

Таким образом, на основе теоретических и экспериментальных исследований научно обоснована и разработана технология низкокалорийного функционального полуфабриката для десертных продуктов.

Список использованной литературы

1. Кравцов, М.В. Использование растительного сырья в производстве взбитой десертной продукции для здорового питания / М.В. Кравцов, Н.В. Кенийз // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса. Сборник статей по материалам 77-й научно-практической конференции студентов по итогам НИР за 2021 год. В 3-х частях. Отв. за выпуск А.Г. Коцаев. – Краснодар, 2022. – С. 842–845.

2. Шамкова, Н.Т. Оптимизация рецептуры и технологии пропореобразного полуфабриката из топинамбура и ягодного сырья / Н.Т. Шамкова, М.Ю. Тамова, О.В. Руденко, А.О. Сокол // Пищевая технология. – 2022. № 4 (388). – С. 63–71.

УДК 631.445.4:911.63

Г.П. Глазунов, канд. с.-х. наук

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Курский федеральный аграрный научный центр»*

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИНАМИКА АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ В ЭЛЕМЕНТАРНОМ СКЛОНОВОМ АГРОЛАНДШАФТЕ

Ключевые слова: пространственная неоднородность, почва, чернозем, рельеф, экспозиция, агроландшафт.

Keywords: spatial heterogeneity, soil, chernozem, relief, exposure, agricultural landscape.

Аннотация. В работе представлены результаты исследования динамики показателей плодородия черноземных почв в элементарном склоновом агроландшафте с использованием ГИС-технологий. Приведена оценка пространственной неоднородности агрохимических показателей почвы в зависимости от местоположения в рельефе.

Summary. The paper presents the results of a study of the dynamics of fertility indicators of chernozem soils in an elementary sloping agricultural landscape using GIS technologies and provides an assessment of the spatial heterogeneity of agrochemical soil parameters depending on the location in the relief.

*Работа выполнена в рамках государственного задания ФБГНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» по теме № FGZU-2023-0001

Почвенные ресурсы имеют ценное значение для сельского хозяйства. Проблемой для рационального использования и управления ими

выступает пространственная неоднородность почвенного покрова, что затрудняет прогнозирование нелинейных взаимосвязей между различными почвенными процессами.

Неоспоримо большое и разностороннее влияние на параметры почвенного плодородия оказывает рельеф. Особенности рельефа определяют агрохимические показатели почвы, содержание в ней макро- и микроэлементов. Развитие и степень эрозионных процессов в первую очередь зависит от морфометрических параметров рельефа. Сложный неоднородный рельеф может сказываться не только на неравномерности распределения выпадающих осадков, но и на интенсивности поверхностного стока. **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]** Различные гидрологические особенности, освещенность, радиационный и тепловой баланс, интенсивность биологических, химических, физических и других процессов в почве, определяемых строением рельефа, создают пестроту плодородия почвы **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**. Значительная пространственная неоднородность плодородия почв может проявляться даже в пределах одного поля, что создает разные условия для роста сельскохозяйственных культур и требует дифференцированного подхода к технологиям их возделывания [1]. Особую актуальность приобретают исследования, направленные на оценку закономерностей пространственного варьирования плодородия почв в агроландшафтах областей Центрального Черноземья, характеризующихся повышенной сложностью и контрастностью [4].

Цель работы – изучение пространственной неоднородности агрохимических показателей черноземных почв в склоновых агроландшафтах в условиях ЦЧР с использованием ГИС-технологий для разработки системы управления плодородием почв и продуктивностью агроценозов в агроландшафтах ЦЧР с применением цифровых технологий.

Исследования проводили в 2011–2020 гг. на территории опытного поля Курского федерального аграрного научного центра (Медвенский район, Курская область) с куполообразной формой рельефа, площадью 86 га с шагом опробования – 50 м. Полигон расположен в пределах Среднерусской возвышенности на высоте 190–217 м над уровнем моря у истока реки Млодаты. Рельеф полигона типично эрозионный. Средний уклон составляет 2,23°. Почвенный покров комплексный, зональный. Почвенный покров представлен – черноземом типичным и выщелоченным разной степени смытости и намьтости на лессовидных карбонатных суглинках.

Для изучения агрохимических показателей почвенного плодородия проводили отбор почвенных образцов в 32 реперных точках, охватывающих различные элементы рельефа, из пахотного слоя (0...20 см) по предварительно занесённой в GPS приёмник координатной сетке с размером ячейки 50 м × 50 м [5].

