

Атабаева С.Д.,
Нурмаханова А.С.,
Кенжебаева Ш.К.,
Асрандина С.Ш.,
Кенжебаева С.С.,
Алыбаева Р.А.,
Нармуратова М.К.,
Тілеуберді А.

Казахский национальный
университет аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы

Содержание минеральных элементов в зерне различных сортов риса

Атабаева С.Д.,
Нурмаханова А.С.,
Кенжебаева Ш.К.,
Асрандина С.Ш.,
Кенжебаева С.С.,
Алыбаева Р.А.,
Нармуратова М.К.,
Тілеуберді А.

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық
университеті, Қазақстан, Алматы қ.

Было изучено содержание минеральных элементов, таких как магний (Mg), железо (Fe), цинк (Zn), марганец (Mn), медь (Cu), а также и кадмий (Cd), в зерне различных сортов риса.

Объектами исследований явились различные сорта риса (*Oryza sativa*L.):

Содержание магния было наибольшим у сортов Анаит, Маржан и Мадина. Наименьшее содержание магния обнаружилось у сорта Баканас. Остальные сорта занимали промежуточное положение. По содержанию магния сорта расположились следующим образом (мкг/г): Анаит (1746,0) > Маржан (1632,0) > Мадина (1622,0) > Виолетта (1421,0) > Фишт (1344,0) > Баракат (1259,0) > Чапсари (1213,0) > Бақанас (1205,0).

Марганец содержался в наибольшем количестве в зерне сорта Чапсари, наименьшее количество марганца обнаружено в зерне сортов Фишт и Баканас. По содержанию марганца в зерне сорта располагались следующим образом (мкг/г): Чапсари (33,9) > Баракат (25,0) > Мадина (21,5) > Маржан (20,5) > Анаит (19,8) > Виолетта (19,4) > Фишт (16,45) > Бақанас (14,8). Наибольшее содержание железа обнаружено в зерне сорта Баканас. Сорта Маржан, Баракат, Виолетта отличились низким содержанием железа (10,45-11,5 мкг/г). Остальные сорта занимали промежуточное положение

Сорт Анаит отличился высоким содержанием магния, у сорта Чапсари обнаружено наибольшее содержание марганца по сравнению с другими исследуемыми сортами, сорт Баканас содержал наибольшее количество железа. Сорта Фишт и Баракат содержали относительно низкое количество исследуемых элементов.

Ключевые слова: рис, кадмий, рост, устойчивость, сорт.

Күріштің әртүрлі сорттарының тұқымындағы кадмий (Cd), магний (Mg), темір(Fe), мырыш(Zn), марганец (Mn), мыс (Cu) элементерінің минералды құрамы зерттелді.

Зерттеу объектісі ретінде күріштің (*Oryza sativa*L.) әртүрлі сорттары алынды.

Күріштің Анаит, Маржан және Мадина сорттарында магний көптеп кездесті, ал Баканас сортында магний мөлшері аздап табылды. Ал қалған сорттар осы аталған аралықтардағы орынды алып отыр. Күріш сорттарындағы құрамында магнийдің жинақталуы бойынша келесі қатарға орналастырамыз (мкг/г): Анаит (1746,0) > Маржан (1632,0) > Мадина (1622,0) > Виолетта (1421,0) > Фишт (1344,0) > Баракат (1259,0) > Чапсари (1213,0) > Бақанас (1205,0)

Марганецтің жинақталуы Чапсари сортының тұқымында көптеп кездеседі, ал марганецтің мөлшерінің аздап кездесуі Фишт және Баканас сорттарында байқалды. Тұқымдағы марганецтің жинақталуын келесі қатар бойымен орналастыруға болады (мкг/г): Чапсари (33,9) > Баракат (25,0) > Мадина (21,5) > Маржан (20,5) > Анаит (19,8) > Виолетта (19,4) > Фишт (16,45) > Бақанас (14,8). Сонымен қатар темір элементі Баканас сортында көптеп жинақталған. Күріштің Маржан, Баракат, Виолетта сорттарында темірдің жинақталуы (10,45-11,5 мкг/г) төмен көрсеткішті беріп отыр. Ал аталған қалған сорттардың жинақталуы аралық көрсеткіштерді иемденген.

