5. Семькин В.А., Пигорев И.Я. Научное обеспечение инновационного развития сельского хозяйства Курской области // Региональные проблемы повышения эффективности агропромышленного комплекса: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – 2007. – С. 3-10.

6. Семькин В.А., Пигорев И.Я. Проблемы современного растениеводства и пути их решения в условиях Курской области // Проблемы развития сельского хозяйства Центрального Черноземья: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Курск: Изд-во КГСХА, 2005. – С. 3-7.

List of sources used

1. Fedorenko V.F. Resource-saving in the agroindustrial complex. - Moscow: FGBNU "Rosinformagrotek", 2012. - 384 p.
 2. Romanenko A.A. Resource-saving technologies - the basis for the successful implementation of the priority scientific project "Development of the agro-industrial complex": materials of the scientific-practical conference. - Moscow: FGBNU "Rosinformagrotek", 2007. - P. 34-36.
 3. Pylypiv A.M., Nesterova V.A. Necessity of using resource-saving technologies in plant growing [Electronic resource] // Internet journal "The World of Science". - 2015. - No. 1.
 4. Methodical recommendations on the fuel and energy assessment of agricultural machinery, technological processes and technologies in crop production. - M., 1989. - 59 p.
 5. Semykin V.A., Pigorev I.Y. Scientific support of innovative development of Agriculture of Kursk Region // Regional Problems of increase of efficiency of agro-industrial Complex: Materials of all-Russian scientific-practical Conference. – 2007. – P. 3-10.
 6. Semykin V.A., Pigorev I.Y. Problems of modern crop production and ways of their solution in conditions of the Kursk Region // Problems of development of agriculture of the Central Chernozem Region: Materials of all-Russian scientific-practical Conference. – Kursk: Publishing house of the Kursk State Agricultural Academy, 2005. – P. 3-7.
-

УДК 631.452:001.5

ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

ПАНКОВА Т.И.,

кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории агропочвоведения ФГБНУ «ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии», pankova-ti@mail.ru, тел. (4712) 531543.

МАСЮТЕНКО Н.П.,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий лабораторией агропочвоведения, заместитель директора по научной работе ФГБНУ «ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии», vninp@kursknet.ru, тел. (4712) 536834.

КОЛТЫШЕВА Е.В.,

старший преподаватель кафедры гуманитарных, естественнонаучных и юридических дисциплин Курского института кооперации (филиал) АНО ВО «Белгородский университет кооперации, экономики и права», elena.koltysheva.67@mail.ru, тел.(4712) 513017.

Реферат. Объективной основой для разработки агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур и систем земледелия являются требования, предъявляемые культурными растениями к факторам внешней среды, среди которых почвенные условия занимают ведущее место.

Цель работы - рассмотрение возможности построения информационно-логических моделей плодородия чернозема типичного, отображающих зависимость продуктивности и урожайности ячменя и озимой пшеницы от важнейших показателей плодородия. Объектом моделирования явились почвенные условия формирования сельскохозяйственных культур в Курской области.

Моделирование изучаемой системы (почва-растение) было проведено в несколько этапов, которые представляли собой чередование количественного и качественного анализа информации, получаемой в ходе достижения поставленной цели.

На основе информационно-логического анализа в рамках анализируемой системы почва-растение нами выявлена и количественно оценена связь между урожаем, продуктивностью, качеством зерна ячменя и озимой пшеницы и основными показателями плодородия чернозема типичного. Это позволило построить модели плодородия, позволяющие прогнозировать уровни продуктивности, урожайности и качества зерна сельскохозяйственных культур на основе имеющихся данных по плодородию почвы.

Воспроизводимость разработанных информационно-логических моделей, т.е. процент отклонения данных, полученных при помощи теоретически разработанных моделей, от фактических полученных уровней культур, изменяется от 23 % до 30 %, что говорит об их надежности и адекватности. Анализ моделей показал, что один и тот же уровень продуктивности, или урожая, или качества зерна возможно получить при различных сочетаниях уровней показателей плодородия почвы. Необходимо учитывать, что с увеличением планируемой урожайности и качества зерна сельскохозяйственных культур требуется формирование заданных параметров свойств почвы.

Ключевые слова: информационно-логическая модель, коэффициент эффективности передачи информации, продуктивность, урожай, качество зерна, озимая пшеница, ячмень, чернозем типичный, показатели плодородия.

OPPORTUNITIES OF SOIL FERTILITY MODELLING ON THE BASIS OF INFORMATION-LOGIC ANALYSIS

PANKOVA T.I.,

Candidate of Science (Biology), Researcher of the Laboratory of Agropedology, FSSI All-Russia Research Institute of Arable Farming and Soil Erosion Control, pankova-ti@mail.ru, tel. (4712) 531543.

MASYUTENKO N.P.,

Doctor of Science (Agriculture), Professor, Head of the Laboratory of Agropedology, FSSI All-Russia Research Institute of Arable Farming and Soil Erosion Control, vninp@kursknet.ru, tel. (4712) 536834.

KOLTYSHEVA E.V.,

Senior Teacher of the Chair of Humanitary Subjects, Natural Sciences and Juridical Subjects, Kursk Institute of Cooperatives (Branch), ANO HE «Belgorod University of Cooperatives, Economics and Law», elena.koltysheva.67@mail.ru, tel. (4712) 513017.

Essay. Demands made by crops on the factors of environment among which soil conditions take a leading place are an objective basis for the development of agricultural technologies of crop cultivation and farming systems.

The aim of the work was the consideration of the opportunity of constructing information-logical models of typical chernozem fertility which represent the dependence of the productivity and yield of barley and winter wheat on the most important fertility indicators. The subject of modelling are soil conditions of crop formation in Kursk Region.

Modelling of the studied system (soil-plant) was carried out in several stages which were the alternation of quantitative and qualitative analysis of information obtained in the course of achieving the object stated.

On the basis of information-logical analysis within the frames of the analyzed system "soil-plant" the authors revealed and quantitatively estimated the link between the yield, productivity, grain quality of barley and winter wheat and main indicators of typical chernozem fertility. That made it possible to construct fertility models allowing to predict the levels of productivity, yield and grain quality of crops on the basis of available data on soil fertility.

