

EFFICIENCY OF APPLICATION OF NEW FORMS OF FERTILIZERS AND AMELIORATORS IN HATCHERY

G.V. Pirogovskaja, S.S. Hmelevskij, I.M. Garanovith

Summary

Data about influence of new forms of fertilizers and ameliorators on growth of an elevated part and root system seedling are cited fur-trees prickly blue and thujas western at cultivation in containers, economic efficiency of the given agrotechnical receptions is specified.

Поступила 29 марта 2011 г.

УДК 635.64:631.589

РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БИОПРОДУКЦИОННЫМИ ПРОЦЕССАМИ ВЫРАЩИВАНИЯ ТОМАТОВ В МАЛООБЪЕМНОЙ КУЛЬТУРЕ

Л.С. Герасимович¹, Л.А. Веремейчик², О.И. Пилипец²

¹Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Беларусь

²Академия управления при Президенте Республики Беларусь, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Овощеводство призвано удовлетворять потребности населения в свежей диетической продукции. Овощи – исключительно ценные продукты питания, в них содержатся незаменимые для организма человека витамины, кислоты, белки и другие минеральные вещества. Для Беларуси, где после аварии на Чернобыльской АЭС значительная часть населения испытывает негативное воздействие радиации, очень важна уникальная способность многих овощных культур, выводить из организма радионуклиды и тяжелые металлы. В соответствии с научно-обоснованными нормами потребления, отрасль должна производить не менее 10 кг тепличных овощей на душу населения. Пока что в целом по республике в 2010 г. произведено чуть больше 8 кг [1].

Тепличное овощеводство Беларуси с 90-х годов прошлого столетия переходит на повсеместное освоение современных технологий выращивания овощей в малообъемной культуре с преимущественным использованием импортного оборудования. Применение малообъемной технологии, при которой питание растений, состояние микроклимата в теплицах максимально автоматизированы, позволяет получать высокую экономическую эффективность. Повышение урожайности в 2-3 и более раз, значительная экономия энергии (30-40%), значительное уменьшение объема корнеобитаемой среды (субстрата) обеспечило широкое ее распространение в мире и в том числе в Республике Беларусь [2].

В настоящее время в Беларуси площадь крупных современных зимних теплиц составляет 210,4 га. Тепличные предприятия республики за 2010 г. произвели

102,3 тыс. т овощей защищенного грунта, или 133,4% к плану по программе “Овощеводство” и 100,2% к уровню 2009 года. Средняя урожайность огурцов и томатов в целом по республике по итогам 2010 г. составила 43,8 кг/м², что на 2,1% больше уровня 2009 г. [3, 4].

Тепличное овощеводство – одна из наиболее наукоемких и высокотехнологических отраслей современного аграрного овощеводства. Эта отрасль является сложной управляемой эргатической (человеко-машинной) биотехнической системой. Стремление к уменьшению неуправляемых параметров в технологии выращивания овощей необходимо для снижения всех издержек производства, повышения урожайности и качества овощей. Это становится главной системной задачей, комплексной целевой функцией тепличного овощеводства.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в производственных условиях возделывания томатов гибрида Жеронимо по освоенной на комбинате автоматизированной малообъемной технологии управления биопродукционным процессом (БПП) на базе агрокомбината «Ждановичи» (отделение «Богатырево») в 2009-2010 гг. Общая площадь блочной теплицы 1 га (9234 м² полезной площади). Здесь применяется технологическое оборудование фирмы «Агротех-Дидам» и компьютерная система автоматизированного управления БПП фирмы «Priva Hortimation B.V.» (обе фирмы – голландские), в качестве субстратов используется импортная минеральная вата.

Питательные растворы подаются через систему капельного полива с компьютерным управлением питания растений томата. Состав питательного раствора меняется в зависимости от фазы роста и развития растений, условий освещенности. Работа системы капельного полива и подача раствора к растениям осуществляется при помощи системы микропроцессорного управления с центральной станции на базе ПЭВМ. По заданной программе растворный узел, работающий в автоматическом режиме, готовит и подает в теплицу питательный раствор с растворенными минеральными удобрениями или подогретую воду, последовательно включая электромагнитные клапаны групповой системы полива. Через систему компенсированных капельниц вода или раствор поступает непосредственно в минеральный субстрат к корневой системе растения. Управление светокulturой выполняется автоматически: искусственное досвечивание растений подключается при фотосинтетической освещенности растений, опускающейся ниже 500 Вт/м² полезной площади теплицы. При этом на центральном компьютере фиксируется учет расхода питательного раствора, воды и потребления тепловой и электрической энергии.

