

CHANGES IN THE PHYSICAL PROPERTIES OF SOILS FORMED ON LIMNOGLACIAL LOAMY PARENTAL MATERIAL, DEPENDING ON THEIR USE

V. B. Tsyrybka, I. A. Lahachou, C. A. Kasyanchyk, H. M. Ustsinava

Summary

The article analyzes the change in the basic physical properties of soils formed on limnoglacial loams, depending on the nature of their use. The value of indicators of the physical state of forest soils are in the ranges of optimal values, meadow – in the ranges of optimal and permissible, arable – within permissible.

Analysis of conjugated soil samples made it possible to establish a strong statistical relationship between the density and content of agronomical valuable aggregates on the humus content in the soil on forest lands ($R^2 = 0,5034$ and $0,6875$, respectively), moderate statistical relationship between the density with humus content in meadow lands ($R^2 = 0,1698$) and virtually no dependence on arable land.

Паступила 22.10.20

УДК 631.417.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА МИКРОПЛОЩАДОК ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОНОМИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ НА ПОЧВАХ С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ГУМУСА

В. Б. Воробьев

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Органическое вещество почвы и его производное гумус представляют собой очень сложную, постоянно меняющуюся систему, составные части которой оказывают непосредственное влияние на многие свойства и режимы почв, в конечном итоге на урожайность возделываемых культур. Именно поэтому В. В. Пономарева и Т. А. Плотникова [5] охарактеризовали гумус как квинтэссенцию почвенного плодородия. В. А. Ковда и И. В. Якушевская [3] предложили даже ввести в науку понятие об особой сфере нашей планеты – гумосфере, рассматриваемой как гигантский аккумулятор солнечной энергии в земной коре.

В настоящее время накоплен огромный материал об источниках органического вещества в почве, особенностях его трансформации в различных почвенно-климатических и природных условиях, механизмах образования, составе, строении и свойствах гумусовых веществ, достаточно подробно изучена роль гумуса в формировании свойств почвы и ее дифференциации на генетические горизонты.

Доказано наличие взаимосвязи между урожайностью сельскохозяйственных культур, содержанием в почве гумуса и показателями, характеризующими его качественный состав. Последнее тем не менее заслуживает дополнительного изучения. В первую очередь потому, что выявление зависимости урожайности растений от составных частей гумуса и продуктов их взаимодействия с минеральной частью почвы дает возможность определить оптимальные параметры гумусового состояния пахотного горизонта. Возделывание же сельскохозяйственных культур на фоне оптимальных показателей, характеризующих гумусовое состояние почвы, позволяет существенно повысить эффективность агротехнических приемов, в конечном итоге продуктивность культур и качество продукции.

Постановка экспериментов по изучению эффективности того или иного агротехнического приема на почвах с различным уровнем гумусированности весьма затруднительна, что обусловлено проблемой создания вариантов опыта с разным содержанием гумуса. При общепринятых методиках закладки полевых опытов это достигается за счет внесения различных доз органического удобрения. Однако такой подход связан не только с большими материальными затратами, но и требует очень длительного времени для получения существенной разницы в содержании гумуса, исчисляющегося десятками лет.

Закладка мелкоделяночных моделированных опытов, путем замены гумусово-аккумулятивного горизонта опытного участка на почву с различным содержанием гумуса также имеет серьезный недостаток. Он заключается в том, что при замене почвенного слоя часто используют почвы не только с разным содержанием гумуса, но и с различным генезисом, с неодинаковым гранулометрическим и минералогическим составом, имеющие различную историю. Это приводит к нарушению принципа единственного различия и не позволяет достоверно оценивать полученные результаты. Подобрать аналог почвы, но с разным содержанием гумуса практически невозможно.

Еще больше недостатков – при закладке вегетационных опытов. Главный из них заключается в том, что при набивке сосудов в соответствии с методикой проведения таких опытов почва высушивается и просеивается. Кроме того, в набитых почвой сосудах отсутствуют нижележащие горизонты, нарушен нисходящий и восходящий токи воды. Из-за этого в вегетационных сосудах практически невозможно изучить роль гумуса в формировании показателей, характеризующих физические, водные, воздушные свойства почвы и другие параметры. Корневая система растений в вегетационных сосудах ограничена в пространстве, поэтому результаты исследований, полученные в вегетационном опыте, нельзя непосредственно переносить в производственные условия.