Replicability of the designed information-logical models, i.e. the percentage of the deviation of the data obtained with the help of theoretically developed models from actually obtained crop levels, varies from 23 % to 30 %, which shows their reliability and accuracy. The model analysis showed that one and the same level of productivity, or yield, or grain quality was possible to be obtained with different combinations of the levels of soil fertility indicators. It is necessary to take into account that with increasing planned yield and crop grain quality it is required to form the given parameters of soil properties.

Key words: information-logical model, coefficient of information transmission efficiency, productivity, yield, grain quality, winter wheat, barley, typical chernozem, fertility indicators.

Введение. Совершенствование систем земледелия на агроландшафтной основе сопряжено с поиском и обоснованием путей повышения устойчивости сельскохозяйственного производства, создания ресурсо- и энергоэкономных агротехнологий с учетом сезонных потоков энергии в системе почва-растение, улучшения качества получаемой продукции и более полной реализации средообразующего потенциала растений [1. – С. 3-7].

Агроценоз, в отличие от естественного ценоза, представляет систему с нарушенными обратными и укороченными трофическими связями. Понимание этих связей, их сочетаний, а также количественных характеристик природных экосистем позволяет моделировать процессы для оценки условий, производительности почвы и продуктивности растений. Необходимость учета влияния на продуктивность растений множества варьирующих факторов (биологических особенностей растений, почвенных, климатических, агротехнических, экономических и других факторов) приводит к необходимости развития системного подхода к управлению формированием урожая на основе моделирования [2. – С. 111-115].

Моделирование системы почва-растение в условиях полностью регулируемой агроэкосистемы дает возможность ускоренного количественного углубленного изучения связи процессов возделывания сельскохозяйственных растений с эдафическими факторами, обеспечивающими плодородие почвы. Количественная оценка влияния факторов плодородия почвы на произрастающие растения

представляет несомненный интерес как для целей агроландшафтного земледелия, так и для существенного вклада в совершенствование и развитие динамических математических моделей [1. – С. 3-7].

В понятие модели многие исследователи вкладывают различный смысл. Это может быть процесс, уравнение, синтез данных, отражающих реальность мира, технология и так далее. Например, по мнению В.В. Ефремова [3. – С. 78-84], модель плодородия почвы – это совокупность ее оптимальных свойств, способствующих рациональному функционированию внутрипочвенных режимов с целью получения стабильных урожаев сельскохозяйственных культур, сохранения и повышения плодородия почвы. Т.Н. Кулаковская [4] отмечает, что модель в современном понимании – это математическое описание, доведенное до уровня программы, реализуемой на доступной электронно-вычислительной технике. В этом смысле модель высокоплодородной почвы призвана имитировать совокупность свойств почв в их динамическом состоянии и отражать возможные изменения под влиянием агропочвенных и климатических факторов.

Научные основы моделирования плодородия почв, вообще, и черноземов в частности, базируются на максимальном учете особенностей его режимов [5. – С. 42-50]. Эти режимы обуславливают способность почвы обеспечивать растения условиями, необходимыми для их роста и развития. Они обеспечивают высокие и устойчивые урожаи сельскохозяйственных культур, в том числе,

если находятся в оптимальных соотношениях в течение всего вегетационного периода. При моделировании плодородия почвы необходимо учитывать, что требования различных культурных растений к почвенным режимам неодинаковы [6. – С. 84-91; 7. – 191 с.]. Модели плодородия почв не следует понимать лишь в плане эдафической характеристики, независимой от возможностей произрастания и продуктивности растений. Модели плодородия почв должны соответствовать определенным сельскохозяйственным культурам или группам культур, т.е. быть моделями плодородия агроэкосистем [8. – С. 5-9; 9. – С. 160-164].

Реализация этой проблемы заслуживает особого внимания. Несмотря на известные успехи перехода от экспериментально-описательного уровня получаемых знаний к уровню теоретических обобщений и выявления количественных закономерностей, описывающих и прогнозирующих рост и развитие растений, динамику почвенного плодородия и другие взаимосвязанные процессы в системе почва - растение - атмосфера, тем не менее, нужно признать, что надежных адекватных математических моделей пока нет [1. – С. 3-7].

Модели плодородия должны отвечать следующим требованиям [10. – С. 37-43]:

1. Информативность самого показателя. Показатель можно считать информативным, если от него зависит продуктивность и/или качество продукции определенных сельскохозяйственных культур.
2. Комплексные статические модели продуктивности и качества продукции должны позволять сравнивать продуктивность (качество продукции) разных почвенных покровов, выявлять факторы, лимитирующие повышение продуктивности и качества продукции для конкретного почвенного покрова, и быть адекватными и значимыми в статистическом смысле.
3. Модели процессов должны, по крайней мере, давать возможность прогнозировать процесс во времени.
4. Главные требования к моделям управления плодородием – их реализуемость и экономическая эффективность.

Всем этим требованиям, по нашему мнению, отвечают модели плодородия, разработанные на основе информационно-логического анализа. Достоинством этого метода анализа является то, что он имеет менее жесткие требования к выборке и позволяет оценивать эмпирические распределения любой сложности, не требуя их соответствия какому-либо теоретическому закону [11. – С. 77-84]. Следует отметить, что при исследовании зависимостей между какими-либо величинами такой анализ, как корреляция, имеет ограниченные возможности, так как требуется соблюдение линейной формы зависимости во всей области определения каждой переменной. Информационно-логический анализ для установления формы и тесноты связи является более универсальным. Основой для него является метод, опирающийся на теорию информации. Положения теории информации обеспечивают количественную оценку зависимости изучаемого явления от набора входящих в анализ факторов. Здесь определяется мера зависимости, как от каждого фактора, так и от совместного их действия. Поэтому есть возможность выделить главные и второстепенные факторы.

Цель нашей работы заключалась в том, чтобы рассмотреть возможности построения информационно-логических моделей плодородия чернозема типичного, отображающие зависимость ячменя и озимой пшеницы от показателей его плодородия.

Объектом моделирования явились почвенные условия формирования сельскохозяйственных культур в Курской области и урожайность, продуктивность, качество зерна ячменя и озимой пшеницы.

Материал и методика исследования. Моделирование изучаемой системы (почва-растение) было проведено в несколько этапов.

