

**Выводы.** Проведенное исследование доказывает возможность применения теоретической модели отклика культурных растений на значения показателей почвенного плодородия для установления оптимальных (эталонных) параметров для исследуемой территории. Оптимальные показатели плодородия для яровой пшеницы на исследованных полях составляют: 12,0 мг/кг азота, 178 подвижного фосфора, 205 мг/кг обменного калия. Содержание цинка, меди и магния в почвах оказывает существенно меньшее влияние на урожай, по сравнению с элементами питания.

#### Литература

1. Аннотированный перечень моделей плодородия в автоматизированном банке «ПЛОМОД» Вып. 3. – М., – 1995, Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева. – 116 с.
2. База данных муниципальных образований. [Электронный ресурс]. 2017. <https://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst70/DBInet.cgi> (Дата обращения: 05.05.2021 г.).
3. Булгаков Д.С., Славный Ю.А. Эталонные плодородия почв // Химия в сельском хозяйстве. – 1996. – №5. – С. 15-18.
4. ВЕГА-Science. [Электронный ресурс]. <http://sci-vega.ru>. (Дата обращения: 01.05.2021 г.).
5. Гендугов В.М., Глазунов Г.П. Макрокинетическая модель микробного роста на многокомпонентном субстрате // Вестник Московского университета. Сер. 17: Почвоведение. – 2014. – № 3. – С. 10-16.
6. Глазунов Г.П., Гендугов В.М., Евдокимова М.В., Титарев Р.П., Шестакова М.В. Макроскопическая кинетика временной и пространственной изменчивости вегетационного индекса NDVI на территории заповедника «Ямская степь» в условиях загрязнения почвы тяжёлыми

металлами // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2019. – Т. 16. – № 2. – С. 111-127.

7. Микулч В.А. Состав и вынос элементов питания урожаем яровой пшеницы при различной обеспеченности фосфором дерново-подзолистой супесчаной почвы // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – №1(46). – С. 135-145.
8. Намозов Х., Амонов О., Корахонев А., Рустамов Н., Аскарлова З. Разработка общей системы каталогов эталонов субтропического почвенного покрова на основе космических снимков // Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник статей: в 3 кн. / X Международная научно-практическая конференция (4-5 февраля 2015 г.). – Барнаул: РИО АГАУ, 2015. Кн. 2. – С. 425-427.
9. Олесин О.А. Модель оптимальных показателей плодородия чернозема обыкновенного для яровой пшеницы в лесостепи Поволжья // Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты. Сборник статей студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей / Под ред. Т.М. Сигитова. – Пермь, 2016. – С. 229-235.
10. Пивоварова Е.Г., Кононцева Е.В., Хлуденцов Ж.Г., Аверьянова И.П. Математические модели региональных эталонов в агрохимическом мониторинге почв // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – №8 (178). – С. 54-62.
11. Свободная географическая информационная система с открытым кодом QGIS. [Электронный ресурс]. 2021. URL: <https://qgis.org/ru/site/forusers/download.html>.
12. Система компьютерной алгебры Maxima. [Электронный ресурс]. 2017. Дата обновления 17.03.2020 г. URL: <https://sourceforge.net/projects/maxima/>. (Дата обращения: 01.05.2021 г.).
13. Филонов В.М., Наздрачев Я.П. Оптимизация минерального питания и урожайности яровой пшеницы [Электронный ресурс]. – URL: [https://baraev.kz/sistema\\_zemledelie/plodородie/524-optimizaciya-mineralnogo-pitaniya-i-urozhaynost-yarovoy-pshenicy.html](https://baraev.kz/sistema_zemledelie/plodородie/524-optimizaciya-mineralnogo-pitaniya-i-urozhaynost-yarovoy-pshenicy.html) (Дата обращения: 21.05.2021 г.).

#### DETERMINATION OF REFERENCE VALUES OF SOIL FERTILITY INDICATORS BASED ON THE DOSE- EFFECT RELATIONSHIP

Ogorodnikov S.S., Yakovlev A.S., Evdokimova M.V.

