

УДК 631.81.095.337:581.13

І. П. Якуба¹, асист., Г. А. Швець¹, канд. біол. наук, доц.,П. О. Феоктистов², канд. біол. наук¹ Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова, кафедра ботаніки,
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65026, Україна² Одеський селекційно-генетичний інститут — Національний центр на-
сіннезнавства та сортовивчення УААН,
Овідіопольська дорога, 3, Одеса, 65036, Україна

НАКОПИЧЕННЯ МАРГАНЦЮ ЛИСТКАМИ ТА ЗЕРНОМ ТВЕРДОЇ Й М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ У ЗВ'ЯЗКУ З ЇХ БІОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ

Вивчено накопичення марганцю листками та зерном різних сортів твердої та м'якої озимої пшениці на південному чорноземі Одещини. Показано динаміку вмісту марганцю в листках протягом вегетації та кореляційний зв'язок із вмістом хлорофілу в листках та вмістом марганцю в зерні. Врожайність сорту не пов'язана з запасом марганцю в листках. Вміст марганцю в зерні м'якої пшениці вищий, ніж у твердої, та корелює з врожайністю і вмістом крохмалю. Винос марганцю з ґрунту полів твердою пшеницею менший, ніж м'якою.

Ключові слова: марганець, озима пшениця, хлорофіл, крохмаль.

Достатня кількість марганцю є необхідною умовою нормального фізіологічного розвитку рослин та отримання високих врожаїв. Вміст у зерні марганцю як одного з необхідних для людини мікроелементів є важливим показником якості зерна. Накопичення марганцю рослиною зумовлене не тільки факторами, які впливають на його кількість і досяжність для рослин у ґрунті, але й ефективністю поглинання мікроелементу рослинним організмом. В літературі є інформація про сортові особливості накопичення марганцю різними рослинами, які утримуються в однакових умовах [1, 2]. Співробітниками Одеського технологічного інституту та Одеського селекційно-генетичного інституту показано, що вміст марганцю в зерні озимої пшениці залежить від виду та сорту [3].

Теоретичний інтерес викликає ефективність накопичення марганцю в листках рослин пшениці в онтогенезі залежно від вмісту хлорофілу та у зв'язку із перерозподілом мікроелементу з листків у колос. Практичне значення має вивчення вмісту марганцю у зерні залежно від врожайності та біохімічних показників якості зерна, а також забезпечення оптимального вмісту мікроелементу у сільгоспродукції. На південному чорноземі в умовах середньої, на межі з низькою, забезпеченістю досяжного марганцю в ґрунті вивчення ефективної здатності того чи іншого сорту поглинати марганець з ґрунту та виносити цей

елемент з полів із врожаєм стає особливо актуальним. Тому метою даного дослідження є вивчення вмісту марганцю в рослинах твердої та м'якої озимої пшениці в онтогенезі залежно від біохімічних показників листків та зерна, а також розрахунок кількісних витрат марганцю ґрунтом за рахунок його виносу з врожаєм.

Матеріали і методи дослідження

Дослідження проведено у вересні 2001 — червні 2002 рр. на різних сортах озимої пшениці за сортовипробування на полях Одеського селекційно-генетичного інституту — Національного центру насінництва та сортовивчення УААН. Розмір ділянок дослідів — 10 м². Тип ґрунту — чорнозем південний важко суглинковий мало гумусний на лесі. Вміст валового марганцю в ґрунті — 774 мг/кг, рН водна 7,33; рН сольова 6,65. У досліді використовували 21 сорт озимої пшениці — 6 сортів твердої (*Triticum durum* L.) та 15 сортів м'якої (*Triticum aestivum* L.).

