

G.A. Stupakova, Ye.E. Ignatyeva, S.A. Dengina, T.I. Schiplecova, D.K. Mitrofanov
Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127434 Moscow, Russia,
e-mail: vnii@list.ru

A brief overview of the activities of the Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification (ISC) and the Euro-Asian Cooperation of National Metrological Institutions (COOMET) is made. Information about the international cooperation of the Pryanishnikov Institute of Agrochemistry within the framework of the ISC and COOMET on the development of interstate reference materials (IRM) and standards of COOMET rank is presented. The register of soils and crop IRMs developed and proposed for development is presented. The joint goals and objectives in the field of the partnership between ISC and COOMET, as well as the problems to be solved, are outlined.

Key words: interstate reference standards, Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification, COOMET

УДК 631.459 : 631.452 : 631.81

ЯРОВАЯ ПШЕНИЦА НА ПОЧВАХ ТОПОКАТЕНЬ В ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ: УРОЖАЙ, ЗАСОРЕННОСТЬ, МАКРОЭЛЕМЕНТЫ

Т.В. Нечаева, к.б.н., *nechaeva@issa-siberia.ru*, С.В. Соловьев, к.б.н., *solovyev@issa-siberia.ru*

**Институт почвоведения и агрохимии СО РАН
630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, д. 8/2.**

***Работа выполнена по государственному заданию ИПА СО РАН при финансовой поддержке
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.***

Яровая мягкая пшеница сорта Тризо выращена на почвах топокаты Буготакского мелкосопочника в лесостепной зоне Западной Сибири. Пахотные почвы представлены черноземом оподзоленным несмытым на водораздельном участке, слабо- и среднесмытым на склоне южной экспозиции с уклоном 3 и 5°, а также луговато-черноземной намывной почвой в верхней части ложбины стока. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почв показала, что они обладают достаточно высоким плодородием. Несмытая и слабосмытая почвы характеризовались наилучшей обеспеченностью гумусом и общим азотом, обменными кальцием и магнием. Наибольшее содержание подвижных форм фосфора и калия отмечено в намывной почве. Урожайность яровой пшеницы на почвах топокаты варьировала от 11 до 28 ц/га, максимальная масса зерна и соломы была на среднесмытой почве с наименьшей засоренностью посевов. Сорные растения насчитывали 13 видов, а наиболее часто встречается пырей ползучий. Использование разных катализаторов и/или методов при озолении растительного материала оказывало влияние на результаты определения общего содержания макроэлементов. Общее содержание азота в зерне и соломе низкое, фосфора, калия, кальция и магния – в целом соответствовало средним значениям для яровой пшеницы.

Ключевые слова: структура урожая, зерно и солома пшеницы, сорняки, эрозия, гумус, азот, фосфор, калий, кальций, магний, мокрое и сухое озоление.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.117.15

Сибирь – огромная территория, имеющая площадь сельскохозяйственных угодий около 52 млн га, в том числе 25 млн га пашни. В структуре посевных площадей основная доля (около 70%) принадлежит зерновым культурам, среди которых преобладает яровая пшеница – 75-80% [5].

Урожайность зерновых культур на почвах склонов зависит от увлажненности года, типовой принадлежности и степени смытости почв, экспозиции склона и других факторов. Например, посевы яровой мягкой пшеницы и ячменя на черноземе выщелоченном в нижней части склонового агроландшафта Предуралья продуктивнее, чем в средней и особенно в верхней частях [1]. На черноземах южных Оренбургского Зауралья установлено заметное преимущество нижней части склона в сравнении с верхней по урожайности зерновых культур, содержанию подвижных элементов питания, влажности почвы [10]. Моделирование продуктивности яровой пшеницы в агроландшафтах Красноярского края показало, что более благоприятные условия для ее воз-