Күріштің Анаит сортында магнийдің жинақталуы жоғарғы көрсеткішті берсе, ал Чапсари сортында марганецтің жинақталуы жоғарылаған, ал күріштің Баканас сортында темірдің жинақталуының көрсеткіші жоғарылағаны анықталды. Сонымен, Фишт және Баракат сорттарында осы зерттеуге алынған элементтердің мөлшері төмен көрсеткіштік деңгейді көрсетіп отыр.

Түйін сөздер: күріш, кадмий, өсу, төзімді, сорт, биомасса.

**СОДЕРЖАНИЕ
МИНЕРАЛЬНЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ В ЗЕРНЕ
РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ
РИСА**

Введение

В Казахстане рис является важной импортозамещающей и экспортной культурой. Согласно нормам, разработанным Казахской академией питания, ежегодная потребность Казахстана в рисе составляет 132,6 тыс. тонн в год (8,5 кг/год на 1 человека). Поэтому для обеспечения продовольственной безопасности развитие рисоводства в Казахстане является важной стратегической задачей [1]. Общая площадь инженерно обустроенных систем для выращивания риса составляет около 225 тыс.га, из них 175 тыс. га расположены в Кызылординской области, 30 тыс. га – в Южно-Казахстанской и 25 тыс. га – в Алматинской области [2].

В Казахстане проводятся физиолого-биохимические исследования по качеству зерна риса, имеется коллекция риса в Институте биологии и биотехнологии. Проводятся исследования, связанные с разработкой физиолого-биохимических, генетических и селекционных методов анализа сортовых популяций на основе изучения молекулярных маркеров, сопряженных с запасными белками оризинами. Изучаются глютинозные сорта риса (Институт биологии и биотехнологии МОН РК), у которых низкое содержание амилозы (компонент крахмала). Но элементарный состав казахстанских сортов риса еще не изучен. Нехватка микроэлементов в пище является основной проблемой для здоровья человека во всем мире, и больше, чем у 4-5 миллиардов людей наиболее распространен дефицит таких микроэлементов, как железо (более 3,5 млрд человек) и цинк.

Одним из самых перспективных отраслей сельского хозяйства, обладающих экспортным потенциалом, является рисоводство. При этом рисоводство важно и для обеспечения продовольственной безопасности, так как потребление рисовой крупы в стране относительно других видов круп составляет более 65%. Статистика за 2008-2010 годы показывает тенденцию роста в потреблении риса, а процентное соотношение производства очищенного риса ежегодно снижается в соотношении с импортируемыми объемами. Повышение спроса на рис на мировом рынке и одновременное снижение предложения несомненно обусловят рост цен на этот продукт. В этих условиях

Atabayeva S.D.,
Nurmahanova A.S.,
Kenzhebayeva Sh.K.,
Asrandina S.Sh.,
Kenzhebayeva S.S.,
Alybayeva R.A.,
Narmuratova M.K.,
Tuleuberdi A.

Al-Farabi Kazakh National University,
Kazakhstan, Almaty

Contents of mineral elements in grain of different rice varieties

It was studied the content of mineral elements such as magnesium (Mg), iron (Fe), zinc (Zn), manganese (Mn), copper (Cu), as well as cadmium (Cd) in grains of different rice varieties. The objects of research were different varieties of rice (*Oryza sativa* L.). Bakanassky RM-2000-183 – maturing rice variety, completely adapted to the conditions in the rice-growing Akdalinski irrigation array (Balkhash district of Almaty region, “Birlik” LLP); Marzhan – middle-grade (originator Kazakh Research Institute of Rice, Kyzylorda, were zoned in 1987 for the Kyzylorda region; Violetta – glutinous variety of rice (Rice Research Institute, 2001; Krasnodar, Russia), and Anayt, Fisht – amylose rice varieties of Russian breeding; Barakat – Chinese variety, Chapsari – Korean rice variety with a high content of gluten. The magnesium content was highest in varieties Anayt, Marzhan and Madina. The lowest magnesium content was found in the variety Bakanas. The remaining varieties occupied an intermediate position on magnesium content. Rice varieties on the magnesium content are located in the following order ($\mu\text{g/g}$): Anayt (1746.0) > Marzhan (1632.0) > Madina (1622.0) > Violetta (1421.0) > Fischt (1344.0) > Barakat (1259.0) > Chapsari (1213.0) > Bakanas (1205.0). Manganese contained in the largest amount in the grain of Chapsari varieties, the least amount of manganese found in grains of Fisht and Bakanas varieties. According to the content of manganese in grain varieties were located as follows (g / g): Chapsari (33.9) > Barakat (25.0) > Madina (21.5) > Marjane (20.5) > Anahit (19.8) > Violetta (19.4) > Fischt (16.45) > Bakanas (14.8). The highest iron content found in grains of Bakanas variety. Marzhan, Barakat, Violetta varieties are distinguished by low iron content (10,45-11,5 $\mu\text{g/g}$). The remaining varieties occupy an intermediate position: Anay variety have the highest concentration of magnesium, in Chapsari variety was detected the highest content of manganese in comparison with other studied varieties. Bakanas cultivar contained the highest amount of iron. Fischt and Barakat varieties have a relatively low number of investigated elements.

