

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
ПРОИЗВОДСТВА ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Трохименко Анна Григорьевна, д.т.н., профессор**

**Грушина Ольга Григорьевна, ст. преподаватель**

**Маринец Александр Николаевич, к.т.н., доцент**

**Admiral Makarov National University of Shipbuilding**

Trokhymenko Anna, Doctor of Technical Sciences, Professor, antr@ukr.net

Grushyna Olga, Senior Lecturer, olga.bidnichenko@nuos.edu.ua

Marynets Oleksandr, PhD, marinets.aleks@gmail.com

*В работе определена необходимость использования способов компьютерного моделирования процесса орошения для выращивания сельскохозяйственных культур с целью получения лучшего урожая. Рассмотрена работа программы AquaCrop на примере моделирования периода вегетации и расчета урожайности картофеля.*

**Ключевые слова:** экологическое земледелие, система поддержки принятия решений; орошение; урожайность; период вегетации; влагообеспечение.

Согласно оценкам ученых, на сегодняшний день используется лишь третья часть агроресурсного потенциала Украины. Причиной этого являются неоптимальные природные условия влагообеспечения как следствие глобального изменения климата. Использование орошения позволяет независимо от погодных условий в 2-3 раза увеличить урожайность сельскохозяйственных культур [1, с. 17-24].

В связи с этим в Украине принято Стратегию орошения и дренажа на период до 2030 года [2], согласно которой определяются направления государственной политики в сфере модернизации и экологизации сельскохозяйственного производства.

Целью является использование и внедрение инновационных технологий экологического земледелия на основе анализа расчета орошения и определения периода вегетации сельскохозяйственных культур; определение особенностей строения и принципов работы современных автоматизированных систем принятия решений, предназначенных для решения проблем разноплановых сельскохозяйственных задач; получение прогнозируемой величины урожая для определенных климатических условий.

Основной задачей является проведение расчетов параметров воды, качества почвы, характеристики водно-солевого баланса, а также индекса урожайности и прогнозируемую величину урожая при выращивании сельскохозяйственных культур на примере выращивания картофеля.

Сегодня для управления орошением все чаще используются автоматизированные системы поддержки принятия решений (СППР), которые являются инструментами для управления технологическими процессами полива. Они учитывают дефицит влагообеспечения в соответствии с основными фазами развития сельскохозяйственных культур для определения сроков и норм полива [2].

Рассмотрим некоторые из известных современных систем поддержки принятия решений в сельскохозяйственном производстве, которые повышают уровень автоматизации и экологизации сельскохозяйственного производства.

1. Программа CROPWAT - позволяет проводить стандартные вычисления для эвапотранспирации и изучения использования поливных систем, а также для создания оросительных схем и управления ими [3];

2. Система «Полив онлайн» - вводит инновационные технологии в процесс орошения и реализует автоматические системы полива от проекта до сбора урожая;

3. The Agricultural Production Systems Simulator (APSIM) - симулятор систем сельскохозяйственного производства. Позволяет моделировать биофизические процессы в сельскохозяйственных системах, особенно касающихся экономических и экологических результатов практики управления в условиях климатического риска [4];

4. Программа AquaСтор - является моделью производительности системы «сельхозкультура - увлажнение», разработанная для оценки влияния условий окружающей среды и управления на продуктивность сельскохозяйственных культур [5].

В нашем исследовании применялась программа AquaСтор с целью анализа возможности выращивания картофеля и других культур, которые не являются традиционными для юга Украины и, при обоснованном научном подходе, этот процесс становится реальным и экологически выгодным сельскохозяйственным производством.

Рассмотрим работу программы AquaСтор на примере моделирования периода вегетации и расчета урожайности картофеля.

AquaСтор моделирует конечный урожай в четыре этапа:

1. *Развитие зеленого покровного покрова.* В AquaСтор развитие листьев выражается через зеленый покров (*canopy cover CC*), а не через индекс площади листьев, как в других программах. Ежедневно отслеживая содержание воды в почвенном профиле, программа отслеживает нагрузки, возникающие в корневой зоне. Давление грунта и воды может повлиять на рост листьев и расширение кроны; что может вызвать преждевременное старение растения.