Лишены этих недостатков исследования с использованием микроплощадок. Этот метод исследований был предложен БелНИИПА (ныне РНДУП «Институт почвоведения и агрохимии») для изучения связи урожайности сельскохозяйственных культур с показателями, характеризующими почвенное плодородие. Он состоит в том, что в пределах одного поля на почве одной разновидности с одинаковой агротехникой закладываются 20–30 микроплощадок, с которых отбираются образцы почвы для анализа и ведется учет урожайности. Для этого на план опыта (1:100) накладывается сетка с нумерацией узлов и методом рандомизации определяется, в каких узлах сетки закладываются микроплощадки. При этом результаты исследований подвергаются корреляционному анализу.

К сожалению, закладка микроплощадок с помощью узлов довольно трудоемка и требует тщательной привязки на местности. Кроме того, рандомизированный подход не всегда позволяет выделить участки с необходимым диапазоном значений изучаемого признака (содержание гумуса).

Основываясь на использовании микроплощадок, мы, применительно к зерновым культурам, разработали и опробовали методику изучения роли гумуса в формировании показателей, характеризующих почвенное плодородие. Эта методика подходит также для изучения эффективности агротехнических приемов на почве с различным содержанием гумуса.

Рекомендуемая нами методика отличается тем, что заранее подбирается поле с разным уровнем гумусированности в его отдельных частях. На этом поле закладываются необходимые варианты опыта и выделяются микроплощадки (ключевые делянки) с различным содержанием гумуса. С этих площадок отбираются для анализа образцы почвы, ведется учет урожая, выполняются другие необходимые учеты и отборы в соответствии с планом исследований. Результаты подвергаются корреляционно-регрессионному анализу, на основании которого создаются трендовые модели, характеризующие закономерности изменения изучаемых признаков в зависимости от содержания в почве гумуса и вариантов опыта. Эти модели при достаточно высоких коэффициентах аппроксимации позволяют сравнить эффективность изучаемых агротехнических приемов при разном (но одинаковом по вариантам) содержании в почве гумуса.

При применении данной методики основным ориентиром для привязки микроплощадок (ключевых делянок) на местности служит технологическая колея. Это исключает необходимость накладки на план поля сетки с нумерацией узлов и достаточно трудоемкого поиска этих узлов на местности.

Полученные результаты экстраполируются на большие однородные территории.

ВЫБОР УЧАСТКА И ЗАКЛАДКА ОПЫТА

Участок для закладки опыта должен отвечать следующим требованиям:

1. Соответствовать условиям, в которых планируется использовать результаты исследований.
2. Характеризоваться однородностью почвенного покрова и отличаться необходимым варьированием содержания гумуса.
3. Все части опыта должны иметь одинаковую историю. На них, как минимум последние 4 года, должны возделываться одинаковые культуры, применяться единая система удобрений, одинаковая обработка почвы, в одно и то же время проводиться известкование и т. д.

При подборе участка для закладки опыта необходимо исключить случайные факторы, которые могут повлиять на результаты исследований. Например, нельзя располагать опыт в непосредственной близости со зданиями, хозяйственными постройками, дорогами. На участке должны отсутствовать следы земляных работ, бывшие дороги, места загонов для скота и временного хранения удобрений. Не должно быть остатков строений и других случайных факторов почвенной неоднородности, оказывающих длительное последствие на свойства и режимы почвы.

При подборе участка необходимо тщательно проанализировать почвенную карту. Идеально, если участок представлен одной почвенной разностью. Если почвенный покров неоднороден и интересующая исследователя почвенная разность располагается в разных частях поля, то целесообразно провести дополнительное почвенное обследование с закладкой почвенных разрезов и прикопок, на основании которых выявить границы почвенных разностей и составить почвенную карту в масштабе 10–50 м в 1 см. Непременным условием выбора опытного участка является различное содержание гумуса в его отдельных частях. Чем больше это различие, тем лучше, так как для большего диапазона гумусированности почвы будут применимы полученные выводы. Подбирать участки с различным содержанием гумуса рекомендуется, основываясь на анализе материалов агрохимического обследования сельскохозяйственных земель хозяйства.

При необходимости на предварительно подобранных местах для закладки ключевых площадок провести отбор проб для уточнения данных по содержанию гумуса, зафиксировав географические координаты мест отбора.