В листках верхнього ярусу пшениці протягом вегетації визначали вміст марганцю на суху речовину методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії [4] та вміст хлорофілу на сиру речовину за Арноном [5]. У зерні визначали вміст марганцю методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії [4], вміст протейну за К'ельдалем, білкового азоту за Берштейном та крохмалю за Починком [5], розраховуваних на суху речовину. Повторність у досліді дворазова, закладка ділянок рандомізована. Повторність аналізів триразова. Обробку результатів дослідів здійснювали методами варіаційної статистики [6] з використанням набору функцій MS Excel. Достовірність кореляцій показників визначали за допомогою критичного коефіцієнта кореляції r_{st} для вибірки даного обсягу, кореляцію вважали достовірною за $r \geq r_{st}$ [6].

Результати досліджень та їх аналіз

Динаміку середнього вмісту марганцю у листках верхнього ярусу рослин твердої та м'якої озимої пшениці протягом вегетації рослин показано на рис. 1. Розбіжностей у надходженні марганцю у листя озимої пшениці зазначених двох видів немає. Кількість марганцю у листі зростає протягом вегетації, досягаючи максимуму під час цвітіння. Після цвітіння вміст марганцю у флаговому листку зменшується, що можна пояснити реутилізацією цього мікроелементу з листків у колос [7]. Отримані дані дещо відрізняються від даних інших дослідників, зокрема П. А. Власюка [7], про максимальний вміст марганцю у листках пшениці під час сходів та кушіння.

Підвищення вмісту марганцю у фотосинтезуючих листках верхнього ярусу може бути зумовлене нерівномірністю метеорологічних умов польового дослідів. Відомо, що весняні опади підвищують кількість досяжного для рослин марганцю в ґрунті [8]. Це полегшує поглинання мікроелементу рослинами, що у свою чергу призводить до зрос-

тання його кількості в листках у фази розвитку, які співпадають із періодом опадів.

У фазу молочно-воскової стиглості середній вміст марганцю в листках рослин м'якої пшениці був на 29,5 % вищим, ніж у листках твердої, а у фазу повної стиглості — на 25,7 % нижчим (рис. 1). Хоч варіювання значень у межах кожної вибірки досить значне (табл. 1), отримані дані свідчать про більш ефективне накопичення і більш істотний перерозподіл марганцю між листям та колосом у м'якої пшениці. Вміст марганцю у листках пшениці корелює із вмістом хлорофілу у фазах сходів, кущіння та цвітіння (табл.1). Це вказує на те, що принаймні частина марганцю в рослині у ці періоди залучається до процесів фотосинтезу. Відома роль марганцю у формуванні комплексу фотолізу води у фотосистемі II [9].

