

УДК: 633.63:581.553.001.26 (477.41)

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ЗАЛЕЖНО ВІД КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ

КАРПУК Л.М.,
кандидат сільськогосподарських наук, доцент
(Білоцерківський національний аграрний університет);
ПРИСЯЖНЮК О.І.,
кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник
(Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків)

Вступ. Останнім часом створенню математичних моделей присвячені роботи багатьох зарубіжних та закордонних вчених, однак, варто відзначити, що багато створених моделей мають опосередковану прив'язку до умов навколишнього середовища і, в переважній більшості випадків, просто моделюють деякі залежності між продуктивністю та кількістю внесених міне-

ральних добрив, або ж різними структурними елементами рослини, тощо. Такі підходи до створення математичних моделей росту та розвитку рослин, на нашу думку, є хибними і потребують подальшого вдосконалення. А зокрема: потрібно більше уваги приділяти вивченню впливу кліматичних умов, таких як сума активних температур, кількість опадів, ГТК на ріст та розвиток рослин, використовувати комплексні математичні моделі, та проводити перевірку точності отриманих результатів [1–4].

Отримані математичні моделі можуть бути використані не тільки для імітаційного моделювання й прогнозування процесів росту та розвитку рослин цукрових буряків, а й для напруження баз даних управління продукційним процесом вирощування цукрових буряків.

Методика досліджень. Експериментальні дослідження проводились на дослідному полі Білоцерківського національного аграрного університету (Білоцерківський НАУ) впродовж 2009–2013 рр. Технологія вирощування цукрових буряків на дослідних ділянках була загальноприйнятною для Лісостепу України, за виключенням елементів, що вивчалися.

Для визначення параметрів множинних регресійних рівнянь використовували дані дослідів з визначення оптимальної площі живлення триплоїдного гібрида буряків цукрових Уманський ЧС 97 залежно від інтервалу між дражованим насінням у рядку. Завданням даного дослідів є визначення максимально-можливої густоти

рослин, що забезпечить значне підвищення врожайності коренеплодів з високою цукристістю в умовах нестійкого зволоження.

Схема дослідів передбачала сівбу рослин з наступними інтервалами розміщення насінин у рядку: 24,7–27,8, 22,2–24,4, 20,2–22,0, 18,5–20,0, 16,5–18,4 та 15,3–16,3 см.

Площа посівної ділянки – 64,8 м², облікової – 54,0 м², повторність – чотириразова. Розміщення варіантів у повторенні – рендомізоване, повторення – в один ярус.

Аналіз отриманих експериментальних даних та встановлення параметрів регресійних рівнянь проводили згідно стандартних методик з використанням програми Statistica.

Для проведення моделювання росту цукрових буряків ми використовували множинні регресійні рівняння, що передбачають створення стандартної лінійної моделі виду:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + \dots + a_nX_n,$$

де: $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ – параметри рівняння множинної регресії;

$X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ – факторні ознаки.

Уточнене регресійне рівняння можна описати наступною формулою:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2.$$

Результати досліджень. На основі проведеного аналізу результатів польових дослідів нами було визначено основні параметри рівняння впливу комплексу агротехнічних факторів на масу коренеплодів цукрових буряків (табл. 1, 3,) та на масу листків цукрових буряків (табл. 5).

Таблиця 1

Параметри рівняння множинної регресії маси коренеплодів цукрових буряків від комплексу агроекологічних факторів (01.07), г

Показник	Значення
Коефіцієнт множинної кореляції (Multiple R)	0,81
Коефіцієнт детермінації (Multiple R ²)	0,65
Скоректований коефіцієнт детермінації (Adjusted R ²)	0,64
F-критерій (2,93)	86,18
Ймовірність нульової гіпотези для F-критерію	0,00
Стандартна помилка оцінки (рівняння)	9,28

Результати регресійного аналізу впливу комплексу агроекологічних факторів на масу коренеплодів цукрових буряків (станом на 01.07)

Показник	Коефіцієнт рівняння	Стандартна помилка b-коефіцієнту	Коефіцієнт рівняння регресії	Стандартна помилка коефіцієнту рівняння регресії	t-критерій	Ймовірність нульової гіпотези
Вільний член рівняння			-211,62	19,62	-10,78	0,00
Опади (01.07), мм	0,19	0,06	0,11	0,04	3,11	0,00
Сума температур (01.07), C	0,73	0,06	3,79	0,32	11,55	0,00