делывания складываются на плато, южных и восточных склонах, а при засушливых условиях – и в ложбинах [8]. На юге Западной Сибири урожай яровой пшеницы в условиях экстенсивного землепользования (без удобрений) на несмытом черноземе оподзоленном варьировал от 5 до 20 ц/га, черноземе выщелоченном и темно-серой лесной почве – 40-43 ц/га. Снижение параметров структуры урожая пшеницы наиболее четко проявилось на слабо- и среднесмытой темно-серой лесной почве. На смытых черноземах параметры структуры урожая яровой пшеницы варьировали и были как выше, так и ниже полученных на несмытых почвах [24]. В целом развитие эрозии сопровождается уменьшением биопроductивности угодий, ухудшением агрономически важных свойств почв, нарушением экологического равновесия. Однако степень проявления этих процессов неодинакова на разных типах почв, для отдельных культур и зависит от экологического состояния агроландшафтов [17].

Один из критериев качества зерновых культур – содержание в них макроэлементов. Для этого проводят минерализацию растительного материала методами мокрого или сухого озоления. При мокром озолении растений широко используют хлорную кислоту, а также применяют в качестве катализаторов смесь сульфатов калия и меди, сульфата калия с селеном и др. Содержание макроэлементов в растениях, полученное с использованием разных катализаторов и/или методов озоления, может различаться. Например, количество магния в надземной массе травосмеси, установленное методом сухого озоления, было в 1,3-1,6 раза выше, чем при мокром озолении с добавлением хлорной кислоты [12].

Цель исследований – оценить структуру урожая и засоренность посевов яровой пшеницы на почвах топокаты с учетом агрохимической характеристики пахотного слоя, а также сравнить содержание макроэлементов в зерне и соломе методами мокрого и сухого озоления.

Объект исследования – яровая мягкая пшеница сорта Тризо, выращенная на почвах топокаты Буготакского мелкосопочника в районе Предалтайской почвенной провинции лесостепной зоны Западной Сибири – в окрестностях села Усть-Каменка Тогучинского района Новосибирской области. Длина топокаты 200 м, перепад высот 12 м. Пахотные почвы имеют тяжелосуглинистый гранулометрический состав и представлены черноземом оподзоленным несмытым, слабо- и среднесмытым, а также луговато-черноземной оподзоленной намытой почвой [9, 18]. Несмытая почва расположена на ровном водораздельном участке (плакор), слабо- и среднесмытые почвы – на склоне южной экспозиции с уклоном 3 и 5°, намытая почва – в верхней части ложбины стока. Перед посевом пшеницы провели плоскорезную обработку почв топокаты на глубину 10 см, удобрения не применяли.

Методика. Почвенные образцы проанализированы на содержание нитратного азота и легкоподвижного фосфора по Карпинскому-Замятиной (экстрагент 0,015 М K_2SO_4) при соотношении почва : раствор 1:5. Остальные почвенные параметры рассчитаны из данных [18].

Растительный покров изучали путем геоботанических описаний на площадках 10×10 м, анализ надземной продуктивности агроценоза – методом укусов на площади 1 м² в трёхкратной повторности.

Минерализацию растительного материала осуществляли двумя методами:

1. Мокрым озолением навески (0,2 г) в серной кислоте (H_2SO_4 конц., 5 мл) с добавлением хлорной кислоты ($HClO_4$, 0,4 мл) или смеси сульфатов калия и меди (K_2SO_4 и $Cu_2SO_4 \cdot 5H_2O$, 2,5 и 0,25 г) и последующим переносом озолота в мерные колбы на 100 мл с доведением объема водой ($H_2O_{дист.}$) [15].

2. Сухим озолением навески (0,5 г) в муфельной печи при 500°C в течение 4 ч, с растворением золы в 1 М растворе соляной кислоты (HCl , 10 мл) и последующим переносом озолота в мерные колбы на 50 мл с доведением объема $H_2O_{дист.}$ [25].

