

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ АГРОЕКОЛОГІЧНОГО РІВНЯ ПОТЕНЦІЙНОГО ВРОЖАЮ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В СТЕПОВІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ

Наводиться аналіз розрахунку потенційного врожаю озимої пшениці в степовій зоні України в середньобагаторічних умовах вегетації з урахуванням агрохімічних особливостей основних типів ґрунтів зони. За проведеними розрахунками потенційний урожай озимої пшениці на ґрунтах півдня України може становити до 46 ц/га.

Ключові слова: потенційний урожай, озима пшениця, моделювання, типи ґрунтів

Вступ. Вивчення агроекологічної забезпеченості формування врожаю сільськогосподарських культур з урахуванням особливостей конкретних територій має важливе наукове і практичне значення. На сучасному етапі у зв'язку зі зміною типу ведення сільського господарства актуальним є раціональне використання ґрунтово-кліматичних ресурсів.

Метою розрахунків продуктивності культури за родючістю ґрунту є встановлення можливого врожаю сільськогосподарських культур, який можна одержати завдяки природній або ефективній родючості ґрунтів, тобто без внесення добрив. Теоретичною основою вирішення цієї проблеми є математичне моделювання продуктивності агроєкосистем, яке становить фундамент сучасної агрометеорології та агроєкології.

Матеріали та методи розрахунку. Модель формування агроєкологічного рівня потенційної врожайності сільськогосподарської культури основана на концепції максимальної продуктивності рослин Х.Г. Тоомінга та результатах математичного моделювання формування врожаю рослин А.М. Польового [2,4,5].

Під агроєкологічним рівнем потенційної врожайності розуміють величину врожаю, яка зумовлена приходом енергії фотосинтетичної активної радіації (ФАР) при оптимальному волого- та температурному режимі, біологічними особливостями сільськогосподарської культури і родючістю ґрунту, на якому вона вирощується.

Модель формування агроєкологічного рівня потенційної врожайності сільськогосподарських культур має блочну структуру і містить п'ять блоків:

- Блок вхідної інформації;
- Блок показників сонячної радіації;
- Блок функцій впливу фази розвитку на продукційний процес рослин;
- Блок родючості ґрунту;
- Блок агроєкологічного рівня потенційної врожайності.

Блок вхідної інформації Цей блок складається з даних стандартних метеорологічних і агрометеорологічних спостережень і містить в собі всі необхідні для виконання розрахунків характеристики. Вони поділяються на дві групи:

Перша група – середня декадна температура повітря, середня за декаду кількість годин сонячного саява, сума опадів за декаду, кількість днів в розрахунковій декаді.

Друга група - інформація про бали ґрунтового бонітету, вміст гумусу в ґрунті.

Блок показників сонячної радіації. Для розрахунку інтенсивності сумарної сонячної радіації використовується формула С.І. Сівкова.

Блок функцій впливу фази розвитку на продукційний процес рослин. В основі продукційного процесу рослин лежить фотосинтез. Його інтенсивність зумовлюється фазою розвитку рослин та умовами навколишнього середовища. Для розрахунку онтогенетичної кривої фотосинтезу використовується формула

$$\alpha_{\Phi}^j = \exp \left[-a_{\Phi} \left(\frac{TS_2 - \Sigma t_1}{10} \right)^2 \right], \quad (1)$$

де величина α_{Φ} визначається за виразом,

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

де α_{Φ} - онтогенетична крива фотосинтезу, відн. од.;

α_{Φ}^o - початкове значення онтогенетичної кривої фотосинтезу, відн. од.;

Σt_1 - сума ефективних температур повітря від сходів, при якій спостерігається максимальна інтенсивність фотосинтезу рослин, °С;

TS_2 - сума ефективних температур, °С.

Блок родючості ґрунту. Родючість ґрунту характеризується вмістом в ньому гумусу

$$F_{Gum} = \frac{G_{um}}{G_{umopt}}, \quad (3)$$

де F_{Gum} - відношення вмісту гумусу в ґрунті до величини оптимального для вирощування сільськогосподарської культури вмісту гумусу в ґрунті, відн. од.