Первый этап моделирования заключался в планировании и проведении полевых и лабораторных исследований.

Исследования проводили на территории многофакторного полевого опыта ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии (Курская область, Медвенский район) на черноземе типичном тяжелосуглинистом. Для изучения и оценки взаимосвязи показателей почвенного плодородия с продуктивностью, урожаем и качеством зерна ячменя и озимой пшеницы в период вегетации растений на посевах ячменя и озимой пшеницы рендомизированным методом были намечены по 30 площадок (1 м²). В период уборки урожая ячменя и озимой пшеницы на площадках отбирали образцы почвы из слоя 0-30 см. Отбор и анализ почвенных образцов проводились согласно существующим методам, принятым в полевых и лабораторных исследованиях по почвоведению и общему земледелию.

В почвенных образцах определяли:

А. Физико-химические свойства [12]:

1. pH водный и солевой вытяжки - потенциометрически.
2. Сумма обменно-поглощенных оснований Ca²⁺ и Mg²⁺ - объемным методом трилонометрически.

Б. Агрохимические свойства:

1. Нитратный и аммонийный азот - фотоколориметрическим методом с дисульфифеноловой кислотой и реактивом Несслера, соответственно.

2. Подвижные фосфор и калий - по методу Чирикова в модификации Вишневецкого.

В. Показатели гумусного состояния почвы:

1. Содержание общего гумуса - по методу Тюрина в модификации Никитина со спектрофотометрическим окончанием по Орлову и Гриндель [13. - С. 101-106].
2. Количественный и качественный состав подвижных гумусовых веществ, извлекаемых 0,1 н. раствором NaOH из недекальцинированных почв черноземного типа, - по методу Тюрина в модификации Почвенного института им. В.В. Докучаева [14. - С. 58].

3. Негумифицированное органическое вещество - буровым методом с последующим отмыванием на ситах [15. - С. 336].

Г. Агрофизические свойства [16. - С. 415]:

1. Плотность почвы - буром по методу Качинского.
2. Структурно-агрегатный анализ (мокрое и сухое просеивание) - по методу Саввинова.

Результаты исследования. *Вторым этапом* моделирования являлся количественный и качественный анализ полученной исходной информации с целью выявления и выделения тех почвенных факторов, которые оказывают наибольшее влияние на сельскохозяйственные растения и дальнейшего включения их в разрабатываемые модели.

Полученные данные были обработаны информационно-логическим анализом [17. - С. 103-121], в основу которого положены представления об измеримости информации, передаваемой изучаемому явлению как от одного параметра, так и от их совокупности.

Коэффициент эффективности передачи информации (Кэ) характеризует степень связи явления с фактором (па-

параметром) и показывает значимость параметра для данного явления. При помощи Кэ можно установить степень влияния каждого параметра на изучаемое явление и расположить их в строгой последовательности относительно друг друга.

В информационно-логическом анализе зависимость между параметрами чернозема типичного можно описать функциями многозначной логики [17. - С. 103-121]. В сложных логических функциях от нескольких аргументов (параметров) большое значение имеет логический характер связи между аргументами и положение их относительно друг друга. Выделяют четыре логических функции: дизъюнкция, конъюнкция, нелинейного произведения, равнозначности [17. - С. 103-121].

Логическая функция дизъюнкция $A=B \vee C$ означает, что значение функции А равно максимальному значению одного из аргументов. Для нее характерно, что минимальная информативность соответствует рангу параметра с направлением связи в область наименьшего значения явления (функции), максимальная информативность – в область наибольшего значения явления (функции).

Логическая функция конъюнкция $A=B \wedge C$ означает, что значение функции А равно минимальному значению любого аргумента. Для нее характерно, что минимальная информативность соответствует рангу параметра с направлением связи в область наибольшего значения явления (функции) и наоборот.

Линейное произведение $A=B \boxtimes C$ показывает, что значение функции есть среднеарифметическое из суммы аргументов. Для данной логической функции характерно, что состоянию наименьшей информативности соответствует направление связи (специфичность) в область средних ранговых значений функции (явления), а максимальная информативность наблюдается у состояний, связь от которых направлена к минимальному или максимальному ранговому значению.

Иногда встречается логическая функция равнозначности (коммутативного или некоммутативного умножения): $A=B \sim C$. При взаимодействии параметров по логической форме равнозначности в частных каналах вообще не обнаруживается информация.

Положения аргументов относительно друг друга определяют по значению коэффициента эффективности передачи информации [17. - С. 103-121]. Связь оценивали по следующей шкале [18. - С. 92-96; 19. - С. 21]: коэффициент эффективности передачи информации (Кэ) > 0,25 –

связь очень высокая; 0,16 - 0,25 - связь высокая (тесная); 0,08 – 0,15 – связь средняя; <0,08 – связь слабая (низкая).

Естественно, чтобы разработать модели, в которых были бы учтены все изученные показатели плодородия, невозможно. Поэтому в создаваемые информационно-логические модели нами были включены только те показатели, которые имеют наибольшее значение Т и Кэ, то есть наиболее тесно связанные с урожайностью, продуктивностью и качеством зерна сельскохозяйственных культур и информативные. Кроме того, для оптимизации применения таких моделей количество использованных показателей плодородия почвы было сокращено до 7, что обеспечило большую возможность использования моделей и повысило их надежность.

Исследованиями установлено, что на продуктивность ячменя из 24 определяемых показателей плодородия – 5 параметров оказывают очень высокое влияние: лабильные гумусовые вещества (ЛГВ), лабильные гуминовые кислоты (ЛГК), содержание обменного кальция (Ca^{2+}), степень гумификации ЛГВ ($C_{лгк}/C_{лгв}$), качественный состав ЛГВ ($C_{лгк}/C_{лфк}$). Коэффициенты эффективности передачи информации (Кэ) изменяются от 0,35 до 0,28. Высокая теснота связи отмечена между продуктивностью ячменя и значением средневзвешенного диаметра сухих агрегатов (Дс), значением кислотности водного почвенного раствора (рНв), содержанием в почве подвижного фосфора (P_2O_5) и азота аммонийного ($N_{ам}$) (Кэ изменяются от 0,23 до 0,17). Теснота связи остальных параметров плодородия почвы с продуктивностью ячменя ниже и оценивается как средняя и низкая (Кэ = 0,15–0,01). Характер связи указанных показателей разнообразен и представлен в таблице 1.

