

Сердюк Марина Єгорівна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри технології
переробки та зберігання продукції сільського господарства,
Таврійський державний агротехнологічний університет

Гапріндашвілі Нона Арчілівна

кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри технології
переробки та зберігання продукції сільського господарства,
Таврійський державний агротехнологічний університет

ПРОГНОЗУВАННЯ ВМІСТУ ЦУКРІВУ ПЛОДАХ ЯБЛУНІ ЗАЛЕЖНО ВІД АБІОТИЧНИХ ЧИННИКІВ

*ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ САХАРОВ В ПЛОДАХ ЯБЛОНИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ
АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ*

THE PREDICTION OF THE SUGAR CONTENTS IN APPLE FRUITS DEPENDING ON ABIOTIC FACTORS

Сердюк Марина Егоровна

*кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии
переработки и хранения продукции сельского хозяйства,
Таврический государственный агротехнологический университет
Гаприндашвили Нонна Арчиловна*

*кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры технологии
переработки и хранения продукции сельского хозяйства,
Таврический государственный агротехнологический университет
Serdyuk Marina*

PhD, associate professor

Tavria State Agrotechnological University

Gaprindashvili Nona

PhD, associate professor

Tavria State Agrotechnological University

Розглянуто вплив стресових абіотичних факторів на формування масової частки цукрів у плодах яблуні.

Встановлено, що основним погодним чинником, який має найбільш вагомий вплив на аналізований показник в умовах південно-степової підзони України є середньорічна сума активних температур. За допомогою методів варіаційної статистики була розроблена багаточинна модель яка дає можливість завчасно прогнозувати цукристість яблук залежно від стресових погодних чинників.

Ключові слова: яблука, температура, опади, вологість, загальний цукор, моноцукри, сахароза, зв'язок, кореляція

. Рассмотрено влияние стрессовых абиотических факторов на формирование массовой доли сахаров в плодах яблони. Установлено, что основным погодным фактором, который имеет наиболее существенное влияние на рассматриваемый показатель в условиях южной степной зоны Украины, является среднегодовая сумма активных температур. С помощью методов вариационной статистики была разработана многофакторная модель, которая дает возможность заблаговременно прогнозировать сахаристость яблок в зависимости от стрессовых погодных факторов.

Ключевые слова: яблоки, температура, осадки, влажность, общий сахар, моносахара, сахароза, связь, корреляция.

The study has been done to find the influence of abiotic stress factors on the changes of mass fraction of sugar in apple fruits. It was found that the main weather factor in a south-steppe subzone of Ukraine which has the most significant impact on this index is the average amount of active temperature. The multifactor model has been developed by using the methods of variation statistics which allows to predict in advance the sugar content of apples, depending on the selected weather factors.

Keywords: apples, temperature, precipitation, humidity, total sugar, monosaccharide's, sucrose, communications, correlation.

Постановка проблеми. Плодимають велике значення у харчуванні людини. Саме вони є основним джерелом надходження в організм біологічно активних і мінеральних речовин, ферментів, вуглеводів, органічних кислот. Хімічний склад плодів не є постійним. Він постійно змінюється в процесі їх росту, досягання залежить від ряду факторів: виду, сорту, ступеня стиглості, строків збирання, товарної обробки, умов і тривалості зберігання тощо. Проте слід

визнати, що на формування основних компонентів хімічного складу все більшою мірою зростає негативна роль абіотичних чинників. Тому виникає потреба у дослідженні механізмів формування основних компонентів хімічного складу плодів під впливом стресових абіотичних чинників, а також у прогнозуванні їх вмісту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Серед сухих речовин плодів найважливіше місце займають вуглеводи.

Вуглеводи –це первинні продукти фотосинтезу і основні похідні біосинтезу інших речовин в рослинах. Піддаючись окислювальним перетворенням, вуглеводизабезпечують всі живі клітини енергією. Вони входять до складу клітинних оболонок та інших структур, беруть участь у захисних реакціях організму і формують імунітет. Саме вуглеводи забезпечують високу харчову цінність та особливі смакові якості плодів [1].

У свою чергу, вуглеводи на 70 – 80 % формуються цукрами, які представлені, головним чином, моносахаридами – фруктозою та глюкозою і дисахаридом – сахарозою. Тому при оцінці хімічного складу плодів в першу чергу враховується вміст цукрів - найважливіших складових частин, які впливають на норму витрати сировини при виробленні різних видів консервної продукції[2].

Крім того, цукри вважаються універсальним акумулятором і донором енергії для всіх хімічних реакцій, що відбуваються в клітині при зберіганні плодів [3].

Вуглеводи складають істотну частину харчового раціону людини. Додаткова потреба у вуглеводах становить для чоловіків 303-586 г, для жінок - 257-462 г. З цієї кількості 50...100 г повинні складати моно- і дисахариди.

