

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ОДЕССКОЙ ОБЛАСТИ

Представлены результаты численных экспериментов моделирования процесса формирования агроэкологического уровня потенциальной урожайности озимой пшеницы в Одесской области.

Ключевые слова: *озимая пшеница, модель, урожайность, зерно, вегетация, фотосинтез, прирост, посев.*

Введение. Озимая пшеница принадлежит к числу наиболее ценных и высокоурожайных зерновых культур. Зерно богато клейковинными белками и другими ценными веществами, поэтому оно широко используется для продовольственных целей, в особенности в хлебопечении и кондитерской промышленности, а также для производства крупы, макарон, вермишели и других продуктов. Пшеничные отруби – высококонцентрированный корм для всех видов сельскохозяйственных животных. Солома и мякина имеют большую кормовую ценность. Солому в измельченном и запаренном виде или обработанную химическими веществами охотно поедают крупный рогатый скот и овцы. В 100 кг соломы содержится 0,5-1,0 кг переваримого протеина, 20-22 кормовых единицы. Солома используется как строительный материал, для изготовления бумаги, подстилки животным и т.д. [2].

Одним из основных условий высокой культуры земледелия есть наиболее полное использование агроэкологических ресурсов. В этом аспекте, изучения агроэкологической обеспеченности формирования урожая сельскохозяйственных культур с учетом особенностей конкретных территорий имеет важное научное и практическое значение. При учете влияния грунтово-климатических условий на эффективность сельскохозяйственного производства главным является определение агроэкологических ресурсов территории, реализованное путем их количественной оценки и агроэкологического районирования. Теоретической основой решения этой проблемы является математическое моделирование производительности агроэкосистем, которая составляет фундамент современной агрометеорологии и агроэкологии. Оно широко используется для количественного описания продуктивного процесса растений, разработки методов расчетов агрометеорологии и прогнозов, оценки разнообразных агроэкологических категорий урожайности [1].

Цель этой работы – изучение, процесса формирования агроэкологического уровня потенциальной урожайности озимой пшеницы с учетом особенностей территории Одесской области.

К **задачам** данной работы следует отнести проведение численного эксперимента по оценке процесса формирования агроэкологического уровня потенциальной урожайности озимой пшеницы в Одесской области.

Материалы и методы исследования. Модель формирования агроэкологического уровня потенциальной урожайности сельскохозяйственной культуры основана на концепции максимальной производительности растений Х.Г. Тооминга и результатах математического моделирования формирования урожая растений А.М. Полевого [3].

Под агроэкологическим уровнем потенциальной урожайности понимается величина урожая, обусловленная приходом энергии фотосинтетическо-активной

радиации (ФАР) при оптимальном влажно, – температурном режиме, биологическими особенностями сельскохозяйственной культуры и плодородием почвы, на котором она выращивается.

Модель формирования агроэкологического уровня потенциальной урожайности сельскохозяйственной культуры имеет блочную структуру и содержит пять блоков:

- блок входной информации;
- блок показателей солнечной радиации;
- блок функций влияния фазы развития на продукционный процесс растений;
- блок плодородия почвы;
- блок агроэкологического уровня потенциальной урожайности.

Рассмотрим более обстоятельно эти блоки.

Блок входной информации. Этот блок состоит из данных стандартных метеорологических и агрометеорологии наблюдений и содержит в себе все необходимые для выполнения расчетов характеристики. Они разделяются на две группы:

Первая группа – средняя декадная температура воздуха, среднее за декаду количество часов солнечного сияния, сумма осадков за декаду, количество дней в расчетной декаде [4,5].

Вторая группа – информация о балле почвенного бонитета и содержании гумуса в почве.