Key words: rice, cadmium, growth, stability, variety.

каждая страна вынуждена решать проблему удовлетворения потребности населения в рисе, полагаясь только на свои внутренние ресурсы. Поэтому для обеспечения продовольственной безопасности развитие рисоводства в Казахстане является важной стратегической задачей (www.zakon.kz).

Эффективным путем увеличения сборов зерна риса является повышение урожайности этой культуры. Важная роль принадлежит селекции. Продукты питания, в том числе риса и их продуктов, обеспечивают высокий процент железа (47,7%) и цинка (53,9%) у населения, основным продуктом которых является рис. Необходимы сведения об элементном составе риса на макро- и микроуровне для селекции с целью получения высокопродуктивных сортов. Рис выращивают в Казахстане на засоленных почвах (Кызылординская область), а также определенный эффект оказывает загрязнение почв тяжелыми металлами. Повсеместное присутствие тяжелых металлов определяется применением пестицидов, гербицидов. Длительное применение на засоленных почвах фосфогипса, который в своем составе содержит медь, также способствует накоплению металлов в почве. Исследование элементного состава риса в зависимости от засоления или действия тяжелых металлов также является актуальным.

Значимость минеральных элементов в организме человека, животных и растений не может быть переоценена. Наличие минеральных элементов в кормах для животных является жизненно важным для метаболических процессов животного. Недостаток минеральных элементов, их дисбаланс в почвах и кормах является причиной низкой продуктивности животноводства. Кислотность почвы и сезонные факторы, а также ионный состав почвы влияют на содержание минеральных элементов в растениях. Растения используют эти минералы, как структурные компоненты углеводов и белков; органических молекул, участвующих в обмене веществ. Магний входит в состав хлорофилла, фосфор является составной частью макроэргического соединения АТФ, калий является активатором ферментативных процессов и способствует поддержанию осмотического равновесия, кальций является стабилизатором клеточных мембран и вторичным мессенджером в сигнальной трансдукции и т.д. [3].

Минеральные элементы играют важную роль в поддержании здоровья человека и животных. Недостаток железа вызывает железо-дефицит-

ную анемию, недостаток йода – проблемы с щитовидной железой, селен играет антиоксидантную роль, а цинк способствует поддержанию иммунитета [3].

Материалы и методы исследований

По биохимическому составу рис бывает обычным и восковым (глютинозным или «клейким»). Обычные сорта риса богаты и амилозой (от 8 до 37%) и амилопектином, а у глютинозного риса влажное зерно клейкое и он отличается низким содержанием амилозы (> 2%) [4]. Для исследований были взяты амилозные сорта и 1 глютинозный сорт.

Объектами исследований явились различные сорта риса (*Oryzasativa* L.): Баканасский РМ-2000-183 – скороспелый сорт риса, полностью адаптированный к условиям рисо-сеяния на Акдалинском массиве орошения (Балхашский район Алматинской области, ТОО «Бирлик»); Маржан – среднеспелый сорт (оригинатор КазНИИ рисоводства, г. Кызылорда районирован в 1987 г. по Кызылординской области; Виолетта – глютинозный сорт риса (ВНИИ риса, 2001; Краснодар, Россия); Анаит и Фишт – амилозные сорта риса российской селекции; Баракат – китайский сорт, Чапсари – корейский сорт риса с большим содержанием клейковины.

Определение минеральных элементов проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) с помощью прибора Agilent 7500 Series ICP – MS в Центре физико-химических методов анализа при КазНУ им. аль-Фараби.

Статистический анализ проводили, используя программу ANOVA, двухфакторный дисперсионный анализ.

Результаты исследования и их обсуждение

Было изучено содержание магния (Mg), железа (Fe), цинка (Zn), марганца (Mn), меди (Cu) и кадмия (Cd) в зерне исследуемых сортов риса, выращенных в полевых условиях.