Применительно к отрасли тепличного овощеводства как сложно-системного объекта управления – задача энерго- и ресурсосбережения, тесно связана с эффективностью биопродукционных процессов (БПП) растений овощных культур как биологических объектов труда. Главной подсистемой является биологический объект труда – растение томата и его полезные органы – плоды. Ресурсоэффективное управление внешней средой растений является одной из целей БПП автоматизированного тепличного овощеводства.

Такое представление растения как системы открывает целенаправленный системный анализ биопродукционных, технико-технологических и ресурсо-экономических особенностей тепличного овощеводства. Поэтому весьма актуальными

являются исследования по оптимизации процессов выращивания овощей, возделываемых в малообъемной культуре с эффективным использованием систем автоматизированного управления биотехнической системой.

Используемая АСУ БПП включает следующие основные подсистемы контроля и управления: 1 – отопления и вентиляции (трубы регистров отопления, сетевые насосы, вентиляторы, форточки, экраны); 2 – электрические фитопампы для досвечивания растений; 3 – циркуляции, увлажнения воздуха и его обогащения углекислым газом; 4 – теплоснабжения (тепловые котлы и когенерационные установки); 5 – приготовления поливочного раствора с минеральными удобрениями; 6 – капельного полива растений; 7 – ультрафиолетовая дезинфекция дренажного раствора и др.

Каждая из этих систем имеет ряд установочных показателей и их регулировок, а общее их количество достигает многих десятков. Для определения отдельных показателей используются данные первичных преобразователей – датчиков (температуры, влажности и состава воздуха в теплице, температуры растений, температуры теплоносителя, тензиометры, pH и ЕС раствора и дренажа и т.д.). Другие установочные показатели подлежат автоматизированному расчету с использованием усредненных математических моделей, заложенных в программном обеспечении (например, суммарная освещенность растений, температура частей растений и др.), что существенно усложняет процессы оперативного управления БПП в теплице.

С точки зрения теории автоматического управления такие системы относятся к контекстно-независимым цифровым гибридным конечным автоматам, а их настройка во многом зависит от конкретных свойств нестационарных объектов управления – растений и опыта операторов и технологов. Изменчивость и адаптивность характеристик растений в зависимости от сорта (гибрида) овощной культуры, фитопериода выращивания, используемых минеральных удобрений и технологии ухода требует от оператора (агронома) значительного опыта, обеспечивающего эффективное управление БПП. Для быстрого освоения и технико-технологического сопровождения такой АСУ, привлекаются, как правило, специалисты дилерских фирм разработчиков и наладчиков программного обеспечения на договорных условиях.

Для оценки эффективности освоенной системы управления и текущего расхода основных ресурсов использовалась методика регрессионного анализа [5, 6]. За основу взяты учетные данные, фиксированные на центральном компьютере и в журналах операторов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Регрессионный анализ заключается в построении и анализе статистической многофакторной модели в виде уравнения регрессии, выражающего зависимость явлений от определяющих его факторов. Основным и обязательным условием корректности применения регрессионного анализа является однородность исходной статистической совокупности. Использование таких моделей позволяет значительно расширить возможности анализа, в частности, для совершенствования технологических процессов и адаптирования урожайности овощей к рынкам сбыта продукции, что, в конечном итоге, позволяет анализировать и совершенствовать хозяйственную деятельность тепличного комбината.

В исследованиях проводили расчет существенных параметров для построения линейной и нелинейной регрессии. На протяжении всего вегетационного периода выращивания растений (начало, середина и конец вегетации) было выполнено 97 замеров текущих факторных переменных в день: расходы воды и маточного раствора для полива растений, показатель кумулятивной освещенности и урожайность томатов.

В течение вегетации значения факторных переменных (под влиянием АСУ и корректирующих действий операторов и технологов комбината) изменялись. Результаты полученных наблюдений представлены на рисунках 1, 2, 3, 4.

