БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

ГЕНЕТИКА

DOI - 10.32743/UniChem.2021.84.6.11846

TRITICUM AESTIVUM L. АНАЛИЗ ЭЛЕМЕНТОВ Fe И Zn
В НЕКОТОРЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТАХ*Тогаева Маргуба Абдисоттаровна**ст. преподаватель,
Каршинский инженерно-экономический институт,
Республика Узбекистан, г. Карши
E-mail: zivo.ilm@mail.ru*TRITICUM AESTIVUM L. ANALYSIS OF Fe AND Zn ELEMENTS
IN SOME PERSPECTIVE VARIETIES*Marguba Togayeva**senior teacher,
Karshi Engineering-Economics Institute,
Republic of Uzbekistan, Karshi*

АННОТАЦИЯ

Дефицит микроэлементов распространен в развивающихся странах. Чтобы облегчить эту проблему, использование стратегии использования биообогащения в селекции является отличным вариантом для улучшения качества растений. В отечественных сортах *Triticum aestivum* L. анализировали содержание микроэлементов Fe и Zn и белка в зерне с помощью аппаратуры атомно-абсорбционного спектрофотометра. Также на основе полученных результатов из образцов выделяют геномную ДНК и проводят ПЗР-скрининг с помощью микросателлитных маркеров. Для дальнейших исследований выделяются микросателлитные маркеры, проявляющие генетический полиморфизм между образцами.

ABSTRACT

Micronutrient deficiencies are common in developing countries. To alleviate this problem, using a strategy of using bio-enrichment in breeding is the best option for improving plant quality. In domestic varieties of *Triticum aestivum* L. the content of trace elements Fe and Zn and protein in the grain was analyzed using an atomic absorption spectrophotometer. Also, based on the results obtained, genomic DNA is isolated from the samples and PCR screening is performed using microsatellite markers. For further studies, microsatellite markers showing genetic polymorphism between samples are identified.

Ключевые слова: пшеница, биофортификация, железо, цинк, медь, ДНК-маркер, праймер, полиморфизм.

Keywords: wheat, biofortification, iron, zinc, copper, DNA marker, primer, polymorphism.

Введение

Дефицит минералов является основной глобальной проблемой для здоровья людей, особенно в развивающихся странах. Недостаток минеральных веществ приводит к тому, что в результате «скрытого голода» ухудшаются рост и психомоторное развитие детей, снижается иммунитет, появляется повышенная утомляемость, раздражительность, слабость, выпадение волос, мышечное истощение, бесплодие,

заболеваемость и смертность. Продукты на основе недифференцированных злаков и растительных продуктов с низким содержанием микроэлементов являются основной причиной дефицита микроэлементов.

Растения являются источником многих важных минералов. Эти минеральные элементы очень важны для выживания и продолжительности жизни человечества. Некоторые растения содержат много

минералов, а некоторые – меньше. На нашей планете нет растения, которое могло бы содержать все элементы, эффективные для человечества. Это одна из основных глобальных проблем для здоровья людей, особенно в развивающихся странах [24].

Дефицит минералов железа и цинка из микроэлементов является наиболее распространенным и затрагивает более половины населения мира [26].

Долгосрочное устойчивое решение проблемы нехватки микроэлементов – биофортификация. Биофортификация – это мероприятие, направленное на повышение уровня жизненно важных компонентов, таких как витамины, минералы и белки, в потребляемых частях сельскохозяйственных культур путем традиционного отбора с помощью биотехнологических или геномных подходов [3; 4]. Хотя минеральные вещества и витамины обычно предоставляются в качестве добавок, но они недоступны для большинства людей, живущих в развивающихся странах [16; 25]. Биофортификация – это решение, которое обеспечивает экономичный, долгосрочный и устойчивый метод борьбы со скрытым голодом, который требует единовременных затрат [1]. Большая часть населения имеет высокие потребности в зерновых продуктах; поэтому биофортификация зерна необходима [7]. Во всем мире пшеница продается больше, чем любая другая культура, и является самым производимым зерном, уступая только кукурузе [11]. Кроме того, ежегодное производство пшеницы почти утроилось с 1940 года, и эта тенденция, как ожидается, сохранится, поскольку численность населения

продолжает расти. Биоразлагаемая пшеница может помочь уменьшить недоедание, связанное со скрытым голодом, который в основном испытывают страны с низким доходом. Большое изменение концентрации железа и цинка в зерне происходит у диких сородичей пшеницы, таких как *Aegilops tauschii*, и продолжает использоваться для размножения в современных элитных сортах [14].