*The article shows the possibility of using a macrokinetic model based on the dose-effect relationship to determine the optimal values of nutrients in soils. For leached chernozems in the Tula region, the optimal values of fertility indicators for spring wheat are: 12.0 mg/kg of nitrogen, 178 mg/kg of mobile phosphorus, 205 mg/kg of exchangeable potassium.*

*Key words: soil fertility, spring wheat, nitrogen, mobile phosphorus, exchangeable potassium.*

DOI: 10.25680/S19948603.2021.123.03

## ПРИКОРНЕВАЯ ЗОНА РАСТЕНИЙ, КАК КРИТЕРИЙ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

*И.И. Тазин, к.б.н., О.Е. Ефимов, к.б.н., В.И. Савич, д.с.-х.н., Е.С. Федянина, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, e-mail: savich.mail@gmail.com*

*Показано существенное различие сорбционных свойств корневых систем отдельных видов и сортов растений. Предлагается оценка сорбционных свойств корневых систем растений по составу равновесного питательного раствора и суспензии почв после выращивания растений, по сравнению данных анализов почв прикорневой зоны и всей массы почвы, при оценке изменения в прикорневой зоне положительно и отрицательно заряженных комплексных соединений ионов, по поглощению корнями ионов из ионитовых мембран, по поглощению ионов из питательного раствора после их выращивания в суспензии почв.*

*Доказывается необходимость оценки сорбционных свойств корневых систем видов и сортов растений для корректировки оценки плодородия почв и применяемых систем удобрения. Показано, что сорбционные свойства корневых систем растений изменяются в зависимости от сочетания свойств почв и гидротермических условий территории. Согласно полученным данным, целесообразно составление паспортов особенностей сорбционных свойств видов и сортов растений.*

*Ключевые слова: почва, прикорневая зона, сорбционные свойства корней.*

Для цитирования: Тазин И.И., Ефимов О.Е., Савич В.И., Федянина Е.С. Прикорневая зона растений, как критерий плодородия почв // Плодородие. – 2021. – №6. – С. 9-13. DOI: 10.25680/S19948603.2021.123.03.

Оптимальные свойства почв отличаются для отдельных типов почв и классификационных единиц более низкого иерархического уровня, от сочетания свойств,

процессов и режимов почв, для отдельных культур и сортов [1]. Оптимальные свойства почв различаются и в зависимости от гидротермических условий террито-

рии [5, 6]. Однако эти закономерности не учитываются при разработке систем удобрения и оптимизации всех составляющих систем земледелия [1-4].

**Цель проводимых исследований** – оценить изменения свойств почв в прикорневой зоне растений, как критерий степени оптимальности свойств почв для выращивания культуры.

Объектом исследования выбраны дерново-подзолистые почвы Московской области [3], орошаемые черноземы [4], каштановые почвы [7].

**Методика.** Состояла в оценке прикорневой зоны растений методом химической автографии на основе электролиза [7], с учетом сорбционных свойств корневых систем растений [9], с использованием ионитовых мембран [7].

**Экспериментальная часть.** 1. *Сорбционные свойства корней растений, как критерий их обеспеченности биофильными элементами.* Отдельные виды и сорта растений обладают разной поглотительной способностью корневых систем, в мг-экв. поглощенных катионов и анионов и их соотношением. Так, поглотительная способность корней яровой пшеницы в мг-экв. анионов на 100 г катионов составляет 530, клевера – 130, моркови корневой – 59 [6]. Катионообменная емкость корней (мг-экв/100 г сухих корней) у двудольных выше, чем у однодольных и составляет, например, для *Delphinium ajacis* – 94, а для *Triticum sp.* – 9,0 [6].

Почва заряжена отрицательно, воздушная среда – положительно, поэтому у более высоких растений больше градиент + и -, и такие растения, например, лучше поглощают фосфаты, чем менее высокие.

Поглотительная способность корней зависит от температуры. При низких температурах хуже поглощаются азот и фосфаты. Поэтому выделяются северные и южные, западные и восточные дозы удобрений и соотношения в них азота, фосфора и калия [5, 6].