Влияние показателей плодородия почвы на урожай ячменя несколько иное, чем на продуктивность (таблица 2). Установлено, что наибольшее влияние оказывают следующие пять показателей, что составляет 20,8 % от всех рассмотренных показателей: ЛГК, $C_{лгк}/C_{лгв}$, значение критерия водопрочности почвенных агрегатов (K_{WA}), значение кислотности почвы солевого раствора (рНс), Ca^{2+} (Кэ = 0,34 – 0,27). Влияние рНв, $C_{лгк}/C_{лфк}$, ЛГВ, P_2O_5 – ниже (Кэ = 0,22–0,17). Влияние остальных показателей плодородия на урожай ячменя незначительно. Связь с урожаем ячменя параметров гумусного состояния, а также подвижного P_2O_5 , значений коэффициента структурности при мокром просеивании (Км), значений средневзвешенного диаметра сухих (Дс) и водоустойчивых (Дв) агрегатов – прямая, значений рНс, рНв, обменных Ca^{2+} и суммы обменных оснований $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ – обратная.

Таблица 1 - Оценка и характер связи между продуктивностью ячменя и некоторыми показателями плодородия чернозема типичного

Показатель плодородия	Продуктивность ячменя		
	Т, бит	Кэ	Характер связи
ЛГВ	0,46	0,35	∨
ЛГК	0,33	0,34	∨
Ca^{2+}	0,56	0,31	⊠
$C_{лгк}/C_{лгв}$	0,44	0,32	∨
$C_{лгк}/C_{лфк}$	0,44	0,28	∨
Дс	0,34	0,23	⊠
рНв	0,33	0,22	^
P_2O_5	0,28	0,20	⊠
$N_{ам}$	0,23	0,17	∨
рНс	0,19	0,15	^

Условные обозначения:

Т - количество информации;

Кэ – коэффициент эффективности передачи информации;

характер связи: ∨ дизъюнкция (прямая); ^ - конъюнкция (обратная); ⊠ - логическая функция нелинейного произведения (нелинейное распределение).

Качество зерна определяется, в первую очередь, содержанием в нем белка. По нашим данным, на содержание белка в зерне ячменя (таблица 3) наибольшее влияние оказывают следующие показатели плодородия чернозема типичного: азота нитратного (Nнит), рНв, гумуса (Г), Нам. Кэ изменяются от 0,29 до 0,16. Таким образом, накопление белка в зерне зависит от содержания в почве различных форм азота, и в первую очередь, – нитратного. Во всех случаях связь относится к логической функции нелинейного произведения. Прямая связь отмечена со значениями рНв и рНс. Из физических свойств почвы только содержание водоустойчивых агрегатов (WA) имеют высокую и среднюю связь нелинейного произведения с рассматриваемым показателем качества зерна (Кэ=0,19-0,08).

Естественно, у озимой пшеницы, в отличие от ячменя, другие требования к почвенным условиям, поэтому и взаимосвязь почвенных показателей плодородия с этой сельскохозяйственной культурой несколько иная.

В условиях опыта на продуктивность озимой пшеницы из 24 изученных показателей плодородия почвы существенное влияние оказывали 11, что составило 45,8 % (таблица 4). При этом очень высокая связь продуктивности озимой пшеницы была обнаружена с содержанием ЛГВ, Г, обменных $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ и Ca^{2+} , рНс (Кэ = 0,39-0,21), высокая – с ЛГК, Дс, содержанием лабильных фульвокислот (ЛФК), $C_{ЛГК}/C_{ЛГВ}$, WA, целлюлозоразрушающая активность почвы (ЦА), Кэ изменяется от 0,24 до 0,16). Незначительно воздействуют на продуктивность значения Дв и содержание в почве Нам и обменного магния (Mg^{2+}) (Кэ = 0,06-0,02). Связь продуктивности озимой пшеницы с содержанием в почве ЛГВ, ЛФК, значением ЦА – прямая, с содержанием обменных $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ и Ca^{2+} , значений рНс, Дс – обратная, во всех остальных случаях – логическая функция нелинейного произведения.

Таблица 2 - Оценка и характер связи между урожаем ячменя и показателями плодородия чернозема типичного

Показатель плодородия	Урожай ячменя		
	Т, бит	Кэ	Характер связи
ЛГК	0,33	0,34	√
$C_{ЛГК}/C_{ЛГВ}$	0,44	0,32	√
K_{WA}	0,40	0,31	√
рНс	0,41	0,29	^
Ca^{2+}	0,48	0,27	^
рНв	0,32	0,22	^
$C_{ЛГК}/C_{ЛФК}$	0,33	0,21	√
ЛГВ	0,30	0,20	√
P_2O_5	0,24	0,17	√
Mg^{2+}	0,26	0,14	☒

Примечание: Обозначения такие же, как в таблице 1.

Таблица 3 - Оценка и характер связи между содержанием в зерне ячменя белка (азота) и некоторыми показателями плодородия чернозема типичного

Показатель плодородия	Содержание в зерне белка (азота)		
	Т, бит	Кэ	Характер связи
ЛГК	0,51	0,52	☒
Nнит	0,41	0,28	☒
рНв	0,27	0,18	√
Г	0,23	0,16	☒
Нам	0,22	0,16	☒
Ca^{2+}	0,21	0,15	☒
ЛФК	0,20	0,14	^
рНс	0,19	0,13	√
K_{WA}	0,18	0,13	☒
ЛГВ	0,17	0,11	√

Примечание: Обозначения такие же, как в таблице 1.

Таблица 4 - Оценка и характер связи между продуктивностью озимой пшеницы и некоторыми показателями плодородия чернозема типичного

Показатель плодородия	Продуктивность озимой пшеницы		
	Т, бит	Кэ	Характер связи
ЛГВ	0,59	0,39	√
$Ca^{2+} + Mg^{2+}$	0,47	0,32	^
Г	0,51	0,32	☒
Ca^{2+}	0,47	0,32	^
рНс	0,39	0,26	^
ЛГК	0,38	0,24	☒
Дс	0,35	0,23	√
ЛФК	0,32	0,22	√
$C_{ЛГК}/C_{ЛГВ}$	0,30	0,20	☒
WA	0,26	0,17	☒
ЦА	0,25	0,16	√

Примечание: Обозначения такие же, как в таблице 1.