Магний является кофактором некоторых ферментов, активатором фосфат-транспортирующих ферментов, как миокиназа, дифосфо-пиримидинуклеотидкиназы и креатинкиназы. Магний является важным активатором пируваткарбоксилазы, пируватоксидазы. Он входит в состав костей, зубов и влияет на здоровье пищеварительной системы и почек [5]. Острый

дефицит магния вызывает расширение сосудов, аритмию, раздражительность, депрессию и другие нежелательные явления [5]. Поэтому содержание магния в основных продуктах питания, как рис, является важным для здоровья населения.

Содержание магния было наибольшим у сортов Анаит, Маржан и Мадина. Наименьшее со-

держание магния обнаружилось у сорта Баканас. Остальные сорта занимали промежуточное положение.

По содержанию магния сорта расположились следующим образом (мкг/г): Анаит (1746,0) > Маржан (1632,0) > Мадина (1622,0) > Виолетта (1421,0) > Фишт (1344,0) > Баракат (1259,0) > Чапсари (1213,0) > Баканас (1205,0) (рисунок 1).

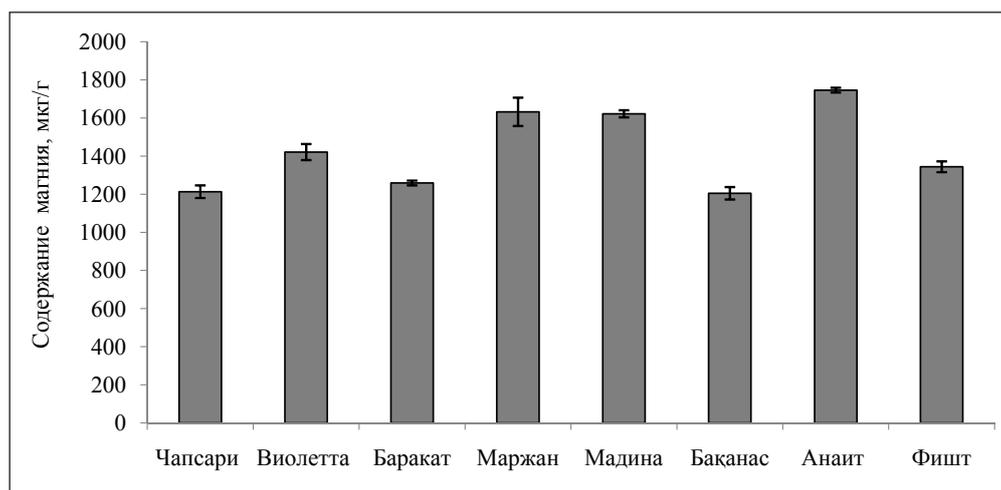


Рисунок 1 – Содержание магния в зерне различных сортов риса (*Oryza sativa* L.)

Марганец также является кофактором многих ферментов, например фосфогидролаз, декарбоксилаз, фосфотрансфераз [5]. Он включается в синтез гликопротеинов, протеогликанов и является компонентом митохондриальной супероксиддисмутазы. Тот факт, что марганец обнаружен в митохондриях, указывает на то, что участвует в частичной регуляции окислительного фосфорилирования.

Марганец содержался в наибольшем количестве в зерне сорта Чапсари, наименьшее количество марганца обнаружено в зерне сортов Фишт и Баканас (рисунок 6). По содержанию марганца в зерне сорта располагались следующим образом (мкг/г): Чапсари (33,9) > Баракат (25,0) > Мадина (21,5) > Маржан (20,5) > Анаит (19,8) > Виолетта (19,4) > Фишт (16,45) > Баканас (14,8).

Дефицит железа является самым распространенным расстройством питания, нарушением микроэлементного состава пищи во всем мире, в том числе и в Казахстане, что делает железо на сегодняшний день наиболее распространенным дефицитным питательным элементом во всем мире. Если использовать количество больных железодефицитной анемией в

качестве индикатора, можно предположить, что большинство детей дошкольного возраста и беременных женщин в развивающихся странах, и по крайней мере 30-40% в промышленно развитых странах страдают от недостатка железа. Железо входит в состав гемоглобина участвует в транспорте кислорода к органам, является необходимым компонентом ферментов, включенных биологическое окисление, цитохромов, является необходимым компонентом сукцинатдегидрогеназы, является кофактором ферментов, участвующих в синтезе нейротрансмиттеров [5]. Недостаток железа в растениях вызывает подавление процессов переноса электронов в процессе дыхания и фотосинтеза. Дефицит железа вызывает железодефицитную анемию у человека. Поэтому значение этого металла в продуктах питания велико.

