

ПЕРИОД ПОСЕВ – ВСХОДЫ РАСТЕНИЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЕ ВРЕМЯ

Рассматривается проблема описания, расчета и прогнозирования длительности периода посев-всходы сельскохозяйственных культур. Решение этих вопросов опирается на подход, представляющий собой проблему биологического времени растений. Получено расчетное итерационное уравнение учета комплекса агрометеорологических факторов, влияющих на длительность периода посев-всходы, на основе разложения в ряд Тейлора. При этом, учтены основные процессы онтогенеза: фотосинтез и дыхание растений.

Ключевые слова: биологическое время, фотосинтез, дыхание, логистическая кривая, рост, развитие, продукционный процесс.

Введение. Проблеме описания, расчета и прогнозирования длительности периода посев-всходы растений в зависимости от агрометеорологических факторов уделено достаточно большое количество работ. Это, прежде всего работы Шиголева А.А., Улановой Е.С., Дмитренко В.П., Полевого А.Н., Сиротенко О.Д. и других. Исследование продолжительности периода посев-всходы проводились различными методами. Используемые методы условно можно разделить на два направления: 1. Исследование методами теории вероятностей и математической статистики и 2. Математическое моделирование. Согласно первому направлению исследований были установлены основные факты зависимости продолжительности периода посев-всходы от агрометеорологических факторов. Прежде всего, было установлено, что длительность периода посев-всходы зависит от температуры и влажности почвы. Согласно второму направлению проводились различные математические расчеты продолжительности периода посев-всходы. Отметим, что единого подхода к проблеме описания длительности этого межфазного периода до сих пор нет. Нет так же подхода, который полноценно удовлетворил бы проблемы математического описания продукционного процесса растений. До сих пор в математических моделях продукционного процесса растений превалирует подход, опирающийся на метод сумм эффективных температур. Это метод считается наиболее надежным и используется в оперативной практике обслуживания сельскохозяйственного производства. Однако метод сумм эффективных температур, несмотря на свою надежность, не учитывает влияние влажности почвы на скорость прохождения периода посев-всходы. **Цель** этой работы - предложить единый подход к проблеме описания, расчета и прогнозирования продолжительности периода посев-всходы. К **задачам** данной работы следует отнести решение проблемы описания длительности периода посев-всходы в зависимости от комплекса агрометеорологических факторов на основе единого подхода.

Материалы и методы исследования. Решение проблемы описания длительности периода посев-всходы опирается на подход, изложенный в работах [1,2]. В этих работах изложены основные, начальные факты проблемы биологического времени растений. Отправной точкой исследований, изложенных в [1,2], является факт различной длительности онтогенеза при различных сочетаниях агрометеорологических факторов. В этих работах наступление фенологических фаз развития рассматривается

как осуществление определенных событий в организме растения. При этом, рассматривается двухмерное временное пространство организма растения в котором происходит циркуляция биологического времени. В качестве первого приближения рассматривается циркуляция биологического времени по окружности, имеющей определенный временной размер. Опираясь на этот подход, была получена теоретическая логистическая кривая. Эта кривая, с одной стороны, описывает нормированный рост общей биомассы растений, а с другой стороны характеризует скорость течения биологического времени растений.

Для комплексного решения поставленных в этой работе задач мы будем использовать следующую схему. Согласно работам [1,2], биологическое время растения изменяется в соответствии с характером изменения нормированной логистической кривой роста общей биомассы μ . Эта логистическая кривая в начальный отрезок времени (близкий к точке 0) имеет характер стремления слева к нулю. То есть, рост начинается с некоторого минимального значения $T_{сем}$, соответствующее биологическому времени, присутствующему в семени растений. Нам остается продифференцировать логистическую кривую по переменной времени два раза и подставить эти производные в формулу разложения функции в ряд Тейлора [3]. При этом, необходимо ввести функции влияния температуры и влажности почвы на полученные приращения. Рассмотрим эту схему более подробнее.

Теоретическая логистическая кривая, согласно работе [2], имеет вид:

$$\mu = -\frac{1}{2\pi} \sin(2\pi \cdot T) + T, \quad (1)$$

где: μ - нормированная логистическая кривая роста общей биомассы растения, отн. ед., изменяется в целом от 0 до 1; T – биологическое время растения, отн. ед. биол. времени, где весь онтогенез составляет отрезок времени от 0 до 1.