Таблица 5 - Оценка и характер связи между урожаем озимой пшеницы и некоторыми показателями плодородия чернозема типичного

Показатель плодородия	Урожай озимой пшеницы		
	Т, бит	Кэ	Характер связи
ЛГВ	0,60	0,40	☒
pHс	0,44	0,29	☒
d	0,41	0,29	✓
Ca ²⁺ +Mg ²⁺	0,36	0,24	☒
Ca ²⁺	0,36	0,24	☒
ЛГК	0,38	0,24	☒
P ₂ O ₅	0,32	0,21	☒
Г	0,29	0,18	✓
ЛФК	0,16	0,11	✓
С _{ЛГК} /С _{ЛГВ}	0,17	0,11	☒
Дс	0,25	0,17	☒

Примечание: Обозначения такие же, как в таблице 1.

Таблица 6 - Оценка и характер связи между качеством зерна озимой пшеницы и некоторыми показателями плодородия чернозема типичного

Показатель плодородия	Содержание в зерне клейковины			Показатели плодородия	Содержание в зерне белка		
	Т, бит	Кэ	Х.С.		Т, бит	Кэ	Х.С.
P ₂ O ₅	0,66	0,43	✓	ЛГВ	0,56	0,37	✓
ЛГВ	0,48	0,32	☒	Дс	0,55	0,36	^
ЦА	0,42	0,27	✓	ЛГК	0,48	0,31	✓
Ca ²⁺ +Mg ²⁺	0,40	0,27	^	pHс	0,35	0,23	^
pHв	0,41	0,27	☒	Г	0,35	0,22	☒
ЛГК	0,41	0,26	✓	Ca ²⁺	0,31	0,21	^
Дс	0,37	0,24	☒	Ca ²⁺ +Mg ²⁺	0,31	0,21	^
Ca ²⁺	0,34	0,23	^	С _{ЛГК} /С _{ЛГВ}	0,29	0,20	✓
С _{ЛГК} /С _{ЛГВ}	0,33	0,22	✓	ЦА	0,31	0,20	✓
Км	0,28	0,20	☒	К ₂ O	0,30	0,19	☒
pHс	0,25	0,17	☒	Ннит	0,26	0,18	✓
К ₂ O	0,27	0,17	✓	P ₂ O ₅	0,25	0,16	✓
WA	0,24	0,15	☒	WA	0,23	0,15	☒

Примечание: Обозначения такие же, как в таблице 1. Х.С. - характер связи.

Содержание ЛГВ, значения pHс, d (Кэ = 0,40-0,29) оказывали наибольшее влияние на урожай озимой пшеницы (таблица 5). Причем, связь с ЛГВ, pHс относится к логической функции нелинейного произведения, лишь связь с плотностью почвы (d) – прямая. Несколько ниже, но высокая связь урожая озимой пшеницы отмечена с содержанием ЛГК, обменных Ca²⁺ + Mg²⁺ и Ca²⁺, подвижного P₂O₅, гумуса (Г) и значениями Дс (Кэ = 0,25-0,17), низкая связь – со значением Кс, с содержанием в почве Ннит, значениями Дв, K_{wp2}, содержанием Нам, С_{ЛГК}/С_{ЛГВ}, обменного магния (Mg²⁺) (Кэ=0,07-0,01), во всех остальных случаях (37,0 %) связь средняя (Кэ = 0,15-0,08). Отмечена прямая зависимость от содержания Г, ЛФК, Ннит, значений ЦА, С_{ЛГК}/С_{ЛГВ}, обратная – от pHв, Нам. Таким образом, главными факторами, определяющими продуктивность и урожай озимой пшеницы в условиях опыта являются лабильные гумусовые вещества, лабильные гуминовые кислоты, общий гумус, а также параметры, определяющие кислотность почвенной среды.

Главное достоинство зерна пшеницы – содержание в нем большого количества белков, углеводов, жиров, минеральных и других веществ. Количество белков в зерне также изменяется под воздействием внешних условий. Недостаток белка снижает питательную ценность пшеницы, отражается на технологических свойствах зерна и создает большие трудности при его переработке. Нами установлена очень тесная и тесная связь содержания белка в зерне озимой пшеницы с 12 параметрами плодородия почвы (таблица 6). Так, связь очень высокая с содержанием ЛГВ, Дс, ЛГК (Кэ составляют 0,37-0,31), вы-

сокая – с значениями pHс, содержанием в почве Г, обменных Ca²⁺ + Mg²⁺ и Ca²⁺, значениями ЦА, С_{ЛГК}/С_{ЛГВ}, с содержанием питательных элементов – подвижного калия (K₂O), Ннит, P₂O₅ (Кэ = 0,23-0,16). Отмечена прямая зависимость количества белка в зерне озимой пшеницы от содержания в почве ЛГВ, ЛГК, Ннит, подвижного P₂O₅, ЛФК, значений ЦА, С_{ЛГК}/С_{ЛГВ}, С_{ЛГК}/С_{ЛГВ}, Кс, d и обратная – от Дс, pHс, обменных Ca²⁺+Mg²⁺ и Ca²⁺, Kwa, pHв.

Важнейший показатель хлебопекарных достоинств зерна озимой пшеницы – содержание клейковины. Нами установлено, что наибольшее значение для его накопления в зерне озимой пшеницы имеют содержание в почве подвижного P₂O₅, ЛГВ, обменных Ca²⁺+Mg²⁺, значения pHв, ЦА, содержание в почве ЛГК. Кэ в данных случаях изменяются от 0,43 до 0,26.

