи визначався добривами внесеними під посів (табл. 1). Особливо чітко проявилась залежність між концентрацією пігментів хлоропластів та наявністю хелату цинку в у складі мінеральних добрив: в середньому за роки досліджень, зростання суми фракцій хлорофілів склало 7,3% по відношенню NPK без цинку та 21,7% до неудобреного варіанту, різниця на користь хелатованого добрива склала 8,3%. Порівняно більш стрімко відбулося зростання хлорофілу *b* (на 31,7% по відношенню до чистого контролю і на 12,7% – до мінеральних добрив без Zn), для хлорофілу *a* підвищення концентрації склало 16,7 та 4,5%, відповідно.

Концентрація хлорофілу *a* у фазу весняного кушіння за дії фактору А (фон живлення) знаходилась в інтервалі 1,067-1,181 мг/г сирової маси, в середньому за три роки за варіантом внесення $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{40}$ збільшення склало 11,1% проти неудобреного фону: діапазон змін ознаки у фазі трубкування та колосіння – 5,8 та 5,6%, а у фазу цвітіння – максимальний (16,7%). Діапазон змін хлорофілу *b* за фонами живлення коливався в межах 4,2-6,7% в залежності від фази розвитку рослин пшениці. Концентрація хлорофілів при використанні комплексонату цинку суттєво, хоча й на межі достовірності, перевищувала варіант внесення його сірчанокислої солі практично протягом всієї весняно-літньої вегетації, що переконливо ілюструє рис. 1.

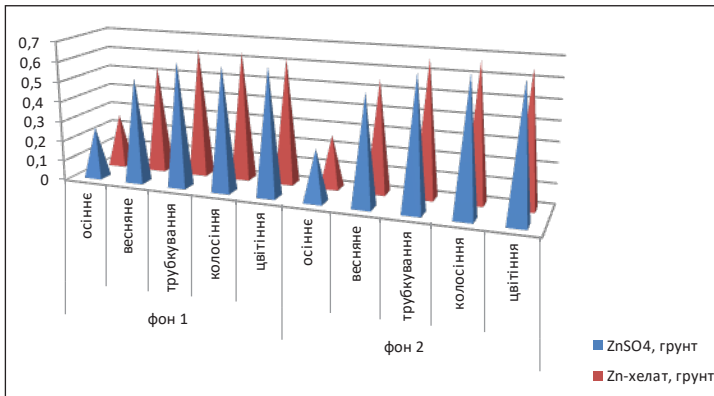
В дослідях М.М. Богдана [15, с. 17] також виявлено позитивний вплив позако-реневого обробітку рослин озимої пшениці комплексними добривами, до складу яких входив і цинк, на вміст в листках хлорофілу; ефективність такого обробітку залежала від забезпеченості мікроелементами.

Вміст каротиноїдів в листках пшениці озимої є дуже важливою характеристикою фотосинтетичного апарату рослини, оскільки цей «допоміжний» пігмент передає енергію поглиненого кванту світла хлорофілу для здійснення фотохімічної роботи, а також захищає хлоропласти від фото окислення. Порівняльно більший вміст каротиноїдів спостерігався у фазу трубкування, від якої він почав зменшуватися, причому за внесення хелату цинку падіння концентрації в період від трубкування до цвітіння склало 28,0%, ZnSO_4 – 32,1 % за цей же міжфазний період.

На вміст каротиноїдів вплинула і інтенсивність живлення, діапазон змін яких був достатньо широкий: від 6,1% (колосіння) до 22,8 % (цвітіння). Строки використання мікроелементу цинк практично не вплинули на коливання концентрації каротиноїдів, вони були в межах інтервалу достовірності, окрім фази трубкування ($+0,35\text{мг}/100\text{г}$ при НІР по фактору $C=0,35$) за дворазового обприскування посіву озимої пшениці.