Несколько агротехнических методов также могут быть использованы для биофортификации пшеницы [6]. Однако повышение концентрации минералов только с помощью агротехнических методов, таких как опрыскивание листьев, требует значительных затрат для фермеров [15]. Эта агротехническая биофортификация является краткосрочным решением для увеличения количества микроэлементов (особенно Fe и Zn). Поскольку эти удобрения дороги, они не могут быть использованы фермерами из бедных стран с ограниченными ресурсами. Напротив, генетическая биофортификация является долгосрочным устойчивым решением. Полученные данные доказывают их полезность, выявляя устойчивость культур в последующих поколениях. Кроме того, секвенирование генов и разработка статистических методов могут помочь определить области в геноме пшеницы, ответственные за ее высокие минеральные и другие биофортификационные свойства [12; 2].

Рекомендуемые диетические добавки (РДД), такие как железо и цинк, приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Рекомендуемые количества для железа и цинка (ТЕМ) [18].

Возраст	Железо (с мг)				Цинк (с мг)			
	M	F	P	L	M	F	P	L
До 6 месяцев	0,27	0,27			4	4		
От 7 месяцев до 3 лет	11	11			5	5		
4–8 лет	10	10			12	12		
9–13 лет	8	8			23	23		
14–18 лет	11	15	27	10	34	34	34	34
Старше 19 лет	8	18	27	9	40	40	40	40

M, F, P и L относятся к мужчинам, женщинам, беременности и лактации соответственно.

Различные геномные подходы, такие как картирование количественных локусов признаков (QTL), маркерный отбор (MAS) и геномный отбор, широко используются для биофортификации пшеницы. Существует несколько методов отображения QTL в экспериментальном кроссе [21]. Молекулярную основу QTLs трудно проанализировать даже для модельных растений, таких как *Arabidopsis* и рис, из-за проблем с точным сужением интервалов до отдельных генов [17]. Дизайн эксперимента, тип анализируемой популяции растений и уровень полиморфизмов между родительскими геномами также влияют на прогнозы QTLs. Статистические методы определения количественных локусов признаков (QTL) требуют многочисленных молекулярных маркеров с генетическими картами высокого

разрешения [19; 10]. Этот подход является одним из основных методов геномики, направленных на расщепление сложных фенотипов [9]. Несколько исследований картирования QTL привели к выявлению ряда стабильных и последовательных QTL, которые могут быть полезны для выяснения генетической основы признаков биофортификации.

Основная цель современных методов селекции направлена на увеличение измененного генетического потенциала культур. Изменчивость минералов ограничена в современных сортах всех основных культур [5]. Международная консультативная группа по сельскохозяйственным исследованиям (ICAR) в рамках своей инициативы HarvestPlus по генетическому исследовательскому отбору изучает такие аспекты, как свойства генетической изменчивости, богатство

минералов, устойчивость в различных средах, для увеличения содержания в основных пищевых культурах, таких как пшеница [8]. Дикie виды сельскохозяйственных растений обладают достаточной изменчивостью минерального состава [26], что может быть использовано для улучшения современных сортов. Было обнаружено, что содержание элементов Fe и Zn в рисовых зернах по сравнению с популярными современными сортами имеет разницу в четыре раза [24].

Материалы и методы исследования

В ходе исследовательской работы были отобраны 17 сортов отечественной пшеницы, которые давно выращиваются в нашей стране. Состав зерна

образцов был проанализирован по биохимическим и качественным показателям.

Содержание железа, цинка, а также микроэлементов меди в исследуемых образцах определяли методом атомно-абсорбционного спектрофотометра.

Первоначально золу выделяли из образцов зерна отобранных растений с помощью методов определения зольности зерна. Отделенную золу доводили до рабочего состояния в 0,1 н HNO₃. Затем он был определен с использованием метода атомно-абсорбционной спектроскопии для определения количества элементов Fe и Zn в готовом растворе для этого исследования [23].

Результаты исследований

Таблица 2.