2. *Транспирация сельскохозяйственных культур.* В условиях хорошего полива транспирация сельскохозяйственных культур (*Tr*) рассчитывается путем умножения эталонного суммарного испарения (*ET<sub>0</sub>*) на коэффициент культуры (*KcTr*). Коэффициент культуры пропорционален зеленому покрову (*CC*) и, следовательно, изменяется в течение жизненного цикла культуры в соответствии с моделированным на основе проектированного растительного покрова. Водный стресс может не только повлиять на развитие растительного покрова, он также может вызвать закрытие устьиц и тем самым непосредственно повлиять на транспирацию сельскохозяйственных культур.

3. *Надземная биомасса.* Количество произведенной надземной биомассы (*B*) пропорционально совокупному количеству транспирации сельскохозяйственных культур ( $\sum Tr$ ) и коэффициенту полезности воды биомассы (*WP*):

$$B = WP \times \sum Tr$$

где *B* - биомасса урожая; *WP* - пропорциональный коэффициент полезности воды биомассы;  $\sum Tr$  - транспирация сельскохозяйственных культур.

В AquaСтор коэффициент *WP* нормализованный с учетом климатических условий, создает нормированную производительность воды биомассы (*WP\**) действительной для различных мест, сезонов и концентраций углекислого газа.

4. *Урожайность сельскохозяйственных культур.* Смоделированная надземная биомасса объединяет все продукты фотосинтеза, усвоенные культурой в течение сезона. Урожайность (*Y*) выходит из количества биомассы (*B*) с использованием индекса урожайности (*HI*), который представляет собой долю количества продуктивной биомассы (*B*). Фактический индекс *HI* рассчитывается при моделировании путем итерационной корректировки контрольного индекса сбора урожая (*HI<sub>0</sub>*) с учетом поправочных коэффициентов для воздействия давления.

$$\left(\frac{Y_x - Y_a}{Y_x}\right) = K_y \left(\frac{ET_x - ET}{ET_x}\right)$$

*Y<sub>x</sub>* – урожайность картофеля; *Y<sub>a</sub>* – посадочный материал; *ET<sub>x</sub>* – суммарное испарение в период вегетации.

Теоретические основы, изложенные выше, заложены в алгоритм работы программы, исходные данные для которой вводятся в графическое окно системы.

В результате расчетов, проведенных с помощью этой программы, получены значения достаточного количества показателей, которые позволили сделать рекомендации по оптимальному пути выращивания картофеля в соответствии с исходными данными.

В результате использования программы AquaСтор на практике были просчитаны такие величины, как количество испаренной влаги, возможное количество сорняков, засоленность почвы, поступление дождевой влаги, количество влаги на каждом периоде вегетации, соленость почвы в разрезе, баланс влаги и испарения, а также возможное количество получения урожая. Именно эти

параметры являются крайне необходимыми для фермеров при определении технологии выращивания сельскохозяйственных культур, в частности картофеля.

Полученные результаты расчетов приведены в виде графиков-диаграмм, изображенных на рис. 1 – рис.6.

Итак, после выполнения представленных расчетов можно определить оптимальную схему производственного цикла выращивания культуры для каждого района в соответствии с его исходными данными.

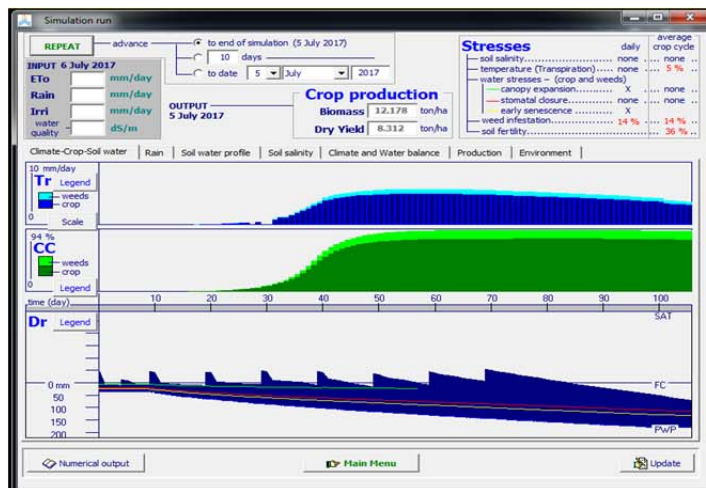


Рис. 1. Количество ростков сорняков относительно урожая (CC), их транспирация (Tr) и глубина зоны корней (Dr)