Наибольшее содержание железа обнаружено в зерне сорта Баканас. Сорта Маржан, Баракат, Виолетта отличились низким содержанием железа (10,45-11,5 мкг/г). Остальные сорта занимали промежуточное положение (рисунок 2).

По содержанию железа сорта расположились в следующем образом (мкг/г): Баканас (66,3) >

Чапсари (35,6) > Мадина (23,35) > Анаит (19,2) > Фишт (15,5) > Маржан (11,5) > Баракат (10,95) > Виолетта (10,45).

Цинк широко распространен в растительных и животных тканях. Он функционирует в качестве кофактора и входит состав многих ферментов, таких как лактатдегидрогеназа, алкогольдегидрогеназа, глутаматдегидрогеназа, ДНК и РНК-полимеразы.

Zn-содержащие ферменты участвуют в обмене веществ и макроэлементов, репликации клеток [7]. Основная роль цинка состоит в делении клеток, генной экспрессии и метаболизме нуклеиновых кислот и аминокислот. Биодоступность витаминов А и Е и их метаболизм зависят от статуса цинка. Цинк необходим для оптимальной работы инсулина, так как он входит в состав инсулина [6].

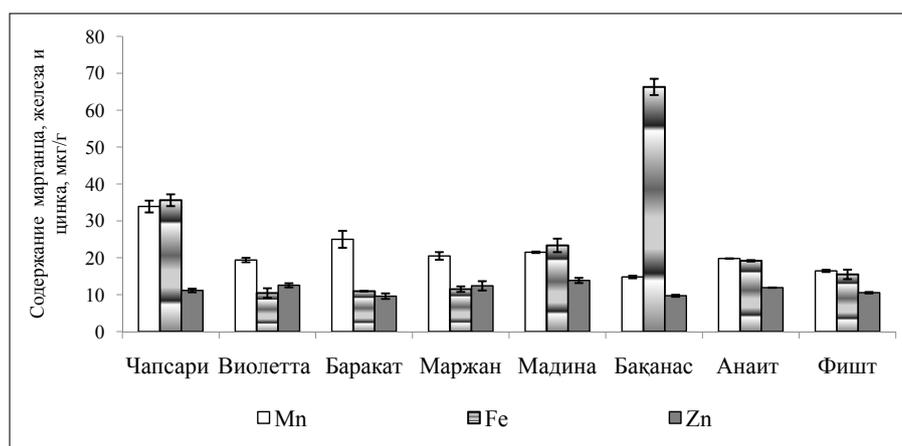


Рисунок 2 – Содержание марганца, железа и цинка в зерне различных сортов риса (*Oryzasativa L.*)

Цинк является важным компонентом протоплазмы, так как связан с ферментами, регуляторами клеточного метаболизма. Цинк участвует в синтезе хлорофилла, предохраняет его от распада, оказывает влияние на ассимиляцию растениями азота, активизирует ферменты углеводного и энергетического обмена, участвует в построении ряда ферментов (некоторые фосфатазы) [8]. По содержанию цинка сорт Мадина (13,85 мкг/г) стоит на первом месте среди исследуемых сортов. Наименьшее количество цинка обнаружено у сортов Бақанас и Баракат (9,71 и 9,6 мкг/кг, соответственно).

По содержанию цинка сорта располагаются следующим образом (мкг/г): Мадина (13,85) > Виолетта (12,55) > Маржан (12,4) > Анаит (11,9) > Чапсари (11,15) > Фишт (10,55) > Бақанас (9,71) > Баракат (9,6).

Медь входит в состав ферментов, как цитохром с-оксидазы, аминоксидазы, каталазы, пероксидазы, оксидазы аскорбиновой кислоты, цитохромоксидазы, цитозольной супероксиддисмутазы и т.д., и это играет важную роль в абсорбции железа. Си является важным микроэлементом, необходимым для кровеносной и

нервной систем [9]. Это необходимо для роста и формирования кости, формирования миелина для оболочки в нервной системе, помогает включению железа в гемоглобин и всасыванию железа из желудочно-кишечного тракта (ЖКТ), в передаче железа из тканей в плазму [8]. Медь входит в состав пластоцианина – компонента электротранспортной цепи фотосинтеза. Играет важную роль в жизнедеятельности организмов: усиливает окислительные процессы, способствует образованию хлорофилла [9].