G_{um} - вміст гумусу в ґрунті, %;

G_{umopt} - вміст гумусу в ґрунті, який забезпечує високий рівень урожайності сільськогосподарських культур залежно від типу ґрунтів, %.

Функція впливу вмісту гумусу в ґрунті визначається за формулою О.С.Образцова для розрахунку забезпеченості рослин елементами мінерального живлення

$$FW_{Gum} = (F_{Gum})^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_{Gum})], \quad (4)$$

де FW_{Gum} - функція впливу вмісту гумусу в ґрунті на формування врожаю, відн. од.

Блок агроекологічної категорії врожайності - потенційної врожайності. Збільшення потенційної врожайності загальної біомаси за декаду визначається залежно від інтенсивності фотосинтетичної активної радіації (ФАР) і біологічних особливостей культури з урахуванням зміни здатності рослин до фотосинтезу протягом вегетації, а також родючості ґрунту

$$\frac{\Delta ПУ^j}{\Delta t} = \alpha_{\Phi}^j \frac{\eta \cdot Q_{\text{фар}}^j \cdot dv^j}{q} \text{Внл} FW_{Gum} 10, \quad (5)$$

де $\frac{\Delta ПУ}{\Delta t}$ - приріст потенційного врожаю загальної біомаси за декаду, г/(м²дек.);

α_{Φ} - онтогенетична крива фотосинтезу, відн. од.;

η - коефіцієнт корисної дії (ККД) посівів, відн. од.;

$Q_{фap}$ – середня декадна за добу сума ФАР, кал / (см²д);

$V_{пл}$ - бал ґрунтового бонітету (бал родючості ґрунту), відн. од.;

q - калорійність сільськогосподарської культури, ккал / г;

l_0 - розмірний коефіцієнт.

Рівень потенційного врожаю господарської - корисної частини врожаю (зерна, коренеплодів, бульбоплодів) при його стандартній вологості визначається за виразом

$$ПУ_{хоз} = ПУ \cdot K_{хоз}^{ПУ} \cdot 0,1 V_{хоз}, \quad (6)$$

де $ПУ_{хоз}$. - потенційний урожай господарсько-корисної частини врожаю при його стандартній вологості, ц / га;

$K_{хоз}^{ПУ}$ - частка господарсько-корисної частини врожаю в загальній масі потенційного врожаю, відн. од.;

$V_{хоз}$. - стандартна вологість господарсько-корисної частини врожаю (зерна, коренеплодів, бульбоплодів), відн. од.

Підвищення рівня $ПУ$ забезпечується головним чином шляхом селекції нових сортів, які матимуть найбільший рівень врожайності за рахунок ефективного використання сонячної радіації.

Формули (1) - (6) дозволяють визначити агроекологічну категорію врожайності - потенційну врожайність сільськогосподарських культур, яка формується під впливом ґрунтово-кліматичних умов досліджуваної території.

Аналіз результатів розрахунків.

Зональними ґрунтами південного Степу України є чорноземи звичайні, південні та каштанові ґрунти.

Ці ґрунти відрізняються різною потенційною родючістю. Така відмінність забезпечується, насамперед, завдяки природним властивостям ґрунтів: вмістом гумусу, гранулометричним складом, потужністю гумусового горизонту.

Найбільш родючими серед описуваних підтипів є чорноземи звичайні. Потужність їх гумусового шару їх становить від 50 см до 100 см, при цьому вміст гумусу досягає 6-9%. Кількість гумінових кислот на звичайних чорноземах перевищує вміст фульвокислот. Також вміст іонів Ca^{2+} значно перевищує вміст іонів Mg^{2+} , що позитивно позначається на структурі ґрунту.

Чорноземи південні мають менший за потужністю гумусовий горизонт (від 25-30 см до 60-70 см), при більш нижчому вмісті гумусу - 4-5%. Вміст гумінових і фульвокислот рівний, реакція ґрунтового розчину у верхніх горизонтах ґрунту нейтральна, рН = 7,0-7,3, а нижні горизонти з глибини 60-70см часто мають слаболужну реакцію з рН = 7,5 -8,0. Бал ґрунтової родючості на цих підтипах чорноземів становить 0,6.