а) хлорофіл а, мг/г



б) хлорофіл b, мг/г

Рис. 1. Вплив форми цинку на концентрацію хлорофілів за фонами живлення і фазами розвитку рослин пшениці озимої

Визначення співвідношення хлорофілів альфа:бета в хлоропластах озимої пшениці показало, що в середньому за роки досліджень воно мало тенденцію до зменшення незалежно від основного фону живлення (без обприскування по вегетації) від фази куціння до цвітіння (з 2,20 до 2,05), але якщо у 2013 та 2015 році це співвідношення коливалося в інтервалі 2,60-2,21 і мало таку ж тенденцію, то у 2014 році – в інтервалі 1,41-1,68.

Погодні умови років дослідження вплинули таким чином, що в середньому по досліді закономірне зниження концентрації хлорофілу *a* і хлорофілу *b* у 2013 та 2015 роках склало 17,4 та 11,3 %, у 2014 році вміст фракції *b* зменшився на 7,2 % до фази цвітіння, а фракції *a* – зріс на 10,9%, а вже глибина деструкції та синтезу цих пігментів залежала від основного удобрення (рис. 2).

У середньому за 2013 та 2015 роки максимальне зменшення хлорофілів у міжфазний період початок трубкування – цвітіння відбувалося на контрольному варіанті : хлорофілу *a* на 26,4%, хлорофілу *b* – на 15,4%; поліпшення умов жив-

лення за рахунок внесення $N_{90}P_{60}K_{40}$ дозволило зменшити падіння вмісту хлорофілу *a* до 15,6%, а на швидкість зменшення концентрації хлорофілу *b* – практично не вплинуло (-15,4%). Використання у складі повного мінерального добрива суперфосфату з комплексонатом цинку призупинило зменшення вмісту хлорофілів – хлорофілу *a* до 8,7%, хлорофілу *b* до 4,5% у порівнянні з трубкуванням. Повітряно-грунтова посуха 2014 року активувала адаптаційний потенціал рослин озимої пшениці, що знайшло прояв у зростанні концентрації хлорофілу *a* на 1,2–9,8% за варіантами живлення. Причому максимальне зростання синтезу цієї фракції спостерігалось при наявності комплексонату цинку у складі добрив, різниця на користь даного варіанту проти чистого контролю склала 8,6%, а проти фону NPK – 1,8%. Щодо хлорофілу *b*, то у 2014 році на контрольному варіанті зменшення його концентрації було навіть більше за 2013, 2015 роки (-17,4%), на фоні NPK (-5,7%) і на варіанті NPK_{-хелат} – (+0,8%). В цьому ми бачимо прояв захисної ролі хелату цинку за дії стресових чинників середовища, що обумовило затримку деградації фотосинтетичного апарату рослин пшениці озимої і стимуляцію хлорофілу *a*.

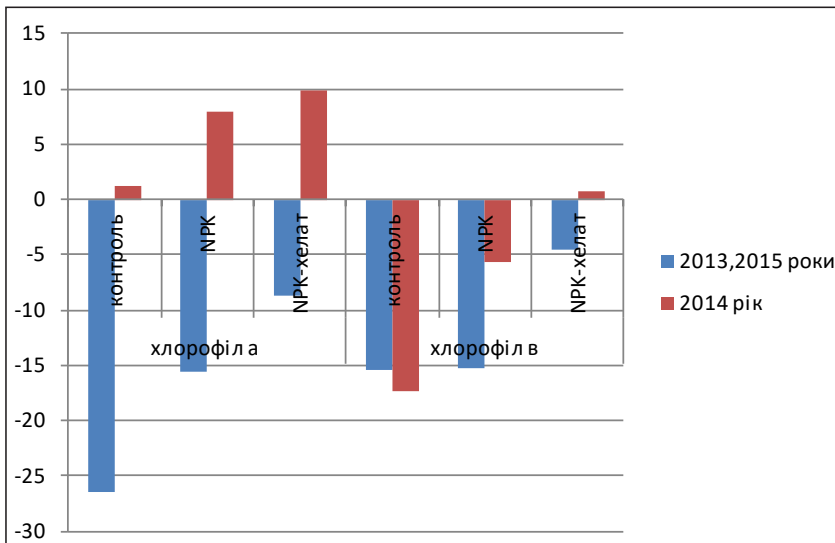


Рис. 2. Вплив виду удобрення на вміст фракцій пігментів хлоропластів озимої пшениці (вміст у фазу цвітіння \pm до вмісту у фазу початку трубкування, %)

