

ГЕНЕРАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Пашаев А.Б.^{*}, Эюбова С.М.^{}, Сабзиев Э.Н.^{***}**

^{*} Институт Кибернетики НАНА, Баку, Азербайджан, adalat.pashayev@gmail.com

^{**} Институт Почвоведения и Агрохимии НАНА, Баку, Азербайджан, svetlana.m.eyubova@gmail.com

^{***} Компания Kiber Ltd, Баку, Азербайджан, elkhan@kiber.az

It was described a possibility of applying information technology in agriculture. Various factors are considered for the cultivation of the crop. Selecting crops for cultivation is carried out on the basis of climatic conditions, soil properties and the predecessor. It was calculated the expected harvest. To achieve the expected crop capacity generated the flow sheet.

Введение

Настоящая работа посвящена описанию задач и путей реализации проблем, возникающих при создании программной системы «Управление Процессом Выращивания».

Методика определения приемлемых способов культивации, норм необходимых удобрений, в зависимости от различных факторов, исследована многими учеными, содержится в научных публикациях, собрана в методических пособиях и справочниках, адресованных агрономам. На базе этих источников разрабатываются технологические схемы выращивания отдельных культур, которые включают:

- последовательность и сроки выполнения агротехнических операций;
- особенности операций, в зависимости от конкретных условий и выбора культуры;
- нормы вносимых удобрений, потребность в воде и других жизненно необходимых факторах.

Современные информационные технологии позволяют применять системный подход в подготовке технологической карты выращивания сельскохозяйственных культур. С учетом вышесказанного была разработана программная система, позволяющая на основе агроклиматических данных региона, условий земельного участка и выбранной культуры автоматически генерировать технологическую схему выращивания культуры.

При создании программного обеспечения были поставлены и решены следующие задачи: учёт особенностей хозяйства, выбор культуры, описание технологии возделывания, расчет потреблений, определение последовательности и сроков технологических операций. Остановимся подробнее на описании каждой из этих задач в отдельности.

Учёт особенностей хозяйства

Данные по характеристике хозяйства, которые заполняются пользователем (фермером) следующие:

- структура посевных площадей;
- система обработки почвы;

- система удобрений;
- система борьбы с сорной растительностью;
- система защиты от вредителей и болезней;
- гидротехнические и гидромелиоративные мероприятия.

В программной системе посевная площадь идентифицируется названием или условным названием хозяйства и земельного участка, региона расположения, площади и хозяйственного года.

Почва, как природное тело, является функцией рельефа, почвообразующей породы, климата и произрастающей на ней растительности. С точки зрения агрономической науки, факторы, влияющие на потенциально возможную урожайность сельскохозяйственной культуры, – это *фотосинтетическая активная радиация, средне-суточная температура в период вегетации растения, подверженность почвы эрозии, толщина гумусового горизонта, предшественник и остаток удобрений, внесенных под предшественник, степень засорённости* и др. Очевидно, эти параметры подвержены изменениям во времени. Поэтому в программе предусмотрена возможность введения как новых показателей, так и автоматическое определение их по данным предыдущего хозяйственного года.

В базе данных программы также предусмотрено сохранение среднестатистических данных по региону, введенных на основе экспертного мнения специалистов – агрохимиков и почвоведов. Это позволяет, при отсутствии конкретных данных рассматриваемого хозяйства, осуществлять расчет ожидаемой урожайности и расходов по имеющейся в базе данных информации.

Выбор культуры

В базе данных программы предусмотрена таблица, содержащая информацию о биологических особенностях основных возделываемых культур, т.е. их требования к теплу, свету, влаге, почве, предшественнику и т.п. Здесь также приведен перечень таких показателей как *коэффициент использования фотосинтетически активной радиации, минимальная температура роста растения, коэффициент использования элементов питания из удобрений, из почвы* и т.д. Приведен перечень нерекомендуемых культур в зависимости от предшественника.

Выделены сорта и разновидности семян, которые характеризуются *классом семян, калибровкой, весом и всхожестью*.