Темно-каштанові ґрунти відрізняються значно меншою родючістю порівняно з чорноземами. Це виявляється і в потужності гумусового горизонту (до 40 см) і у вмісті гумусу – 1,5% - 3,5%. Крім цього, каштанові ґрунти характеризуються слаболужною реакцією вже починаючи з поверхні ґрунту. Відповідно нижчий і бал ґрунтової родючості цих ґрунтів – 0,5.

Для розрахунків потенційного врожаю на чорноземах звичайних нами використовувалися середні багаторічні показники росту і розвитку озимої пшениці в зоні розташування цих ґрунтів. В середньому багаторічному відновлення вегетації культури відбувається в третій декаді березня - 27. Повна стиглість відзначається 10 липня. Таким чином, тривалість періоду вегетації становить 113 днів. Середня температура повітря за період вегетації становить 15,3 °С, сума ефективних температур - 1161 °С, сума опадів - 221мм. ГТК складає 1.3.

За нашими розрахунками найбільші прирости потенційного врожаю на чорноземах звичайних, згідно з проведеними розрахунками, припадають на шосту-восьму декади. Вони становлять 158, 194 і 171 г/м² відповідно.

Потенційний урожай сухої маси рослин озимої пшениці на станції Первомайськ склав 1260 г/м², а господарсько-корисної частини – 47,8 ц/га.

Каштанові ґрунти поширені в південній підзоні сухих степів під полинно-типчаквою рослинністю на лесовидних суглинках. Каштанові ґрунти глинистого і суглинного механічного складу у верхньому горизонті містять 2,5-4,0% гумусу, а легкосуглинного і супіщаного - 1,5-2,5%. У складі гумусу міститься приблизно рівна кількість фульвокислот і гумінових кислот, нерідко фульвокислоти переважають над гуміновими кислотами. Каштанові ґрунти використовуються під пасовища, сіножаті і рілля. З сільськогосподарських культур вирощуються, насамперед, пшениця, кукурудза, просо, соняшник та ін. Ґрунти потребують заходів з накопичення і збереження вологи, а також внесення органічних і мінеральних добрив.

В середньому багаторічному тривалість періоду вегетації озимої пшениці становить 103 дні при середній температурі повітря за весняно-літній період вегетації 15,4 °С. Сума опадів, яка випадає за вегетаційний період озимої пшениці, становить 194 мм, а розрахований ГТК – 1,2.

На темно-каштанових ґрунтах максимальні прирости потенційного врожаю також припадають на шосту-восьму декади, що відповідає фазі максимального розвитку листової поверхні рослин - утворення нижнього вузла соломини-колосіння. Але максимальний приріст врожаю на темно-каштанових ґрунтах менший, ніж на чорноземах звичайних - 161 г/м² проти 194 г/м². В цілому, потенційний урожай сухої маси озимої пшениці склав 1050 г/м². А потенційний урожай господарсько-корисної частини врожаю - 40 ц/га.

Чорноземи південні формувалися під типчаквою-ковиловою рослинністю в південній частині степової зони, яка характеризується дефіцитом вологи. Ґрунти мають високу природну родючість, широко використовуються в сільському господарстві.

Середня багаторічна дата відновлення вегетації озимої пшениці в зоні розташування чорноземів південних припадає на 22 березня, дата повної стиглості - на 7 липня. Тривалість періоду вегетації становить 108 днів.

В середньому багаторічному середня температура повітря за період весняно-літньої вегетації становить 14,3 °С, при цьому накопичується 1013 °С сум ефективних температур, сума опадів, що накопичилася за період вегетації складає, 159 мм, ГТК – 1,0.