Підтримка фотосинтезу в стресових ситуаціях забезпечується і збереженням вмісту каротиноїдів, які захищають клітини рослини від підвищеного рівня активних форм кисня та стабілізують мембрани хлоропластів [7]. За нашими даними (табл. 2) протягом всього досліджуваного періоду вегетації вміст каротиноїдів був суттєво вищий за контрольний варіант. На варіанті з внесення повного мінерального добрива з модифікованим за рахунок комплексонату цинку суперфосфатом, достовірне збільшення допоміжного пігменту щодо фону NPK спостерігалось у фазі весняного куціння, колосіння і цвітіння; в осінній період та у фазу трубкування воно склало 11,2% та 7,6%.

2. Динаміка концентрації каротиноїдів в листках пшениці озимої за фонами живлення, мг на 100 г (середнє за три роки)

Варіант	Фаза вегетації				
	кущіння		трубкування	колосіння	цвітіння
	осіннє	весняне			
Без добрив	5,56	6,46	7,48	6,86	4,25
N ₉₀ P ₆₀ K ₄₀	5,70	6,74	9,62	8,55	5,25
N ₉₀ P ₆₀ K ₄₀ -хелат	6,34	7,46*	10,35	9,83*	6,48*
НІР ₀₅	0,67	0,70	1,42	1,02	0,79
P, %	3,5	3,7	3,9	3,1	3,8
Частка впливу фактору, %	58,2	63,0	66,0	46,0	65,0

*– різниця суттєва відносно фону NPK

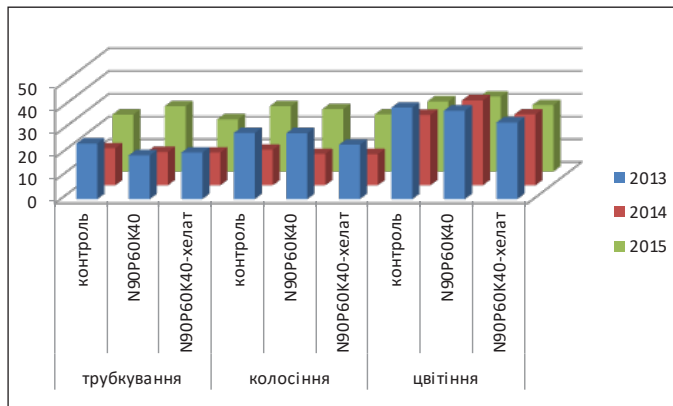


Рис. 3. Флуктуація співвідношення (хлорофіл а + хлорофіл b)/ каротиноїди за роками досліджень, фазами росту та варіантами живлення рослин пшениці озимої м'якої

Співвідношення між сумарним вмістом хлорофілів і каротиноїдами у середньому за цими варіантами досліджу у фази трубкування, колосіння та цвітіння у 2013, 2015 роках становило 22,8; 24,9 та 32,0, а у 2014 році – 15,0; 17,1 та 23,9 (рис. 3).

У трифакторному досліді (див. табл. 1) вплив фону живлення на вміст каротиноїдів був суттєвим у всі фази розвитку, комплексонат цинку мав математично достовірну перевагу у всі фази, окрім весняного кущіння, дворазове обприскування цинком у фази кущіння і стеблування привело до істотного зростання каротиноїдів у фазу трубкування по відношенню до внесення цинку в ґрунт (рис. 4).

Використання мікроелементу цинк у вигляді комплексної солі з ОЕДФ зменшує негативну дію посухи, що дозволило підвищити продуктивність рослин озимої пшениці навіть за несприятливих умов навколишнього середовища. В табл. 3 порівнюється рівень урожайності на контрольних варіантах і за формами внесення цинку у 2014 році з середнім урожаєм за 2013 та 2015 роки.