Блок показателей солнечной радиации. Для расчета интенсивности суммарной солнечной радиации используется формула С.И. Сивкова

$$Q_o^j = 12,66 \cdot (SS^j)^{1,31} + 315 \cdot (A^j + B^j)^{2,1}, \quad (1)$$

где Q_o – суммарная солнечная радиация, которая приходит на горизонтальную поверхность, кал/(см² д);

SS – среднее за декаду количество часов солнечного сияния;

j – номер расчетной декады;

A и B – промежуточные характеристики, которые определяются в зависимости от широты местности и склонения Солнца.

Блок функций влияния фазы развития на продуктивный процесс растений. В основе продуктивного процесса растений лежит фотосинтез. Его интенсивность обуславливается фазой развития растений и условиями окружающей среды [3]. Для расчета онтогенетической кривой фотосинтеза используется формула

$$\alpha_\Phi^j = \exp \left[-a_\Phi \left(\frac{TS_2 - \Sigma t_1}{10} \right)^2 \right], \quad (2)$$

где величина α_Φ находится по выражению

$$\alpha_\Phi = \frac{-100 \cdot \ln \alpha_\Phi^o}{(\Sigma t_1)^2}, \quad (3)$$

где α_Φ – онтогенетическая кривая фотосинтеза, отн. ед.;

α_Φ^o – начальное значение онтогенетической кривой фотосинтеза, отн. ед.;

Σt_1 – сумма эффективных температур воздуха от всходов, при которой наблюдается максимальная интенсивность фотосинтеза растений, °С;

TS_2 – сумма эффективных температур, °С.

Блок плодородия почвы. Плодородие почвы характеризуется содержанием в ней гумуса.

$$F_{G_{um}} = \frac{G_{um}}{G_{um_{opt}}}, \quad (4)$$

где $F_{G_{um}}$ – отношение содержания гумуса в почве к величине оптимальной для выращивания сельскохозяйственной культуры, отн. ед.

G_{um} – содержание гумуса в почве, %;

$G_{um_{opt}}$ – содержание гумуса в почве, которое обеспечивает высокий уровень урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от типа почв, %.

Функция влияния содержания гумуса в почве определяется, по формуле О.С.Образцова, для расчета обеспеченности растений элементами минерального питания

$$FW_{G_{um}} = (F_{G_{um}})^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_{G_{um}})], \quad (5)$$

где $FW_{G_{um}}$ – функция влияния содержания гумуса в почве на формирование урожая, отн. ед.

Блок агроэкологической категории урожайности – потенциальной урожайности. Увеличение потенциальной урожайности общей биомассы за декаду определяется в зависимости от интенсивности фотосинтетической активной радиации (ФАР) и биологических особенностей культуры с учетом изменения способности растений к фотосинтезу на протяжении вегетации, а также плодородия почвы [3]

$$\frac{\Delta ПУ^j}{\Delta t} = \alpha_{\Phi}^j \frac{\eta \cdot Q_{\text{фар}}^j \cdot d v^j}{q} B_{\text{пл}} FW_{G_{um}} 10, \quad (6)$$

где $\frac{\Delta ПУ}{\Delta t}$ – прирост потенциальной урожайности общей биомассы за декаду, г/(м²дек.);

α_{Φ} – онтогенетическая кривая фотосинтеза, отн. ед.;

η – коэффициент полезного действия (КПД) посевов, отн. ед.;

$Q_{\text{фар}}$ – средняя декадная сумма ФАР за сутки, кал/(см² д);

$B_{\text{пл}}$ – балл почвенного бонитета (балл плодородия почвы), отн. ед.;

q – калорийность сельскохозяйственной культуры, ккал/г;

10 – размерный коэффициент.

Уровень потенциального урожая хозяйственной - полезной части урожая (зерна, корнеплодов, клубнеплодов) при его стандартной влажности определяется по выражению

$$ПУ_{\text{хоз}} = ПУ \cdot K_{\text{хоз}}^{ПУ} \cdot 0,1 V_{\text{хоз}}, \quad (7)$$

где $ПУ_{\text{хоз}}$ – потенциальный урожай хозяйственно-полезной части урожая при его стандартной влажности, ц/га;

$K_{\text{хоз}}^{ПУ}$ – часть хозяйственно-полезной части урожая в общей массе потенциального урожая, отн. ед.;

$V_{\text{хоз}}$ – стандартная влажность хозяйственно-полезной части урожая (зерна, корнеплодов, клубнеплодов), отн. ед.