Таблиця 2

Таблиця 3

Параметри рівняння множинної регресії маси коренеплодів цукрових буряків від комплексу агроекологічних факторів (01.08), г

Показник	Значення
Коефіцієнт множинної кореляції (Multiple R)	0,91
Коефіцієнт детермінації (Multiple R ²)	0,83
Скоректований коефіцієнт детермінації (Adjusted R ²)	0,83
F-критерій (2,93)	231,40
Ймовірність нульової гіпотези для F-критерію	0,00
Стандартна помилка оцінки (рівняння)	34,84

На основі проведених досліджень і вивчення впливу опадів та суми активних температур повітря на масу коренеплодів цукрових буряків встановлено, що коефіцієнт множинної регресії доволі високий (0,81), а також високий і коефіцієнт детермінації (0,65), який показує, наскільки точно експериментальні дані описуються реальним рівнянням.

Результати регресійного аналізу впливу комплексу агроекологічних факторів на масу коренеплодів цукрових буряків представлено в таблицях 2, 4, а на масу листків цукрових буряків – в таблиці 6.

Отримане наступне рівняння регресії визначає залежність маси коренеплодів цукрових буряків (МК) від кількості опадів за попередній місяць (О) та суми активних температур (Т):

МК = - 211,62 + 0,11О + 3,79Т. Всі коефіцієнти рівняння значимі на 5% рівні (p-level < 0,05). Це рівняння пояснює 65% (R² = 0,65) варіації залежної змінної.

Наступним кроком нашої роботи було встановлення залежностей і вивчення впливу опадів та суми активних температур повітря на масу коренеплодів цукрових буряків (станом на 01.08). Так, за результатами аналізу, встановлено, що коефіцієнт множинної регресії високий (0,91), а також високий і коефіцієнт детермінації (0,83), який показує точність опису експериментальних даних рівнянням.

На основі проведеного аналізу нами отримане наступне рівняння регресії, яке визначає залежність маси коренеплодів цукрових буряків (МК) від кількості опадів за попередній місяць (О) та суми активних температур (Т): МК = 776,93 + 2,88О – 12,20Т. Всі коефіцієнти рівняння значимі на 5% рівні (p-level < 0,05). Це рівняння пояснює 83% (R² = 0,83) варіації залежної змінної.

Параметри рівняння множинної регресії з вивчення впливу опадів та суми активних температур повітря на масу листків цукрових буряків наведено в таблиці 5. Нами отримано доволі високий коефіцієнт множинної регресії (0,88), а також високий і коефіцієнт детермінації (0,77), який показує, наскільки точно експериментальні дані описуються реальним рівнянням.

Отже, згідно визначених пара-

Таблиця 5

Параметри рівняння множинної регресії маси листків цукрових буряків від комплексу агроекологічних факторів (01.08), г

Показник	Значення
Коефіцієнт множинної кореляції (Multiple R)	0,88
Коефіцієнт детермінації (Multiple R ²)	0,77
Скоректований коефіцієнт детермінації (Adjusted R ²)	0,77
F-критерій (2,93)	158,63
Ймовірність нульової гіпотези для F-критерію	0,00
Стандартна помилка оцінки (рівняння)	32,26

метрів рівняння регресії, яке визначає залежність маси листків цукрових буряків (МЛ) від кількості опадів за попередній місяць (О) та суми активних температур (Т), набуває вигляду: МЛ = 356,65 + 1,97О – 4,76Т. Всі коефіцієнти рівняння значимі на 5% рівні (p-level < 0,05). Це рівняння пояснює 77% (R² = 0,77) варіації залежної змінної.

Для перевірки адекватності регресійної моделі часто використовується візуальний спосіб оцінки, що полягає в аналізі графічного зображення залишків, розподілених на нормальному ймовірнісному папері, або ж перевірка нормальності їх розподілу. Так, на рисунках 1–2 подано графіки нормальності розподілу залишків рівняння регресії.