3. Урожай зерна пшениці озимої за формами внесення мікроелементу

Варіант	Середнє за 2013 та 2015 роки			2014 рік		
	урожай	приріст		урожай	приріст	
		т/га	%		т/га	%
Без цинку	4,86	-		4,03		-
Сульфат цинку	5,10	0,24	4,9	4,45	0,42	10,4
Комплексонат цинку	5,25	0,39	8,0	4,81	0,78	19,4

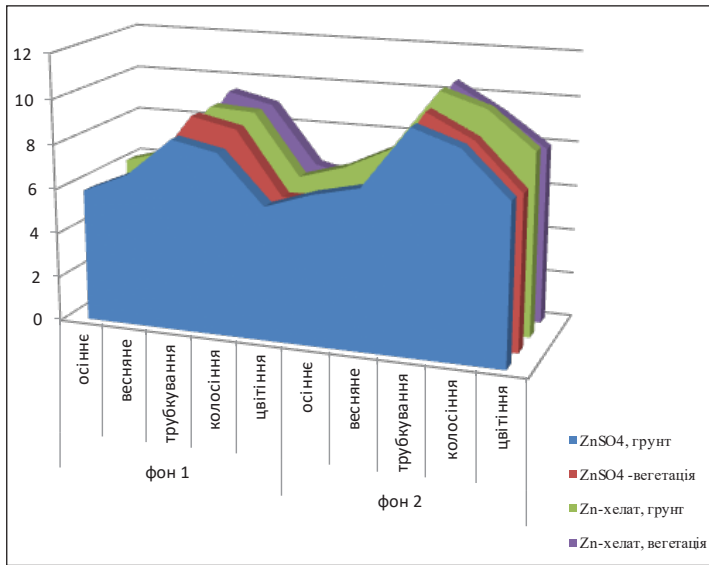


Рис. 4. Динаміка вмісту каротиноїдів за формами і способами внесення цинку, мг/100 г

Абсолютні значення урожайності у несприятливому 2014 році були менші середніх за 2013 та 2015 рр. : на контролі на 17,1%, на варіантах з внесенням сульфату цинку – на 12,7 % і з хелатною формою цинку – на 8,4%. Як бачимо, на варіантах з використанням мікроелементу рівень зниження урожайності менший ніж на контролі, причому найменший він при внесенні комплексної солі цинку. В той же час прирости урожаю відносно контролю без цинку у 2014 році вищі у 1,75 -2,0 рази залежно від форми, в якій знаходиться мікроелемент.

Як відомо, цинк тісно пов'язаний із білковим синтезом, оскільки він впливає на стабільність функціонування генетичного матеріалу. При концентраціях цинку в пагонах рослин менше за 100 мг/кг сухої маси відбувається дезінтеграція білків [16]. В нашому досліді, поліпшення стану пігментної системи пшениці озимої за рахунок внесення мікроелементу Zn вплинуло на формування якісних показників зерна. Так, одноразове внесення цинку у формі його комплексної солі з ОЕДФ у фазу стеблуння та двократний обробіток посівів пшениці озимої по неудобреному фону привело до суттєвого зростання вмісту білку на 1,34-1,27 і вмісту клейковини на 3,1-3,6 абсолютних відсотка. Використання цинку у вигляді солі сірчаної кислоти у вказані фази достовірно позначилось лише на концентрації клейковинних білків (+2,4-2,7%).