Механизм выбора культуры основывается на следующем алгоритме:

- допустимость выбора по предшественнику;
- обеспеченность потребностей растения при возделывании в конкретных почвенно-климатических условиях.

Описание технологии возделывания

Данная система включает описание технологии возделывания и рабочие процессы: систему обработки почвы, способы посева, уход за посевами, мероприятия по защите посевов от вредителей, болезней, сорняков, уборочные работы. Все агротехнические мероприятия подбираются системой, исходя из требований культуры и сорта. Процесс выращивания подразумевает определенную последовательность агротехнических операций. Например, к таким операциям относятся лущение стерни, глубокая вспашка, боронование, протравливание семян, обогрев семян, посев, орошение и т.д. Выполнение каждой из этих операций требует определенных финансовых расходов (аренда сельскохозяйственной техники, приобретение посевного материала, удобре-

ний, пестицидов и т.п.). Очевидно, цены работ на агротехнические операции, удобрения, пестициды и др. могут меняться из года в год. В базе данных системы предусмотрено сохранение соответствующих показателей. Они вводятся и обновляются пользователем системы.

Расчет потреблений

Расчетные задачи, производимые системой, включают определение уровня урожайности по коэффициентам использования фотосинтетически активной радиации растением; расчет норм органических и минеральных удобрений с учетом эффективного плодородия почвы и потребности растений в питательных веществах; расчет расхода семян для посева. Системой проводится также расчет норм полива, исходя из потребности растений в воде в оптимальных размерах. В богарных условиях уровень урожайности определяется, исходя из сложившихся климатических условий. Как было описано выше, технологическая схема составляется из последовательности агротехнических операций с указанием их особенностей. Говоря об особенностях, мы имеем в виду следующие аспекты. Для таких операций, как лущение стерни, глубокая вспашка, посев, рыхление почвы в междурядьях и т.п., одной из особенностей является *глубина*. Для различных растений, она различна.

Для операции «удобрение» должна определяться *норма* различных удобрений (в основном, азот, фосфор и калий). Приведем алгоритм определения нормы удобрения.

Сначала определяется максимально возможная урожайность ($Ц/га$) [1]:

$$Y_{\max} = \frac{\Sigma R \cdot K_c}{400000 \text{ кДж} / Ц}, \quad (1)$$

где ΣR – фотосинтетическая активная радиация на данном земельном участке (регионе), а K_c – коэффициент использования фотосинтетической активной радиации растением.

Затем, исходя из ресурсов тепла в регионе, вычисляется возможная реальная урожайность ($Ц/га$) по формуле [1]:

$$U_p = \frac{Y_{\max} \cdot (t - \tau)}{t_{\text{opt}} - \tau}, \quad (2)$$

где t – среднесуточная температура в период вегетации растения, t_{opt} – среднесуточная оптимальная температура для развития выбранного растения, а τ – минимальная температура для ее развития.

Норму органических удобрений для положительного баланса гумуса определяют, исходя из необходимости достижения и поддержания оптимального уровня его в почве. Норма навоза рассчитывается по следующей формуле, предложенной Чуяном [2]:

$$D_{\text{орг}} = \frac{\Gamma_c \cdot a \cdot \Delta t + (\Gamma_n - \Gamma_c) - A \cdot b \cdot \Delta t}{C \cdot \Delta t}, \quad (3)$$

где Γ_c – запас гумуса в почве ($m/га$); Γ_n – планируемый (оптимальный) запас гумуса ($m/га$); a – коэффициент минерализации гумуса; Δt – время, за которое планируется повысить запас гумуса (лет); C – количество гумуса образованное из 1 тонны навоза; b – коэффициент гумификации пожнивных и корневых остатков; A – ежегодное количество поживно-корневых остатков, поступающих в почву ($m/га$).

На основании m – количества усвояемого элемента питания содержащегося в почве ($мг/кг$), определяется количество минеральных элементов питания, которые могут быть усвоены с единицы площади ($кг/га$)

$$P' = 30 \cdot m' \cdot \rho, \quad (4)$$

где ρ – плотность почвы ($г/см^3$).