Рельеф опытного участка должен быть ровным. Допускается небольшой односторонний уклон до 2,5 м на 100 м. При выделении ключевых делянок нужно учитывать микрорельеф. Блюдца, бугорки, мелкие ложбинки, развальные борозды необходимо выбраковывать.

Рекомендуется располагать опыт на таком поле, которое длительное время не делилось на отдельные рабочие участки. В этом случае уравнильный посев не проводится, так как при высоком агрофоне одинаковая обработка почвы и уход за посевами проводились длительное время на всем поле.

Возможна закладка опыта и на поле, состоящем из нескольких рабочих участков, на которых последние 3–4 года возделывались разные культуры. Однако при этом необходимо обязательно проводить уравнильные посевы, основная задача которых – устранить пестроту в плодородии почвы, вызванную несильно действующими агротехническими приемами. Невозможно с помощью уравнильных посевов устранить различия в почвенном плодородии, обусловленные уровнем грунтовых вод, разным гранулометрическим составом, особенностями строения почвенного профиля и почвообразовательного процесса в целом. Поэтому участок, имеющий указанные выше различия, для проведения экспериментальных исследований непригоден. Агротехнический фон на опытном участке должен быть оптимальным и соответствовать современным требованиям. Большое значение для результата опыта имеет общий высокий уровень агротехники. Опыт, проведенный при низком уровне агротехники, не имеет производственной ценности.

Достоверная оценка результатов исследований возможна лишь в том случае, если опыт заложен без ошибок технологического характера. Эти ошибки невозможно исправить с помощью математической обработки, они полностью обесценивают проведенные исследования.

При выборе направления сева на поле, подобранном для закладки микроделянок (ключевых площадок), необходимо стремиться к тому, чтобы одни и те же рядки захватывали как можно большее количество элементарных почвенных участков с различным содержанием гумуса.

Посев рекомендуется сопровождать созданием технологической колеи. Она необходима не только для выполнения агротехнических приемов по уходу за растениями, в частности для обработки гербицидами, фунгицидами, инсектицидами,

проведения подкормки, но и существенно облегчает закладку микроплощадок (ключевых площадок). Кроме того, посевы с технологической колеей в дальнейшем исключают двойные обработки препаратами и огрехи. Колеса тракторов и сельскохозяйственных машин проходят строго по дорожке колеи, значительно меньше повреждая при этом растения.

Ширина дорожки в технологической колее обычно составляет 30–45 см. Для этого на сеялке при помощи заслонки перекрывается высев из одного или двух сошников для одной дорожки. Расстояние между дорожками зависит в первую очередь от конструктивных особенностей сельскохозяйственных агрегатов. При этом за основу берется главным образом ширина опрыскивателя как наиболее важного и необходимого агрегата при проведении работ в период вегетации растений.

Как правило, опыты по изучению роли гумусовых веществ в формировании свойств и режимов почвы, урожайности возделываемых культур являются однофакторными. Основным изучаемым фактором служит содержание гумуса. В этом случае на общем агротехническом фоне возделывания сельскохозяйственной культуры, используя материалы почвенного и агрохимического обследования территории хозяйства (почвенную карту, картограмму кислотности с элементарными почвенными участками и журнал агрохимических показателей) выделяют микроплощадки с различным содержанием гумуса. Микроплощадки должны располагаться на элементарных участках, относящихся к одной почвенной разности.

Результаты исследований должны подвергаться не дисперсионному, а корреляционно-регрессионному анализу, который позволяет из множества факторов, влияющих на урожайность возделываемой культуры, или на какой-то другой изучаемый признак, выделить роль одного (например, содержания гумуса). В этом случае нарушения принципа «единственного различия» не происходит. Важно, чтобы количество микроплощадок (ключевых площадок) позволяло с высоким уровнем достоверности провести исследования. Рекомендуется закладывать 25–30 площадок. Меньшее количество микроплощадок снижает точность опыта, большее (при существенном увеличении объемов работы) может увеличить разброс данных, что в конечном итоге снизит достоверность результатов.

Если программой исследований предусматривается изучение свойств почвы и растений в динамике в период вегетации, то закладывать микроплощадки необходимо после появления всходов. При отсутствии данной необходимости учетные площадки могут быть выделены непосредственно перед проведением отбора проб.