По содержанию меди сорта риса располагались следующим образом (мкг/г): Мадина (2,81) > Анаит (2,34) > Чапсари (1,89) > Виолетта (1,42) > Бақанас (1,41) > Маржан (1,3) > Фишт (1,19) > Баракат (1,17) (рисунок 3).

Среди исследуемых сортов наиболее богаты медью сорта Мадина и Анаит (2,81 и 2,34 мкг/г, соответственно), а наименьшее количество меди обнаружено у сортов Фишт и Баракат, в зерне которых концентрация меди составляла 1,19 и 1,17 мкг/г, соответственно.

Наряду с микроэлементами в растения могут попадать и тяжелые металлы, которые могут действовать как аналоги необходимых мик-

роэлементов, в число которых входят кадмий (Cd).

Кадмий является тяжелым металлом, обычно присутствующим в почве в следовых количествах. Тем не менее, индустриальная деятельность человека и сельскохозяйственная практика увеличивают уровень содержания кадмия в поч-

ве. Повсюду используемые удобрения и пестициды могут содержать большие количества этого металла [10], который продолжительное время поступает в почву вместе с удобрениями. Большая часть Cd, содержащаяся в почве, доступна для растений, так как растворимая фракция достигает до 35% от общего содержания [11].

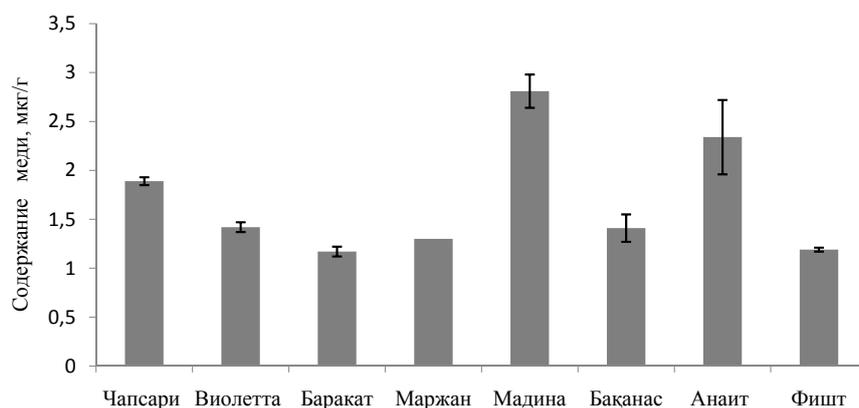


Рисунок 3 – Содержание меди в зерне различных сортов риса (*Oryzasativa L.*)

Кадмий характеризуется высокой токсичностью, обладая высокой подвижностью. Также отмечается большая доступность Cd по сравнению с другими тяжелыми металлами, как Zn, Cu, Pb, который имеет более высокий биологический коэффициент абсорбции [12]. Кадмий остается в организме человека многие годы, поэтому потребление пищи с содержанием этого металла может индуцировать хроническую токсичность [13, 14]. Кадмий является антагонистом кальция. Повышенное накопление кадмия в организме человека вызывает болезнь итаи-итаи, которая выражается в снижении содержания кальция в костях, что приводит к их размягчению. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) установила максимальный предел содержания Cd в пище – 60-70 мкг в день и Международный кодекс по пищевой комиссии установил лимит 0,1 мг/кг для зерновых культур и масличных, продающихся на международных рынках [14]. Даже на почвах, которые считаются незагрязненными или слабо загрязненными в результате загрязнения кадмием, поступающим из удобрений или атмосферы, некоторые зерновые культуры, как твердая пшеница, лен, подсолнечник, картофель, могут накапливать Cd в количествах, превышающих существующий максимальный уровень для потребления [13]. Поэтому исходное содержание

ионов кадмия в зерне исследуемых сортов риса представляет большой интерес.

По содержанию кадмия в зерне сорта Чапсари (0,175 мкг/г) обнаружено небольшое превышение предельно допустимой концентрации кадмия для зерновых культур (рисунок 4). Остальные сорта содержали следовые количества кадмия в зерне (0,01-0,005 мкг/г). У сортов Анаит и Фишт кадмий не был обнаружен.