В растительных вытяжках содержание общего азота определяли титриметрическим методом в присутствии смешанного кислотно-основного индикатора (бромтимоловый синий и метиловый красный); нитратного азота в почвенных вытяжках – потенциометрическим методом на приборе рН-метр / (нитратометр) «АНИОН –

7000 (Н)» (РФ); общего фосфора в растениях и легкоподвижного фосфора в почвах – колориметрическим методом с использованием фотометра КФК-3-«ЗОМЗ» (РФ); общих калия, кальция и магния в растениях – методом атомно-абсорбционной спектроскопии на анализаторе АAnalyst 400 (Perkin Elmer Inc., США). Общее содержание макроэлементов в растениях представили на элемент (N, P, K, Ca, Mg). Все расчеты в почвенных и растительных образцах произвели на воздушно-сухую массу.

Анализ различия факторных средних выполнили дисперсионным методом с применением критерия Стьюдента и использованием пакета программ Microsoft Office Excel 2007 и SNEDECOR V. 5.80.

Результаты и их обсуждение. Основоположающими факторами формирования урожая служат агрохимические свойства почвы, показатели которых позволяют оценить её плодородие. Согласно агрохимической характеристике (табл. 1), почвы топокаты характеризуются близкой к нейтральной реакцией среды, что создает благоприятные условия для выращивания яровой пшеницы [16].

1. Агрохимическая характеристика пахотного слоя почв (0-20 см)

Показатели *	Почва топокаты **			
	Несмытая	Слабосмытая	Среднесмытая	Намытая
рН водной суспензии	6,6	6,4	6,5	6,4
Гумус, %	8,0	9,3	5,4	5,0
Азот общий, %	0,42	0,43	0,28	0,27
Азот нитратный, мг N- NO_3 /кг	1,50	3,81	1,66	5,73
Фосфор легкоподв., мг P_2O_5 /кг	0,47	0,43	0,42	1,46
Фосфор подвижный, мг P_2O_5 /кг	107	116	130	253
Калий подвижный, мг K_2O /кг	225	248	202	571
Кальций обм., смоль(экв) Ca^{2+} /кг	36	34	30	24
Магний обм., смоль(экв) Mg^{2+} /кг	4	4	3	3

*Использованы данные, приведенные в Путеводителе [18], за исключением азота нитратного и фосфора легкоподвижного. **Почвы топокаты (здесь и далее) представлены черноземом оподзоленным несмытым, слабо- и среднесмытым, а также луговато-черноземной намытой почвой.

В пахотных почвах Сибири содержание гумуса варьирует в широком диапазоне: низкое – <4,0%, среднее – 4,0-8,0, высокое – >8,0% [5]. Слабосмытая почва относится к высокогумусированной, остальные почвы – к среднегумусированным (см. табл. 1).

Главным источником азотного питания растений в агроценозах Сибири служит почвенный азот, основная доля которого (82-89%) входит в состав гумуса; среднее содержание общего азота в черноземах составляет 0,44% [3]. К данному значению близки показатели, полученные в несмытой и слабосмытой почвах. Содержание общего азота в среднесмытой и намытой почвах в 1,5 раза ниже, чем в несмытой (см. табл. 1). Обеспеченность нитратным азотом [3, 5] в период уборки пшеницы была низкой (5-10 мг/кг) в намытой почве и очень низкой (<5 мг/кг) в остальных почвах топокаты.

По данным [18], запасы гумуса и общего азота в гумусовом слое (0-50 см) несмытой почвы составили, соответственно, 351 и 18,7 т/га, в намытой – 405 и 17,6

т/га. В результате эрозионной редуции гумусового слоя в слабо- и среднесмытой почвах запасы гумуса в слое 0-50 см уменьшились до 313 и 182 т/га, общего азота – до 15,7 и 8,2 т/га, что свидетельствует о снижении параметров потенциального плодородия.