Заряд сорбционных мест корневых систем зависит и от свойств почв (в первую очередь pH и Eh). При поглощении одновременно катионов и анионов или отдельно анионов возникают процессы антагонизма. При одновременном поглощении катионов и анионов проявляются процессы синергизма [3, 4]. При поглощении корнями катионов с высокой плотностью заряда (+) электроны от сорбционных мест оттягиваются, и проявляется индуктивный и мезомерный эффекты поглощенных ионов [3, 9].

2. *Оценка поглотительной способности корней по поглощению ими элементов из питательных растворов, ионообменных смол и суспензии почв.* Одним из способов оценки поглотительной способности корневых систем растений является оценка поглощения ими биофильных элементов из питательных растворов и ионообменных смол (МА-40 и МК-40, МА-ЭДТА) [7]. Полученные данные приведены в таблице 1.

**1. Соотношение катионов в равновесных питательных растворах с ионообменными смолами при выращивании в них проростков**

Культура, сорт	Ca : Fe		Ca : Mg		Fe : Mn	
	МК-40	МА-40	МК-40	МА-40	МК-40	МА-40
Огурец: Майский	16	67	4	8	14	33
Зозуля	12	51	4	6	42	67
Капуста: Широколистная	6	79	5	11	44	110
Пекинская	10	91	6	11	130	77
Горчица	15	2	6	0,2	25	32
Кресс-салат	7	125	4	9	20	220
Томат Малышок	10	59	3	8	28	55

Как видно из представленных в таблице 1 данных, соотношения Ca:Fe, Ca:Mg, Fe:Mn существенно различаются при выращивании на них, как разных культур, так и разных сортов культур. Разной поглотительной способностью обладают культурные растения и сорняки. Это иллюстрируется данными таблицы 2.

**2. Соотношение катионов Ca:Fe в равновесном растворе сорбата после выращивания растений**

Вариант	Рис		Сорняки	
	Лиман	Спальчик	Просянка	Клубнекамыш
раствор	78,0	165,0	222,0	720,0
+ МК-40	7,3	62,0	63,0	220,0
+ МА-40	38,5	41,0	62,0	126,2

Из представленных в таблице 2 данных видно, что в равновесных растворах при произрастании сорняков значительно шире отношение Ca:Fe, чем при выращивании на этих растворах проростков риса. Это определяет меньшую устойчивость к болезням риса при недостатке Ca.

3. *Прикорневая зона растений риса и сорняков, как критерий их потребности в биофильных элементах.* Прикорневая зона почв в значительной степени различается для культурных растений и сорняков. Так, растения риса менее устойчивы к избытку железа, марганца, алюминия, чем сорняки. Они часто испытывают недостаток кальция. Это иллюстрируют данные таблицы 3.

**3. Анализ корневой и прикорневой зон растений риса**

Вариант	Na	K	Ca	Mg	Fe	Mn
	Мг/л					
Корневая зона:						
1	7,0±1,4	4,5±0,7	63,3±16,0	1,4±0,1	286,6±14,1	94,0±10,4
2	5,0±0,6	3,8±0,4	59,5±19,2	1,3±0,1	293,1±15,3	108,3±20,1
Околорневая зона:						
1	7,3±1,6	4,2±0,5	46,3±7,5	1,3±0,1	308,8±21,4	113,6±7,3
2	5,0±0,5	3,9±0,3	42,0±5,7	1,3±0,1	277,3±18,6	117,0±17,2
Надкорневая зона:						
1	5,0±0,5	5,9±1,4	127,3±43,5	1,9±0,4	46,6±18,4	14,8±4,9
2	5,6±0,6	6,8±1,2	108,8±32,1	2,2±0,6	26,0±7,5	10,5±2,6

Примечание. 1 – здоровые растения, 2 – больные растения.

Как видно из представленных данных, в прикорневой зоне растений риса значительно меньше Ca, чем в остальной массе почв и больше Fe и Mn. В большей степени это отмечается у больных растений.