В случае закладки ключевой площадки в период всходов культуры основной проблемой является выделение ее на местности. Найти их особенно трудно в посевах зерновых культур. Это достаточно высокорослые растения, а вешки, поставленные на поле для обозначения границ площадок в их посевах, не видны. Ставить высокие вешки нецелесообразно, так как они могут быть сбиты или сломаны сельскохозяйственными агрегатами, проходящими по полю при выполнении необходимых технологических операций. Эта проблема легко решается с помощью технологической колеи. Для этого на колее с помощью лопаты делаются прикопки, размер которых, с одной стороны, не должен мешать продвижению сельскохозяйственной техники, а с другой – должен быть достаточным для того,

чтобы не быть разрушенным под тяжестью проходящих по ним агрегатов. Для этого обычно хватает глубины около 20 см. При необходимости после проведения технологических операций прикопки должны быть восстановлены (подправлены). Для оперативности нахождения прикопки рекомендуется также использовать геопривязку (зафиксировать географические координаты места прикопки).

В сторону от прикопок, перпендикулярно технологической колее, на расстоянии около 2–3 м закладываются микроплощадки (ключевые площадки), которые обозначаются небольшими колышками. Ширина площадок определяется количеством рядков. Например, если при посеве зерновых культур ширина междурядья составляет 13 см, то для закладки площадок выбирается 7 рядков. В данном случае ширина микроплощадки составит $7 \cdot 13 = 91$ см. Длина при этом может быть около 1 м. Таким образом, площадь микроплощадки составит $0,91 \text{ м}^2$. Большой размер микроплощадки (учетной площадки) нежелателен, особенно если в распоряжении исследователя отсутствуют средства малой механизации обмолота снопов, измельчения травянистых растений и т. д.

С заложенных ключевых площадок производится отбор сопряженных почвенных и растительных проб.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ

При постановке любых экспериментов полученные результаты требуют анализа и статистической обработки. Только используя статистические методы можно доказать, зависят ли изучаемые признаки от того или иного фактора и в какой степени эта зависимость выражена. Понимание и учет статистических закономерностей помогают исследователю не только правильно обосновать план эксперимента, но и сделать из полученных результатов объективные выводы. При этом надо помнить, что никакая статистическая обработка не поможет, если эксперимент был проведен неправильно, с нарушением методических рекомендаций (подходов), если данные были собраны небрежно.

Применительно к полевым опытам теоретические основы математической обработки результатов исследований достаточно полно изложены во многих пособиях [1, 4]. К сожалению, приведенные в них примеры рассчитаны в первую очередь на использование калькулятора, что очень неудобно и требует больших затрат времени. В настоящее время имеется большое количество компьютерных программ, позволяющих быстро и точно рассчитать интересующие исследователя статистические показатели.

Наиболее распространенной и популярной в мире компьютерной программой является Excel [2]. Она входит в состав пакета Microsoft Office и существенно облегчает анализ полученных данных, дает возможность обобщить их с помощью сводных таблиц, диаграмм и графиков, выявить закономерности и тренды.

При проведении исследований методом ключевых делянок наиболее информативными статистическими показателями являются: линия тренда, уравнение линии тренда и коэффициент аппроксимации (R^2).

Линия тренда (регрессия) – это графическое представление общей закономерности изменения ряда данных.

Уравнение линии тренда – формула, по которой можно рассчитать полученную линию тренда. С помощью этого уравнения можно прогнозировать, как

изменяется значение зависимого признака (Y) по мере изменения независимой переменной (X).

Коэффициент аппроксимации – показатель, характеризующий степень соответствия трендовой модели исходным данным. Его значение может находиться в пределах от 0 до 1. Если коэффициент аппроксимации равен 1, то имеет место полная корреляция с моделью, т. е. нет различия между фактическим и оценочным значениями зависимого признака (Y). В противоположном случае, если коэффициент аппроксимации приближается к 0, уравнение регрессии непригодно для предсказания значений Y .