Встановлено, що цукристість плодів яблуні залежить від сортових особливостей, термінів дозрівання, місця вирощування, тощо [4]. Але основний вплив на рівень цього показника мають погодні чинники під час росту і дозрівання плодів. Серед погодних чинників стресовими найчастіше вважають суми активних та ефективних температур, мінімальні та максимальні температури, середню та мінімальну відносну вологість повітря, кількість опадів та гідротермічний коефіцієнт, як всього вегетаційного періоду, так і останнього місяця формування плодів [5].

Так, рядом авторів встановлено, що у роки з максимальною кількістю опадів у плодах менше накопичується сухих речовин, у тому числі цукрів, але більше кислот. У посушливі роки загальний запас поживних речовин в плодах низький, проте відзначено збільшення кількості цукрів за рахунок зменшення вільної вологи[6,7,8].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.

Загальновідомо, що для різних районів вирощування плодів ступінь прояву тих чи інших стресових кліматичних факторів також різна. Данні про ступінь впливу стресових погодних чинників на формування масової частки плодів яблуні в умовах Південної степової підзони України відсутні. Це і обумовило мету наших досліджень.

Формулювання цілей статті

Метою наших досліджень було наукове обґрунтування впливу погодних чинників на вміст цукрів у плодах яблуні в умовах Південної степової підзони України та створення математичної моделі їх прогнозування.

Для реалізації поставленої мети було необхідним вирішити наступні завдання: проаналізувати погодні умови вегетаційного періоду; визначити вміст цукрів у плодах яблуні; встановити взаємозв'язок між процесами формування масової частки цукрів та стресовими погодними чинниками, розробити математичні моделі прогнозування вмісту цукрів.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Дослідження проводилися у 2003-2012 роках в Мелітопольському районі, Запорізької області. З метою вивчення впливу погодних факторів на вміст цукрів у плодах яблуні використані щоденні метеорологічні дані за період з 2003 по 2012 рр., зібрані на Мелітопольській метеостанції.

Для дослідження були обрані плоди яблуні чотирьох сортів, які внесені до Державного реєстру сортів рослин придатних для поширення в Україні: Айдаред, ГолденДелішес, Ренет Симиренко, Флоріна. Плоди збирали з дерев, типових для сорту та одного віку. Агрофон на дослідних ділянках був однаковим і задовольняв вимогам агротехніки.

Розрахунок моделей врожайності яблуні в зв'язку з погодними факторами проводили за наступною схемою [9]:

1. Визначення якісних технічних показників плодів яблуні і створення комп'ютерної бази про розміри яблук в умовах Мелітопольського району. Масу плодів визначали зважуванням, розміри – вимірюванням штангенциркулем.

2. Створення комп'ютерної бази погодних умов у роки досліджень. При цьому відбиралися такі показники: мінімальна, середня і максимальна температури, сума опадів, кількість днів з опадами більше одного міліметра, середня та мінімальна відносна вологість повітря. На їх основі були розраховані гідрометричні коефіцієнти, перепади температури за певні періоди, суми активних і ефективних температур, інші показники.

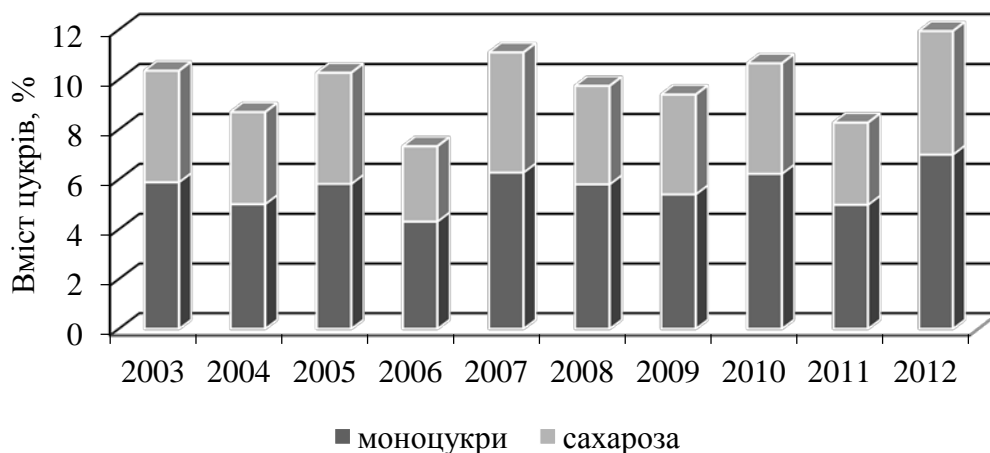
3. Визначення на основі парних кореляційних залежностей погодних чинників, які максимально впливають на розміри плодів яблуні. Для розрахунків відбирали дані за 14 років, щоб забезпечити 95 - відсотковий рівень достовірності отриманих результатів.