Показатели качества образцов

№	Название сорта	Место получения	Натура (объем 1 л, г)	Масса 1000 зерен (г)	Белок муки (%)	Влажность муки (%)	Жесткость муки (%)	Зольность зерна (%)	Прозрачность (%)
1	Яксарт	Косонский район	776	40	15,5	12	53	1	84
2	Краснодар-99	Касбинский район	760	40	13,9	11,2	57	3	74
3	Ғозғон (средней поспеваемости)	Дехканабадский район	784	38	11,3	11,1	55	1,5	81,5
4	Санзар-8	Дехканабадский район	811	40	14,2	10,3	62	1,25	96,5
5	Қизил шарқ (средней поспеваемости)	Дехканабадский район	788	42	13,6	10,7	58	1,5	96
6	Санзар-4	Дехканабадский район	808	40	16	10	64	1,75	98
7	Оқ буғдой	Дехканабадский район	740	44	13,9	11,8	53	1,75	95,5
8	Қизил буғдой	Дехканабадский район	774	46	13,5	11,2	52	1,5	85
9	Гром	Камашинский район	774	42	13,9	11,9	56	1,75	96
10	Дурдона	Камашинский район	787	38	16,1	11,3	58	1	95,5
11	Ғозғон 1	Камашинский район	764	38	15,4	10,7	56	1,25	89,5
12	Гром элита	Камашинский район	778	40	13,2	12,3	55	1,5	84
13	Қизил шарқ	Дехканабадский район Бешбулок к/к	762	46	13,4	10	54	1,75	83,5
14	Қизил шалола	Камашинский район	775	46	13,4	11,7	47	1,5	82,5
15	Гром	Камашинский район	750	42	14	11,2	59	1,5	90
16	Ғозғон	Касбинский район	773	40	15,8	10,8	58	1,5	94
17	Бухоро чиллаки	Касбинский район	765,5	42	13,2	11,2	59	1,5	88,5

Установлено, что белок и показатели выше у сортов Яксарт, Санзар-4, Дурдона, Гозгон 1 и Гозгон по сравнению с другими сортами.

Таблица 3.

Количество элементов Fe, Zn, Cu и Mn в образцах

№	Название сорта	Fe мг/кг (2 г муки)	Zn мг/кг (2 г муки)	Cu мг/кг (2 г муки)	Mn мг/кг (2 г муки)
1	Яксарт	50,46	46,88	7,33	46,73
2	Краснодар-99	45	35,26	7,52	43,29
3	Гозгон (средней поспеваемости)	59,53	31,27	7,34	44,95
4	Санзар-8	56,57	22,7	6,483	48,59
5	Кизил шарк (средней поспеваемости)	41,5	23,72	5,318	40,79
6	Санзар-4	52,66	39,91	7,717	53,43
7	Ок бугдой	56,06	22,2	3,965	45,04
8	Кизил бугдой	52,96	25,69	3,965	40,6
9	Гром	52,35	25,9	6,387	35,04
10	Дурдона	47,5	35,97	4,986	43,21
11	Гозгон 1	54,14	31,44	8,075	32,63
12	Гром элита	60,11	29,63	7,289	32,05
13	Кизил шарк	54,23	23,46	6,649	39,11
14	Кизил шалола	67,98	29,25	5,722	44,73
15	Гром	47,01	24,24	5,129	38,2
16	Гозгон	43,56	26,42	5,769	34,99
17	Бухоро чиллаки	47,87	26,8	6,339	35,26

Анализируя эти показатели, можно сделать вывод о том, что в одних районах республики среднее содержание микроэлемента железа в зерне значительно ниже нормы, необходимой для здоровья человека, в других регионах может быть достаточным, а в некоторых даже большим или в одних сортах большим, а в других низким. С целью выяснения причины был проведен ряд экспериментов. Следует также отметить, что корреляции с количеством микроэлементов в анализируемых сортах пшеницы не обнаружено. Установлено, что содержание микроэлемента Fe выше в сортах Гозгон (средней поспеваемости), Ок бугдой, Гром элита, Кизил шалола, элемента Zn – в сортах Дурдона, Санзар-4, Краснодар-99, Яксарт, количественный показатель элемента Cu выше в сортах Яксарт, Краснодар-99, Гозгон (средней поспеваемости), Санзар-4, Гозгон,

Гром элита, элемента Mn – в сортах Яксарт, Санзар-8, Санзар-4 по сравнению с другими сортами.

Как показали результаты исследований, для биофортификации используют сорта пшеницы с высоким содержанием микроэлементов и качественными показателями. Исследуются межмолекулярные различия между важными микроэлементами и маркерами микросателлитов ДНК в образцах исследования. В дальнейших исследованиях изучается связь выявленных полиморфных маркеров с этими микроэлементами. Таким образом, мы сможем быстро улучшить сложные признаки, передаваемые из поколения в поколение, такие как количество белка и микроэлементов в зерне, а также значительно сократить время и затраты на выращивание пшеницы.

