

% и числа колосков на 8 %, что оказало существенное влияние на величину урожая зерна пшеницы. Применение предпосевной обработки семян не привело к достоверному улучшению условий закладки элементов продуктивности, что ограничило потенциальные возможности растений пшеницы в данных условиях.

4. Установлено, что при высоком содержании цинка в почве снижается вынос основных элементов питания и резко возрастает содержание цинка в растениях пшеницы. Показано, что при использовании регулятора роста происходят увеличение выноса основных элементов питания и снижение накопления цинка в основной и побочной частях урожая пшеницы.

5. Выявлены резкое увеличение выноса азота и снижение размеров поступления цинка в растения пшеницы при использовании циркона в условиях загрязнения почвы. Можно сделать вывод, что действующее вещество циркона способствует возрастанию их устойчивости и стимулирует поступление и накопление основных элементов питания в растениях яровой пшеницы. Это, веро-

ятно, и оказало значительное влияние на урожайность яровой пшеницы в условиях загрязнения почвы цинком.

Литература

1. Волошин Е.И. Аккумуляция кадмия и свинца в почвах и растениях // *Агрохимический вестник*. – 2000. – № 3. – С. 23-26.
2. Водяницкий Ю.Н. Формы цинка в загрязненных почвах // *Почвоведение*. – 2010. – № 3. – С. 293-302.
3. Лукин С.В., Явтушенко В.Е., Солдат И.Е. Накопление кадмия в сельскохозяйственных культурах в зависимости от уровня загрязнения почвы // *Агрохимия*. – 2000. – № 2. – С. 73-77.
4. Ансюк П.И. Микроудобрения. – М.: Колос, 1978. – 272 с.
5. Воропаев В.Н., Пащикова О.М. Цинк в почвах и растениеводческой продукции стационарного опыта // *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2009. – № 2. – С. 31-35.
6. Ульяненко Л.Н., Круглов С.В., Филиппас А.С., Алексахин Р.М. Влияние физиологически активных веществ на накопление растениями из почвы радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr // *Агрохимия*. – 2002. – № 3. – С. 67-72.
7. Кобзаренко В.И., Волобуева В.Ф., Серегина И.И., Ромодина Л.В. Агрохимические методы исследований. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. – 309 с.
8. Кидин В.В., Дерюгин И.П., Кобзаренко В.И. и др. Практикум по агрохимии/ Под ред. В.В. Кидина. – М.: КолосС, 2008. – 599 с.
9. Анисимов В.С., Анисимова Л.Н., Фригидова Л.М., Санаров А.И. и др. Подвижность и параметры миграции Zn в системе чернозем типичный-растения ячменя // *Агрохимия*. – 2020. – № 12. – С. 50-63.

PROTECTIVE AND STIMULATING ROLE OF GROWTH REGULATOR IN FORMATION OF SPRING WHEAT YIELD IN CONDITIONS OF SOIL CONTAMINATION WITH ZINC

V.I. Trukhachev Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Rector of the Russian State Agricultural University named after K.A. Timiryazev,

I.I. Seregina Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology,

S.L. Belopukhov Acting Director of the Institute of Agrobiotechnology,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Chemistry,

I.I. Dmitrevskaya Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Chemistry,

D.M. Akhmetzhanov Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, st. Timiryazevskaya, 49

seregina.i@inbox.ru

In model experiments in soil culture, the protective and stimulating role of the growth regulator in the formation of the yield of spring wheat variety Lada was studied against the background of a high level of zinc in the soil. It has been established that a high level of soil contamination with zinc reduces the photosynthetic activity of plants, causing inhibition of the active growth of the aboveground mass of plants and a decrease in the size and duration of the work of the assimilation apparatus of plants, contributing to a decrease in the yield of spring wheat. The use of a growth regulator ensures the implementation of the protective and stimulating abilities of wheat plants with a high content of zinc in the soil. The stimulating effect of zircon on the processes of the formation of the reproductive sphere of plants was shown, which manifested itself in the activation of the processes of setting and formation of grains in an ear and caused an increase in plant productivity. It was revealed that zircon stimulated the attracting ability of an ear in the background variants, which is due to an increase in the number of grains in an ear.