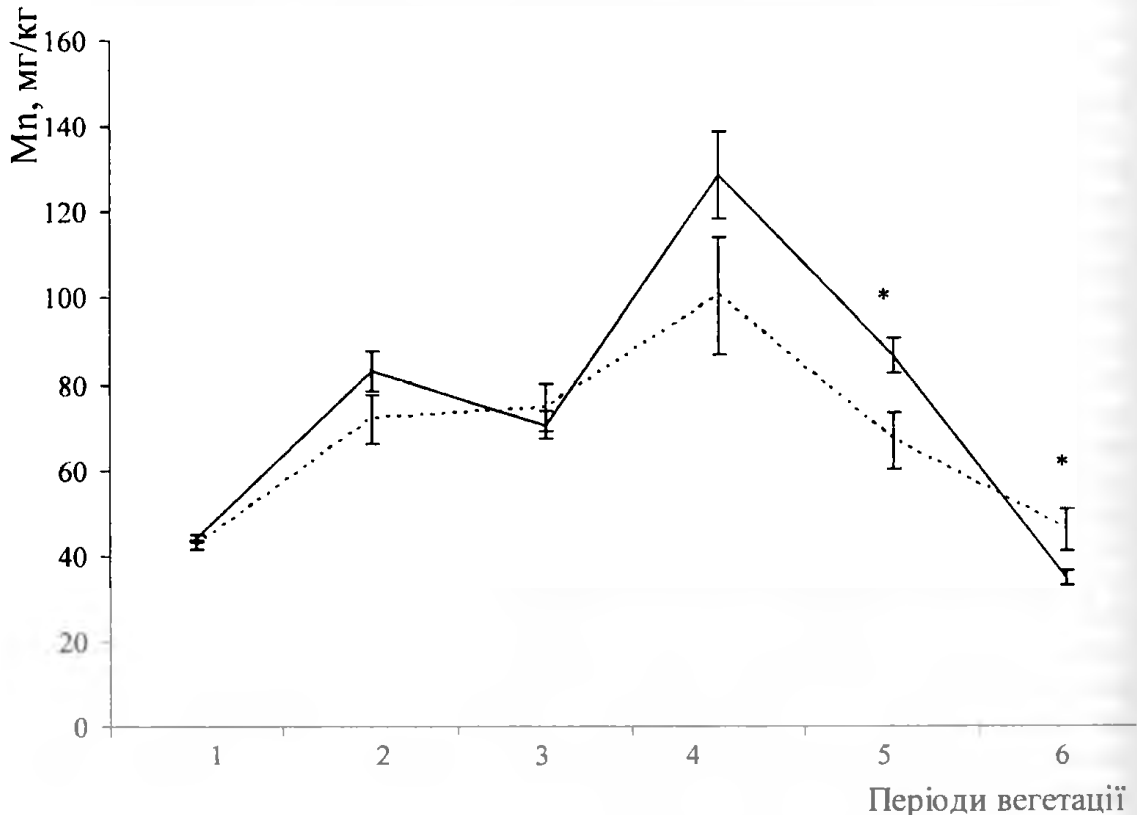


Рис. 1. Вміст марганцю в листках твердої та м'якої озимої пшениці протягом вегетації: 1 — сходи, 2 — кущіння, 3 — трубкування, 4 — цвітіння, 5 — молочно-воскова стиглість, 6 — повна стиглість.
---- Тверда пшениця, — М'яка пшениця.

Підрахування коефіцієнту кореляції між вмістом марганцю у листках та іншими показниками на протязі онтогенезу, особливо під час колосіння, цвітіння та досягання зерна, показує, наскільки вагомим фактором у формуванні врожаю є запас мікроелементу в листках. Вміст марганцю в листках не виявляє достовірної кореляції із врожаєм (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст марганцю у листках верхнього ярусу озимої пшениці різних сортів на протязі вегетації, мг/кг