1. Уміст фотосинтетичних пігментів у листках пшениці озимої за формами і строками внесення цинку

А - фон живлення	В - форма Zn	С - Термін внесення	Хлорофіл а, мг/г				Хлорофіл b, мг/г				Каротин, мг/100 г			
			кущ	ПВГ	К	Ц	кущ	ПВГ	К	Ц	кущ	ПВГ	К	Ц
Без добрив	ZnSO ₄	грунт	1,095	1,150	1,18	1,18	0,525	0,622	0,618	0,63	6,79	8,52	8,1	5,95
			кущ	1,110	1,220	1,21	1,15	0,51	0,595	0,6	0,555	6,5	8,75	8,5
		стеблування	0,975	1,160	1,2	1,12	0,49	0,6	0,61	0,568	6,42	9,12	8,66	5,94
			кущина +стеблування	1,088	1,230	1,26	1,17	0,515	0,602	0,595	0,58	6,34	9,46	8,85
		грунт	1,145	1,244	1,32	1,23	0,532	0,638	0,64	0,624	6,9	9,12	9	6,25
			кущ	1,095	1,226	1,263	1,21	0,54	0,61	0,62	0,591	6,5	9,45	8,87
	хелат	стеблування	1,009	1,190	1,21	1,17	0,512	0,612	0,612	0,57	6,45	9,25	8,91	6,05
			кущина +стеблування	1,015	1,260	1,24	1,21	0,536	0,61	0,621	0,592	6,38	9,52	9,04
		грунт	1,242	1,328	1,349	1,28	0,543	0,652	0,664	0,658	7,12	9,85	9,15	7,15
			кущ	1,233	1,256	1,31	1,24	0,542	0,63	0,642	0,622	6,66	10,05	8,9
		стеблування	1,120	1,129	1,286	1,23	0,52	0,628	0,635	0,615	6,75	10,17	9,02	7,01
			кущина +стеблування	1,112	1,225	1,229	1,24	0,536	0,636	0,641	0,622	6,8	9,95	9,15
N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	хелат	грунт	1,252	1,421	1,358	1,315	0,554	0,67	0,676	0,66	7,86	10,56	9,9	8,25
			кущ	1,258	1,310	1,315	1,26	0,562	0,64	0,651	0,627	6,69	10,42	9,29
		стеблування	1,115	1,280	1,312	1,24	0,52	0,615	0,632	0,624	6,78	10,61	9,32	8,02
			кущина +стеблування	1,116	1,276	1,295	1,26	0,558	0,622	0,631	0,631	6,66	10,52	9,4
		Без добрив	1,067	1,21	1,24	1,08	0,520	0,60	0,61	0,591	6,41	9,15	8,74	6,10
			N ₆₀ P ₆₀ K ₄₀	1,181	1,28	1,31	1,26	0,542	0,64	0,65	0,63	6,92	10,27	9,27
	Середнє за фактором А	ZnSO ₄	1,122	1,21	1,26	1,20	0,523	0,62	0,63	0,61	6,67	9,48	8,79	6,44
			хелат	1,126	1,28	1,29	1,24	0,539	0,63	0,64	0,62	6,78	9,93	9,22
		грунт	1,184	1,29	1,30	1,251	0,539	0,65	0,65	0,64	7,17	9,51	9,04	6,90
			кущ	1,174	1,25	1,28	1,220	0,539	0,62	0,63	0,60	6,59	9,67	8,89
		стеблування	1,055	1,19	1,25	1,190	0,511	0,61	0,62	0,59	6,69	9,79	8,98	6,76
			кущина +стеблування	1,083	1,25	1,28	1,220	0,536	0,62	0,62	0,61	6,55	9,86	9,11
NIP _{0,05} головного ефекту	С	А	0,05	0,03	0,03	0,04	0,05	0,02	0,01	0,01	0,32	0,25	0,19	0,36
			В	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,02	0,01	0,01	0,52	0,25	0,19
		С	0,09	0,04	0,04	0,06	0,02	0,03	0,02	0,02	0,40	0,35	0,27	0,51
			АВ	0,04	0,04	0,04	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,40	0,49	0,27
		АС	0,04	0,06	0,06	0,08	0,04	0,05	0,02	0,03	0,82	0,49	0,39	0,72
			ВС	0,05	0,06	0,06	0,08	0,03	0,05	0,02	0,03	0,82	0,49	0,39
	АВС	0,06	0,09	0,08	0,11	0,04	0,07	0,03	0,04	0,90	0,69	0,55	1,02	
		Помітка дослід., %	3,8	2,4	2,2	3,1	2,8	3,7	1,9	2,2	3,3	2,5	2,1	5,2