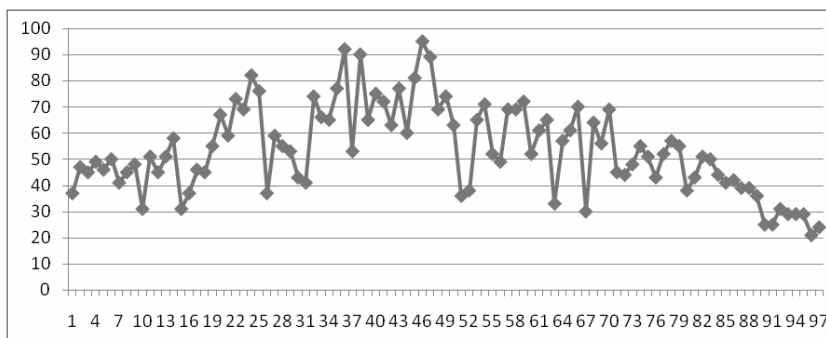


Рис. 1. Динамика расхода воды для полива растений, м³/день

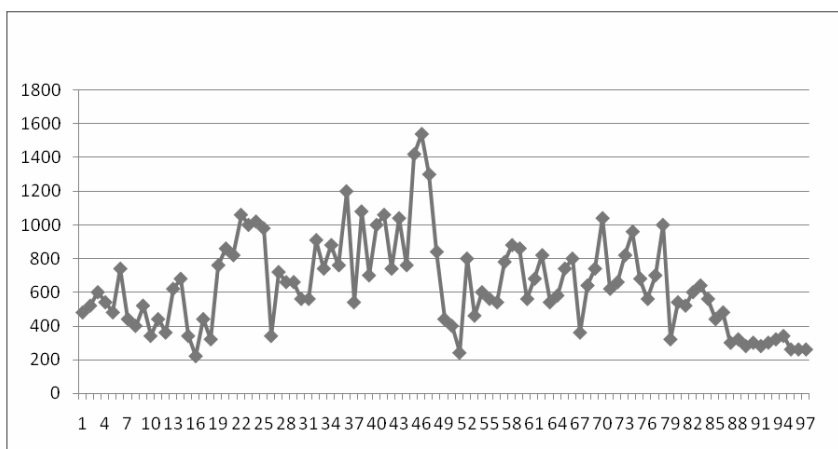


Рис. 2. Динамика расхода маточного раствора, л/день

Качественный анализ представленных временных рядов показывает достаточно большой размах статистических данных всех параметров как в краткосрочном, так и длительном (в течение сезона) периоде выращивания томатов, что характеризует имманентные особенности этой АСУ. Вместе с этим отмечено закономерное повышение расхода воды, питательного раствора, освещенности растений и, как следствие, повышение урожайности томатов в летние, наиболее благоприятные для БПП месяцы вегетационного периода выращивания растений. При этом отмечается самый большой размах суммарной кумулятивной естественной и управляемой искусственной освещенности, что можно интерпретировать

как недостаток существующей подсистемы управления светокультурой растений (низкая адаптивность этой подсистемы к меняющимся условиям естественной освещенности и другим параметрам внешней среды).

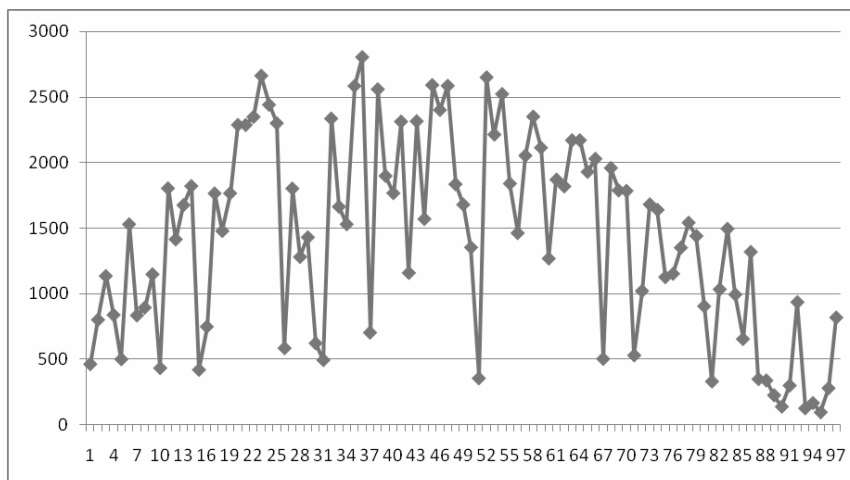


Рис. 3. Динамика суммарного кумулятивного показателя освещенности растений, Дж/день