Сорт	Сходи	Кущіння	Трубкування	Цвітіння	Молочно-воскова стиглість	Повна стиглість
Тверда пшениця						
Чорномор	42,4±2,3	55,7±0,5	69,9±1,5	56,1±1,6	46,5±2,6	55,6±1,2
Жемчуг	37,9±1,8	84,9±2,6	79,5±2,5	72,3±2,9	52,1±1,0	50,4±1,3
Дончанка	45,3±2,6	60,6±5,9	74,6±2,1	119±3,5	64,8±1,3	63,1±0,9
Донський янтар	43,2±2,1	63,5±1,3	53,6±2,0	117±2,8	89,0±3,2	32,5±0,2
Леукурум 21	44,5±2,1	89,5±5,4	75,3±3,1	91,5±4,9	77,0±1,9	36,8±1,3
Дніпряна	42,4±0,6	78,2±2,8	94,8±2,1	146±3,6	72,0±1,8	38,1±2,0
Середнє	42,6±1,1	72,1±5,7	74,6±5,5	100±13,6	66,9±6±,5	46,1±4,9
М'яка пшениця						
Лузанівка	45,6±0,8	72,0±2,6	86,5±2,2	172±2,6	82,6±2,3	41,0±0,9
Альбатрос одеський	42,3±0,2	66,5±2,1	83,1±2,2	105±2,5	99,2±2,0	32,0±0,8
Обрій	39,7±1,2	66,6±0,6	69,6±2,0	81,7±6,5	72,5±3,1	38,4±1,6
Херсонська безоста	46,7±3,5	93,7±1,2	72,6±2,6	123±2,9	62,5±2,6	39,0±1,5
Уманка	39,8±2,5	69,6±1,6	75,5±2,5	99,0±3,1	65,3±2,3	51,4±1,0
Харківська 107	43,2±0,5	99,7±1,5	85,4±3,4	126±2,5	96,0±5,9	32,4±1,3
Київська 8	42,6±0,9	88,8±1,5	72,6±1,8	81,0±3,5	97,6±2,0	33,0±1,3
Миронівська 808	43,7±0,7	92,5±2,0	78,6±1,7	104±2,6	77,1±2,2	37,4±1,0
Ульянівка	45,8±1,3	109±1,9	43,9±3,9	124±6,1	93,2±2,3	32,7±0,8
Сан-Пасторе	41,5±0,5	68,8±1,8	69,4±4,2	229±6,3	123±3,1	20,6±0,9
Русалка	40,6±0,9	72,9±0,9	79,4±0,8	112±2,5	86,5±1,0	33,0±1,6
Ятрань	49,4±1,0	79,5±1,2	62,8±6,3	158±5,9	90,3±1,2	33,7±2,1
Крижинка	50,4±1,5	127±3,2	66,9±2,8	145±2,1	94,8±3,6	31,1±0,6
Перлина лісостепу	43,2±0,2	73,2±3,6	50,3±3,7	165±2,3	72,8±1,0	28,7±0,9
Зимородок	47,5±0,6	68,7±2,8	62,3±3,1	103±2,3	86,4±2,5	37,2±1,0
Середнє	44,1±0,9	83,2±4,7	70,6±3,2	129±10,3	86,6±4,0*	34,8±1,7*
Г _{хлорофіл}	0,561	0,452	0,431	0,610	-	-
Г _{марганець у колосі}	-0,054	0,151	-0,206	0,009	0,225	-0,807
Г _{марганець у зерні}	0,106	0,239	-0,334	0,676	0,818	-0,846
Г _{врожайність}	-0,007	0,410	0,104	0,244	0,253	-0,161

Примітка. Тут і далі: 1) * — різниця між середніми достовірна за $P=0,95$; ** — за $P=0,99$; 2) критичні значення коефіцієнту кореляції: $r_{st} = 0,433$ за $P=0,95$; $r_{st} = 0,549$ за $P=0,99$.

За даними дисперсійного аналізу вплив вмісту марганцю на врожайність у фазі цвітіння та молочно-воскової стиглості складає відповідно $18,8\% \pm 14,3\%$ та $18,5\% \pm 31,3\%$. Наведені дані вказують на те, що на врожайність рослин впливає не стільки запас мікроелементу у листі, скільки здатність рослин цього сорту до перерозподілу марганцю з листків у колос.

Вміст марганцю у зерні прямо корелює із вмістом його у листках верхнього ярусу у фазі цвітіння та молочно-воскової стиглості. Зворотна кореляція спостерігається у фазу повної стиглості. Це підтверджує припущення П. А. Власюка [7], що листки верхнього ярусу, і особливо флаговий листок, є джерелом марганцю для колоса, який розвивається.

Середній вміст марганцю у зерні більш вагомий у м'якої пшениці, ніж у твердої (табл. 2). Враховуючи різницю у вмісті марганцю у листках рослини на стадіях молочно-воскової та повної стиглості, можна говорити про більш ефективне накопичення марганцю м'якою пшеницею порівняно із твердою для даної сукупності сортів, що узгоджується із спостереженнями В. А. Гризо та В. М. Пильнева [10] про звичайно менший вміст мікроелементів у твердій пшениці. Проте, різниця між сортами у межах виду значно більша, ніж різниця між середніми для видів. Дисперсійний аналіз показав, що на вміст марганцю в зерні достовірно впливають як сорт пшениці ($72,9\% \pm 25,9\%$), так і вид ($19,3\% \pm 2,0\%$), однак вплив сорту достовірно перевищує вплив виду.