Первая производная логистической кривой по времени, характеризующая прохождение процесса фотосинтеза в течении онтогенеза [2], имеет вид:

$$\mu' = -\cos(2\pi \cdot T) + 1. \quad (2)$$

Вторая производная логистической кривой по времени, характеризующая прохождение процессов дыхания в течении онтогенеза [2], имеет вид:

$$\mu'' = 2\pi \cdot \sin(2\pi \cdot T). \quad (3)$$

Теперь запишем разложение функции μ (1) в ряд Тейлора [3]:

$$T_{всх} = T_{сем} + \Delta T [-\cos(2\pi \cdot T_{сем}) + 1] + \frac{1}{2} \Delta T^2 [2\pi \cdot \sin(2\pi \cdot T_{сем})], \quad (4)$$

где: $T_{всх}$ – биологическое время, соответствующее периоду посев-всходы, отн. ед. биол. времени, изменяется от некоторого малого $T_{сем}$ до $T_{квсх}$, где $T_{квсх}$ соответствует биологическому времени на момент всходов, отн. ед. биол. времени; $T_{сем}$ – биологическое время, соответствующее семенам, отн.ед. биол. времени; ΔT – приращение биологического времени согласно формуле Тейлора, отн. ед. биол. времени.

Мы, в уравнении (4), воспользовались разложением в ряд Тейлора до первых двух членов. При этом, будем считать ошибку оставшихся членов разложения несущественной. В уравнении (4), так же, не введен суточный расчет и влияние комплекса агрометеорологических факторов на скорость развития, а так же не зафиксирована величина соответствующая максимальному приращению биологического времени при оптимальных значениях агрометеорологических факторов. Для этого мы перепишем уравнение (4) с необходимыми поправками:

$$T_{всх} = T_{сем} + \Delta T_{max} \cdot n^j \cdot U_{tw}^j \cdot [-\cos(2\pi \cdot T_{сем}) + 1] + \frac{1}{2} (\Delta T_{max})^2 \cdot (n^j)^2 \cdot (U_{tw}^j)^2 \cdot [2\pi \cdot \sin(2\pi \cdot T_{сем})] \quad (5)$$

где: ΔT_{max} – максимальное приращение биологического времени, соответствующее одним расчетным суткам, отн. ед. биол. времени·сут⁻¹; n – число расчетных суток, изменяется нарастающим итогом; U_{tw} – функция влияния комплекса агрометеорологических факторов на скорость течения биологического времени, отн. ед; j – номер расчетных суток периода посев-всходы.

Величина ΔT_{max} характеризует максимальную скорость изменения биологического времени за одни расчетные сутки при оптимальных значениях агрометеорологических факторов. Эта величина соответствует тому же значению ΔT_{max} , что и в целом, за весь период онтогенеза. Число расчетных суток n характеризует все приращение биологического времени для всего периода посев-всходы и увеличивается с каждой итерацией на одну единицу, соответствующее одним суткам расчета. Расчет проводится до момента накопления величины $T_{квсх}$.

Рассмотрим теперь функцию влияния комплекса агрометеорологических факторов на скорость течения биологического времени U_{tw} . В период посев-всходы одним из важнейших процессов питания растения является материнское питание из прорастающего семени. Поэтому уровень почвенного питания оказывает незначительное влияние на весь изучаемый период. Прорастание семени происходит в некотором почвенном слое, точнее на глубине заделки семян. Поэтому влияние светового фактора исключается. Фактор света начинает влиять только лишь с переходом питания растения от гетеротрофного к автотрофному, то есть при выходе семядолей на поверхность почвы. Выход семядолей на поверхность почвы является заключительным моментом в периоде посев-всходы. Таким образом, основное влияние на продолжительность изучаемого периода оказывают факторы тепла и влаги. Их влияние в продукционном процессе растений описывается функциями влияния температуры воздуха и влажности почвы на процесс фотосинтеза [4,5]. Эти функции оказывают основное влияние на скорость накопления общей биомассы растений. Мы будем использовать эти функции по следующим соображениям: 1. Продукционный процесс растений в период посев-всходы данной культуры характеризуется теми же особенностями, что и в целом, за весь вегетационный период; 2. Элементы процесса фотосинтеза и дыхания в период посев-всходы компенсируются материнским питанием семени. Это дает основания целиком и полностью использовать функции влияния температуры, и влажности почвы, как функции, определяющие влияние комплекса агрометеорологических факторов на скорость накопления общей биомассы и, следовательно, на скорость течения биологического времени в период посев-всходы. При этом, функция U_{tw} , согласно разложению в ряд Тейлора, имеет накапливающееся значение за весь расчетный период. То есть, в первые сутки расчета мы принимаем функцию U_{tw} как текущее значение. Во вторые сутки расчета мы находим среднее значение функции U_{tw} за прошедшие двое суток роста и развития культуры. За третьи сутки – мы находим среднее значение уже за прошедшие трое суток роста и развития культуры. И в целом, функция U_{tw} находится как среднее за пройденный и текущий период роста и развития культуры.