Построив в Excel диаграмму, характеризующую зависимость показателя от изучаемого признака, добавляем линию тренда, предлагаемую в стандартном пакете программы:

- **прямая (линейная)** – описывает простой линейный набор данных. Применяется в тех случаях, когда точки данных расположены близко к прямой;
- **логарифмическая** – описывает величину (зависимость), которая вначале быстро растет или убывает, а затем постепенно стабилизируется;
- **полиномиальная** – используется для описания величин (зависимостей), попеременно возрастающих или убывающих. Степень полинома определяется количеством максимумов и минимумов кривой. Полином второй степени может описать только один максимум или минимум. Полином третьей степени имеет один или два экстремума. Полином четвертой степени может иметь не более трех максимумов или минимумов;
- **степенная** – описывает монотонно возрастающие или монотонно убывающие величины (зависимости). Использование степенной аппроксимации невозможно, если данные содержат нулевые или отрицательные значения;
- **экспоненциальная** – следует использовать в том случае, если скорость изменения данных непрерывно возрастает. Для данных, которые содержат нулевые или отрицательные значения, этот тип линии тренда неприменим;
- **с линейной фильтрацией** – использование линий тренда с линейной фильтрацией позволяет сгладить колебания данных и, таким образом, более наглядно показать характер зависимости. Линейный фильтр строится по определенному числу точек данных (оно задается параметром **точки**). Элементы данных усредняются и полученный результат используется в качестве точки линии тренда. Так, если параметр точки равен 2, первая точка линии тренда с линейной фильтрацией определяется как среднее значение первых двух элементов данных, вторая точка – как среднее второго и третьего элементов и так далее.

Более точными считаются те линии тренда, у которых выше коэффициент аппроксимации. При аппроксимации данных с помощью линии тренда значение величины достоверности аппроксимации рассчитывается приложением Excel автоматически, при необходимости показ полученного результата возможен на диаграмме.

Процесс построения линии тренда состоит из трех этапов:

- 1) ввод в Excel исходных данных;
- 2) построение графика;
- 3) выбор линии тренда и ее параметров.

Рассмотрим его на следующем примере. Предположим, что в опыте изучалось влияние содержания в почве гумуса на урожайность зерна озимой пшеницы.

При этом в результате анализа почвенных образцов и учета урожайности зерна с микроплощадок (ключевых делянок) были получены следующие результаты (таблица).

Таблица

Результаты определения содержания гумуса и урожайности зерна озимой пшеницы с микроплощадок

№ площадки	Содержание гумуса, %	Урожайность зерна, ц/га	№ площадки	Содержание гумуса, %	Урожайность зерна, ц/га
1	1,12	28,3	11	3,20	35,7
2	1,26	33,2	12	3,22	35,8
3	1,15	29,2	13	3,10	36,2
4	1,44	39,5	14	2,22	51,7
5	1,79	40,1	15	2,13	50,1
6	1,20	32,1	16	2,10	50,9
7	1,89	43,0	17	1,28	28,9
8	1,92	44,6	18	1,48	35,8
9	2,40	47,2	19	1,65	39,7
10	2,65	46,9	20	1,75	40,4

Для построения линии тренда необходимо полученные результаты ввести в приложение Excel в виде двух строк или двух столбцов (рис. 1).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	№ площадки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2	Содержание гумуса, %	1,12	1,26	1,15	1,44	1,79	1,2	1,89	1,92	2,4	2,65	3,2	3,22	3,1	2,22	2,13	2,1	1,28	1,48	1,65	1,75
3	Урожайность зерна, ц/га	28,3	33,2	29,2	39,5	40,1	32,1	43	44,6	47,2	46,9	35,7	35,8	36,2	51,7	50,1	50,9	28,9	35,8	39,7	40,4

Рис. 1. Экспериментальные данные, представленные в приложении Excel

Данные в первом столбце (строке) будут соответствовать оси X, во втором – оси Y. Строим точечную диаграмму, отражающую (в нашем примере) изменения урожайности зерна озимой пшеницы (ось Y) в зависимости от содержания в почве гумуса (ось X). Цену делений оси подбираем для лучшей наглядности и восприятия данных. Оси на диаграмме подписываются (рис. 2).

Построив диаграмму, включаем функцию показать линию тренда, уравнение и величину достоверности аппроксимации (R^2). По умолчанию появится линия тренда, характеризующая линейную зависимость, линейное уравнение, характеризующее изучаемую взаимосвязь между факторами и R^2 (рис. 3).