Соотношение (Ca + Mg) : (Fe + Mn) в прикорневой зоне здоровых растений риса было 3,1±0,3, в больных –

0,5±0,1, в стеблях, соответственно, 1,3±0,1 и 0,5±0,1, в нижних листьях – 0,4±0,1 и 0,2±0,1, в верхних листьях – 2,5±0,1 и 1,5±0,1. Соотношение Ca:Mg в почвах под хорошо развитыми растениями риса было 16,8±1,0, а под угнетенными растениями – 1,2±0,1.

4. Сорбционные свойства корневых систем овощных культур. Отдельные виды овощных культур и их сорта также существенно различаются по сорбционным свойствам их корневых систем. Это иллюстрируют данные таблицы 4.

**4. Соотношение катионов в питательном растворе Кюпа (1:10) после выращивания в нем проростков**

Капуста	Mg/Ca <sup>-2</sup>	Ca/Mn <sup>-2</sup>	Ca/Zn <sup>-2</sup>
Цветная	17,4±7,0	300,0±5,9	17,2±11,9
Белокочанная ранняя	6,6±1,3	53,9±14,5	8,7±6,5
Белокочанная поздняя	7,4±1,3	75,0±15,5	8,6±6,4

Как видно из данных таблицы, сорбционные свойства корневых систем цветной капусты существенно отличаются от таковых белокочанной капусты. Выведение новых сортов, как правило, сопровождается и изменениями сорбционных свойств их корневых систем. Это требует корректировки и составляющих системы удобрения.

5. Сорбционные свойства корневых систем разных сортов растений. Отличие поглотительной способности корневых систем разных сортов растений иллюстрируется данными таблицы 5 [9].

**5. Поглощение калия корневыми системами различных сортов арахиса из питательного раствора**

Сорт	Поглощение К, мг/г	
	корнями	стеблями
28-206	1,8	0,6
GH 119	1,1	0,5
47-10	0,5	0,1

Как видно из представленных в таблице 5 материалов, сорт 47-10 существенно отличается по поглощению калия от сортов 28-206 и GH119.

6. Сорбционные свойства корневых систем растений на каштановых почвах. Поглотительная способность корневых систем видов и сортов растений существенно зависит от сочетания свойств почв и поэтому различается при выращивании сельскохозяйственных культур на разных почвах и в различных климатических условиях. Это иллюстрируется данными таблицы 6.

**6. Содержание элементов в прикорневой зоне растений люцерны и в остальной массе темно-каштановой почвы**

Определяемый параметр	Прикорневая зона		Вся почва	
	1	2	1	2
Mn, мкг/см <sup>2</sup>	6,2±1,1	5,8±2,0	6,8±0,8	8,6±1,0
Ca, мкг/см <sup>2</sup>	68,3±12,1	66,5±16,7	81,4±8,4	97,1±10,4
Mg, мкг/см <sup>2</sup>	0,6±0,1	1,7±0,3	0,5±0,1	1,2±0,1
Fe, мкг/см <sup>2</sup>	1,1±0,2	1,3±0,3	1,4±0,1	1,8±0,2
Ca/Mg	119,8	39,1	159,6	80,2
Ca, % от ΣCa				
Mg, Fe, Mn	89,8	88,3	90,3	89,3

Примечание. 1 и 2 – монолиты 1 и 2.

Как видно из представленных данных таблицы 6, в прикорневой зоне люцерны на каштановой почве, по сравнению с остальной массой почвы, значительно меньше Ca и уже отношение Ca/Mg. Растения выделяют через корни органические лиганды, образующие комплексы с Ca, Mg, Fe, Mn. В связи с этим, в прикорневой зоне изменяется, по сравнению с остальной массой почвы, и соотношение положительно и отрицательно заряженных комплексных соединений катионов. Это иллюстрируют данные таблицы 7.

Как видно из представленных данных, в прикорневой зоне люцерны на каштановой почве по сравнению с остальной частью почвы меньше кальция и калия, но

больше железа. В прикорневой зоне, по сравнению с остальной частью почвы, уже отношение положительно и отрицательно заряженных соединений Ca/Mg; уже отношение положительно заряженных соединений к отрицательно заряженным для калия, железа, магния.