Key words: high level of zinc in soil, growth regulator, spring wheat, seed treatment before sowing, foliar treatment of vegetative plants.

DOI: 10.25680/S19948603.2022.125.12

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОЧВ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

В.И. Савич, д.с.-х.н., РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

E-mail: savich.mail@gmail.com

В работе предлагается оценка влияния факторов почвообразования на генезис и эволюцию почв.

$\Sigma U = \Pi \Sigma K_i X_i^n t V$, ΣU – сочетание свойств почв, где Π – порода, K_i – степень влияния фактора почвообразования на породу, X_i – интенсивность этого влияния, t – продолжительность влияния, V – скорость изменения свойств почв под влиянием K_i . При действии нескольких факторов на породу проявляются эффекты синергизма и антагонизма. Доказывается необходимость учета в качестве факторов почвообразования влияния геофизических полей и микробиологической активности. Показано, что все процессы в биогеоценозах протекают с определенной скоростью, что необходимо учитывать при агроэкологической оценке почв и прогнозировании эволюции почв.

Ключевые слова: почва, генезис, плодородие, факторы почвообразования, агроэкологическая оценка.

Для цитирования: Савич В.И. Генетическая и агроэкологическая оценка почв с учетом влияния факторов почвообразования// *Плодородие*. – 2022. – №1. – С. 49-52. DOI: 10.25680/S19948603.2022.125.12.

Объектом исследования выбраны дерново-подзолистые почвы [11], обыкновенные черноземы, каштановые почвы [1], мерзлотно-таежные почвы [15].

Методика. Состояла в оценке взаимосвязей физико-химических, водно-физических, агрохимических свойств почв, их микробиологической активности для разных типов почв, развивающихся при определенных значениях геофизических полей Земли [1, 10, 12-14].

Экспериментальная часть.

Цель исследования – определить влияние на формирование почв факторов почвообразования с включением, в качестве дополнительных факторов, геофизических полей Земли и микробиологической активности почв.

В задачи исследования входили: иллюстрация влияния факторов почвообразования на агроэкологическое состояние почв, а также влияние памяти почв, скорости действия на породу факторов почвообразования, оценка удельного веса влияния отдельных факторов почвообразования на свойства почв, энергетическая и информационная оценка эволюции почв.

Факторы почвообразования. Почва формируется под влиянием факторов почвообразования, которые действуют на породу: $\Sigma U = \Pi \Sigma K_i X_i^n t V$, где Π – порода (сумма и закономерная взаимосвязь свойств, характеризующих породу), K_i – степень влияния фактора почвообразования на породу (вес влияния), X_i – интенсивность влияния изучаемого фактора почвообразования на породу; n – показатель, характеризующий чаще экспоненциальный тип зависимости, t – продолжительность влияния, V – скорость изменения свойств почв под влиянием фактора почвообразования. K_i различна для X_i , t , V .

При этом изменение породы под влиянием факторов почвообразования зависит от сочетания действующих факторов с проявлением эффектов синергизма и антагонизма, их взаимовлияния. Определенное значение имеет и очередность воздействия факторов.

С нашей точки зрения, в качестве факторов почвообразования целесообразно выделять рельеф, растительность, климат, геофизические и антропогенные физические поля, космические поля, деятельность человека, микробиологическую активность.

При этом факторы почвообразования должны рассматриваться на разном иерархическом уровне: макро-, мезо-, микрорельеф, сукцессии растительного покрова, вековые, многолетние, сезонные и другие изменения климатических условий.

Факторы почвообразования, влияющие на породу, изменяют свойства пород, протекающие в них процессы и режимы во времени и в пространстве. Сформированная из породы почва характеризуется памятью (почва – память и почва – момент), которая в значительной степени определяет реакции почв на внешние воздействия и саморазвитие почв.

Протекающие в почвах процессы и режимы, происходящие изменения свойств обусловлены трансформацией, миграцией и аккумуляцией вещества, энергии и информации. В связи с этим, для регулирования скорости и интенсивности почвообразовательных процессов также целесообразно воздействие на эти процессы.