Здесь и далее знак (штрих) указывает на то, что написанная формула должна быть применена к каждому рассматриваемому питательному элементу (азот, фосфор, калий).

Далее определяется норма элемента питания ($кг/га$):

$$D'_n = \frac{U_p \cdot B' - (P' \cdot K'_p + D_{орq} \cdot C'_{орq} \cdot K'_{орq} + D'_{ос} \cdot K'_{ос})}{K'_u}, \quad (5)$$

где B – количество усвояемого удобрения из почвы с единицей урожая ($0.1 \cdot кг/С$), K_p – коэффициент усвояемости минеральных удобрений из почвы растением, $D_{орq}$ – количество органического удобрения, вносимое на каждый гектар земли ($тонн$), $K_{орq}$ – коэффициент усвояемости рассматриваемого органического удобрения (минерального удобрения) растением, K_u – коэффициент усвояемости рассматриваемого минерального элемента из удобрений, $C_{орq}$ – содержание рассматриваемого питательного элемента в органическом удобрении (%), $K_{ос}$ – коэффициент использования рассматриваемого остаточного питательного элемента из удобрения, внесенного под предшественника, $D_{ос}$ – остаточное количество питательного элемента в почве ($кг/га$).

Здесь $D_{ос}$ определяется по формуле [3]:

$$D'_{ос} = K'_i \cdot D'_{pq}, \quad (6)$$

где D_{pq} – количество питательного элемента, внесенное в предыдущем году, K_i – коэффициент использования питательных веществ из удобрений, внесенных в предыдущем году.

Наконец, исходя из значения D'_n , согласно экспертному мнению специалистов, определяется доза минерального элемента питания для каждого случая внесения (подкормка).

Для операции «полив» должна определяться норма полива. Поливная норма $M_{ор}$, выраженная в $м^3/га$, определяется следующим образом [4]:

$$M_{ор} = K_{spv} \cdot U_p - e \cdot K_y \cdot \alpha - W_n \cdot n - (W_b - W_s), \quad (7)$$

где K_{spv} – коэффициент водопотребления культуры в $м^3$ на 1 тонну урожая основной продукции ($м^3/т$), K_y – коэффициент использования осадков, α – сумма осадков, выпадающих за период вегетации культуры ($мм$),

$e = 10 \frac{м^3}{га \cdot мм}$ – коэффициент перевода, W_n – количество влаги, поступающей за сутки в корнеобитаемый слой из грунтовых вод ($м^3/га$), n – период вегетации культуры (сутки), W_b и W_s – запасы влаги в корнеобитаемом слое почвы в начале и в конце вегетации культуры, ($м^3/га$). Разность $W_b - W_s$ называется запасом влаги в почве и может определяться по следующей формуле:

$$W_b - W_s = 100 \cdot (H_b \times D_b \times Y_b - H_s \times D_s \times Y_s), \quad (8)$$

где H_b и H_s – глубина активного слоя почвы в начале и в конце вегетации (м), D_b и D_s – средняя плотность рассматриваемого слоя почвы в начале и в конце вегетации (m/m^3), Y_b и Y_s – влажность данного слоя почвы в начале и в конце вегетации культуры (%).

Поскольку потребность растений в воде по фазам развития неодинакова, то оросительную норму подают не за один полив, а частями в периоды наибольшей потребности растений во влаге. Количество воды каждого полива определяется по формуле [1]:

$$M_v = \frac{M_{or}}{N}, \quad (9)$$

где N – число вегетационных поливов.

Заметим, что расчет количества необходимых удобрений обеспечивающих нужное количество минеральных элементов, является отдельной задачей и реализован в виде отдельного модуля программы. Алгоритм расчета описан в работе [5].

Для операции «посев» глубина посева определяется по следующему алгоритму: если механический состав почвы «легкий», а калибр семян - «большой», то глубина должна быть 4–5 см, иначе глубина должна быть 2–3 см.