Результати регресійного аналізу впливу комплексу агроекологічних факторів на масу коренеплодів цукрових буряків (станом на 01.08)

Таблиця 4

Показник	Коефіцієнт рівняння	Стандартна помилка b-коефіцієнту	Коефіцієнт рівняння регресії	Стандартна помилка коефіцієнту рівняння регресії	t-критерій	Ймовірність нульової гіпотези
Вільний член рівняння			776,93	84,76	9,17	0,00
Опади (01.08), мм	1,22	0,06	2,88	0,14	20,02	0,00
Сума температур (01.08), С	-0,54	0,06	-12,20	1,37	-8,90	0,00

Результати регресійного аналізу впливу комплексу агроекологічних факторів на масу листків цукрових буряків (станом на 01.08)

Таблиця 6

Показник	Коефіцієнт рівняння	Стандартна помилка b-коефіцієнту	Коефіцієнт рівняння регресії	Стандартна помилка коефіцієнту рівняння регресії	t-критерій	Ймовірність нульової гіпотези
Вільний член рівняння			356,65	78,50	4,54	0,00
Опади (01.08), мм	1,05	0,07	1,97	0,13	14,81	0,00
Сума температур (01.08), С	-0,27	0,07	-4,76	1,27	-3,75	0,00

ресії впливу досліджуваних факторів на масу листків та коренеплодів перед збиранням.

Уважний аналіз залишків дозволяє оцінити адекватність отриманих нами моделей. Залишки нормально розподілені, із середнім значенням рівним або близьким до нуля й постійною (незалежно від величин залежної й незалежної змінних) дисперсією.

Зважаючи на представлені результати можна стверджувати, що отримані нами моделі адекватні на всіх відрізках інтервалу зміни залежної змінної.

Висновки. На основі проведених досліджень з впливу погодних умов на ріст та розвиток рослин і продуктивність цукрових буряків з викорис-

танням методів регресійного та кореляційного аналізів розроблено математичні моделі росту і розвитку культури нами отримано доволі високі коефіцієнти множинної регресії (0,81–0,91), а також коефіцієнти детермінації (0,65–0,83), що свідчить не тільки про наявність зв'язку між досліджуваними ознаками, а й про те, наскільки точно експериментальні дані описуються реальним рівнянням. Отримані нами моделі досить добре описують залежність маси коренеплодів та листків від суми активних температур та опадів і дозволяють з високим рівнем точності спрогнозувати параметри даних показників рослин буряків цукрових.

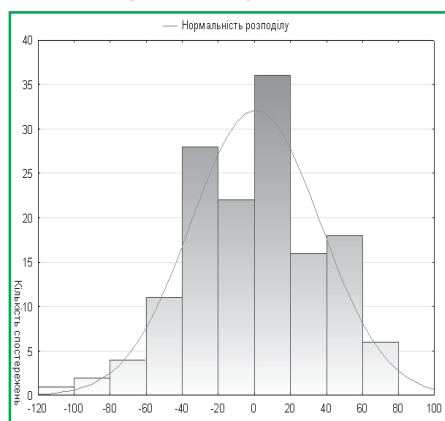


Рис. 1. Перевірка нормальності розподілу залишків рівняння регресії впливу досліджуваних факторів на масу листків перед збиранням

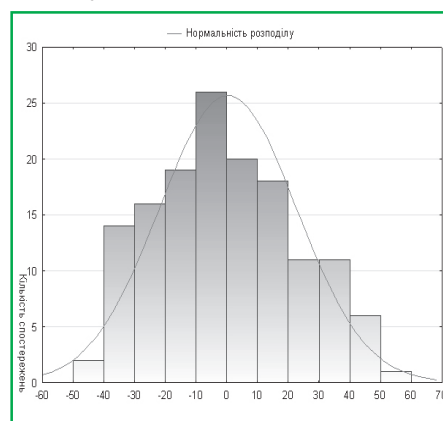


Рис. 2. Перевірка нормальності розподілу залишків рівняння регресії впливу досліджуваних факторів на масу коренеплодів перед збиранням