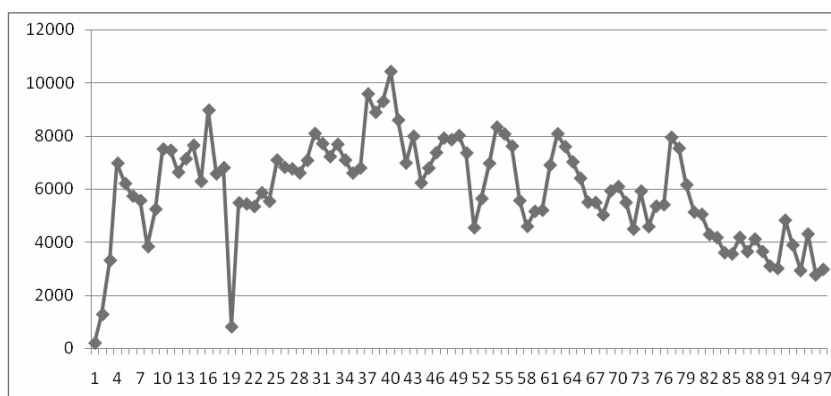


Рис. 4. Динамика урожайности овощей, кг/день

Для статистического анализа использовалась трехфакторная линейная регрессионная модель первого порядка в виде:

$$Y = a_0 + a_1 \cdot X_1 + a_2 \cdot X_2 + a_3 \cdot X_3 \quad (1),$$

где Y – урожайность томатов; X_1 – количество воды; X_2 – маточного раствора для полива растений; X_3 – суммарная (кумулятивная) естественная освещенность и искусственное электрическое досвечивание растений.

В результате проведенного регрессионного анализа получены следующие коэффициенты уравнения линейной регрессии:

$$a_0 = 2507; a_1 = 69,3; a_2 = -1,61; a_3 = 0,47.$$

Коэффициенты регрессии показывают, насколько сильно изменяется результативный признак Y (урожайность) при изменении каждого из факторных признаков X на единицу.

Проверка значимости значения факторных переменных по критерию Стьюдента показала, что все три фактора в модели оказывают влияние на результирующую переменную Y и их не следует исключать из модели.

Результаты регрессионного анализа t -статистиками показали, что полученные регрессионные t -статистики по модулю больше, чем полученные в тесте Стьюдента, тем самым подтверждается заключение, что все три фактора в модели оказывают влияние на результирующую переменную. Далее была проведена проверка значимости коэффициента детерминации по критерию Фишера. С этой целью вычисляли t -статистики для разных уровней значимости (0,9; 0,95; 0,99) и (97-1) степеней свободы. Затем сравнивали их с полученным в результате регрессионного анализа значением F .

Получено, что t -статистики, рассчитанные по критерию Фишера, не превышают значение F , полученное в результате регрессионного анализа. Таким образом, можно утверждать, что коэффициент детерминации статистически значим. То есть входные переменные (X) достаточно хорошо "объясняют" поведение выходной (Y), что свидетельствует о функциональной зависимости между ними.

Далее были проведены аналогичные исследования по построению нелинейной регрессии. Построена трехфакторная регрессионная модель вида:

$$\ln(Y) = a_0 + a_1 \cdot \ln(X_1) + a_2 \cdot X_2 + a_3 \cdot \ln(X_3) \quad (2).$$

Коэффициенты уравнения регрессии имеют следующие значения:

$$a_0 = 5,5; a_1 = 0,65; a_2 = -0,0003; a_3 = 0,1.$$

Проведена проверка их значимости по критерию Стьюдента, для чего вычислены t -статистики для тех же уровней значимости (0,9; 0,95; 0,99) и (97-1) степеней свободы. Затем проведено их сравнение с полученными в результате регрессионного анализа t -статистиками. Результаты показали, что полученные регрессионные t -статистики по модулю больше, чем полученные в тесте Стьюдента. Это подтверждает, что все три фактора оказывают влияние на результирующую переменную Y и их необходимо включать в модель БПП.