**7. Содержание и соотношение положительно и отрицательно заряженных соединений элементов в прикорневой зоне растений люцерны и в остальной массе темно-каштановой почвы при использовании метода электролиза**

Определяемый параметр	Монолит 1		Монолит 2	
	прикорневая зона	вся почва	прикорневая зона	вся почва
Ca, мкг/см <sup>2</sup>	1,3	1,8	1,3	1,6
K, мкг/см <sup>2</sup>	0,1	0,1	1,3	1,6
Fe, мкг/см <sup>2</sup>	4,6	6,6	0,1	0,1
CaL <sup>+</sup> /MgL <sup>-</sup>	3,3	3,6	3,0	3,7
CaL <sup>-</sup> /MgL <sup>+</sup>	2,9	3,3	2,9	3,5
MgL <sup>+</sup> /MgL <sup>-</sup>	2,1	2,6	1,3	2,0
FeL <sup>+</sup> /FeL <sup>-</sup>	0,5	1,2	0,7	0,9
KL <sup>+</sup> /KL <sup>-</sup>	6,1	7,9	2,0	2,3

Данные таблицы 8 показывают, что в прикорневой зоне хлопчатника, по сравнению с остальной массой почвы, было меньше положительно заряженных соединений Ca и Fe. Однако это не проявляется для отрицательно заряженных соединений Ca.

**8. Содержание подвижных катионов Ca, Fe, вытесняемых из почв методом химической автографии на основе электролиза, в основной массе почвы и прикорневой зоне растений хлопчатника**

Разрез	Зона	Ca		Fe	
		CaL <sup>+</sup>	CaL <sup>-</sup>	FeL <sup>+</sup>	FeL <sup>-</sup>
1	Почва	85	7,3	1,6	15,6
	Прикорневая зона	61,4±7,3	8,7±2,2	0,4±0,1	12,8±1,1
3	Почва	64	2,6	0,8	13,5
	Прикорневая зона	42,0±4,7	6,5±2,0	0,7±0,1	11,0±1,1

7. Изменение прикорневой зоны растений на дерново-подзолистых почвах разной степени окультуренности и удобрённости.

Изменение прикорневой зоны растений, по сравнению с остальной массой почвы, зависит от степени окультуренности почв и внесения в почвы удобрений. Это иллюстрируют данные таблицы 9.

**9. Изменение свойств дерново-подзолистой почвы в прикорневой зоне клевера 2-го года пользования \***

Параметр	ДП <sub>2</sub> , ср/с	ДП <sub>2</sub> OK <sub>3</sub> + NPK
pH	-0,02	-0,2
Eh, мв	+9	+11
pK	+0,2	+0,4
pCa	+1,8	+0,2
Fe, мг/л	+0,8	+0,1

\*Моль/л (pK в прикорневой зоне – pK в почве).

Как видно из представленных данных, изменение свойств почв в прикорневой зоне клевера различается для неокультуренной дерново-подзолистой почвы и хорошо окультуренной с внесением NPK на усвоение растениями 2% ФАР. Величина рН<sub>Н2О</sub> в прикорневой зоне исследуемых почва ниже, чем в остальной части почвы, а Eh, содержание Fe (мг/л) в прикорневой зоне и рН и рСа выше, что свидетельствует о недостатке для растений К и Са.

В прикорневой зоне клевера, по сравнению с остальной массой почвы, изменяется и соотношение ионов. Это иллюстрируют данные таблицы 10. Как видно из данных таблицы 10, содержание ионов в прикорневой зоне клевера и в остальной части почвы различается.

В таблице 11 представлены данные о соотношении в почве и в прикорневой зоне положительно и отрица-

тельно заряженных комплексных соединений кальция, магния, железа, цинка.