В почвенных образцах определяли: содержание гумуса – по Тюрину (ГОСТ 26213-91), нитратного азота (N-NO₃) – колориметрическим

методом с дисульфифеноловой кислотой (по Грандваль-Ляжу), аммонийного азота ($N-NH_4$) – колориметрическим методом с реактивом Несслера в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26489-85), азота щелочногидролизуемого ($N_{щг}$) – по Корнфилду в модификации ЦИНАО, подвижного фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) – по Чирикову (ГОСТ 26204-84), pH_{KCl} – в 1,0 н KCl вытяжке (ГОСТ 26483-85) pH_{H_2O} – в водной вытяжке (ГОСТ 26423-85), гидролитическую кислотность (Нг) – по Каппену (ГОСТ 26212-84), сумму поглощенных оснований ($Ca^{2+} + Mg^{2+}$) – по Каппену-Гильковицу (ГОСТ 27821-88). Данные, полученные в результате почвенного обследования, были использованы для анализа распределения элементов эффективного плодородия с учетом особенностей рельефа территории. Статистическую обработку данных проводили методами вариационной статистики, корреляционно-регрессионного и дисперсионного анализа с использованием программ статистической обработки данных Microsoft Excel 2019, STATISTICA 6.0.

На основе данных, полученных в результате полевых и лабораторных исследований, были созданы цифровые карты показателей эффективного плодородия и содержания гумуса. Для построения карт рельефа местности использовали метод инструментальной топографической съемки при использовании нивелира ADA 32x с последующей обработкой в Microsoft Excel 2019 и визуализацией в программах Surfer 14.0 и QGIS 3.8.3.

Анализ полученного в результате полевых и камеральных исследований материала свидетельствует об очень высоком варьировании агрохимических показателей (табл.), о чем свидетельствует величина коэффициента вариации показателей. Наиболее высоким он оказался для гидролитической кислотности, содержания аммонийного и нитратного азота, средним – для подвижных форм фосфора и калия и незначительным – для гумуса, pH_{KCl} , pH_{H_2O} , $N_{щг}$, содержания обменных оснований (Ca^{2+} и Mg^{2+}).

Таблица – Агрохимические показатели почвенного покрова на полигоне «Точное земледелие» в слое 0...20 см

| Показатель | Среднее | Минимум | Максимум | Стандартное отклонение | V, % |
|--------------------------|---------|---------|----------|------------------------|------|
| pH_{H_2O} | 7,00 | 6,30 | 8,00 | 0,50 | 7,2 |
| pH_{KCl} | 6,00 | 5,30 | 7,20 | 0,50 | 8,8 |
| Нг, мг-экв/100 г | 2,70 | 0,70 | 5,10 | 1,20 | 45,9 |
| Гумус, % | 5,59 | 5,03 | 6,29 | 0,33 | 6,0 |
| $N-NH_4$, мг/100 г | 0,83 | 0,30 | 1,43 | 0,29 | 35,3 |
| $N-NO_3$, мг/100 г | 0,82 | 0,23 | 3,54 | 0,65 | 79,1 |
| $N_{щг}$, мг/100 г | 16,80 | 13,90 | 19,20 | 1,30 | 7,8 |
| P_2O_5 , мг/100 г | 12,60 | 8,80 | 16,90 | 1,80 | 14,6 |
| K_2O , мг/100 г | 14,00 | 9,90 | 25,20 | 3,50 | 24,9 |
| Ca^{2+} , мг-экв/100 г | 25,10 | 22,50 | 27,90 | 1,70 | 6,6 |
| Mg^{2+} , мг-экв/100г | 4,10 | 3,30 | 5,00 | 0,60 | 13,9 |

Содержание гумуса в среднем на плакоре составляло 5,81 % и варьировало от 5,51 до 6,29 %. На склоне северо-восточной экспозиции в среднем содержание гумуса составляло 5,94 и варьировало от 5,29 до 6,29 %. Наименьшее содержание гумуса отмечено на склоне южной и юго-западной экспозиции (5,03 %) в точках М 19 и I 18. Уклон в градусах в этих точках составлял соответственно 3,86° и 3,46°. Содержание гумуса (%) в почве снижалось при увеличении угла склона (α) и возрастании степени прогреваемости (K_p) склонов:

$$Y = 10,6 - 0,11 \alpha - 4,71 \times K_p, F=19,4, R_{\text{MN}}=0,75, P < 10^{-4}$$

Максимальные значения содержания аммонийного азота отмечали в нижней части склонов северо-восточной, юго-восточной и северо-западной экспозиций; нитратного – на склонах северо-западной, юго-западной и северо-восточной экспозиций в пониженных замкнутых формах рельефа нижней части водосборов.