Температурная и влажностная кривые имеют вид:

$$U_{tw}^j = \left\{ 1 - a_t \cdot t_{opt}^2 (t_s^j - 1)^2 \right\} \cdot \left\{ 1 - a_w \cdot W_{opt}^2 (W_s^j - 1)^2 \right\}, \quad (6)$$

где:

$$t_s^j = \frac{t_{сум}^j}{t_{opt}}; \quad W_s^j = \frac{W_{0-20}^j}{W_{opt}}$$

$t_{сум}$ – температура почвы на глубине заделки семян, °С; W_{0-20} – запасы продуктивной влаги в почве в верхнем, 20-и см слое, мм; t_{opt} – оптимальная температура почвы, характеризующая максимальную скорость прохождения периода посев-всходы, °С; W_{opt} – оптимальные запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-20 см, характеризующие максимальную скорость прохождения периода посев-всходы, мм; a_t , a_w – параметры квадратных уравнений температурной и влажностной кривой фотосинтеза.

Следует отметить, что предложенные функции влияния комплекса агрометеорологических факторов U_{tw} (6) представляют собой функции, используемые для культуры подсолнечника. Для других сельскохозяйственных культур следует использовать соответствующие этим культурам, функции U_{tw} .

Таким образом, полученное уравнение (5) описывает наступление фазы «всходы» в соответствии с предложенным подходом к проблеме биологического времени.

Результаты исследования и их анализ. В полученном уравнении (5) описано влияние комплекса агрометеорологических факторов, представленных факторами тепла и влаги, на скорость прохождения периода посев-всходы. При этом, параметр ΔT_{max} характеризует максимальную скорость развития данной культуры. Уравнение (5) описывает не только начальный уровень температуры внешней среды и начальный уровень влажности почвы, влияющие на скорость прохождения периода посев-всходы, но и во всей границе толерантности используемых факторов. При этом, если уровень внешней среды U_{tw} , приблизится к верхней границе толерантности, то произойдет замедление процессов роста и развития данной культуры, в соответствии с исследованиями Л.Н.Бабушкина [6], проведенных в условиях Узбекистана.

Следует отметить, что уравнение (5) представлено двумя составляющими. Эти составляющие соответствуют процессам 1. Фотосинтезу и 2. Дыханию рассматриваемой культуры. В этом смысле не является целесообразным продолжать разложение уравнения (5) в ряд Тейлора для других, оставшихся членов.

Таким образом, предложенный подход к описанию скорости прохождения периода посев-всходы представляет собой процесс, который учитывает две, основные составляющие продукционного процесса растений в целом.

В заключение можно отметить, что предложенный подход к описанию и расчету продолжительности периода посев-всходы целиком и полностью сочетается с общим подходом к проблеме биологического времени, изложенным в работах [1,2].

Выводы. 1. Предложено итерационное уравнение расчета и прогнозирования продолжительности периода посев-всходы сельскохозяйственных культур. 2. В предложенном уравнении использован комплекс агрометеорологических факторов, влияющих на длительность периода посев-всходы. 3. Учтены основные составляющие продукционного процесса растений: фотосинтез и дыхание.

Список литературы

1. Наумов М.М. Векторный характер биологического времени растений. // Метеорологія, кліматологія та гідрологія, Міжвід. наук. зб України, -2004, Вип. 48, С. 226-234.
2. Наумов М.М. Векторный характер биологического времени растений. Циркуляция биологического времени. // Метеорологія, кліматологія та гідрологія, Міжвід. наук. зб України, -2005, Вип. 49, С. 328-339.
3. Смирнов В.И. Курс высшей математики. – Москва, Гос. из-во тех.-теоретич. литературы. -1957, Т. 1, -478 С.
4. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. –Ленинград, Гидрометеоздат, -1983, -175 С.
5. Сиротенко О.Д. Математическое моделирование водно-теплового режима и продуктивности агроэкосистем. –Ленинград, Гидрометеоздат, -1981, -167 С.
6. Бабушкин Л.Н. Оценка влияния погоды на скорость развития хлопчатника и других сельскохозяйственных культур и методы прогнозов наступления основных фаз развития их в условиях Узбекистана. Методические указания ЦИПа, -1951, Вып.16, -47 С.

Період посів-сходи рослин і біологічний час. Наумов М.М.

Розглядається проблема опису, розрахунку і прогнозування тривалості періоду посів-сходи сільськогосподарських культур. Рішення цих питань спирається на підхід, що є проблемою біологічного часу рослин. Було отримано розрахункове ітераційне рівняння обліку комплексу агрометеорологічних чинників, що впливають на тривалість періоду посів-сходи, на основі розкладання в ряд Тейлора. При цьому, були враховані основні процеси онтогенезу: фотосинтез і дихання рослин.

Ключові слова: біологічний час, фотосинтез, дихання, логістична крива, зростання, розвиток, продукційний процес.

Period sowing-shoots of plants and biological time. Naumov M.M.

The problem of description, evaluation and prognostication of duration for sowing-shoots period of agricultural cultures is examined. The solution to the problem is founded on an approach being a problem of biological time of plants. Iterative computation equation for consideration of a complex of agrometeorological factors affecting the duration of sowing-shoots period is derived on the basis of expansion in Taylor's series. Thus, the basic processes of ontogenesis, photosynthesis and plant respiration, are taken account of.

Keywords: biological time, photosynthesis, respiration, logistic curve, growth, development, productional process.