Геофизические поля, как фактор почвообразования. Геофизические поля Земли и космоса – важный фактор почвообразования. Они действуют на породу более длительное время, чем другие факторы и в значительной степени определяют влияние на породу других

факторов [12]. Хорошо известно влияние на верхние слои земной коры гравитационных, магнитных полей, полей динамических напряжений [3, 10]. В то же время, влияние этих полей на генезис и плодородие почв практически не рассматривается [2, 6]. Значительные изменения свойств почв возникают на линиях разломов земной коры, в геопатогенных и геомантийных зонах.

Искусственное регулирование интенсивности этих полей позволяет регулировать плодородие почв [11, 12]. Антропогенные физические поля, как правило, несут в себе значительную информационную нагрузку, которая также действует на систему растения – микроорганизмы и опосредованно на почву. Перспективно искусственное создание информационно-энергетических полей с заданной информацией для регулирования процессов, протекающих в почвах, растениях и микрофлоре почв.

Микробиологическая активность, как фактор почвообразования и агроэкологического состояния почв. Микрофлора почв действует на почву очень длительный промежуток времени и «перерабатывает» значительно больше вещества, чем растительный покров [16]. В связи с этим, предлагаем рассматривать ее, как фактор почвообразования. При агроэкологической оценке почв и разработке приемов повышения биопродуктивности угодий применяют способы создания почв с заданными свойствами – создание агроземов. Однако затраты на создание почв, близких по свойствам почвам дачных участков, очень велики. В агрохимической службе вносят удобрения под планируемый урожай сельскохозяйственных культур. Однако при этом не учитывают взаимодействия удобрений с почвой.

С нашей точки зрения, целесообразна разработка способов оптимизации микробиологической активности почв (селективных для разных почв, гидротермических условий и т.д.). Создание таких условий определит получение окультуренных почв с заданными свойствами и планируемых урожаев возделываемых культур [17].

Память почв, как фактор почвообразования и их агроэкологического состояния. Процессы почвообразования и эволюции почв влияют на свойства, процессы и режимы почв и накопленные за длительный период времени изменения. Память почв формируется в информационной структуре почвенного покрова: на поверхностях раздела и во внутренней массе [4], в морфолитогенезе [8], в генетических горизонтах и в почвенном профиле [5], в минералогическом составе почв [8], в поровом пространстве [8], в микробиологической активности [8] и в антропогенных изменениях почв [8].

Память почв, полученная при эволюции почв за длительный промежуток времени, определяет как строение почвенного профиля, совокупность физико-химических и водно-физических свойств почв, так и микробиологическую активность, плодородие почв [18]. Однако память почв проявляется и в сезонной динамике свойств почв [14].

В почвах происходят локальные изменения почвообразовательных процессов, как фактор генезиса и корректировки моделей плодородия. Из циклов гистерезиса изменения свойств почв по сезонам года складывается почвообразовательный процесс. Степень разомкнутости петель гистерезиса характеризует необратимые изменения свойств почв [9, 15]. В значительной степени эти изменения закрепляются в органическом веществе почв [7].

Скорость действия на породу факторов почвообразования и скорость изменения свойств, процессов и режимов почв. Свойства почв, протекающие в них процессы и режимы изменяются локально во времени и в пространстве. Так, весной в дерново-подзолистых почвах протекает промывной тип водного режима, летом – часто выпотной. Значительные изменения водного, теплогового режимов в течение сезона происходят и в мерзлотно-таежных почвах. Нами, с использованием лизиметрических хроматографических колонок, установлена нисходящая и восходящая миграция почвенных растворов в подзолистых почвах. При этом верхние горизонты влияли на развитие почв в более глубоких слоях, а горизонт В – на свойства почв в горизонтах А₁ и Ап.

Все процессы в почвах протекают с определенной скоростью, которая описывается уравнениями внешне-диффузионной, внутридиффузионной и химической кинетики разных порядков [1]. При этом в почвах можно регулировать скорость как протекающих, так и почвообразовательных процессов и режимов.