По содержанию подвижных форм минерального фосфора, калия и других элементов можно судить об эффективном плодородии почв. Шкала обеспеченности почв Сибири легкоподвижным фосфором для зерновых культур представлена следующими уровнями: <0,35 мг/кг P_2O_5 – низкий, 0,36-0,65 – средний, 0,66-1,0 – повышенный, 1,1-1,5 – высокий, >1,5 мг/кг – очень высокий; подвижным фосфором (по Чирикову) для почв Предсалаирья: 70-120 мг/кг P_2O_5 – низкий, 120-190 – средний, >200 – высокий [2]. По содержанию легкоподвижного фосфора намытая почва относится к высокообеспеченной, остальные почвы топокаты – к среднеобеспеченным. Содержание подвижного фосфора постепенно увеличивалось от низкого уровня в несмытой и слабосмытой почвах к среднему и высокому – в среднесмытой и намытой почвах (см. табл. 1). В других исследованиях на смытых почвах склонов, по сравнению с несмытыми почвами плакора, установлено как увеличение содержания подвижных форм минерального фосфора [10, 13, 14, 22, 23], так и его снижение [7]. Различия в содержании фосфора между несмытыми и смытыми почвами могут быть обусловлены разными причинами, в том числе: потерей гумусового горизонта и вовлечением в пахотный слой почв склонов нижележащих горизонтов (обогащенных или обедненных соединениями фосфора); неравномерным распределением тонкодисперсных минеральных частиц по элементам рельефа; иммобилизацией фосфора (включение в состав гумуса и труднорастворимых фосфатов кальция и магния) в почвах плакора с более высоким содержанием гумуса, обменных кальция и магния.

Обеспеченность тяжелосуглинистых почв Западной Сибири подвижным калием (по Чирикову) представлена следующими уровнями: <140 мг/кг K_2O – низкий, 140-180 – неустойчивый, 180-220 – оптимальный, >220 мг/кг – повышенный [21]. Пахотный слой среднесмытой почвы относится к оптимальному уровню обеспеченности калием, остальных почв – к повышенному (см. табл. 1). Однако, в подпахотном и нижележащих горизонтах почв топокаты отмечено снижение содержания подвижного калия до неустойчивого и низкого уровней [18].

Обогащенность почвообразующих пород карбонатами не только является причиной щелочной среды в нижних горизонтах почв топокаты, но и способствует преобладанию кальция и магния в составе почвенного поглощающего комплекса. В целом почвы характеризовались высокой обеспеченностью обменными кальцием и магнием [11]. Наибольшее содержание данных элементов в несмытой почве с последующим снижением вниз по склону от слабосмытой к намытой почве (см. табл. 1). Подобная закономерность по снижению содержания обменных кальция и магния в смытых почвах склонов по сравнению с несмытыми почвами плакора выявлена и в ранее проведенных исследованиях на юге Западной Сибири [12, 14, 19]. Это может быть связано как с различной насыщенностью обменными основаниями пахотного слоя, унаследовавшего такой уровень содержания от почвообразующих пород, так и с миграцией элементов вместе с мелкоземистыми части-

цами и почвенным органическим веществом в составе твердого и жидкого стоков.

Итак, несмотря на экстенсивное землепользование (без удобрений), почвы топокаты обладают достаточно высоким плодородием. Однако водная эрозия, развивающаяся на склонах, приводит к потере гумусового горизонта и изменению профиля смытых почв в целом, что оказывает влияние на параметры потенциального и эффективного плодородия. Наилучшей обеспеченностью гумусом и общим азотом, обменными кальцием и магнием характеризовались несмытая и слабосмытая почвы. В то же время в намытой почве отмечено наибольшее содержание подвижных форм фосфора и калия.

Урожайность яровой пшеницы на почвах плакора в лесостепи Западной Сибири с преобладанием безотвальных обработок почв, низким объемом применения удобрений и средств защиты растений в среднем за 2000-2013 гг. составила 15,0 ц/га, в НСО – 14,7 ц/га [4]; в лесостепи Алтайского Приобья за 2001-2015 гг. на экстенсивном фоне после пара и в бессменных посевах – 18,9 и 9,9 ц/га соответственно, и возрастала на фоне удобрений и пестицидов до 30,4 и 17,8 ц/га [20]. На почвах топокаты урожай яровой пшеницы в 2018 г. варьировал от 11 до 28 ц/га (табл. 2), что вполне сопоставимо с ранее приведенными данными.