Висновки і перспективи подальших досліджень. За результатами польових досліджень встановлено:

– використання мікроелементу цинк у вигляді комплексної солі з ОЕДФ зменшую негативну дію посухи і підвищує продуктивність рослин озимої пшениці на 8,0-19,4% залежно від погодних умов;

– фізіологічна дія мікроелементу цинк на рослини пшениці сорту Кнопка полягала у затримуванні деградації пігментного комплексу, підвищенні вмісту хлорофілу і каротиноїдів.

Аналіз результатів дослідження дозволив отримати об'єктивні дані з впливу форм цинку і строків його внесення на стан пігментної системи рослин озимої пшениці при її вирощуванні по чорному пару в посушливих умовах Причорноморського степу. В перспективі необхідно визначити токсичний поріг цинку для рослин озимої пшениці нашої ґрунтово-кліматичної зони, взаємодію цинку з іншими мікроелементами при їх сумісному використанні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Корсунская В.М. Великий натуралист Чарлз Дарвин / Вера Михайловна Корсунская. – Л.: «Гос. Изд-во детской литературы», 1959. – 380 с.
2. Рабинович Е. Фотосинтез; пер. с англ. проф. Я.Д. Леонова; под. ред. проф. А. А. Ничипоровича. М. : Изд-во Иностранной литературы, 1951. – 648 с.
3. Кочубей С.М. Динамика изменений функциональной активности фотосинтетического аппарата растений гороха, вызываемых высокотемпературным стрессом / С. М. Кочубей, В.В. Шевченко, О.Ю. Бондаренко, И.Д. Панас // Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine. – 2013. – № 6. – С. 152-156.
4. Лебедева Т.С. Пигменты растительного мира / Т.С. Лебедева, К.М. Сытник – Киев: Наук. думка, 1986. – 87 с.
5. Рожков А.О. Вміст пігментів фотосинтезу в листках рослин пшениці твердої ярої за дії підживлень посівів сечовиною та мікродобривами [Електронний ресурс] / режим доступу <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Agronomija/article/viewFile/1131/1085> (дата звернення 14.08.2018 р.)
6. Мальцева Н.М. Вплив біологічно активних речовин та їх композицій на вміст фотосинтетичних пігментів в листках озимої пшениці в умовах дефіциту фосфору / Н.М. Мальцева, А.П. Гасвський, К.П. Дерев'яно // Физиология и биохимия культурных растений. – 2011. – Т. 43. – № 5. – С. 403-411.
7. Казнина Н.М. Влияние цинка на рост и фотосинтетический аппарат растений пшеницы в условиях оптимума и гипотермии / Н.М. Казнина, Ю. В. Батова, Г.Ф. Лайдинен, А.Ф. Титов // Тр. Карельского научного центра РАН. – 2017. – № 12. – С. 118-124.
8. Регуляція фотосинтезу і продуктивність рослин: фізіологічні та екологічні аспекти / [Т.М. Шадчина, Б.І. Гуляев, Д.А. Кірізій та ін.]. – К.: Фітосоціоцентр, 2006. – 384 с.
9. Минайчев В.В. Влияние ионов цинка и никеля на водообеспеченность проростков гороха и образование пигментов фотосинтеза / В.В. Минайчев, Т.Е. Сиголаева, Д.А. Кузнецов, В.В. Иванищев // Известия ТулГУ. Естественные науки. – 2016. Вып. 1. – С. 77– 89.
10. Sairam R.K. Induction of oxidative stress and antioxidant activity by hydrogen peroxide treatment in tolerant and susceptible wheat genotypes / R.K. Sairam , C. Srivastavag // Biol. Plant. -2000.- v.43. No 3. – P. 381-386
11. Vijayarengan P. Growth and biochemical variations in radish under zinc application / P. Vijayarengan // International Journal of Research in Plant Science. 2012. – V. 2 (3). – P. 43-49.