Таблиця 2

Врожайність та біохімічні показники зерна озимої пшениці різних сортів

Сорт	Вміст марганцю у зерні, мг/кг	Врожайність, ц/га	Сирий протеїн, %	Білковий азот, %	Крохмаль, %
Тверда пшениця					
Чорномор	21,3±0,9	29,1±2,3	14,0±0,1	1,75±0,01	76,8±0,2
Жемчуг	24,9±2,1	45,5±0,8	14,0±0,1	1,82±0,01	75,2±0,1
Дончанка	26,3±2,2	46,0±1,2	13,5±0,2	1,77±0,03	76,3±0,2
Донський янтар	33,2±1,7	41,6±1,2	13,4±0,1	1,75±0,03	74,3±0,2
Леукурум 21	27,2±0,5	35,7±1,3	13,5±0,1	1,75±0,02	72,9±0,3
Дніпряна	28,8±2,1	40,4±2,1	13,8±0,2	1,73±0,03	76,0±0,2
Середнє	26,9±1,1	39,7±1,8	13,7±0,2	1,76±0,02	75,3±0,4
М'яка пшениця					
Лузанівка	28,1±2,9	44,5±2,0	11,4±0,2	1,53±0,06	76,9±0,3
Альбатрос одеський	33,8±5,4	46,0±1,4	13,2±0,1	1,69±0,02	74,8±0,2
Обрій	32,0±5,5	49,8±1,6	13,8±0,1	1,75±0,03	74,0±0,2
Херсонська безоста	28,2±0,8	39,7±1,8	12,1±0,1	1,62±0,05	78,5±0,2
Уманка	26,5±2,2	47,0±1,5	12,3±0,0	1,65±0,02	78,1±0,1
Харківська 107	32,2±3,5	56,0±1,3	12,3±0,1	1,63±0,03	74,3±0,4
Київська 8	32,7±0,3	40,0±1,3	12,4±0,1	1,67±0,02	75,2±0,1
Миронівська 808	28,2±0,9	35,3±2,0	13,4±0,2	1,79±0,01	73,3±0,2
Ульянівка	33,0±1,9	43,5±2,1	14,1±0,2	1,84±0,04	75,0±0,3
Сан-Пасторе	42,0±1,6	41,2±0,5	14,1±0,2	1,89±0,03	72,3±0,5
Русалка	32,1±4,4	44,2±1,0	13,0±0,0	1,75±0,06	74,6±0,4
Ятрань	31,2±3,8	42,0±1,3	12,8±0,0	1,65±0,03	76,8±0,8
Крижинка	36,5±3,1	57,7±1,6	12,7±0,1	1,73±0,02	75,7±0,6
Перлина лісостепу	37,3±1,6	45,0±0,9	13,7±0,1	1,75±0,03	74,2±0,5
Зимородок	27,7±0,4	31,0±0,8	13,2±0,0	1,75±0,02	75,2±0,1
Середнє	32,1±1,6*	44,2±2,6	12,9±0,1*	1,71±0,01	75,2±0,6
Г марганець у зерні		0,438	0,083	0,243	-0,515

Вміст марганцю в зерні у межах вибірки має достовірну позитивну кореляцію із врожайністю (табл. 2). Це може вказувати на ідентичність або подібність умов, які впливають на продуктивність та накопичення марганцю тим чи іншим сортом.

Вміст сирого протеїну в зерні твердої пшениці виявився у середньому на 5,6% вищим (табл. 2), ніж у м'якої, кількість протеїну у межах даної вибірки сортів не корелює із вмістом марганцю в зерні.