2. Структура урожая яровой пшеницы с учетом засоренности

Почва топокаты	Масса, ц/га				Доля от общей надземной массы, %	
	зерна	соломы ¹	сорняков ²	общая ³	пшеницы	сорняков
Несмытая	11,3	18,4	30,3	60,0	49,5	50,5
Слабосмытая	14,6*	38,7*	12,8*	66,1*	80,6*	19,4*
Среднесмытая	28,2*	39,2*	9,6*	77,0*	87,5*	12,5*
Намытая	28,1*	35,5*	14,5*	78,1*	81,4*	18,6*

*Показатели, статистически значимо ($p < 0,05$) отличающиеся от таковых на несмытой почве (здесь и в табл. 3).

Примечание. 1, 2 – включая массу плевела, ветоши. 3 – общая надземная масса основной культуры и сорняков.

Несмотря на более высокое плодородие пахотного слоя несмытой и слабосмытой почв, максимальные показатели массы зерна и соломы получены на среднесмытой почве с наименьшей засоренностью посевов (см. табл. 2). Урожай яровой пшеницы на таких же подтипе почв и экспозиции склона в Искитимском районе НСО в условиях вегетационного периода 2010 г. также увеличивался в ряду несмытая → слабо- → среднесмытая, с резким снижением на сильносмытой; в то же время в условиях 2014 г. различий между несмытой и смытыми почвами не выявлено, максимальные значения установлены на намытой почве [24].

Высокую степень засоренности пшеницы на несмытой почве плакора, полагаем, можно объяснить более ранней прогреваемостью весной и освобождением от снежного покрова по сравнению с почвами склона и, как следствие, вызреваемостью семян сорных растений до периода уборки основной культуры.

Состав сорных растений в посевах яровой пшеницы насчитывает 13 видов. Он обусловлен, прежде всего, расположением пахотного угодья между лесополосами с естественной растительностью. Из наиболее распространенных видов сорных растений, характерных для лесостепной зоны НСО, среди злаковых малолетников

на почвах топокатыны был щетинник зеленый, из двудольных малолетников – гречишка выюнковая, из многолетних корнеотпрысковых – бодяк полевой, выюнок полевой, пырей ползучий. Последний был самым часто встречаемым сорняком на почвах топокатыны и имел наибольшую надземную фитомассу. Так, на несмытой почве доля пырея ползучего по сравнению с другими сорняками составила 76%, на остальных почвах – от 26 до 65%. Наименьшее число рудеральных видов отмечено на намытой почве, но здесь встречалось значительное количество хвоща полевого, предпочитающего почвы с более кислой реакцией среды, что подтверждают результаты pH водной суспензии [18].

Содержание общих макроэлементов в яровой пшенице варьирует в среднем в следующих диапазонах (в %): N – 2,3-3,0 (зерно) и 0,60-0,67 (солома), P – 0,37-0,48 (зерно) и 0,09 (солома), K – 0,50-0,62 (зерно) и 0,62-1,5 (солома), Ca – 0,04 (зерно) и 0,19 (солома), Mg – 0,13 (зерно) и 0,05 (солома) [16, 24]. Содержание общего азота в зерне и соломе пшеницы на почвах топокатыны низкое (табл. 3), что совпадает с данными почвенной диагностики по нитратному азоту и подтверждает необходимость улучшения азотного питания растений. Общее содержание других макроэлементов в зерне и соломе пшеницы в целом соответствует вышеприведенным средним значениям.

3. Общее содержание макроэлементов в яровой пшенице, установленное методами мокрого и сухого озоления, % на воздушно-сухую массу

Метод озоления ¹	Почва топокатыны							
	Несмытая		Слабосмытая		Среднесмытая		Намытая	
	зерно	солома	зерно	солома	зерно	солома	зерно	солома
<i>Азот (N)</i>								
МО ₁	1,28	0,31	1,02*	0,24	0,93*	0,29	1,13*	0,43*
МО ₂	1,40	0,43	1,61*	0,39	1,47	0,37	1,53*	0,49
<i>Фосфор (P)</i>								
МО ₁	0,38	0,09	0,40	0,06	0,38	0,08	0,42	0,14*
<i>Калий (K)</i>								
МО ₁	0,50	0,55	0,45	0,61	0,50	0,55	0,50	0,78*
СО	0,44	0,43	0,44	0,48	0,44	0,44	0,45	0,54*
<i>Кальций (Ca)</i>								
СО	0,05	0,29	0,05	0,23	0,05	0,29	0,03	0,23
<i>Магний (Mg)</i>								
МО ₁	0,10	0,06	0,09	0,05	0,10	0,06	0,10	0,06
СО	0,13	0,08	0,13	0,07	0,13	0,07	0,13	0,07