Высокие значения Кэ(0,24-0,16) получены и для Дс, обменного Ca²⁺, соотношения С_{ЛГК}/С_{ЛГВ}, Км, К₂O, pHс. Таким образом, из всех изученных параметров плодородия почвы – 12 (50,0 %) имеют очень высокое и высокое значение для накопления клейковины озимой пшеницей. Следовательно, из всех параметров наибольшее влияние на накопление клейковины в зерне озимой пшеницы оказывает содержание в почве подвижных фосфатов, лабильных гумусовых веществ и влажность почвы в фазу молочно-восковой спелости зерна озимой пшеницы. Следует отметить, что связь различных форм азота в почве с содержанием клейковины в 4,3-21,5 раза ниже (Ннит (Кэ=0,10), Нам (Кэ = 0,02)), чем связь подвижных фосфатов (Кэ = 0,43). Связь содержания клейковины с подвижными фосфатами, ЦА, d, с отдельными показателями

телями гумусного состояния (ЛГК, $C_{\text{лгк}}/C_{\text{лфк}}$) – прямая, с содержанием в почве обменных $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ и Ca^{2+} , Дв, Нам – обратная.

Третий этап моделирования представляет собой построение и проверку адекватности моделей плодородия. Положения аргументов относительно друг друга определяли по значению коэффициента эффективности передачи информации по его убыванию. На первом месте по степени влияния на явление стоит аргумент с наибольшим значением Кэ, на втором – аргумент с меньшим значением Кэ и так далее. Если два аргумента со значительно различающимися значениями Кэ, то они друг от друга отделяются скобкой, если два аргумента с одинаковыми или близкими значениями коэффициентов, то скобкой они не разделяются. В соответствии с этим можно расположить параметры плодородия чернозема типичного, определяющие, например, продуктивность озимой пшеницы (П), опуская пока знаки логических операций и учитывая только параметры максимально связанные с продуктивностью, следующим образом:

$$П = \text{ЛГВ} \wedge (\text{Г} \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} (\text{pHc} \text{ЛГК} \text{Дс} \text{ЛФК}))$$

Анализ направлений связи в реальных каналах связи между продуктивностью озимой пшеницы и параметрами плодородия почвы позволяет предположить, что лабильные гумусовые вещества связаны с остальными параметрами по логической функции дизъюнкции; гумус – по логической функции нелинейного произведения; сумма обменных оснований $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ – по логической функции конъюнкции; pH солевого раствора – по конъюнкции; ЛГК – по функции нелинейного произведения; средневзвешенный диаметр сухих агрегатов – по конъюнкции. Тогда логические функции зависимости продуктивности озимой пшеницы от параметров почвенного плодородия будут иметь следующий вид:

$$П = \text{ЛГВ} \vee (\text{Г} \wedge \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \wedge (\text{pHc} \wedge \text{ЛГК} \wedge \text{Дс} \wedge \text{ЛФК}))$$

Критерием адекватности, надежности моделей является их воспроизводимость, т.е. процент отклонения данных, полученных при помощи теоретически разработанных моделей, от фактических полученных уровней культур.

Информационно-логические модели зависимости продуктивности (П) и урожая (У) от основных параметров плодородия имеют следующий вид:

$$П = \text{ЛГВ} \vee \text{Ca}^{2+} \wedge (\text{Дс} \wedge \text{pHb} \wedge \text{P}_2\text{O}_5 \wedge \text{Нам})$$

$$У = \text{ЛГК} \vee (\text{pHc} \wedge (\text{C}_{\text{лгк}}/\text{C}_{\text{лфк}} \vee \text{ЛГВ} \vee (\text{P}_2\text{O}_5 \vee \text{Mg}^{2+})))$$

Оценка воспроизводимости этих моделей показала, что в обоих случаях в 70 % случаев отклонения теоретически рассчитанных уровней продуктивности и урожая от фактических равно 0, в 30 % случаев отклонение от 0 на 1 ранг. В целом, воспроизводимость представленных выше моделей составляет 30%, безошибочный прогноз – 70 %.

Информационно-логическая модель зависимости содержания белка (Б) в зерне ячменя от основных параметров плодородия имеет следующий вид:

$$Б = \text{Ннит} \wedge (\text{pHb} \vee (\text{Г} \wedge \text{Нам} \wedge \text{Ca}^{2+} \wedge \text{ЛГК} \wedge \text{ЛФК}))$$

Оценка воспроизводимости данной модели показала, что в 67 % случаев отклонения теоретического уровня содержания белка от фактического равно 0, в 33 % случаев отклонение от 0. Воспроизводимость модели составила 33 %

Информационно-логическая модель зависимости продуктивности (П), озимой пшеницы от основных параметров плодородия имеет следующий вид:

$$П = \text{ЛГВ} \vee (\text{Г} \wedge \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \wedge (\text{pHc} \wedge \text{ЛГК} \wedge \text{Дс} \wedge \text{ЛФК}))$$

Оценка воспроизводимости модели зависимости продуктивности озимой пшеницы от показателей плодородия показала, что в 77 % случаев отклонения теоретического уровня от фактического равно 0, в 23 % случаев отклонение от 0. Воспроизводимость модели составляет 23 %, безошибочный прогноз – 77 %.

Информационно-логические модели зависимости урожая (У) и содержания белка (Б) в зерне озимой пшеницы от основных параметров плодородия имеют следующий вид:

$$У = \text{ЛГВ} \wedge (\text{pHc} \wedge \text{Дс} \vee \text{ЛГК} \wedge \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \wedge (\text{P}_2\text{O}_5 \wedge \text{Г}))$$

$$Б = \text{ЛГВ} \vee \text{Дс} \wedge (\text{ЛГК} \vee (\text{pHc} \wedge \text{Г} \wedge \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \wedge \text{ЦА}))$$

Оценка воспроизводимости моделей зависимости урожая озимой пшеницы и содержания белка в ее зерне от показателей плодородия показала, что в 70 % случаев отклонения теоретически рассчитанных уровней от фактических равно 0, в 30 % случаев отклонение от 0 на 1 ранг. В целом, воспроизводимость моделей составляет 30 %, безошибочный прогноз – 70 %.

Информационно-логическая модель зависимости содержания клейковины (Кл) в зерне озимой пшеницы от основных параметров плодородия имеет следующий вид:

$$\text{Кл} = \text{P}_2\text{O}_5 \vee (\text{ЛГВ} \wedge (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \wedge \text{pHb} \wedge \text{ЦА} \vee \text{ЛГК} \vee \text{Дс}))$$

Проведенная проверка адекватности модели показала, что в 73,3 % случаев отклонения теоретического уровня содержания клейковины от фактического равно 0, в 26,7 % случаев отклонение от 0 на 1 ранг. Воспроизводимость модели составляет 26,7 %, безошибочный прогноз – 73,3 %.