Так, например, по полученным данным, при регулировании скорости процессов подзолообразования и дернового процесса при внесении CaCO₃ 40 лет назад реакция рН почв не изменилась. Это обусловлено подтягиванием корневыми системами К, Са, Mg из нижних слоев, более интенсивным развитием биохимического выветривания в Ап за счет комплексобразования [13]. Скорость развития восстановительных условий в ранневесенний период определяет пригодность почв для выращивания отдельных культур.

С определенной скоростью происходит и смена сукцессий в естественных ландшафтах. Широко используются приемы регулирования интенсивности и скорости развития водной и ветровой эрозии. С определенной скоростью происходит загрязнение почв тяжелыми металлами и др.

Регулируя очередность внесения органических и минеральных удобрений в почвах, изменяют скорость их поступления в растения. Скорость сорбции и десорбции ионов почвой существенно изменяется при образовании структуры почв.

Влияние факторов почвообразования на свойства, процессы и режимы почв. Каждый из факторов почвообразования влияет на генезис и эволюцию почв в определенной степени. Это характеризуется «весом» влияния фактора на свойства, процессы и режимы почв. При этом на разных этапах эволюции почв «вес» влияния отдельных факторов почвообразования на генезис и эволюцию почв различается. Например, в Архангельской области в соответствии с климатическими условиями должны формироваться подзолистые почвы, но на карбонатных породах развиваются дерново-карбонатные почвы, по ряду свойств близкие черноземам. В прибрежных районах Якутии, Магаданской области должны формироваться тундровые почвы, однако на засоленных породах бывшего океана формируются солонцы и солончаки.

Изменение климата приводит и к изменению условий формирования почв. Это подробно рассмотрено Г.В. Добровольским при оценке эволюции почв при изменении уровня Каспийского моря. Резкие изменения условий почвообразования происходят при осушении и орошении почв, изменении уровня грунтовых вод.

Взаимовлияние действия на породу сочетания факторов почвообразования. При действии нескольких факторов почвообразования на породу проявляются эффекты синергизма и антагонизма. Один фактор усиливает или ослабляет влияние другого на развитие процесса. При этом важна продолжительность их взаимовлияния. По полученным данным, временное развитие анаэробнозиса в весенний период в северной тайге усиливает интенсивность развития подзолообразования. Однако длительное развитие анаэробнозиса приводит к интенсификации глеевого процесса.

По полученным данным, в условиях Московской области окультуривание почв на дачных участках резко увеличивает содержание гумуса до 6-8%. Однако, при отношении Сгк/Сфк < 1 это приводит к оподзоливанию почв в более глубоких слоях, интенсивное развитие анаэробных микроорганизмов сопровождается усилением оглеения почв в более глубоких слоях.

Опустынивание почв и их засоление в районах Кизлярских пастбищ Дагестана обусловлены сочетанием следующих факторов: переселением населения с гор на равнину, большим расходом воды и опусканием уровня пресных грунтовых вод, поднятием уровня засоленных вод, увеличением пастбищной нагрузки с 2 до 8-10 овец на 1 га, нерегулируемым движением транспорта, распашкой территории и усилением ветровой эрозии, малыми дозами внесения удобрений (1-5 кг/га) и др.

Взаимовлияние факторов почвообразования проявляется практически во всех случаях формирования, генезиса и эволюции почв и структуры почвенного покрова.

Энергетическая оценка эволюции почв. Генезис и эволюция почв, их агроэкологическая оценка обусловлены трансформацией, миграцией и аккумуляцией вещества, энергии и информации. К сожалению, при оценке свойств, процессов и режимов, протекающих в почвах, учитываются только трансформация, миграция и аккумуляция вещества. В то же время, все процессы в почвах связаны с трансформацией, миграцией и аккумуляцией энергии. В биологических системах происходит накопление энергии и, как показано И.С. Шатиловым, более правильно рассчитывать дозы удобрений, учитывая возможное реальное значение КПД ФАР использования растениями на исследуемой почве при существующем уровне интенсификации производства.