Вміст марганцю в зерні має достовірно високий негативний коефіцієнт кореляції із вмістом крохмалю у зерні (табл. 2), що є досить закономірним, бо кількість зольних елементів зерна зворотно пропорційна вмісту крохмалю у ньому [11]. Таку ж закономірність спостерігали В. А. Гризо та В. М. Пильнев [3], які вказують на зниження вмісту марганцю у високоврожайних сортів з низьким вмістом білка, оскільки врожайність пшениці зростає в першу чергу за рахунок маси ендосперму та накопичення крохмалю [12].

Різні сорти м'якої пшениці характеризуються більшим середнім виносом марганцю із врожаєм — на 32,2 % вищим, ніж твердої (табл. 3).

Таблиця 3

Винос марганцю з ґрунту зерном озимої пшениці різних сортів

Вид	Сорт	Винос марганцю з врожаєм, г/га
Тверда	Чорномор	62,0
	Жемчуг	113,3
	Дончанка	121,0
	Донський янтар	138,1
	Леукурум 21	97,1
	Дніпряна	116,4
	Середнє	107,9±10,6
М'яка	Лузанівка	125,0
	Альбатрос одеський	155,5
	Обрій	159,4
	Херсонська безоста	112,0
	Уманка	124,6
	Харківська 107	180,3
	Київська 8	130,8
	Миронівська 808	99,55
	Ульянівка	143,6
	Сан-Пасторе	173,0
	Русалка	141,9
	Ятрань	131,0
	Крижинка	210,6
	Перлина лісостепу	167,9
	Зимородок	85,9
	Середнє	142,7±8,4*

Більш суттєвий винос марганцю з ґрунту із врожаєм м'якою пшеницею пов'язаний головним чином із високою врожайністю м'яких сортів.

Висновки

1. На протязі вегетації вміст марганцю в листках озимої пшениці зростає від фази сходів до цвітіння та знижується від цвітіння до повної стиглості.
2. У фазі молочно-воскової стиглості вміст марганцю в листках м'якої пшениці більший, ніж у твердої, у фазу повної стиглості — навпаки. Вміст марганцю в зерні м'якої пшениці вищий, ніж у твердої.
3. Вміст марганцю в листках корелює із вмістом хлорофілу.
4. Кількість мікроелементу в зерні має позитивну кореляцію із вмістом марганцю в листках у фазах цвітіння й молочно-воскової стиглості, а також з врожайністю. Негативна кореляція спостерігається між вмістом марганцю в зерні та вмістом його в листках у фазі повної стиглості, а також із вмістом крохмалю у зерні.
5. Винос марганцю з ґрунту полів твердою пшеницею менший, ніж м'якою.

Література

1. Черняхова И. П., Костин М. А. Сортные особенности поглощения микроэлементов просом на различных питательных фонах // Микроэлементы в биосфере и их применение в сельском хозяйстве и медицине Сибири и Дальнего Востока (Докл. IV Сибирской конф. 11—14 июля 1972 г., г. Барнаул). — Улан-Удэ: Бурят. филиал СО АН СССР, 1973. — С. 203—208.
2. Sanada U. S., Samal D., Claassen N. Differences in manganese efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.) and raya (*Brassica juncea* L.) as related to root — shoot relations and manganese influx // Journal of plant nutrition and soil science. — 2003. — Vol. 166, iss. 3. — P. 385—389.
3. Гризо В. А., Пыльнев В. М., Шилова Л. И., Порцелли М. Д., Орлова В. И., Брик Л. Д., Богачева Н. Д., Шкловский И. Ш. Особенности микроэлементного состава зерна различных озимых культур // Микроэлементы в окружающей среде. — К.: Наук. думка. 1980. — С. 123—127.
4. Standard Operating Procedures for Trace Metals Determination // TESIS Chemistry Workshop on the Analysis of Trace Metals in Biological and Sediment Samples. — UKSCES, Odessa, 1999. — 45 p.
5. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, Н. П. Ярош и др.; Под ред. А. И. Ермакова. — 3-е изд., перераб. и доп. — Л.: Агропромиздат, Ленингр. отд-ние, 1987. — 430 с.
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Колос, 1973. — 336 с.
7. Власюк П. А., Климовицкая З. Н. Физиологическое значение марганца для роста и развития растений. — М., Колос, 1968. — 162 с.
8. Макеев О. В., Сеничкина М. Г. Содержание микроэлементов в почве в течение вегетационного периода // Микроэлементы в биосфере и их применение в сельском хозяйстве и медицине Сибири и Дальнего Востока (Докл. II Сибирской конф. 28 нояб. — 1 дек. 1964 г., г. Красноярск). — Улан-Удэ: Бурят. филиал СО АН СССР, 1967. — С. 99—110.