Примечание. 1 – минерализация растительного материала выполнена двумя методами: мокрым озолением с добавлением HClO₄ (МО₁) или K₂SO₄ + Cu₂SO₄·5H₂O (МО₂) и сухим озолением (СО).

Содержание общего азота, фосфора и калия в зерне и соломе, определенное мокрым озолением с хлорной кислотой (МО₁), вполне согласуется с результатами ранее проведенных исследований этим же методом на яровой пшенице на почвах склонов в условиях экстенсивного земледелия на юге Западной Сибири. Общее содержание макроэлементов варьировало в следующих диапазонах (в %): N – 0,87-1,38 (зерно) и 0,17-0,35 (солома), P – 0,32-0,50 (зерно) и 0,04-0,16 (солома), K – 0,40-0,50 (зерно) и 0,74-1,38 (солома) [24].

Общее содержание азота в пшенице, определенное мокрым озолением с добавлением хлорной кислоты (МО₁), в 1,3-1,5 (зерно) и 1,1-1,5 (солома) раза ниже, чем с использованием смеси сульфатов калия и меди (МО₂) (см. табл. 3). Наибольшее содержание общего азота в зерне методом МО₁ установлено на несмытой почве, методом МО₂ – на слабосмытой с лучшей обес-

печенностью среди почв топокатыны гумусом и общим азотом. Определить содержание общего фосфора в пшенице методом сухого озоления не удалось, так как значения получили очень заниженные, особенно в зерне. Максимальное содержание общего фосфора в зерне и соломе пшеницы, определенное мокрым озолением, выявлено на намытой почве с высокой обеспеченностью легкорастворимым и подвижным фосфором. Содержание общего калия в зерне и соломе, определенное методом мокрого озоления, в 1,1 и 1,3 раза выше, чем при сухом озолении. Но в обоих случаях содержание калия в соломе на намытой почве (с лучшей обеспеченностью подвижным калием) выше по сравнению с другими почвами топокатыны. Содержание общего кальция в пшенице удалось установить только методом сухого озоления; наименьшее значение данного параметра отмечено в зерне на намытой почве с более низким количеством обменного кальция. Содержание общего магния в зерне и соломе, определенное мокрым озолением, в 1,3 раза ниже, чем сухим. Различий по содержанию общего магния в пшенице на почвах топокатыны выявить не удалось. В зерне яровой пшеницы по сравнению с соломой выше общее содержание азота, фосфора и магния (в среднем в 3,5, 4,3 и 1,7 раза), но ниже – калия и кальция (в 1,2 и 6,5 раза).

Таким образом, при выращивании яровой пшеницы на почвах эрозивно опасных склонов необходимо учитывать возможность потерь и перераспределения питательных веществ по элементам рельефа, оптимизировать питание растений в расчете на планируемую урожайность и поддержание почвенного плодородия, применять (по необходимости) средства защиты растений от сорняков, вредителей и болезней.

Выводы. 1. Урожай яровой пшеницы на почвах топокатыны в условиях экстенсивного земледелия (без удобрений) в лесостепи Западной Сибири варьировал от 11 до 28 ц/га. Несмотря на то, что несмытая и слабосмытая почвы характеризовались наилучшей обеспеченностью гумусом и общим азотом, обменными кальцием и магнием, максимальные показатели массы зерна и соломы получены на среднесмытой почве с наименьшей засоренностью посевов.