Згідно з виконаними розрахунками в першу половину вегетації спостерігається інтенсивний приріст сухої маси посівів, що пояснюється швидким наростанням вегетативної маси рослин озимої пшениці, особливо листової поверхні, потім накопичення знижується. Максимальні прирости сухої маси спостерігаються в шостій - сьомій декаді, що відповідає фазам утворення нижнього вузла соломини і колосіння, потім разом зі зниженням інтенсивності фотосинтезу знижуються і прирости сухої маси. Вони становлять 154 - 186 г/м² в декаду.

В цілому за період вегетації до моменту повної стиглості накопичується 1147 г/м² сухої речовини, що відповідає 43,6 ц/га господарсько-корисної частини врожаю (зерна).

За допомогою агроекологічної моделі формування потенційного врожаю озимої пшениці були розраховані прирости потенційного врожаю по декадах вегетації, потенційний урожай сухої маси за вегетаційний період і урожай господарсько-корисної частини рослин озимої пшениці.

У табл. 1 наведена порівняльна характеристика потенційного врожаю озимої пшениці, одержаного на різних ґрунтах.

Таблиця 1 - Порівняльна характеристика потенційного урожаю, одержаного на різних типах ґрунтів

Тип ґрунту	$\Delta \text{ПУ}_{\text{max}}$ г/м ²	ПУ _{сухої маси} , г/м ²	ПУ _{госп.} ц/га
Чорнозем звичайний середньосуглинистий	193	1260	46,2
Чорнозем південний важкосуглинистий	186	1147	43,5
Темно-каштанові важко суглинисті ґрунти	160	975	37,0

Порівнюючи одержані результати, можна бачити, що найбільші прирости потенційного врожаю можна отримати на чорноземах звичайних - до 193 г/м² за декаду. На цих же ґрунтах можна очікувати і найбільші потенційні урожаї озимої пшениці- до 46 ц/га.

На чорноземах південних при середніх багаторічних умовах вегетації культури можна очікувати декадні прирости потенційного врожаю до 187 г/м², а потенційний урожай до 43,6 ц/га.

Найменшу потенційну родючість мають темно-каштанові ґрунти. На них можна очікувати одержання 160 г/м² приростів сухої маси потенційного врожаю і 37 ц/га зерна. Це на 11 ц/га менше, ніж на чорноземах звичайних.

В середньому багаторічному в зоні південного Степу України середній урожай озимої пшениці становить близько 28 ц/га, тому для підвищення врожайності необхідно більш повно використовувати ґрунтові умови території.

Список літератури

1. *Агрокліматичний довідник по Миколаївській області* (1986 – 2005рр.). – Одеса: Астропринт, 201. – 192 с.
2. *Полевой А.Н.* Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. - 175 с.
3. *Польовий А.М.* Сільськогосподарська метеорологія. – Одеса: «ТЕС», 2012. – 630 с.
4. *Польовий А.М.* Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем. – Одеса: Екологія, 2013. – 430 с.
5. *Тооминг Х.Г.* Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 264с.
6. *Уланова Е.С.* Методы оценки агрометеорологических условий и прогноз урожайности зерновых культур. Л.: Гидрометеиздат, 1988. -

Моделювання процесу формування агроєкологічного рівня потенціального урожаю озимої пшениці на юге України Дронова Е.А, Костюкевич Т.К., Васильев С.А., Дяговец В.І.

Приводиться анализ расчета потенциального урожая озимой пшеницы на юге Украины в среднемноголетних условиях вегетации с учетом агрохимических особенностей основных типов почв зоны. Согласно проведенным расчетам потенциальный урожай озимой пшеницы на почвах юга Украины может составлять до 46 ц/га.

Ключевые слова: потенциальный урожай, озимая пшеница, моделирование, типы почв.

Simulation of the formation of agro-ecological level of potential yield of winter wheat in the steppe zone of Ukraine Dronova E., Kostiykevych T., Vasilyev S., Dyahovets V.

An analysis calculating the potential yield of winter wheat in the south of Ukraine in terms of mean growing season based agrochemical characteristics of the main types of soil zone. According to our calculations, the potential yield of winter wheat on soils of the south of Ukraine may take up to 46 kg/ha.

Keywords: a potential crop, winter wheat, modeling, soil types.