Таким образом, проведенная проверка адекватности моделей показала, что их воспроизводимость, т.е. процент отклонения данных, полученных при помощи теоретически разработанных моделей, от фактических полученных уровней культур, изменяется от 23 % до 30 %, что говорит об их надежности и адекватности. Все приведенные формулы имеют высокий как безошибочный прогноз, так и с отклонением в 1 ранг, считающийся не принципиальным.

Вывод. Разработанные информационно-логические модели позволяют прогнозировать уровни продуктивности, урожая и качества зерна сельскохозяйственных культур в зависимости от значений показателей плодородия почвы. Анализ моделей показал, что один и тот же уровень продуктивности, или урожая, или качества зерна может быть получен при различных сочетаниях уровней показателей плодородия почвы. Это позволяет утверждать о возможности использования информационно-логического анализа и моделей, разработанных на его основе.

Однако необходимо учитывать, что разработанные информационно-логические модели плодородия справедливы для чернозема типичного Курской области. Очевидно, что на других почвах для этих же, и тем более, для других сельскохозяйственных культур модели плодородия будут другими. Но информационно-логический анализ, являясь, по нашему мнению, перспективным в этом отношении методом, делает возможным разрабатывать надежные и адекватные модели плодородия почв. Это позволит прогнозировать урожайность сельскохозяйственных растений в конкретных почвенных условиях и аргументировано подойти к разработке приемов повышения плодородия почв.

Список использованных источников

1. Каштанов А.Н., Ермаков Е.И., Якушев В.П. Биологические и агрофизические основы моделирования экологически адаптивных почвенно-растительных систем в агроландшафтном земледелии // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 1999. - № 3. – С. 3-7.
2. Ковалев В.П. Плотность сложения почвы и урожай // Почвоведение. - 1992. - № 11. - С. 111-115.
3. Ефремов В.В. Моделирование почвенного плодородия чернозема типичного // В кн.: Модели плодородия почв и методы их разработки: научные труды почвенного института им. Докучаева. - М., 1982. - С. 78-84.
4. Кулаковская Т.Н. Оптимизация агрохимической системы почвенного питания растений. - М.: Агропромиздат, 1990. - 218 с.
5. Чесняк Г.Я. Определение параметров свойств черноземов типичных мощных разного уровня плодородия // В кн.: Теоретические основы и методы определения оптимальных параметров свойств почв: научные труды почвенного института им. В.В. Докучаева. - М., 1980. - С. 42-50.
6. Носко Б.С., Чесняк Г.Я., Медведев В.В. Модель плодородия чернозема типичного мощного левобережной лесостепи УССР // В кн.: Модель плодородия почв и методы их разработки: Научные труды почвенного института им. В.В. Докучаева. - М., 1982. - С. 84-91.
7. Панкова Т.И. Параметры плодородия чернозема типичного в агроландшафте, их взаимосвязь и экологическая роль органического вещества почвы: дисс. ... на соиск. уч. ст. канд. биол. наук. - Курск, 2002. – 191 с.
8. Шишов Л.Л. Модели плодородия агроэкосистем как важнейший компонент почвенно-экологических исследований в решении вопросов расширенного воспроизводства почвенного плодородия // В кн.: Модели плодородия почв и методы их разработки: научные труды почвенного института имени В.В. Докучаева. - М., 1982. - С. 5-9.
9. Панкова Т.И. Информационно-логические модели плодородия чернозема типичного для ячменя и озимой пшеницы // В кн.: Агроэкологические проблемы почвоведения и земледелия: сборник докладов научно-практической конференции Курского отделения МОО «Общество почвоведов имени В.В. Докучаева», посвященной Международному году почв. – Курск, 2015. – С. 160-164.
10. Фрид А.С. Система моделей плодородия почв // Плодородие почв: проблемы исследования, модели: научные труды почвенного института им. Докучаева. - М., 1985. - С. 37-43.
11. Пивоварова Е.Г. Решение вопросов пространственной и временной вариации агрохимических свойств с помощью информационно-логического анализа // Агрохимия. – 2006. - № 8. - С. 77-84.
12. Агрохимические методы исследования почв. - М.: Наука, 1975. - 656 с.
13. Никитин Б.А. Уточнение к методике определения гумуса в почве // Агрохимия. - 1983. - № 8. - С. 101-106.
14. Рекомендации для исследования баланса и трансформации органического вещества при сельскохозяйственном использовании в интенсивном окультивировании почв // ВАСХНИЛ. Почвенный институт им. В.В. Докучаева. - М., 1984. – С. 58.
15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. - М.: Колос, 1973. - 336 с.
16. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. - М.: Агропромиздат, 1986. - 415 с.
17. Пузаченко Ю.Г., Карпачевский Л.О., Взмуждаев Н.А. Возможности применения информационно-логического анализа при изучении почвы на примере ее влажности // Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения. - М.: Наука, 1970. - С. 103-121.
18. Бурлакова Л.М. Комплексы параметров различных уровней почвенного плодородия и пути его управления в системе земледелия в Алтайском крае: тезисы докладов к конференции. - Барнаул, 1983. - С. 92-96.
19. Масютенко Н.П. Трансформация органического вещества в черноземных почвах ЦЧР и системы его воспроизводства. - М.: Россельхозакадемия, 2012. – 150 с.