Проверка значимости коэффициента детерминации по критерию Фишера проведена в следующей последовательности: вычислены t -статистики для разных уровней значимости (0,9; 0,95; 0,99) и (97-1) степеней свободы, выполнено их сравнение с полученным в результате регрессионного анализа значением F . Подтверждено, что t -статистики, рассчитанные по критерию Фишера, не превышают значение F , полученное в результате регрессионного анализа, что свидетельствует о наличии функциональной зависимости между ними. Таким образом, можно утверждать, что коэффициент детерминации статистически значим.

Далее проведено сравнение моделей линейной и нелинейной регрессии:

1. Линейная

$$Y = 2507 + 69,3 \cdot X_1 - 1,61 \cdot X_2 + 0,47 \cdot X_3 \quad (1).$$

2. Нелинейная

$$\ln(Y) = 5,5 + 0,65 \cdot \ln(X_1) - 0,003 \cdot X_2 + 0,1 \cdot \ln(X_3) \quad (2).$$

Для спецификации модели (выбора наилучшей формы функциональной зависимости) необходимо проанализировать остатки в каждой из полученных моделей. Вычисляем значения критерия Амея для каждой модели: для 1-й модели равно 29,9930048, для 2-й – 22,939267.

Поскольку значение критерия Амея напрямую зависит от величины необъясненных регрессией остатков, то лучше специфицированной является та модель, в которой он имеет меньшее значение. То есть 2-я модель функциональной нелинейной зависимости является более качественной.

Указанная модель может быть использована для прогнозирования величины урожайности. Она позволяет учитывать значения факторов (количество воды, маточного раствора, искусственной электрической досветки растений) для достижения нужного уровня урожайности томатов. Учет такой модели в дальнейшем позволит планировать снижение временных затрат и совершенствование технологических процессов по выращиванию тепличных овощей, что в целом позитивно отразится на хозяйственной деятельности тепличного комбината.

ВЫВОДЫ

1. Результаты проведенного регрессионного системного анализа показали, что для управления продуктивностью тепличных овощей и инновационным развитием тепличного овощеводства в условиях Республики Беларусь следует шире использовать методологию статистического анализа, основанную на данных производственно-хозяйственной деятельности тепличных комбинатов.

2. Перспективные направления системного анализа заключаются в создании научных основ ресурсосберегающих биопродукционных процессов и обосновании применения инновационных научных разработок в АСУ отечественного тепличного овощеводства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тепличная продукция отечественного производства // Новости из Беларуси на NewsBY.org [Электронный ресурс] – 2009. – Режим доступа: <http://newsby.org/by/2009/03/01/text5441.htm>. – Дата доступа: 04.02.2011.

2. Веремейчик, Л.А. Научные основы питания томатов на минеральных субстратах: монография /Л.А. Веремейчик, Л.С. Герасимович; под ред. академика Л.С. Герасимовича – Мн.: Академия при Президенте Республики Беларусь, 2005. – 234 с.

3. Агропромышленный комплекс Беларуси // AgroBel.by [Электронный ресурс] – 2010. – Режим доступа: <http://www.agrobel.by/ru/node/25580>. – Дата доступа: 04.02.2011.

4. Новости, инвестиционные проекты, конкурсы и выставки // AgroBel.by [Электронный ресурс] 2011. Режим доступа: <http://www.agrobel.by/ru/node/26211>.

5. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ. Множественная регрессия / Норман Дрейпер, Гарри Смит //Applied Regression Analysis. – 3-е изд. – М.: Диалектика, 2007. – 912 с.

6. Радченко, С.Г. Устойчивые методы оценивания статистических моделей: монография / С.Г. Радченко – К.: ПП «Санспарель», 2005. – 504 с.

REGRESSION ANALYSIS OF CONTROL SYSTEMS OF BIOPRODUCTION PROCESS OF GROWING TOMATOES IN A SMALL-VOLUME CULTURE

L.S. Gerasimovich, L.A. Veremeychik, O.I. Pilipets

Summary

The results of a statistical regression analysis of key factors: the total cumulative natural and artificial lighting, the cost of water and stock solution of mineral fertilizers, defining the current processes of biological productivity of growing tomatoes in a modern automated greenhouse complex are presented. The directions for further innovative development and improvement of process control yielding plants are discussed.

Поступила 31 мая 2011 г.