**10. Соотношение катионов почвенного раствора в прикорневой зоне клевера 2-го года пользования и в остальной массе почвы \***

Вариант	Fe/Mn	pCa – pK	pCa – pMg	Fe, мг/л	pCa, моль/л	pNO <sub>3</sub>
Контроль	2,7/3,1	- /-1,0	- /-0,9	2,6/2,4	4,7/6,5	- /5,5
ДП <sub>2</sub> ОК <sub>2</sub>	2,3/3,0	- /0,3	- /0,4	2,3/3,1	4,7/6,2	- /0,4
ДП <sub>2</sub> ОК <sub>3</sub> + НРК	3,5/3,0	- /1,1	- /0,7	0,8/0,9	3,8/4,5	- /0,7

Примечание. В числителе – в почве, в знаменателе – в прикорневой зоне клевера.

**11. Соотношение подвижных соединений элементов в почве и прикорневой зоне на основе метода химической автографии с использованием электролиза**

Вариант	CaL <sup>н+</sup> /MgL <sup>н+</sup>	CaL <sup>т+</sup> /MgL <sup>т+</sup>	CaL <sup>н+</sup> /CaL <sup>т+</sup>	MgL <sup>н+</sup> /MgL <sup>т+</sup>	FeL <sup>н+</sup> /FeL <sup>т+</sup>	ZnL <sup>н+</sup> /ZnL <sup>т+</sup>
Контроль – ОК <sub>1</sub>	0,7/2,0	11,0/0,7	3,5/0,1	0,2/0,1	0,9/0,5	0,6/0,3
Средне-окультуренная без удобрений – ОК <sub>2</sub>	0,1/1,0	6,5/2,9	2,9/0,1	0,1/0,2	1,9/1,0	0,9/2,0
Хорошо окультуренная без удобрений – ОК <sub>3</sub>	0,3/1,4	3,3/2,7	2,9/0,2	0,3/0,1	1,7/2,6	2,2/0,3
Хорошо окультуренная ОК <sub>3</sub> +НРК	0,1/6,6	2,4/2,8	2,4/0,2	0,1/0,8	1,6/0,6	0,8/0,5

Примечание. В числителе – почва; в знаменателе – прикорневая зона.

Из представленных в таблице 11 данных видна тенденция к увеличению в прикорневой зоне отношения CaL<sup>н+</sup>/MgL<sup>н+</sup> и уменьшению отношения CaL<sup>т+</sup>/MgL<sup>т+</sup>, уменьшению доли в прикорневой зоне растений положительно заряженных соединений кальция, магния, железа и цинка.

8. *Теоретические закономерности оценки прикорневой зоны почв.* Растения изменяют свойства почв в прикорневой зоне в соответствии со своими требованиями к плодородию почв. Эти изменения обусловлены особенностями сорбционных свойств корневых систем отдельных видов и сортов растений [10], а также несоответствием экологических требований конкретных растений и существующих свойств, процессов и режимов почв. При этом растения потребляют и те элементы питания, которых недостаточно в почве (почва обедняется ими). Растения изменяют pH, Eh, pCO<sub>2</sub>, pO<sub>2</sub> и т.д. в прикорневой зоне для оптимизации других свойств почв.

Кроме того, растения через корни выделяют элементы и лиганды, увеличивающие доступность других элементов. В ряде случаев растения осаждают железо и марганец на поверхности и внутри корней. Часто отмечается выделение из корней H<sup>+</sup> в обмен на Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> и другие катионы почв. При этом вблизи корней существует специфическая микрофлора (особенно в зоне роста корня), существенно изменяющая процессы в системе почва-растение.

Приспособление растений к существующим в конкретных условиях параметрам плодородия проявляется: 1) при создании аэренхимы внутри корня, где осаждаются железо и марганец, поступающие в корни из заболоченных почв; 2) при создании микробиологического чехла на корнях, осаждающего избыток Fe, Mn, H<sub>2</sub>S и т.д.; 3) при выделении через корни в почву O<sub>2</sub>; 4) при выделении через корни в почву H<sup>+</sup> в обмен на Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, необходимые для роста и развития культур; 5) при изменении в прикорневой зоне Eh почв; 6) при выделении в прикорневую зону лигандов органических веществ, образующих комплексы с заданной константой устойчивости для поступления в растения, для блокировки поступления; 7) при выделении в прикорневую зону катионов и анионов, облегчающих поступление веществ в растения за счет синергизма K и NO<sub>3</sub> и затрудняющих поступление за счет антагонизма K и Ca; 8) при изменении ферментативной активности в процессах метаболизма для регулирования интенсивностей и скоростей реакций в самих растениях.