По нашим данным, полученным совместно с И.С. Шатиловым и А.Г. Замараевым [11], на слабоокультуренных дерново-подзолистых почвах меньше энергии накапливается в урожае пшеницы и больше в урожае многолетних трав. Под пшеницей меньше энергии поступает в почву, накапливается в гумусе, микрофлоре. Поэтому на хорошо окультуренных почвах было выгодно выращивать озимую пшеницу, а на плохо окультуренных – многолетние травы.

Использование метода химической автографии на основе электролиза позволяет оценить затраты энергии на вытеснение отдельных биофильных элементов из исследуемых почв.

Энергетическая оценка плодородия почв определяется формулой: $Y_{\text{ККАЛ}} = \sum X_i \cdot \Delta_i$, где X_i – необходимое для получения урожая потребление растениями биофильных элементов, Δ_i – затраты энергии растениями на отрыв единицы X_i от ППК [11].

Информационная оценка эволюции почв. Генезис почв и их эволюция сопровождаются накоплением ин-

формации, заключенной во взаимосвязях свойств почв, гумусе, в минералогическом составе, структуре почв, в формировании новообразований, горизонтов в структуре почвенного покрова. Определенный генетический тип почв и классификационные единицы более низкого иерархического уровня характеризуются информативными взаимосвязями свойств. От микробиологической активности зависит рН почв, от рН – подвижность железа, марганца, свинца и других ионов, от содержания этих ионов – Eh почв и содержание подвижных фосфатов и т.д.

В ряде стран эти взаимосвязи учитывают при корректировке оптимальных свойств почв и ПДК.

Увеличение одного показателя выше допустимых пределов (характерных для определенных почв) приводит к ухудшению других показателей. Так, увеличение содержания обменного калия более 10% от емкости поглощения приводит к диспергированию почв, увеличению их плотности, уменьшению отношения $S_{гк}/S_{фк}$ и т.д. Увеличение содержания подвижных фосфатов более 50 мг/100 г для дерново-подзолистых почв приводит к осаждению Mn, Cu, Zn и др.

При этом в разных интервалах изучаемых независимых переменных агроэкологическая оценка показателей изменяется. Так, при кислых значениях рН в почве преобладают соединения $H_2PO_4^-$, которые связываются с Fe, Mn, Al, при нейтральных значениях рН в почве увеличиваются доля HPO_4^{2-} и доступность для растений фосфатов, при щелочных значениях рН в почвах образуются PO_4^{3-} и, например, $Ca_3(PO_4)_2$, и доступность растениям фосфатов снова снижается. При кислых значениях рН подвижность Al высока, при нейтральных – уменьшается, но при рН > 9 образуются гидроксидные комплексы Al, и его токсичность снова возрастает.

Важное значение имеет и последовательность реакций, протекающих в почвах. Так, при достаточном содержании в почвах подвижных соединений железа, алюминия фосфаты прочно закрепляются ими. При дальнейшем внесении органических удобрений они блокируются в ППК. Однако если сначала в почву вносят органические удобрения, то они образуют комплексы с железом и алюминием, которые в дальнейшем менее прочно сорбируют фосфаты.

Генезис и дальнейшая эволюция почв приводят к изменению всех взаимосвязей в почвах, что существенно влияет на агроэкологическое состояние почв, плодородие, биопродуктивность угодий.

Заключение. В работе предлагается оценка влияния факторов почвообразования на генезис и эволюцию

почв. При действии нескольких факторов на породу проявляются эффекты синергизма и антагонизма. Доказывается необходимость учета, в качестве факторов почвообразования, влияния геофизических полей и микробиологической активности. Показано, что все процессы в биогеноценозах протекают с определенной скоростью, что необходимо учитывать при агроэкологической оценке почв и прогнозировании эволюции почв.