2. Состав сорных растений в посеве яровой пшеницы насчитывал 13 видов. Наиболее часто встречаемым сорняком был пырей ползучий, имеющий наибольшую надземную фитомассу. Наименьшее число рудеральных видов (7) отмечено на намытой почве, но здесь выявлено значительное количество хвоща полевого.

3. Общее содержание азота в зерне и соломе было низким; фосфора, калия, кальция и магния в целом соответствовало средним значениям для яровой пшеницы. Наибольшее общее содержание фосфора и калия выявлено в зерне и соломе на намытой почве с наилучшей обеспеченностью среди почв топокатыны подвижными формами фосфора и калия.

4. Использование разных катализаторов и/или методов минерализации растительного материала оказывало влияние на результаты определения общего содержания макроэлементов. Содержание азота в пшенице, определенное мокрым озолением с добавлением хлорной кислоты, в 1,3-1,5 (зерно) и 1,1-1,5 (солома) раза ниже, чем с использованием смеси сульфатов калия и меди. Содержание калия в пшенице, определенное мокрым озолением с добавлением хлорной кислоты, в 1,1 (зерно) и 1,3 (солома) раза выше, чем при сухом озолении,

в то время как содержание магния в зерне и соломе, наоборот, в 1,3 раза ниже при методе мокрого озоления.

Литература

1. Абдулвалеев Р.Р., Исмагилов Р.Р. Яровая пшеница и ячмень на склонах Предуралья Республики Башкортостан // Сельскохозяйственные науки и агропромышленный комплекс на рубеже веков. – 2016. – № 15. – С. 43-49. 2. Аверкина С.С., Науменко И.В. Изучение агрохимии фосфора на почвах Западной Сибири // Инновации и продовольственная безопасность. – 2017. – № 2 (16). – С. 49-70. 3. Агрохимические свойства почв и эффективность удобрений / Гамзиков Г.П., Ильин В.Б., Назарюк В.М. и др. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1989. – 254 с. 4. Власенко А.Н., Шоба В.Н., Шарков И.Н., Иодко Л.Н. Продуктивность яровой пшеницы по пару при различных технологиях в лесостепи Западной Сибири // Земледелие. – 2014. – № 5. – С. 26-28. 5. Гамзиков Г.П., Носов В.В. Роль элементов питания в повышении урожайности яровой пшеницы в Сибири // Питание растений. – 2010. – № 1. – С. 7-11. 6. Долгополова Н.В. Рост и развитие пшеницы в зависимости от экспозиции склона в условиях Курской области // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 9. – С. 60-67. 7. Дубовик Е.В., Дубовик Д.В. Агрохимические свойства чернозема в зависимости от экспозиции и крутизны склона // Агрохимия. – 2012. – № 7. – С. 10-15. 8. Едимешев Ю.Ф., Шпедт А.А. Моделирование продуктивности яровой пшеницы в агроландшафтах Красноярского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 2 (249). – С. 5-12. 9. Классификация и диагностика почв СССР / Составители: В.В. Егоров, В.М., Фридланд, Е.Н. Иванова, Н.Н. Розов и др. – М.: Колос, 1977. – 224 с. 10. Максютин Н.А., Митрофанов Д.В. Влияние различных частей склона на содержание подвижных питательных веществ, урожайность зерновых культур и качество зерна пшеницы в Оренбургском Зауралье // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. – 2018. – № 1 [Электр.ресурс]. 11. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с. 12. Нечаева Т.В., Гонн Н.В., Савенков О.А., Смирнова Н.В. Магний в почвах и растениях в условиях склонового агроландшафта на юго-востоке Западной Сиби-