List of sources used

1. Kashtanov A.N., Ermakov E.I., Yakushev V.P. Biological and agrophysical fundamentals of modeling ecologically adaptive soil-plant systems in agro-landscape plowing // Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences. - 1999. - No. 3. - P. 3-7.
2. Kovalev V.P. Density of soil composition and yield // Pochvovedenie. - 1992. - No. 11. - P. 111-115.
3. Efremov V.V. Modeling of soil fertility of chernozem typical // In: Models of soil fertility and methods of their development: scientific works of the Soil Institute. Dokuchaev. - M., 1982. - P. 78-84.
4. Kulakovskaya T.N. Optimization of agrochemical system of soil nutrition of plants. - Moscow: Agropromizdat, 1990. - 218 p.
5. Chesnyak G.Ya. Determination of parameters of properties of chernozems of typical powerful different fertility levels. In: Theoretical foundations and methods for determining optimal parameters of soil properties: V.V. Dokuchaev. - M., 1980. - P. 42-50.
6. Nosko B.S., Chesnyak G.Ya., Medvedev V.V. Model of fertility of chernozem of a typical powerful left-bank forest-steppe of the USSR. In: The Model of Soil Fertility and Methods of Their Development: Scientific Works of the Soil Institute. V.V. Dokuchaev. - M., 1982. - P. 84-91.
7. Pankova T.I. Parameters of fertility of chernozem typical in the agrolandscape, their interrelation and the ecological role of the organic matter of the soil: diss. ... on the socisk. uch. Art. Cand. Biol. sciences. - Kursk, 2002. - 191 p.
8. Shishov L.L. Models of fertility of agroecosystems as the most important component of soil-ecological studies in solving the problems of extended reproduction of soil fertility // In: Models of Soil Fertility and Methods of Their Development: Scientific Works of Soil Science Institute named after V.V. Dokuchaev. - M., 1982. - P. 5-9.

9. Pankova T.I. Informational and logical models of fertility of chernozem typical for barley and winter wheat. In: Agroecological Problems of Soil Science and Agriculture: a collection of reports of the scientific and practical conference of the Kursk Branch of the Moscow Society of Soil Scientists named after V.V. Dokuchaev ", dedicated to the International Year of Soils. - Kursk, 2015. - P. 160-164.
10. Frid A.S. System of Soil Fertility Models // Soil Fertility: Research Problems, Models: Dokuchaev. - M., 1985. - P. 37-43.
11. Pivovarov E.G. Solving the problems of spatial and temporal variation of agrochemical properties with the help of information-logical analysis // Agrochemistry. - 2006. - No. 8. - P.77-84.
12. Agrochemical methods of soil investigation. - Moscow: Nauka, 1975. - 656 p.
13. Nikitin B.A. Refinement to the method of determination of humus in soil // Agrochemistry. - 1983. - No. 8. - P. 101-106.
14. Recommendations for studying the balance and transformation of organic matter in agricultural use in intensive soil cultivation, VASKhNIL. Soil Institute. V.V. Dokuchaev. - M., 1984. - P. 58.
15. Armor B.A. Methodology of field experience. - Moscow: Kolos, 1973. - 336 p.
16. Vadjunina A.F., Korchagina Z.A. Methods for studying the physical properties of soils. - Moscow: Agropromizdat, 1986. - 415 p.
17. Puzachenko Yu.G., Karpachevsky L.O., Vznuzdaev N.A. Possibilities of application of information-logic analysis in the study of soil on the example of its moisture // Regularities of spatial variation of soil properties and information-statistical methods of their study. - Moscow: Nauka, 1970. - P. 103-121.
18. Burlakova L.M. Complexes of parameters of various levels of soil fertility and ways of its management in the system of farming in the Altai Territory: abstracts of papers for the conference. - Barnaul, 1983. - P. 92-96.
19. Masyutenko N.P. Transformation of organic matter in chernozem soils of the Central Chernozem Region and its reproduction system. - Moscow: Rosselkho-zakademiya, 2012. - 150 p.

УДК 631.67:635.21

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ НА СОРТАХ ОЗИМОЙ ТРИТИКАЛЕ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЧЕРНОЗЕМЬЕ

ЗАСОРИНА Э.В.,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры почвоведения, общего земледелия и растениеводства имени профессора В.Д. Мухи ФГБОУ ВО Курская ГСХА; e-mail: zasorinaelza@yandex.ru; тел. 89045234421.

ГУСАКОВ Н.В.,

аспирант кафедры почвоведения, общего земледелия и растениеводства имени профессора В.Д. Мухи ФГБОУ ВО Курская ГСХА имени И.И. Иванова; e-mail: Nikita-markowo@mail.ru; тел. 89205988876.

Реферат. Тритикале – зерновая культура, созданная руками человека, представляющая собой гибрид ржи и пшеницы. Она имеет большую практическую ценность из-за высокой озерненности колоса, достаточного содержания в зерне белка (на 1,0-1,5 % выше, чем у пшеницы и на 3-4 %, чем у ржи) и его высокой переваримости (90,3 %).

Интерес к этой культуре возрастает во всем мире. В России созданы сорта тритикале кормового направления, как озимого, так и ярового типа. Преимущество тритикале перед пшеницей заключается в повышенной морозостойкости и устойчивости к целому ряду болезней.

В век биотехнологии определенный интерес вызывает применение биопрепаратов на сортах озимой тритикале. В задачу исследований входило испытание биопрепаратов Полистин, Стимулайф, Гумат ЭМ и Слокс эко Артемия в качестве некорневой подкормки в фазы «кущение» и «выход в трубку» на сортах озимой тритикале Кентавр, Корнет и Дон.

В ходе эксперимента в течение 3 лет было установлено, что на контроле максимальная биологическая урожайность была получена по сорту Корнет (5,3 т/га), затем по сорту Дон (5,2 т/га) и по сорту Кентавр (4,8 т/га). Прибавка от Полистина составила от 1,2 до 1,7 т/га или 25-33 %; от Стимулайфа 0,3-0,9 т/га или 6-17 %; от Гумат ЭМ – 2,2 – 3,4 т/га или 42-65 %; а от Слокса 0,9-2,6 т/га или 17-54 %.

Максимальные прибавки были получены от Гумат ЭМ для всех сортов. Для сорта Дон хороший показатель дал биопрепарат Полистин, а для сортов Кентавр и Корнет лучше применять ЭМ - препараты. Наименьший эффект получен для всех сортов от биопрепарата Стимулайф.

Экономически самые выгодные показатели получены по сорту Дон. Применение Гумат ЭМ и Полистина способствовало снижению себестоимости с 300 до 241 и 264 руб. за 1 ц зерна и росту уровня рентабельности с 133 до 191 и 165 %.

Ключевые слова: озимая тритикале, сорта, биопрепараты, урожайность, качество зерна.

FEATURES OF THE APPLICATION OF BIOPREPARATIONS ON VARIETIES OF WINTER TRITICALE IN THE CENTRAL CHERNOZEM REGION