**Заключение.** По полученным данным, влияние растений на прикорневую зону почв проявляется в осаждении железа и марганца в аэренхиме растений, в создании микробиологического чехла из окисляющих железо микроорганизмов, в выделении в почву O<sub>2</sub>, комплексонов, ионов H<sup>+</sup> в обмен на Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, в поглощении растениями одновременно катионов и анионов (например, K и NO<sub>3</sub>), в изменении в прикорневой зоне pH, Eh, pCO<sub>2</sub>, pO<sub>2</sub>, ионной силы раствора, комплексобразующей способности почвенного раствора.

При недостатке элементов в почве растения могут их получать из воздушной среды, при избытке – выделять с транспирацией.

Указанные процессы различаются для разных видов и сортов растений, изменяются по фазам развития растений и в сезонной динамике. При этом одних элементов в почвах может быть избыток, других – недостаток.

Как правило, при поглощении проявляются эффекты синергизма и антагонизма, конкуренции (конкурирующего комплексобразования, ионного обмена, осадкообразования).

На основании проведенных исследований рекомендуется оценка особенностей поглотительной способности корневых систем видов и сортов растений с оценкой при выращивании растений равновесного питательного раствора, содержания подвижных элементов в почвах и в прикорневой зоне растений, содержания в них положительно и отрицательно заряженных комплексных соединений, по поглощению элементов из ионитовых мембран, по поглощению элементов из почв, а затем из питательного раствора.

Знание особенностей поглотительной способности корневых систем видов и сортов растений позволяет повысить экономическую эффективность применения удобрений, корректируя их дозы и соотношения ионов с учетом сорбционных свойств корневых систем и их изменения в зависимости от взаимосвязей свойств почв.

*Литература*

1. Аристархов А.Н. Оптимизация питания растений и применения удобрений в агроэкосистемах. – М.: ЦИНАО, 2000. – 500 с.
2. Беленков А.Н., Береза Д.В. Агрохимическая характеристика дерново-подзолистой почвы под культурами зернопропашного севооборота// Агрохимический вестник. – 2021. – №4. – С. 3-8.
3. Белопухов С.Л., Трухачев В.И., Байбеков Р.Ф., Савич В.И. Оценка химических и физико-химических свойств почв, недостатка элементов питания для растений и качества продукции//Бултеровские сообщения. – 2021. – Т. 65. – №1. – С. 87-97.
4. Гукалов В.В., Баршадская С.И., Сорокин А.Е. Изменение эффективности применения минеральных удобрений на черноземах и дерново-подзолистых почвах при неоправданном увеличении их

доз//Международный сельскохозяйственный журнал. – 2020. – №1. – С. 83-86.  
5. Дадькин В.П. Особенности поведения растений на холодных почвах. – М.: Наука, 1952. – 279 с.  
6. Журбицкий З.И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений. – М.: Изв. АН СССР, 1963.  
7. Савич В.И., Трубицина Е.В. Химическая автография прикорневой зоны растений на основе электролиза и ионитовых мембран// Агрохимия. – 1986. – №10. – С. 120-125.

8. Савич В.И., Трубицина Е.В., Докучаев В.С. Оценка состояния системы почва-растение по содержанию и соотношению положительно и отрицательно заряженных соединений// Почвоведение. – 1990. – №9. – С. 61-72.  
9. Савич В.И., Атткаиинг Д. Корректировка оптимальных параметров почвенного плодородия с учетом сорбционных свойств корневых систем растений// Доклады ВАСХНИЛ. – 1991. – С. 11-14.  
10. Сорокин А.Е., Седых В.А., Филиппова А.В. Информационная оценка в системе почва-растение// Международный сельскохозяйственный журнал. – 2021. – №1. – С. 17-21.