9. Кочубей С. М. Организация фотосинтетического аппарата высших растений. — К.: Альтерпрес, 2001. — 204 с.
10. Пыльнев В. М., Гризо В. А., Порцелли М. Д. Роль селекции в изменении содержания макро- и микроэлементов в зерне озимой мягкой пшеницы // Микроэлементы в окружающей среде. — К.: Наук. думка, 1980. — С. 149—153.
11. Пыльнев В. М., Гризо В. А., Шилова Л. И., Порцелли М. Д., Брик Л. Д. Изменчивость содержания минеральных элементов в зерне озимых культур // Микроэлементы в обмене веществ и продуктивности растений. — К.: Наук. думка, 1984. — С. 191—194.
12. Yiping Tong, Zdenko Rengel, Robin D. Graham Interactions Between Nitrogen and Manganese Nutrition of Barley Genotypes Differing in Manganese efficiency // Annals of Botany. — 1997. — Vol. 79. — P. 53—58.

И. П. Якуба, Г. А. Шве́ц, П. А. Феоктистов

Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова, кафедра ботаники,
Дворянская, 2, Одесса 65026, Украина

Одеський селекційно-генетический інститут — Національний центр селекціонування і сортоизучення УААН,
Овідіопольська дорога, 3, Одесса, 65036, Украина

НАКОПЛЕНИЕ МАРГАНЦА ЛИСТЬЯМИ И ЗЕРНОМ ТВЕРДОЙ И МЯГКОЙ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В СВЯЗИ С ИХ БИОХИМИЧЕСКИМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ

Резюме

Изучено накопление марганца листьями и зерном разных сортов твердой и мягкой озимой пшеницы на южном черноземе Одесщины. Показана динамика содержания марганца в листьях на протяжении онтогенеза и корреляционная связь с количеством хлорофилла и марганца в зерне. Урожайность сорта не связана с запасом марганца в листьях. Содержание марганца в мягкой пшенице выше, чем в твердой, и коррелирует с урожайностью и содержанием крахмала. Вынос марганца из почвы полей твердой пшеницей меньше, чем мягкой.

Ключевые слова: марганец, озимая пшеница, хлорофилл, крахмал

I. P. Yakuba, G. A. Shvets, P. O. Feoktistov

Odessa Mechnikov National University, Department of Botany
Dvoryanskaya St., 2, Odessa, 65026, Ukraine

Plant Breeding and Genetics Institute — National Center of Seed and Cultivar Investigations, UAAS
3 Ovidiopska Doroga, Odessa, 65036, Ukraine

STORING OF MANGANESE BY LEAVES AND SEEDS OF TRITICUM DURUM L. AND TRITICUM AESTIVUM L. IN RELATION TO THEIR BIOCHEMICAL PARAMETERS

Summary

Storing of manganese by leaves and seeds of different cultivars of hard and soft winter wheat was studied on the southern blacksoil of Odeska region. The dynamic

changes of the manganese content in leaves were established and its correlation with the chlorophyll and manganese content in seeds was proved. The yielding capacity of a cultivar is not related to the manganese store in leaves. The content of manganese in soft wheat seeds is higher than in hard wheat and it correlates with the yield and the starch content. The uptake of manganese from the field soil is higher for soft wheat.

Keywords: manganese, winter wheat, chlorophyll, starch.