4. Розрахунок багатфакторної моделі залежності розмірів плодів яблуні в зв'язку з погодними умовами Мелітопольського району. При формуванні багатфакторної моделі використовували функцію лінійної залежності:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n.$$

При аналізі та обробці експериментальних даних і прогнозуванні кінцевого результату використовували методи варіаційної статистики: проводили математичну обробку, парний і множинний кореляційний і регресивний аналізи - за Б. А. Доспеховим [10], використовуючи комп'ютерні програми "MS office Excel 2007", пакет "Statistica 6" і персональний комп'ютер.

Результатами встановлено, що середній вміст загального цукру в плодах вивчених сортів яблуні, вирощених в умовах південно-степової підзони



України знаходився на рівні 9,8% та достатньо сильно змінювався за роками досліджень, про що свідчить коефіцієнт варіації $V = 17,3\%$ (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст цукрів в плодах яблуні знімальної стиглості (2003 – 2012 рр.)

Сорт	Загальний цукор, %	min		V, %
		max		
Айдаред	9,738±1,389	11,938	7,302	14,3
		8,027	12,829	
ГолденДелішес	11,009±1,483	6,421	10,889	13,5
		6,924	12,140	
Ренет Симиренка	8,634±1,324	6,421	10,889	15,3
		6,924	12,140	
Флоріна	9,757±1,841	6,421	12,140	18,9
		6,421	12,140	
Середнє значення	9,784±1,692	6,421	12,829	17,3
НІР₀₅	0,863			

Найвищий вміст цукрів з перевищенням середнього значення на 2,2% та найменша мінливість даного показника відзначені у 2012 році. Низькою масовою часткою цукрів (на 2,5% нижче за середній рівень) відзначалися плоди яблуні врожаю 2006 року, а високою мінливістю за сортами – врожаю 2003 та 2011 років.

Найбільш стійким за вмістом цукрів до впливу погодних умов року, виявився сорт ГолденДелішес, коефіцієнт варіації у якого найнижчий (13,5 %). Високою мінливістю даного показника відзначався сорт Флоріна, з коефіцієнтом варіації майже 19%.

Середній вміст моноцукрів знаходився на рівні 5,7% з коливанням за сортами та роками досліджень від 3,9 до 7,4%. Мінливість даного показника була середньою ($V=16,7\%$). Середній вміст сахарози в плодах аналізованих сортів яблуні становив 4,1% з коливанням від 2,5 до 5,5%. Слід зазначити, що даний показник відрізнявся високим рівнем мінливості з коефіцієнтом варіації 19%. Найбільшою мінливістю відзначалися плоди яблуні сорту Флоріна ($V=21\%$).

При проведенні відсоткового порівняння було встановлено, що відносний вміст сахарози від загальної кількості цукрів становить 41,8%, з коливанням за роками від 39,6% у 2011 році, до 43,3% - у 2005 та 2007 роках (рис.1). А деякі автори у своїх роботах відзначають, що, чим більше сахарози міститься в плодах, тим вища їх збереженість [6].

Рис. 1. Зміна вмісту моноцукрів та сахарози в плодах яблуні за роками досліджень, %, (2003 – 2012 рр.).

Дисперсійним аналізом підтверджено, що на накопичення моноцукрів, сахарози, і, відповідно, загального цукру у яблуках основний вплив мають погодні чинники (фактор А). Частка впливу погодних чинників (А) становить 54 – 56,4 %, фактора сорту (В) – 21,2 - 23%, а взаємодії факторів А і В – 11,5 – 14,2%.

Проведеним кореляційним аналізом було встановлено існування сильного функціонального зв'язку між масовою часткою сахарози, моноцукрів та загального цукру, що свідчить про їх колінеарність. Отже для подальшого прогнозування слід використовувати один із них. Ми пропонуємо

основним факторним показником вважати загальний вміст цукрів в плодах яблуні.

Для створення багатофакторної моделі залежності загального вмісту цукрів в плодах яблуні від факторів довкілля було досліджено 24 фактори, які можуть мати істотний вплив. Для 13 з них встановлений кореляційний зв'язок середньої сили. До цих факторів відносяться наступні: середньорічна сума опадів (СО), середня відносна вологість повітря (ВВП) за вегетаційний період, кількість днів з опадами більше 1 мм, а також температурно-вологісні умови останнього місяця формування плодів: абсолютні та середні максимальні і мінімальні температури, середні температури, сума активних температур (САТ), СО, гідротермічний коефіцієнт (ГТК), абсолютна та середня мінімальна ВВП. Для 8 факторів встановлений сильний кореляційний зв'язок. До них відносяться:

$$Y = 0,0189X_2 - 0,0154X_1 - 0,0114X_3 + 11,4587X_4 - 51,4488X_5 + \\ + 0,1118X_6 - 2,8303$$

де X_1 – САТ за вегетаційний період, °С (в межах від 3111,6 до

3621,4°С),

X_2 – середньорічна САТ, °С (в межах від 3430,5 до 4280,7 °С),

X_3 – СЕТ >15°С, °С (в межах від 670,7 до 1293,5 °С),

X_4 – середньорічний ГТК, (в межах від 1,86 до 0,81),

X_5 – ГТК за вегетаційний період, (в межах від 1,22 до 0,39),

X_6 – СО за вегетаційний період, мм (в межах від 399,0 до 158 мм),

Y – вміст загального цукру, %.

При цьому, коефіцієнт множинної кореляції $R = 0,99$, коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,99$, скорегований коефіцієнт детермінації – 0,97, критерій $F(6;3) = 49,979$, рівень значимості – 0,00426, при стандартній помилці оцінки – 0,239.

Приватні коефіцієнти еластичності усіх факторів, які увійшли до рівняння, більше 1, що свідчить про їх істотний вплив на формування масової частки цукрів у плодах яблуні. Найвищий коефіцієнт еластичності, на рівні 7,2, має фактор X_2 (середньорічна сума активних температур), а отже і вплив його є найбільш істотним.

Висновки. Результатами множинного кореляційного та регресійного аналізів встановлено, що основним погодним чинником, який має найбільш вагомий вплив на вміст цукрів у плодах яблуні в умовах південно-степової підзони України є середньорічна сума активних температур. За допомогою методів варіаційної статистики була розроблена багатофакторна модель яка дає можливість завчасно прогнозувати цукристість яблук залежно від стресових погодних чинників.

Список використаної літератури:

1. Колобов С. В. Товароведение и экспертиза плодов и овощей: Учебное пособие / С. В. Колобов, О. В. Памбучьянц. - М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2012. — 400 с.

САТ за рік та за вегетаційний період, сума ефективних температур (СЕТ) вище 10 та 15 °С, ГТК за рік та вегетаційний період, кількість опадів за вегетаційний період, середньорічна ВВП.

Отже, можна зробити висновок, що найбільший вплив на накопичення цукрів в плодах яблуні в умовах Південної степової підзони України мають температурні та вологісні показники всього року, а вплив умов останнього місяця формування плодів є менш істотним. Це пов'язано з тим, що формування масової частки цукрів починається в період спокою плодівих дерев і рівномірно продовжується протягом всього вегетаційного періоду.

Після проведення множинного кореляційного та регресійного аналізів отримане наступне рівняння залежності вмісту цукрів у плодах яблуні від погодних чинників (з вірогідністю 95%):

2. Причко Т.Г. Технические и биохимические особенности плодов новых перспективных сортов яблони как сырьё для переработки / Т.Г. Причко, Л.Д. Чалая // Научные труды СКЗНИИСиВ. – 2014. – Т.5. – С. 190 – 195.

3. Седов Е.Н., Вариабельность биохимического состава яблук и возможности его улучшения путем селекции / Е. Н. Седов, М. А. Макаркина, З. М. Серова // Аграрный вестник Урала. – 2009. - № 6(60). – С. 44 – 47.

4. Липская С.Л. Биохимический состав плодовой яблони / С.Л. Липская, О.И. Камзолова, С.А. Ярмолич // Сб.: Плодоводство. – 2007. – Т.19. – С.81 – 88.

5. Булик М.О. Інтегральна оцінка погодних факторів для вирощування плодівих культур / М.О. Бублик // Вісник аграрної науки. – 2002. - №6. – с. 31 – 33.

6. Седова З.А. Улучшение качества плодовой яблони в связи с совершенствованием сортимента: дис. ...доктора сельскохозяйственных наук: 06.01.05 / Седова Зинаида Афанасьевна. – Орел, 1984. – 485 с.

7. Ackermann J., Fischer M., Amado R. (1992). Changes in sugars, acids and amino acids during ripening and storage of apples (cv. Glockenapfel): J. Agric. Food Chem, 1992, 40(7), pp. 1131 – 1134. DOI: 10.1021/jf00019a008.

8. Bizjak J., Mikulic-Petkovsek M., Stampar F., Veberic R. (2013). Changes in Primary Metabolites and Polyphenols in the Peel of “Braeburn” Apples (*Malus domestica* Borkh.) during Advanced Maturation: J. Agric. Food Chem., 2013, 61 (43), pp 10283–10292. DOI: 10.1021/jf403064p.

9. Бублик М.О. Методологічні та технологічні основи підвищення продуктивності сучасного садівництва / М.О. Бублик. – К.: Нора-прінт, 2005. – 286 с.

10. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.