Содержание щёлочногидролизуемого азота в пахотном слое чернозёмных почв в зависимости от местоположения в рельефе определялось степенью окультуренности, смывости почв и находилось в зависимости от общего содержания азота и гумуса. Наибольшее его содержание отмечали на склоне северо-восточной экспозиции полигона. Коэффициент вариации величины этого показателя был незначительным и составлял 7,8 %.

Величины актуальной (pH_{H_2O}) и обменной (pH_{KCl}) кислотности варьируют на территории участка от слабокислой до нейтральной. Неоднородность величины этих показателей связана с особенностями залегания подстилающих карбонатных лессовидных суглинков, гидрологического режима и степени смывости почв.

Гидролитическая кислотность (Нг) в пахотном (0...20 см) слое чернозёмных почв в зависимости от местоположения в рельефе имела значительную степень вариации – 45,9 % и изменялась в диапазоне от 0,5 до 7,1 мг-экв./100 г почвы. Наибольшие величины ее показателей отмечены на водоразделах юго-западной и северо-восточной экспозиций.

Содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы на полигоне имело среднюю степень вариации – 14,6 % и составляло 8,80...16,90 мг/100 г.

Почва на плакоре, а также на водоразделах в северной и южной частях полигона имела средние значения содержания подвижного фосфора (12,3...13,8 мг/100 г почвы). Максимальные величины этого показателя отмечали в нижней части склонов северо-западной и северо-восточной экспозиций (15,5...16,9 мг/100 г почвы), а в нижней части склона северной экспозиций отмечались меньшие значения – 8,8...10,5 мг/100 г почвы.

Было установлено, что почва исследуемой территории имела очень высокую обеспеченность подвижным калием.

Самое низкое содержание подвижного калия (9,9...13,0 мг/100 г почвы) отмечено на склонах западной, северо-западной и северо-восточной экспозиции, самое высокое (19...25 мг/г почвы) на плакоре и склоне южной экспозиции. Граница средних значений (13...19 мг/100 г почвы) содержания подвижного калия распространялась с севера на юг через плакор и в юго-западной части полигона, а также в нижней части северо-восточного склона. Коэффициент вариации для подвижного калия был средним – 24,9 %.

Пространственное варьирование подвижных форм фосфора и калия вызывает определенные сложности при внесении минеральных удобрений, так как сплошное их внесение приведет к ещё большему накоплению этих элементов на отдельных почвенных ареалах, другие при этом (около 20 % пашни) будут испытывать их дефицит.

Таким образом, установлены и количественно оценены зависимости агрохимических показателей почв от морфометрических параметров рельефа в условиях элементарного агроландшафта. Выявлена высокая зависимость содержания гумуса в пахотном слое почвы от экспозиции и угла склона ($R_{\text{мн}}=0.75$). Показаны особенности варьирования в пахотном слое почвы агрохимических показателей.

Полученные результаты необходимы для совершенствования методов комплексного агроэкологического мониторинга плодородия почвы и для разработки системы управления плодородием почв и продуктивностью агроценозов в агроландшафтах ЦЧР с применением цифровых технологий.

Список использованной литературы

1. Кирюшин, В. И. Экологические основы проектирования сельскохозяйственных ландшафтов. СПб : Квадро. – 2018. – 568 с.
2. Чуян, Н. А., Чуян, О. Г., Брескина, Г. М. Агрофизические показатели чернозема типичного в условиях использования побочной продукции на удобрение при разных уровнях удобрённости // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 2. – С. 3–5.
3. Лукин, С. В. Применение геоинформационных систем для агроэкологического мониторинга сельскохозяйственных земель / С. В. Лукин, И. Г. Костин, Е. С. Малышева // Агрохимический вестник. – 2019. – № 4. – С. 8–13.
4. Глазунов, Г. П. Оценка влияния морфометрических показателей рельефа на плодородие черноземных почв / Г. П. Глазунов, Н. В. Афонченко, В. В. Двойных // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34. – № 7. – С. 10–18. – doi: 10.24411/0235-2451-2020-10702.
5. Карманов, И. И., Булгаков, Д. С. Методика почвенно-агроклиматической оценки пахотных земель для кадастра. – М. : Изд-во ООО «АПР», 2012. – 121 с.