По содержанию кадмия сорта риса можно расположить следующим образом: Чапсари (0,175) > Виолетта (0,01) = Баракат (0,01) = Мадина (0,01) > Баканас (0,005) = Маржан (0,005) > Анаит (0,00) = Фишт (0,00).

Таким образом, сорт Баканас отличился тем, что содержал относительно высокое количество железа, а по содержанию других изученных металлов данный сорт был относительно бедным.

Итак, сорта риса отличались по содержанию минеральных элементов в зерне риса.

Магний в наибольшем количестве содержался у сорта Анаит, марганец в наибольшем количестве содержался у сорта Чапсари, цинк содержался в большом количестве у сорта Мадина. По остальным элементам сорта занимали промежуточное положение. У сортов Фишти Баракат содержание исследуемых элементов было относительно бедным.

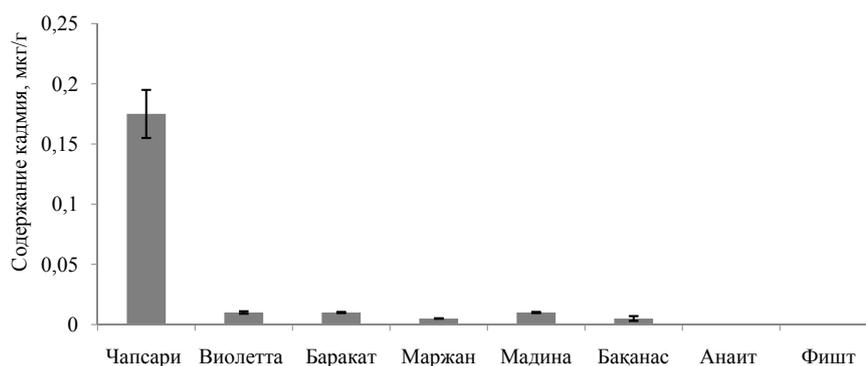


Рисунок 4 – Содержание кадмия в зерне различных сортов риса (*Oryza sativa* L.)

Заключение

Было изучено содержание минеральных элементов, как магний (Mg), железо (Fe), цинк (Zn), марганец (Mn), медь (Cu), а также и кадмий (Cd), в зерне различных сортов риса.

Сорт Анаит содержал большое количество магния и относительно высокое количество меди, а по остальным металлам занимал промежуточное положение среди других сортов.

Сорт Чапсари имел высокое содержание марганца, а по остальным металлам занимал также промежуточное положение.

Сорт Мадина занимал первое место по содержанию цинка и меди, а по остальным металлам занимал промежуточное положение.

Сорт Виолетта содержал относительно большое количество цинка (после сорта Мадина) среди исследуемых сортов, а содержание железа было у него наименьшее. По другим металлам

данный сорт занимал промежуточное положение.

У сорта Маржан обнаружено относительно высокое содержание магния (после сорта Анаит), относительно низкое содержание меди (1,3 мкг/г). По содержанию других металлов сорт Маржан занимает промежуточное положение.

Сорт Фишт не отличался высоким содержанием изученных элементов. По содержанию магния, железа и цинка он занимал промежуточное положение, а количество марганца и меди было низким.

Сорт Баракат только по содержанию марганца занимал промежуточное положение среди исследуемых сортов, а содержание в зерне железа, цинка и меди было низким.

Из этого следует, что у сортов Фишт и Баракат содержание исследуемых элементов было низким по сравнению с другими сортами.

Литература

- 1 www.zakon.kz.
- 2 Мамонов Л.К. Цели и задачи физиологии растений как теоретической и практической основы селекции риса // Научные основы и практика рисоводства в Казахстане / под ред. Л.К. Мамонова и Б.А. Сарсенбаева. – 2012. – С. 36-59.
- 3 Zou J., Yue J., Jiang W., Liu D., Effects of cadmium stress on root tip cells and some physiological indexes in *Allium cepa* var. *Agrogarum* L. // *Acta Biologica cracoviensis Series Botanica*. – 2012. – Vol. 54. – P. 129-141.
- 4 Sano Y. Differential regulation of waxy gene expression in rice endosperm // *Y.Sano. Theor. Appl. Genet.* – 1984. – V68. – P. 467-473.
- 5 Murray R.K., Granner D.K., Mayes P.A., Rodwell V.W. *Harper's Biochemistry*, 25th Edition, Mc Graw-Hill // Health Profession Division, USA. – 2000.
- 6 Soetan K.O., Olaiya C.O., Oyewole O.E. The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review // *African Journal of Food Science*. – 2010. – Vol. 4-P. 200-222.
- 7 Arinola O.G., Essential trace elements and metal binding proteins in Nigerian consumers of alcoholic beverages. *Pak. J. Nutr.* – 2005. – Vol. 7. – P. 763-765.
- 8 Чернавская Н.М. Физиология растительных организмов и роль металлов. – М.: МГУ, 1989. – 156 с.
- 9 Tan J.C., Burns D.L., Jones H.R. Severe ataxia, myelopathy and peripheral neuropathy due to acquired copper deficiency in a patient with history of gastrectomy. // *J. Paenteral Nutr.* – 2006. – Vol. 30. – P. 446-450