Повышение уровня ПУ обеспечивается главным образом путем селекции новых сортов, которые будут иметь высший уровень урожайности за счет эффективного использования солнечной радиации.

Формулы (1) – (7) позволяют определить агроэкологическую категорию урожайности – потенциальную урожайность сельскохозяйственных культур, которая

формується під впливом ґрунтово-кліматических умов досліджуваної території.

Результати дослідження і їх аналіз. Після проведення численного експеримента по агроекологічеській моделі були отримані суммарні характеристики потенціального урожаю озимої пшениці на ст. Сарата Одеської області, результати проведенного численного експеримента представлені в таблиці 1. Балл ґрунтового плідороддя, становить 0,6 (отн.ед.); вміст гумуса в ґрунті 4,7%; ПУ сухої маси дорівнює 7800,7 г/м²; ПУ господарствено-корисної частини дорівнює 80,0 ц/га; середня температура за вегетаційний період дорівнює 19°C. Сума опадів за вегетаційний період дорівнює 278 мм; ГТК за вегетаційний період дорівнює 1; коефіцієнт господарствено-корисної частини урожаю в загальній масі потенціального урожаю дорівнює 0,333 (отн. ед.).

Таблиця 1 - Суммарні характеристики озимої пшениці на ст. Сарата Одеської області

Суммарні характеристики					
Балл ґрунтового плідороддя (отн.ед.)	Вміст гумуса в ґрунті, %	ПУ сухої маси, г/м ²	ГТК за вегетаційний період	К _{хоз} за вегетаційний період (отн. ед.)	ПУ господарствено-корисної частини, ц/га
0,6	4,7	7800,7	1	0,333	80,0

На рис. 1 показано хід онтогенетическої кривої фотосинтезу за період вегетації в посівах озимої пшениці. З рис. 1 видно, що онтогенетическа крива фотосинтезу змінювала свій хід в теченні всієї вегетації озимої пшениці. Ріст онтогенетическої кривої фотосинтезу спостерігається з першої по сьому декаду вегетації, де в сьомій декаді вона досягла свого максимуму, який становить 1 отн. ед. З сьомої по чотирнадцяту декаду вона знизилася, і мінімум її спостерігався в чотирнадцяту декаду зі значенням 0.22 отн.ед.

На рис. 2 представлена суммарна радіація за доби в посівах озимої пшениці. З рис. 2 видно, що суммарна радіація за доби зростала і досягла свого максимуму в третю декаду вегетації і становила 310 кал/см². Далі суммарна радіація набула нерівномірного характеру і на кінець вегетації досягла мінімуму, який становив 250 кал/см².

На рис. 3 представлена динаміка інтенсивності ФАР в посівах озимої пшениці. З рис. 3 видно, що інтенсивність ФАР зростала з першої по третю декаду вегетації, де спостерігається її максимум, який становить 0,185 кал/см²мін. Далі інтенсивність ФАР почала різко знизитися і її мінімум спостерігався в сьому і дев'яту декаду вегетації і становить 0,143 кал/см²мін.