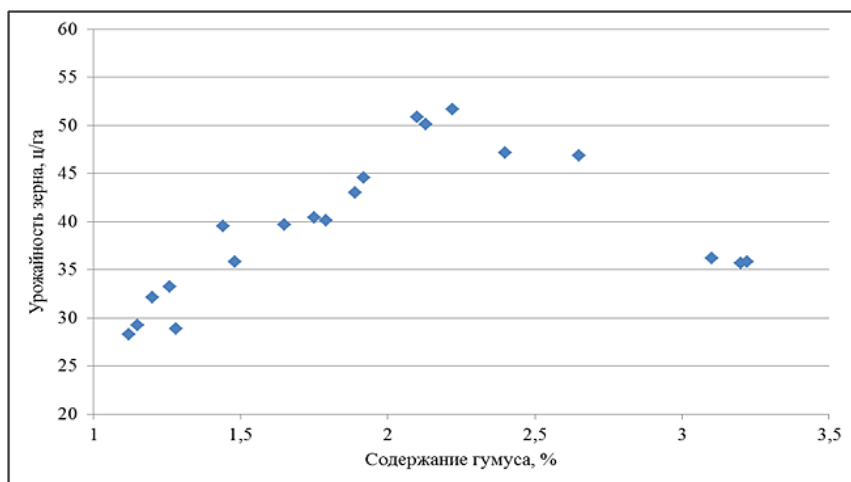


Рис. 2. Диаграмма изменения урожайности зерна озимой пшеницы в зависимости от содержания в почве гумуса

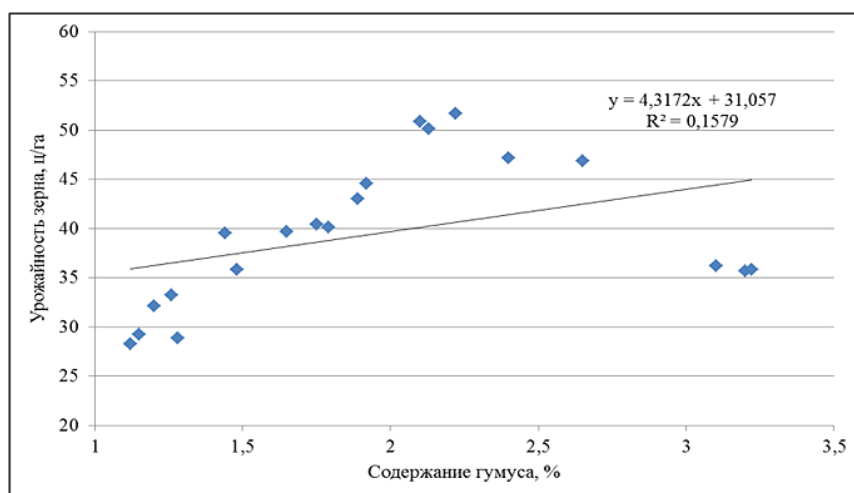


Рис. 3. Линейная линия тренда урожайности зерна озимой пшеницы в зависимости от содержания в почве гумуса

В рассматриваемом случае коэффициент аппроксимации R^2 составляет 0,1579, то есть он достаточно близок к нулю. Это говорит о том, что представленное на диаграмме уравнение регрессии не достаточно точно отражает взаимосвязь между содержанием в почве гумуса и урожайностью зерна озимой пшеницы.

Учитывая, что расположение точек на диаграмме напоминает вид кривой и имеет как минимум один максимум, следует построить полиномиальную линию тренда, выбрав ту степень, которая обеспечивает достаточно высокий коэффи-

циент аппроксимации. В нашем случае мы выбрали степень аппроксимации равную 3 (рис. 4). При выбранной степени полинома R^2 равен $0,9155 \approx 0,92$, что свидетельствует о незначительных различиях между фактическим и оценочным значениями зависимого признака (У).