Масса семян для одного гектара посева определяется следующим образом:

$$H = \frac{K \cdot M \cdot B_m}{1000} \text{ (кг)}, \quad (10)$$

где B_m – масса 1000 единиц семян в граммах, коэффициент

$$K = \begin{cases} 22.5, & r = 45 \text{ см}, \\ 16.7, & r = 60 \text{ см}, \end{cases}$$

определяется на основе r – предполагаемого расстояния между рядками, а коэффициент

$$M = \begin{cases} 15 \div 20, & a_z = \text{слабо или средне}, \\ 25 \div 30, & a_z = \text{сильно}, \end{cases} \text{ – на основе } a_z \text{ - степени засоренности посева.}$$

Определение последовательности и сроков технологических операций

Основная часть технологической схемы содержит информацию о последовательности и особенностях агротехнических операций. Генерация этой части осуществляется на основе экспертных знаний специалистов, представленных в виде некоторого набора агротехнических операций. Заметим, что некоторые операции (например, глубокая вспашка и удобрение) осуществляются одновременно, поэтому они объединены в одну группу.

Чтобы правильно определить место и последовательность агротехнических операций в технологической схеме, каждой операции предписываются специальные условия ранжирования. В качестве условий выступает набор из следующих элементов:

- данная операция может быть только первой;
- после каких операций может последовать данная операция;
- какие операции могут последовать после данной операции;
- как часто может быть повторена данная операция (допустимый минимальный временной интервал);
- данная операция может быть только последней.

Эти условия вводятся экспертами через специальный интерфейс. Корректность условий проверяется системой автоматических тестов. Если введенные условия рядности не обеспечивают однозначного описания технологической схемы, то система предлагает эксперту уточнить или дополнить их. В дальнейшем эти условия позволяют автоматически генерировать технологическую карту, без вмешательства экспертов и разработчиков системы.

Заключение

Предлагаемая система включает руководство по возделыванию сельскохозяйственных культур. Она описывает технологии и рабочие процессы в реальных почвенно-климатических условиях в соответствии с экономическим состоянием хозяйства. Система создана для помощи фермерским хозяйствам.

Список литературы

1. Воробьев, Е.С. Программирование урожайности и качества полевых кормовых культур Нечерноземья [Текст] / Воробьев Е.С., Воронкова Ф.В., Титов В.С., Пронин В.А. Программирование урожайности и качества полевых кормовых культур Нечерноземья. – Л.: Колос, 1981, – 103 с.
2. Попов, П.Д. Органические удобрения: Справочник. [Текст] / Попов П.Д., Хохлов В.И., Егоров А.А. и др. – М.: Агропромиздат, 1988, – 207 с.
3. Забазный, П.А. Краткий справочник агронома [Текст] / Забазный П.А., Буряков Ю.П., Карцев Ю.Г. и др. – М.: Колос, 1983, – 320 с.
4. Долматов, Г.Н. Мелиорация [Текст] / Долматов, Г.Н. – Красноярск: КрасГАУ. 2007. – 134 с.
5. Algorithm for definition of quantity of fertilizers for achievement of necessary ratio of nutritious elements [Текст] / Sabziev E.N., Pashayev A.B., Guliyev V.F., Mammadov A.I. // The Second International Conference «Problems of Cybernetics and Informatics», September 10-12, 2008, – Baku, – 2008, – Vol.3, – P.54-56. – ISBN 078-9952-434-09-5.

УДК 37.091.33:5:378.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ МЕТОДОВ ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЗАНЯТИЙ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ЦИКЛА В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Телеш И.А.

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь,
teleshinna@rambler.ru

Use interact methods of the education in occupation of the ecological cycle beside student of the technical profession provide searching of the possibilities of the joining the theoretical knowledges student with their practical need is considered.

В настоящее время внедрение интерактивных методов обучения – одно из важнейших направлений совершенствования подготовки студентов в современном вузе. В первую очередь – это необходимость перехода от информативных форм и методов обучения к активным, поиск возможностей соединения теоретических знаний студентов с их практическими потребностями.