#### ROOT ZONE OF PLANTS AS A CRITERION OF SOIL FERTILITY

**I.I. Tazin, Ph.D., O.E. Efimov, Ph.D., V.I. Savich, Doctor of Agricultural Sciences, E.S. Fedyanin, RSAU-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazeva**

*A significant difference in the sorption properties of the root systems of individual plant species and varieties is shown. It is proposed to evaluate the sorption properties of plant root systems by the composition of the equilibrium nutrient solution and soil suspension after plant cultivation, by comparing the data of analyzes of soils in the root zone and the entire mass of the soil, when assessing changes in the root zone of positively and negatively charged complex ion compounds, by the absorption by roots ions from ion exchange membranes, by the absorption of ions from a nutrient solution after growing in a soil suspension.*

*The necessity of assessing the sorption properties of the root systems of plant species and varieties for adjusting the assessment of soil fertility and applied fertilization systems is proved. It is shown that the sorption properties of plant root systems change depending on the combination of soil properties and hydrothermal conditions of the territory. According to the data obtained, it is advisable to draw up passports of the peculiarities of the sorption properties of plant species and varieties.*

*Key words: soil, root zone, sorption properties of roots.*

УДК 631.51:631.417:631.45

DOI: 10.25680/S19948603.2021.123.04

## СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ

**Н.А. Воронкова, д.с.-х.н., Н.Ф. Балабанова, к.с.-х.н., Л.В. Юшкевич, д.с.-х.н.,  
ФГБНУ «Омский АНЦ»  
644012, Россия, Омская область, г. Омск, пр. Королева, 26  
[natascha.balabanowa@mail.ru](mailto:natascha.balabanowa@mail.ru)**

*Изучено влияние различных систем обработки почвы на содержание консервативного и лабильного органического вещества и продуктивность плодосменного севооборота в лесостепной зоне Западной Сибири. Объект исследования – лугово-черноземная почва, сельскохозяйственные культуры. Исследования проведены на основе длительного стационарного опыта в четырехпольном плодосменном севообороте с чередованием культур: 1 – рапс яровой; 2 – ячмень; 3 – соя; 4 – пшеница яровая. Изучали три системы обработки с различным уровнем механического воздействия на почву: отвальная (вспашка на глубину 20–22 см); комбинированная (чередование вспашки под сою и плоскорезной обработки на глубину 10-12 см под пшеницу) и плоскорезная. Установлено, что при комбинированной системе обработки почвы содержание гумуса увеличивается на 0,29 % в сравнении с исходным его количеством, запасы мортмассы в пахотном слое составляли 8,61 т/га, а продуктивность севооборота в среднем – 2,52 т/га з. е.*

*Ключевые слова: органическое вещество, система обработки почвы, севооборот, растительная биомасса, лугово-черноземная почва.*

Для цитирования: Воронкова Н.А., Балабанова Н.Ф., Юшкевич Л.В. Содержание органического вещества в лугово-черноземной почве при различных системах обработки// Плодородие. – 2021. – №6. – С. 13-16.

DOI: 10.25680/S19948603.2021.123.04.

Органическое вещество почвы является одним из важных условий стабильности агроэкосистем, так как оно формирует и поддерживает основные режимы, свойства и функции почвы, определяющие ее плодородие. Исследованиями авторов [9, 11, 14] по изучению гумусного режима почвы установлено, что интенсивное использование пашни, низкий уровень применения органических и минеральных удобрений, сокращение площадей возделывания многолетних бобовых трав приводят к уменьшению содержания органического вещества в почве, и прежде всего, динамичной, лабильной его фракции. Запасы лабильного органического вещества (ЛОВ) определяют эффективное плодородие

почвы, так как обладают повышенной способностью к трансформации. Определяя интенсивность минерализационных процессов при уменьшении или увеличении поступления в почву свежего органического вещества, ему принадлежит ключевая роль в обеспечении устойчивости запасов гумуса [17]. В старопахотных черноземных почвах содержание ЛОВ, по данным [5, 18], составляет не более 10% от запаса общего углерода. Основная приходная статья в пополнении запасов ЛОВ в агроценозах – это биомасса, состоящая из наземных остатков, корней, корневых выделений культурных растений, сорной растительности и микробной биомассы [5, 18, 19].