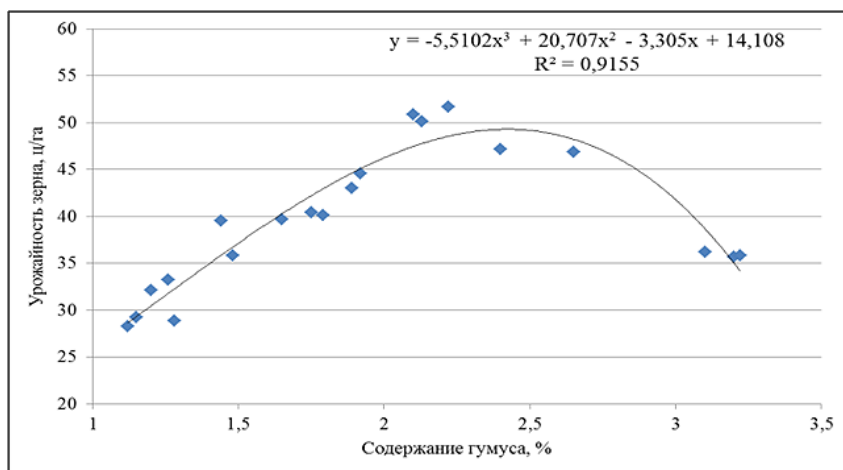


Рис. 4. Взаимосвязь между урожайностью зерна озимой пшеницы и содержанием в почве гумуса, описываемая полиномиальной линией тренда

Необходимо учитывать, что данное уравнение получено при конкретных условиях эксперимента. При возделывании озимой пшеницы на почве с другим гранулометрическим составом, после иного предшественника, на фоне других доз удобрений уравнение регрессии будет отличаться. Именно поэтому его с большой точностью можно использовать для прогнозирования урожайности в зависимости от содержания в почве гумуса лишь при схожих условиях.

Подобные уравнения имеют особую ценность в том случае, когда стоит задача сравнить роль тех или иных элементов технологии (сорта, дозы удобрений, сроки внесения удобрений и т. д.) в формировании урожайности сельскохозяйственных культур на почве с различным содержанием гумуса.

В этом случае для каждого варианта опыта рассчитывается уравнение линии тренда, что в конечном итоге дает возможность построить трендовые модели, характеризующие изменение изучаемого показателя как в зависимости от гумусированности почвы, так и от изучаемого элемента технологии.

Необходимость построения трендовой модели обусловлена в первую очередь тем, что содержание гумуса в почве ключевых делянок различных вариантов опыта будет различным. Это затрудняет сравнение результатов исследований с разных вариантов. Особенно это трудно сделать, когда в распоряжении исследователя имеется несколько сотен пар сравнения, полученных в результате многолетних исследований. Трендовые же модели дают возможность с большой точностью прогнозировать значения изучаемых признаков в различных вариантах опыта при интересующем исследователя содержании в почве гумуса и сравнивать динамику изменения изучаемого показателя в зависимости от гумусированности почвы.

Рассмотрим построение трендовой модели на нашем примере. Для этого в виде таблицы вводят значения содержания в почве гумуса в диапазоне от его

минимального значения (1,12 %) до максимального (3,12 %) (рис. 5). Шаг значений выбирается самостоятельно в зависимости от решаемых задач.

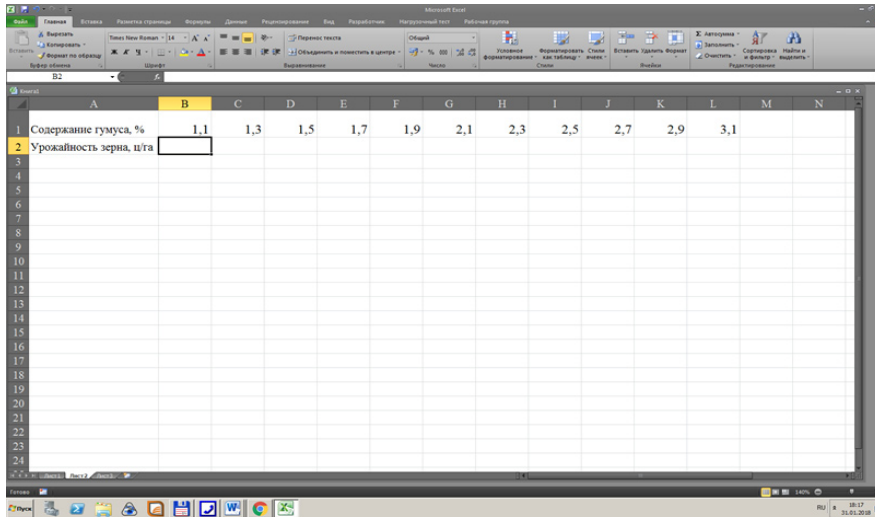


Рис. 5. Порядок ввода значений переменного признака (X, %) в трендовую модель

Далее в графе «Урожайность, ц/га» в ячейку, соответствующую минимальному содержанию гумуса (B2) вводится уравнение линии тренда ($Y = -5,5102X^3 + 20,707X^2 - 3,305X + 14,108$), в котором вместо X (содержание гумуса) указывается ячейка B1. После введения уравнения программа выдает результат. Скопировав уравнение в соседние ячейки, получаем готовую трендовую модель (рис. 6). Она наглядно показывает, как изменяется урожайность изучаемой культуры по мере увеличения содержания в почве гумуса. При необходимости трендовую модель можно представить в виде диаграммы.