ри // Почвы и окружающая среда. – 2019. – Т. 2. – № 4. – С. 91. 13. Нечаева Т.В., Гонн Н.В., Савенков О.А., Смирнова Н.В. Фосфатное состояние почв склонового агроландшафта на юго-востоке Западной Сибири // Сб. научн. трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2019. – № 148. – С. 68-76. 14. Нечаева Т.В., Смирнова Н.В., Гонн Н.В., Савенков О.А. Изменение агрохимических параметров плодородия пахотных почв склона на юге Западной Сибири // Плодородие. – 2017. – № 2 (95). – С. 2-5. 15. Практикум по агрохимии. 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. акад. РАСХН В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 689 с. 16. Радов А.С., Пустовой И.В., Корольков А.В. Практикум по агрохимии. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Колос, 1978. – 351 с. 17. Савич В.И., Гукалов В.Н., Мансуров Б.А. Агроэкологическая оценка развития эрозии во времени и в пространстве // Плодородие. – 2015. – № 3. – С. 40-42. 18. Смоленцева Е.Н., Чумбаев А.С., Соколов Д.А., Соколова Н.А. Почвы Предалтайской лесостепной провинции Западной Сибири (на примере Буготакского мелкосопочника): Путеводитель полевой почвенной экскурсии Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН, «Почвы в биосфере» / Под ред. Б.А. Смоленцева. – Томск: Издательский дом ТГУ, 2018. – 50 с. 19. Танасиенко А.А. Противозероизонная стойкость черноземов Западной Сибири // Почвоведение. – 2002. – № 11. – С. 1380-1389. 20. Усенко В.И., Усенко С.В. Эффективность применения минеральных удобрений под яровую пшеницу в зависимости от предшественника, обработки почвы и средств защиты растений в лесостепи Алтайского Приобья // Земледелие. – 2016. – № 8. – С. 4-8. 21. Якименко В.Н. К вопросу оценки калийного состояния почв агроценозов // Плодородие. – 2009. – № 4. – С. 8-10. 22. Якутина О.П., Назарюк В.М. Оценка плодородия эродированных почв юга Западной Сибири // Агрохимия. – 2007. – № 11. – С. 10-22. 23. Якутина О.П., Нечаева Т.В., Смирнова Н.В. Режимы основных элементов питания и продуктивность растений на эродированных почвах юга Западной Сибири // Проблемы агрохимии и экологии. – 2011. – № 1. – С. 16-22. 24. Якутина О.П., Нечаева Т.В., Смирнова Н.В. Плодородие почв склона, структура и качество урожая яровой пшеницы на юге Западной Сибири // Почвы и окружающая среда. – 2018. – № 1 (3). – С. 126-142. 25. Handbook of reference methods for plant analysis / Edited by Yash P. Kalra. Boca Raton, Boston, London, New York, Washington: CRC Press, 1998. 287 p.

SPRING WHEAT CULTIVATED ON SOILS OF TOPOGRAPHICAL SEQUENCE IN THE FOREST STEPPE OF WESTERN SIBERIA: YIELD, WEEDING, MACRO-ELEMENTS

T.V. Nechaeva, S.V. Solovyov

Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS, Akademika Lavrentyeva pr. 8/2, 630090 Novosibirsk, Russia

Spring soft wheat of the Trizo variety is grown on the soils of the topographical sequence of the Bugotac Hill in the forest-steppe zone of Western Siberia. Arable soils are represented by podzolized Chernozem (Luvis Greyzemic Chernozem by WRB Soil Classification, 2014) non-eroded and located on the watershed, slightly- and moderately-eroded on the slope of the southern exposure with a slope of 3 and 5°, and meadow-chernozem (Colluvic Regosol) stratified in the upper part of the runoff hollow. The agrochemical characteristics of the arable layer of soils showed that they have a fairly high fertility. Non-eroded and slightly-eroded soils are characterized by the best humus content and total nitrogen, exchange calcium and exchange magnesium. The highest content of mobile forms of phosphorus and potassium is observed in stratified soil. The spring wheat yield ranged from 1.1 to 2.8 t/ha with maximum grain and straw masses on moderately-eroded soil with the smallest weediness of crops. The composition of weeds totaled 13 species and the most common was creeping wheatgrass. The use of different catalysts and/or methods for the ashing of plant material had an effect on the determination of the macro-elements content. The total nitrogen content in grain and straw was low; phosphorus, potassium, calcium and magnesium content was generally consistent with the average values for spring wheat.

Keywords: yield structure, grain and straw of wheat, weeds, erosion, humus, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, wet and dry ashing.