Бібліографія

1. Чабан Г.В. Моделирование как метод прогнозирования в сельском хозяйстве / Г.В. Чабан // Зб. наук. пр. Черкаського держ. техн. ун. – Сер.: Економічні науки. – 2003. – Вип.11. – С. 284–289.
2. Хомяков Д. М., Хомяков П. М. Основы системного анализа. М.: Изд-во мех.-мат. ф-та. МГУ, 1996. – 107 с.
3. Вергунова І. М. Математичні моделі поверхневого забруднення у ґрунтах: Навч. Посібник. – К.: ННЦ «ІАЕ», 2008. – 148 с.
4. Тюрин Ю. П., Макаров А. А. Анализ данных на компьютере. – М.: ИНФРА-М, Финансы и статистика, 1995. – 384 с.
5. Бродський Ю. Б. Економіко-математична модель оптимізації виробничої структури високотоварних сільськогосподарських підприємств / Ю. Б. Бродський, В. Є. Данкевич // Вісник Житомирського держ. техн. ун. № 1 (55). – 2011. – С. 180–183.

Анотація

У статті наведено математичні моделі росту та розвитку рослин цукрових буряків залежно від кліматичних факторів. За результатами досліджень отримано високі коефіцієнти множинної регресії (0,81–0,91), а також коефіцієнти детермінації (0,65–0,83), що свідчить не тільки про наявність зв'язку між досліджуваними ознаками, а й про те, наскільки точно експериментальні дані описуються реальним рівнянням.

Анотация

В статье приведены математические модели роста и развития растений сахарной свеклы в зависимости от климатических факторов. По результатам исследований получены высокие коэффициенты множественной регрессии (0,81-0,91), а также коэффициенты детерминации (0,65-0,83), что свидетельствует не только о наличии связи между исследуемыми признаками, но и о том, насколько точно экспериментальные данные описываются реальным уравнением.

Annotation

The article presents mathematical models of sugar beet plants growth and development depending on climatic factors. Based on research results received were high coefficients of multiple regression (0.81-0.91) and determination coefficients (0.65-0.83), indicating not only the relation between the studied traits, but also how accurately experimental data describe with the real equation.

ПОГОДА - 2015

У 2015-МУ РОЦІ НАС ЧЕКАЄ АНОМАЛЬНА СПЕКА

Не секрет: «сюрпризи» цьогорічної справді золотої осені нас порадували своїм теплом і затишком.

Схоже, очікується не стандартна погода й у наступному році.

Згідно з результатами досліджень експертами «NASA» (джерело: globnews.ru), наступний 2015-й рік буде ознаменований аномальною спекою, яка може перевищити всі допустимі температурні максимуми.

За їх версією, аномальну спеку слід очікувати вже до початку другого кварталу майбутнього періоду, в чому вони абсолютно не сумніваються, ґрунтуючись на дослідженнях, на які було витрачено роки.

Для того, щоб дійти таких висновків американським астронавтам «NASA» довелося провести складні розрахунки середньостатистичної температури в період, що почався у вересні 2014-го. На той момент середній температурний режим склав 15,7 градусів за шкалою Цельсія. Потім, через кілька місяців, астронавтами було зареєстровано падіння температури на один градусів. На думку наукових експертів, показник середньостатистичної температури за вересень місяць став рекордним за останні півтора століття. Виходячи з даного факту, вчені прогнозують вкрай несприятливу температуру для регіонів, яка в деяких країнах дасть потужну засуху.

Народний синоптик з Дніпропетровська Валерій Некрасов, який уже більше 20 років займається складанням прогнозів погоди, вирахував: зима в Україні почнеться з середини грудня, а з середини лютого піде на спад. І вже з середини березня до кінця квітня триватиме весна, після чого в Україну прийде справжнє літо, яке триватиме близько 5 місяців - травень, червень, липень, серпень і майже весь вересень.

Літо 2015 буде тривалим і мінливим: знову нас чекають справжні погодні гойдалки, кидати буде, то в жар, то в холод. Червень буде вологим (вище норми) і не жарким, кінець липня - початок серпня - гарячіше: стовпчик термометра підніметься до +35 градусів в тіні, а на сонці буде більше 40 градусів, опадів буде мало. Дається взнаки глобальне потепління і завершення сонцем 11-річного циклу своєї активності. Що стосується врожаю, то суттєвих змін не очікується.

Інф. журналу «Цукрові буряки».