Список литературы:

1. Agronomic biofortification of crops to fight hidden hunger in sub-Saharan Africa / A.W. de Valença, A. Bake, I.D. Brouwer, K.E. Giller // Glob. Food Sec. – 2017. – № 12. – P. 8–14.
2. Background controlled QTL mapping in pure-line genetic populations derived from four-way crosses / S. Zhang, L. Meng, J. Wang, L. Zhang // Heredity. – 2017. – № 119. – P. 256–264.
3. Biofortified Crops Generated by Breeding, Agronomy, and Transgenic Approaches Are Improving Lives of Millions of People / M. Garg, N. Sharma, S. Sharma, P. Kapoor [et al.]
4. Bouis H.E., Saltzman A. Improving nutrition through biofortification: A review of evidence from HarvestPlus, 2003 through 2016 // Glob. Food Sec. – 2017. – № 12. – P. 49–58.

5. Bouis H.E., Welch R.M. Bio-fortification: A Sustainable Agricultural Strategy for Reducing Micronutrient Malnutrition in the Global South // *Crop Science*. – 2010. – 50. – P. 20–32.
6. Cakmak I., Kutman U. Agronomic biofortification of cereals with zinc: A review: Agronomic zinc biofortification // *Eur. J. Soil Sci.* – 2017. – № 69. – P. 172–180.
7. Cassman K.G. Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. – 1999. – № 96. – P. 5952–5959.
8. CIAT/IFPRI, 2002: Bio-fortified Crops for Improved Human Nutrition. A Challenge Program Proposal. Consultative Group on International Agricultural Research, Washington / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cgiar.org/bio-fortification>.
9. Civelek M., Lusis A.J. Systems genetics approaches to understand complex traits // *Nat. Rev. Genet.* – 2014. – № 15. – P. 34–48.
10. Combining QTL-seq and linkage mapping to fine map a wild soybean allele characteristic of greater plant height / X. Zhang, W. Wang, N. Guo, Y. Zhang [et al.] // *BMC Genom.* – 2018. – № 19. – P. 226.
11. Curtis T., Halford N.G. Food security: The challenge of increasing wheat yield and the importance of not compromising food safety // *Ann. Appl. Biol.* – 2014. – № 164. – P. 354–372.
12. Deschamps S., Llaca V., May G.D. Genotyping-by-Sequencing in Plants // *Biology*. – 2012. – № 1. – P. 460–483.
13. Genome Sequencing and Assembly by Long Reads in Plants / C. Li, F. Lin, D. An, W. Wang // *Genes*. – 2017. – № 9. – P. 6.
14. Genome-Wide Association Mapping of Grain Micronutrients Concentration in *Aegilops tauschii* / S. Arora, J. Cheema, J. Poland, C. Uauy [et al.] // *Front. Plant Sci.* – 2019. – № 10. – P. 54.
15. Goulding K., Jarvis S., Whitmore A. Optimizing nutrient management for farm systems. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* – 2008. – № 363. – P. 667–680.
16. Hossein-Nezhad A., Holick M.F. Vitamin D for Health: A Global Perspective // *Mayo Clin. Proc.* – 2013. – № 88. – P. 720–755.
17. Identification of minor effect QTLs for plant architecture related traits using super high density genotyping and large recombinant inbred population in maize (*Zea mays*) / B. Wang, H. Liu, Z. Liu, X. Dong [et al.] // *BMC Plant Biol.* – 2018. – № 18. – P. 17.
18. Institute of Medicine, Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. – National Academy Press: Washington, DC, USA, 2001.
19. Ishikawa A. A Strategy for Identifying Quantitative Trait Genes Using Gene Expression Analysis and Causal Analysis // *Genes*. – 2017. – № 8. – P. 347.
20. Mapping candidate QTLs related to plant persistency in red clover / I. Klimenko, N. Razgulayeva, M. Gau, K. Okumura [et al.] // *Theor. Appl. Genet.* – 2010. – № 120. – P. 1253–1263.
21. Miles C.M., Wayne M. Quantitative trait locus (QTL) analysis // *Nat. Educ.* – 2008. – № 1. – P. 208.
22. Plant exomics: Concepts, applications and methodologies in crop improvement / U. Hashmi, S. Shafqat, F. Khan, M. Majid [et al.] // *Plant Signal Behav.* – 2014. – № 10. – e976152.
23. Study of some varieties using DNA markers for biofortification of bread wheat / M.A. Togayeva, A.K. Toshpulatov, S.K. Baboev, K.K. Xalikov. – 2020. – № 8. – P. 57–63. Автор, нужно указать название журнала.
24. Tewodros M. Application of Bio-fortification through Plant Breeding to Improve the Value of Staple Crops // *Bio-medicine and Biotechnology*. – 2015. – Vol. 3, № 1. – P. 11–19.
25. Ward E. Addressing nutritional gaps with multivitamin and mineral supplements // *Nutr. J.* – 2014. – № 13. – P. 72.
26. White P.J., Broadley M.R. Bio-fortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine // *New Phytol.* – 2009. – № 182. – P. 49–84.