Литература

1. Гукалов В.В., Сорокин А.Е., Савич В.И., Рашиков В.Н. Кинетика изменения содержания в почвах водорастворимых форм NO_3 , K, Fe, Mn, Cu при создании центров кристаллизации и осадкообразования// Агрохимический вестник. – 2021. – №4. – С. 72-74.
2. Дмитриев Е.А. Теоретические и методологические проблемы почвоведения. – М.: ГЕОС, 2001. – 374 с.
3. Добровольский Г.В., Карпачевский Л.О., Криксунов Е.А. Геосферы и педосфера. – М.: ГЕОС, 2010. – 190 с.
4. Козловский Ф.И., Горячкин С.В. Информационная структура почвенного покрова: поверхности раздела и внутренняя масса. В кн. Память почв. – М.: ЛКИ, 2002. – С. 58-74.
5. Лебедева И.И., Тонконогов В.Д. Память генетических горизонтов и почвенного профиля. В кн. Память почв. – М.: ЛКИ, 2002. – С. 162-181.
6. Морозов А.И. О почве и почвоведении, взгляд со стороны. – М.: ГЕОС, 2007. – 286 с.
7. Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв РФ. – М.: Наука, 1986. – 256 с.
8. Память почв. Почва, как память биосферно-геосферно-антропогенных взаимодействий// Под ред. Таргульяна В.О. и Горячкина С.В. – М.: ЛКИ, 2008. – 622 с.
9. Савич В.И., Котелева В.В., Калина Н.М. Гистерезис физико-химических свойств почв// Изв. ТСХА. – 1977. – Вып. 1. – С. 87-98.
10. Савич В.И. Геофизические поля, как фактор почвообразования// Изв. ТСХА. – 2009. – Вып. 3. – С. 9-24.
11. Савич В.И., Сычев В.Г., Замираев А.Г. Энергетическая оценка плодородия почв. – М.: ЦИНАО, 2007. – 498 с.
12. Савич В.И., Мазиров М.А., Седых В.А. Агроэкологическая оценка геофизических полей. – М.: РГАУ-МСХА, ВНИИА, 2016. – 492 с.
13. Савич В.И., Торишин С.П., Белопухов С.Л. Агроэкологическая оценка органоминеральных и комплексных соединений почв. – Иркутск: Мегапринт, 2017. – 298 с.
14. Савич В.И., Наумов В.Д., Гукалов В.В., Котенко М.Е. Локальное протекание почвообразовательных процессов, как фактор корректировки моделей плодородия почв// Международный с.-х. – 2017. – №1. – С. 40-52.
15. Савич В.И., Худяков О.И., Черников В.А. Свойства, процессы, режимы мерзлотно-таежных почв. – М.: ВНИИА, 2018. – 312 с.
16. Савич В.И., Мосина Л.В., Норовсурэн Ж. Микробиологическая активность почв, как фактор почвообразования// Международный с.-х. – 2015. – №1. – С. 38-42.
17. Савич В.И., Седых В.А., Балабко П.Н. Инновационные технологии в агропромышленном комплексе. – М.: РГАУ-МСХА, Плодородие, 2020. – 350 с.
18. Таргульян В.О. Память почв: формирование, носители, пространственно-временное разнообразие. В кн. Память почв. – М.: ЛКИ, 2002. – С. 24-57.

GENETIC AND AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF SOILS TAKING INTO ACCOUNT THE "WEIGHT" OF THE INFLUENCE OF SOIL FORMATION FACTORS

V.I. Savich, RGAU-MSHA them. K.A. Timiryazev
E-mail: savich.mail@gmail.com

The paper proposes an assessment of the influence of soil formation factors on the genesis and evolution of soils.

$\Sigma Y = P \Sigma K_i X_i t V$, ΣY is the combination of soil properties, where P is the rock, K_i is the degree of influence of the soil formation factor on the rock, X_i is the intensity of this influence, t is the duration of the influence, V is the rate of change in soil properties under the influence of K_i . Under the influence of several factors on the breed, the effects of synergy and antagonism are manifested.

The necessity of taking into account the influence of geophysical fields and microbiological activity as factors of soil formation is proved. It has been shown that all processes in biogeocenoses proceed at a certain rate, which must be taken into account in the agroecological assessment of soils and forecasting the evolution of soils.

Key words: soil, genesis, fertility, soil formation factors, agroecological assessment.