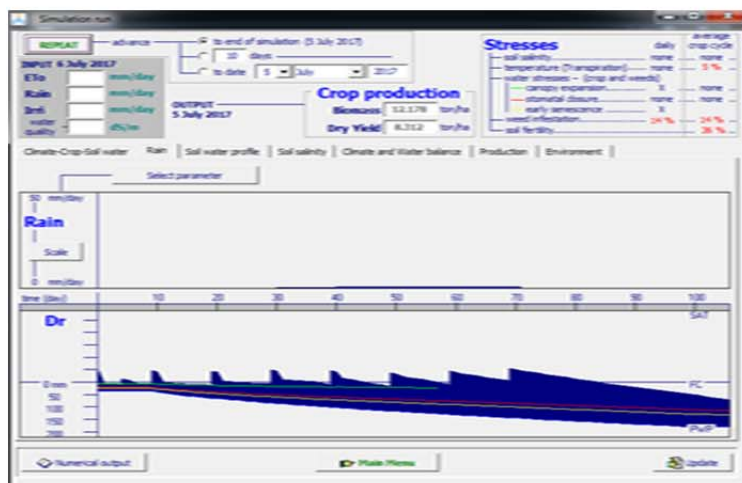


Рис. 2. Количество осадков за период вегетации (Rain)

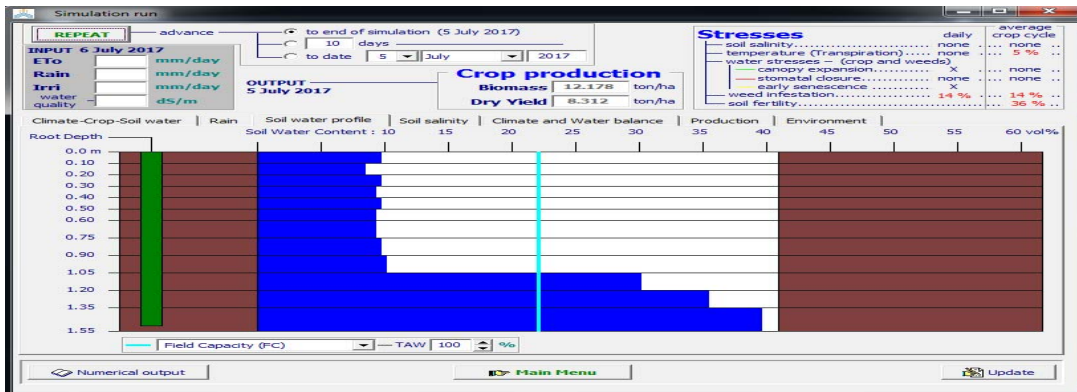


Рисунок 3. – Процент влажности почвы (*Soil water Content*) на певній глибині(*Root Depth*)

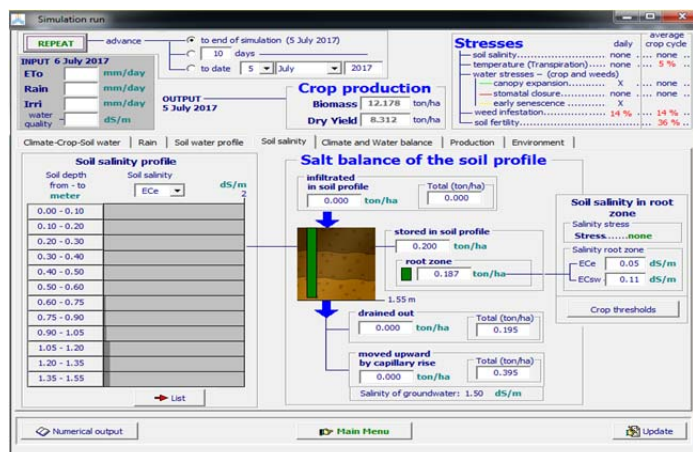


Рис. 4. Уровень засоленности почвы (*Soil salinity profile*)