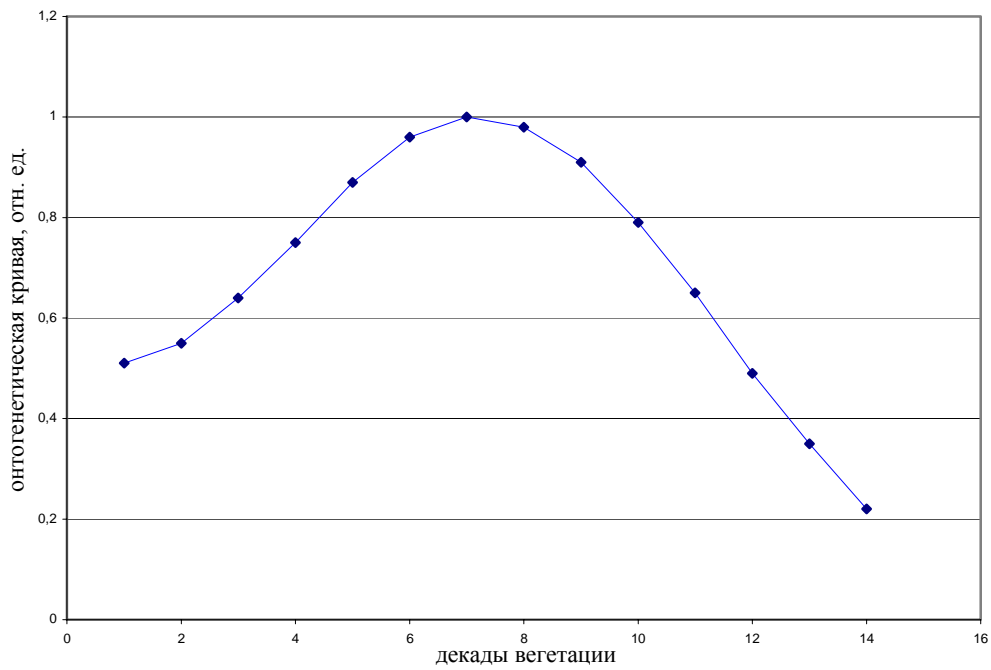


Рис. 1 - Онтогенетическая кривая фотосинтеза в посевах озимой пшеницы в Одесской области.

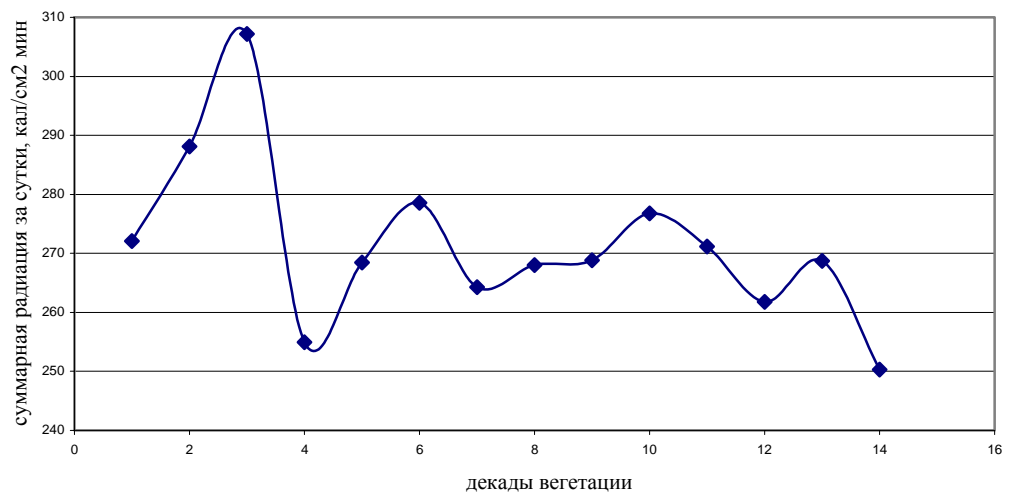


Рис. 2 - Суммарная радиация за сутки в посевах озимой пшеницы в Одесской области.