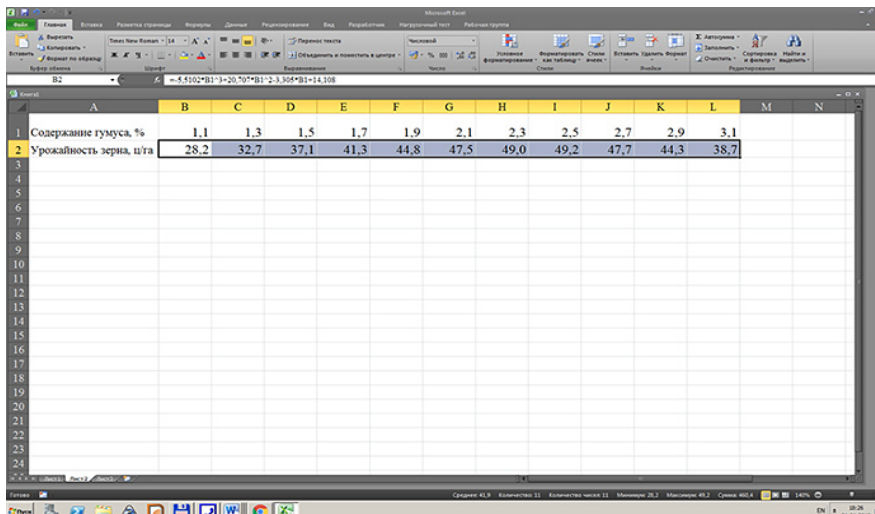


Рис. 6. Трендовая модель урожайности зерна озимой пшеницы в зависимости от содержания в почве гумуса

Для построения трендовых моделей можно использовать и другие программные комплексы, позволяющие оценить степень зависимости между изучаемыми признаками и спрогнозировать с большой долей вероятности изменение изучаемого зависимого признака (Y) при вариабельности фактора (X).

ВЫВОДЫ

Использование метода микроплощадок при изучении эффективности агрономических приемов на почвах с различным содержанием гумуса позволяет:

- 1) избежать затрат времени, средств и труда на создание вариантов опытов с разной гумусированностью пахотного горизонта;
- 2) оперативно и корректно выполнять запланированные исследования, получать необходимые данные, проводить их правильную статистическую обработку и делать верные научно обоснованные выводы;
- 3) определить оптимальные параметры гумусового состояния почв для каждой конкретной культуры, а также выявить роль гумуса и показателей, характеризующих его качество в формировании почвенного плодородия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Доспехов, Б. А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М.: ИД Альянс, 2011. – 352 с.
2. Работа пользователя в Microsoft Excel 2010 / Т. В. Зудилова [и др.]. – СПб.: НИУ ИТМО, 2012. – 87 с.
3. *Ковда, В. А.* Биомасса и гумусовая оболочка суши. Биосфера и ее ресурсы / В. А. Ковда, И. В. Якушев; под ред. А. Н. Тюрюканова. – М.: Наука, 1971. – С. 132–141.
4. Основы научных исследований в агрономии / В. Ф. Моисейченко [и др.]. – М.: Колос, 1996. – 336 с.
5. *Пономарева, В. В.* Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения) / В. В. Пономарева, Т. А. Плотникова. – Л.: Наука, 1980. – 222 с.

THE USE OF THE MICRO-AREA METHOD IN THE STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF AGRONOMIC TECHNIQUES ON SOILS WITH DIFFERENT HUMUS CONTENT

V. B. Vorobiev

Summary

The article discusses the features of the application of the micro-area method in studying the role of humic substances in the formation of soil fertility and the effectiveness of agrotechnical methods on soils with different humus content. Based on specific data, an example of statistical processing of research results using a Microsoft Excel spreadsheet is shown.

Поступила 13.11.20