- 10 Gimeno-Garcia E., Andreu V., Boluda R. Heavy metals incidence in the application of inorganic fertilizers and pesticides to rice farming soils // *Environ. Pollut.* – 1996. – Vol. 92. – P.19-25.
- 11 Andreu V., Boluda R. Application of contamination indexes on different farming soils // *Bull. Environ. Pollut.* – 1995. – Vol. 104. – P. 271-282.
- 12 Lee J.S., Chon H.T., Kim K.W. Migration and dispersion of trace elements in the rock-soil-soil plant system in areas underlain by black shales and states of the Okchon Zone // *Korea*–1988.– Vol. 65. – P.61-78.
- 13 Jackson A.P., Alloway B.J. The transfer of cadmium from agricultural soils to the human food chain // *Biochemistry of trace metals.* (Ed. D.C. Adriano) – Lewis Publishers // Boca Raton, Fl., 1992. – P. 109-158.
- 14 FAO/WHO. Joint Committee on Food Additives and Contaminants. Position paper on cadmium (prepared by France). 27th Session. – The Hague, The Netherlands. 20-24 March, 1995. – 32 p.

References

- 1 www.zakon.kz.
- 2 Mamonov LK, Objectives and tasks of plant physiology as the theoretical and practical foundations of rice breeding. [Scientific bases and practice of rice cultivation in Kazakhstan. Ed. L.K.Mamonova and BA Sarsenbayev]. 36-59 (In Russian)
- 3 Zou J Yue J Jiang Liu D (2012) Effects of cadmium stress on root tip cells and some physiological indexes in *Allium cepa* var. *Agrogarum* L *Acta Biologica Croatica* Series Botanica. 54: 129-141.
- 4 Sano Y (1984) Differential regulation of waxy gene expression in rice endosperm // *Y.Sano. Theor. Appl. Genet.* 68: 467-473
- 5 Murray RK Granner DK Mayes PARodwell VW (2000) *Harper's Biochemistry*, 25th Edition, McGraw-Hill Health Profession Division, USA
- 6 Soetan KOOLaiya C O Oyewole O E (2010) The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review *African Journal of Food Science.* 4: 200-222
- 7 Arinola OG (2005) Essential trace elements and metal binding proteins in Nigerian consumers of alcoholic beverages. *Pak. J. Nutr.* 7:763-765
- 8 Chernavskaya N M (1989) *Physiology of plant organisms and the role of metals.* [Moscow: Moscow State University]. 156. (In Russian)
- 9 TanJC BurnsDL JonesHR (2006) Severe ataxia, myelopathy and peripheral neuropathy due to acquired copper deficiency in a patient with history of gastrectomy. *J. Parenteral Nutr.* 30: 446-450
- 10 Gimeno-Garcia E, Andreu V, Boluda R (1996) Heavy metals incidence in the application of inorganic fertilizers and pesticides to rice farming soils *Environ. Pollut.* 92:19-25.
- 11 Andreu V, Boluda R (1995) Application of contamination indexes on different farming soils *Bull. Environ. Pollut.* 104:271-282.
- 12 Lee JS, Chon HT, Kim KW (1998) Migration and dispersion of trace elements in the rock-soil-soil plant system in areas underlain by black shales and states of the Okchon Zone *Korea.* 65: 61-78.
- 13 Jackson AP, Alloway BJ (1992) The transfer of cadmium from agricultural soils to the human food chain. *Biochemistry of trace metals.* (Ed. D.C. Adriano) Lewis Publishers. Boca Raton, Fl. 109-158.
- 14 FAO WHO (1995) Joint Committee on Food Additives and Contaminants. Position paper on cadmium (prepared by France). 27th Session. The Hague, The Netherlands. 20-24 March. – 32 p.