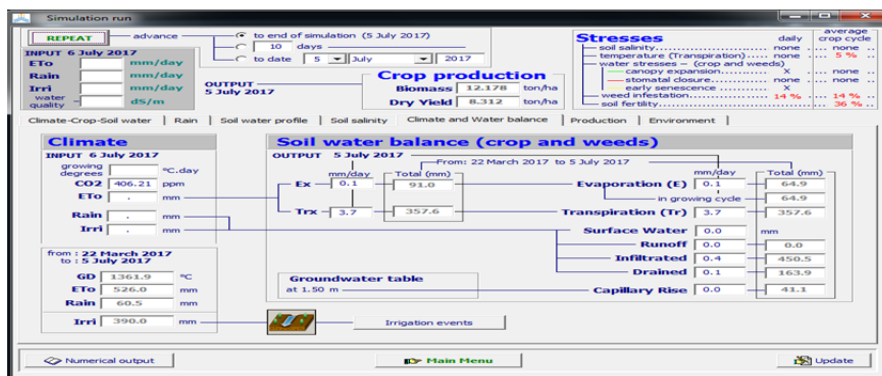


Рис. 5. Процент эвапорации (*E*), транспирации (*Tr*), водного баланса (*Soil water balance*) и уровень подземных вод (*Groundwater*), орошение и его тип (*irrigation events*)

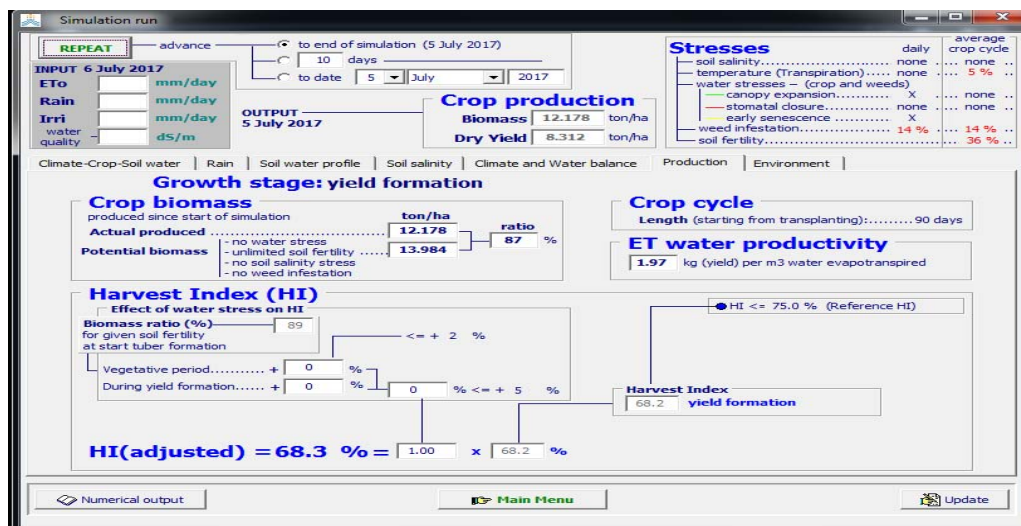


Рисунок 6. – Смоделированный индекс урожайности (*HI*) и количество возможного урожая (*Potential biomass*)

Проводя расчеты в программе AquaCrop, были получены значения достаточного количества показателей, которые позволили сделать выводы относительно оптимального пути выращивания картофеля в соответствии с исходными данными, что делает процесс выращивания автоматизированным и экологическим. Применение программы AquaCrop позволило оценить потенциальный урожай при различных природно-климатических и технологических условиях с учетом потенциальных рисков.

Применение систем поддержки принятия решений дают возможность пользователям использовать инновационные научные подходы к выращиванию сельскохозяйственных культур и организовать процесс выращивания на современном технологическом уровне. Такие системы являются инструментами, цель которых содействие получению высоких урожаев.

#### Список использованных источников

1. Лозовіцький П. С. Наукові основи управління екологічною безпекою зрошуваних земель півдня України: дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. / Лозовіцький Павло Станіславович. - Київ, 2015. – 380 арк. – Библиогр.: с. 17-24.
2. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14.08.2019р. №688-р.
3. CropWat. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://www.linguee.com/englishrussian/translation/crop+calendar.html>. – Загл. С екрана
4. Apsim. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/263238329\\_The\\_APSIM\\_Model\\_-\\_An\\_Overview](https://www.researchgate.net/publication/263238329_The_APSIM_Model_-_An_Overview) – Загл. с екрана
5. АкваКроп (AquaCrop). [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://www.fao.org/aquacrop/ru/> – Загл. с екрана