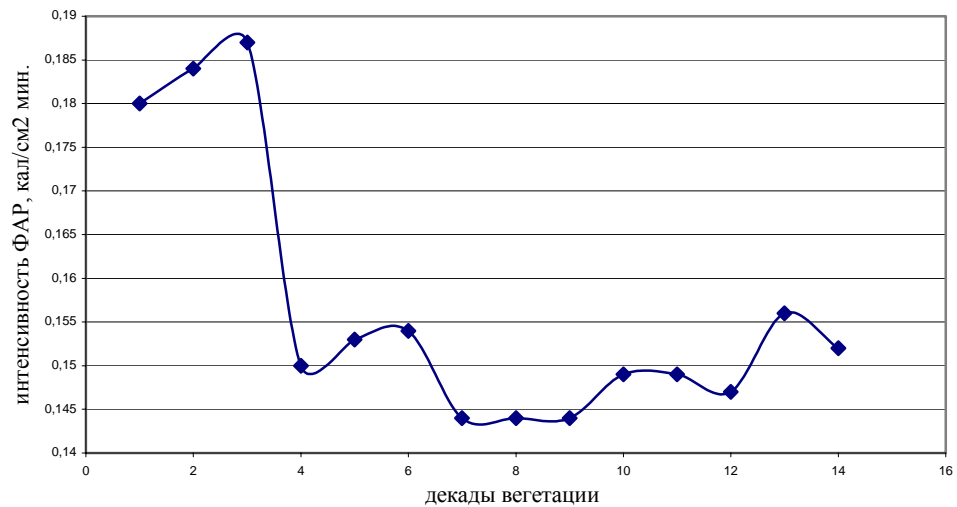


Рис. 3 - Інтенсивність ФАР в посівах озимої пшениці в Одеській області.

Висновки. В численних експериментах з моделлю виконана оцінка, процесу формування агроекологічного рівня, потенціальної урожайності посівів озимої пшениці в Одеській області.

Проведено, моделювання процесу формування, агроекологічного рівня потенціального урожаю посівів озимої пшениці в Одеській області. Оцінено вплив сумарної радіації за сутки і інтенсивності ФАР в посівах озимої пшениці, визначено приріст потенціального урожаю озимої пшениці в Одеській області. Отримано сумарні характеристики потенціального урожаю озимої пшениці на ст. Сарата Одеської області. Визначено балл ґрунтового родючості, вміст гумусу в ґрунті, потенціальний урожай сухої маси, потенціальний урожай господарствено-корисної частини урожаю.

Список літератури

1. *Агрокліматический справочник* по Дніпропетровській, Луганській, Одеській, Полтавській, Сумській, Херсонській і Чернігівській областям. – Л.: Гідрометеоиздат, 1958.
2. *Вавилов П.П.* Растениеводство. – М.: Агропромиздат, 1986.-512с.
3. *Полевой А.Н.* Сельскохозяйственная метеорология. – С.-П.: Гідрометеоиздат: 1992. – 424 с.
4. *Средние многолетние* и вероятностные характеристики запасов продуктивной влаги под озимыми и ранними яровыми зерновыми культурами. Справочник. Том 1. //Под ред. Л.С. Кельчевской. – Л.: Гідрометеоиздат, 1979. – 292 с.

5. *Средняя декадная и месячная температура воздуха. Средняя декадная и месячная сумма осадков (за период 1961–1990 года).* – Киев: ДОД УкрГМЦ.– 2000. – 31 с.

Моделювання процесу формування агроecологічного рівня потенційної врожайності озимої пшениці в Одеській області. Свидерська С.М.

Були представлені результати чисельних експериментів моделювання процесу формування агроecологічного рівня потенційної врожайності озимої пшениці в Одеській області.

Ключові слова: *озима пшениця, модель, врожайність, зерно, вегетація, фотосинтез, приріст, посів.*

Modeling of process of forming of agroecological level of potential productivity of winter wheat in Odessa region. Sviderskaya S.M.

The results of numeral experiments of modeling of process of forming of agroecological level of potential productivity of winter wheat in the Odessa region are presented.

Key words: *winter wheat, model, productivity, grain, vegetation, photosynthesis, increase, sowing.*