12. Effects of copper, nickel and zinc on biochemical parameters and metal accumulation in gouan, *Aeluropus littoralis* / R. Rastgoo, A. Alemzadeh, A.M/ Tale et al // Plant Knowledge Journal. -2014. – V. 3 (1). – P. 31-38.

13. Kösesakal T. Effects of zinc toxicity on seed germination and plant growth in tomato /T. Kösesakal, M.Ünal // Fresenius Environmental Bulletin. -2012. – V. 21. – No 2. – P. 315-324.

14. Wellburn A.R. the spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution / A.R. Wellburn // J. Plant.Physiol.-1994. – 144. № 3. – P. 307-313.

15. Богдан М.М. Фізіологічне обґрунтування використання комплексних добрив у посівах пшениці озимої / Михайло Михайлович Богдан // автореф.. диссер. ... канд. с.-г. наук : 03.00.12– фізіологія рослин. – К., 2016. – 23 с.

16. Формы и функции цинка в растениях [Электронный ресурс] / режим доступа <http://agrohimia24.ru/mikroelementy/1966-formy-i-funkcii-cinka-v-rasteniyah.html> (дата звернення 08.08.2018 р.)

УДК 635.21:631.5(292.485)(045)

ДИНАМІКА НАГРОМАДЖЕННЯ БІОМАСИ РОСЛИН КАРТОПЛІ В УМОВАХ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

*М'ялковський Р.О. – к.с.-г.н., доцент,
Подільський державний аграрно-технічний університет*

У статті відображено результати впливу позакореневого підживлення картоплі мікродобривами на нагромадження біомаси рослин в умовах правобережного лісостепу України. За результатами досліджень встановлено, що застосування мікродобрив «Реаком» та «Кристалону особливого» в позакореневого підживленні в досліджуваних сортах сприяє нагромадженню маси листків картоплі. Наприклад, у сорті Аладін у фазі бутонізації найвища вегетативна маса рослин становила від позакореневого підживлення мікродобривами «Реаком» і «Кристалон особливим» із нормою внесення 4,50 л/га та 2,50 кг/га відповідно – 51,1 та 51,4 т/га, у сорті Дар – 53,4 та 54,5 т/га. Тоді як на період початку в'янення бадилля показники маси листків дещо знижуються, порівняно із фазою бутонізації, що пояснюється, перш за все, тим, що в першій половині вегетації мікродобрива більш ефективно впливали на збільшення маси листя, а у другій, навпаки, інтенсивно розпочинається нагромадження маси бульб.

Ключові слова: картопля, сорт, мікродобрива, позакоренево підживлення, урожай.

Мялковский Р.А. Динамика накопления биомассы растений картофеля в условиях правобережной лесостепи Украины

В статье отражены результаты влияния внекорневой подкормки картофеля микроудобрениями на накопление биомассы растений в условиях правобережной лесостепи Украины. По результатам исследований установлено, что применение микроудобрений «Реаком» и «Кристалон особенный» во внекорневой подкормке в исследуемых сортах способствует накоплению массы листьев картофеля. Так, в сорте Аладин в фазе бутонизации самая высокая вегетативная масса растений составляла от внекорневой подкормки микроудобрениями «Реаком» и «Кристалон особенный» с нормой внесения 4,50 л/га и 2,50 кг/га соответственно – 51,1 и 51,4 т/га, в сорте Дар – 53,4 и 54,5 т/га. Тогда как на период начала увядания ботвы показатели массы листьев несколько снижаются, по сравнению с фазой бутонизации, что объясняется, прежде всего, тем, что в первой половине вегетации микроудобрения более эффективно влияли на увеличение массы листьев, а во второй, наоборот, интенсивно начинается накопления массы клубней.

Ключевые слова: картофель, сорт, микроудобрения, внекорневые подкормки, урожай.