

ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКІСНИХ ТЕХНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПЛОДІВ ГРУШІ ЗАЛЕЖНО ВІД СТРЕСОВИХ АБІОТИЧНИХ ФАКТОРІВ

***Анотація.** Представлена оцінка впливу погодних факторів на якісні технічні показники плодів груші в умовах Південної Степової зони України. Встановлено, що основним факторним показником технічних характеристик якості плодів груші слід вважати середню масу. У результаті була розроблена багатofакторна модель, яка дає можливість прогнозувати масу плодів груші залежно від впливу стресових факторів навколишнього середовища.*

Ключові слова: товарність, маса, діаметр, форма, плоди, груша, температура, опади, вологість

Serdyuk M.

PREDICTION OF THE PEAR FRUITS QUALITY TECHNICAL INDICATORS DEPENDING ON STRESS ABIOTIC FACTORS

***Summary.** The estimation of the influence of weather factors on the pear fruits quality technical indicators in the South of Ukraine steppe zone is presented. It has been found that the main factorial technical indicator of a pear quality should be considered on the basis of an average weight of the fruit. As the result a multi-factor model was developed that allowed to predict the mass of pear fruit, depending on the influence of abiotic stress factors.*

Keywords: marketability, mass, diameter, shape, pear, temperature, precipitation, humidity

1. Вступ

Груша по праву вважається однією з найпопулярніших плодів культур в Україні. Кращі її сорти за поєднанням смакових якостей плодів, своєрідного аромату і привабливого зовнішнього вигляду високо цінуються споживачами. Плоди використовуються переважно у свіжому вигляді, а також для переробки на соки, компоти, мармелад, пастилу, сушку і сидр [1].

До якості плодів груші, призначених для вживання у свіжому вигляді, висуваються особливо високі вимоги. Вони повинні бути великими за розмірами, з привабливим покривним забарвленням, здатними до тривалого зберігання, з високими смаковими перевагами. У плодах повинно міститися максимальна кількість поживних і біологічно активних речовин. Усі ці показники урахуються при визначенні їх товарності.

Вагомий вплив на показники якості плодів мають стресові абіотичні фактори. Аналіз змін клімату, що відбулися протягом останніх 15 років у Південній степовій підзоні України свідчить про збільшення впливу максимальних температур, нерівномірності випадання опадів, посухи, весняних заморозків та зимових відлиг. З огляду на це, для налагодження роботи переробних підприємств та плодосховищ, останнім часом найбільшої актуальності набуває прогнозування товарної якості плодів залежно від стресових погодних факторів.

Метою наших досліджень було наукове обґрунтування впливу стресових погодних факторів на процес формування технічних показників якості плодів груші в умовах Південної степової підзони

України та створення математичної моделі прогнозування зазначених показників на основі визначених стресових факторів.

Для реалізації поставленої мети було необхідно вирішити наступні завдання: проаналізувати погодні умови вегетаційного періоду; визначити основні технічні показники якості плодів груші; встановити взаємозв'язок між процесами формування якісних технічних показників плодів груші та стресовими погодними факторами; розробити математичні моделі прогнозування зазначених показників якості плодів.

2. Аналіз основних літературних джерел

Системі виробництва якісних плодів слід приділяти належну увагу, оскільки, маючи низьку початкову якість, навіть найпрогресивніша технологія зберігання і досконалі технічні засоби не підвищать збереженості вирощеної продукції. Слід враховувати, що якість плодів і їх потенційна збереженість формується безпосередньо у саду [2].

Основні пріоритети використання того чи іншого сорту груші визначаються товарними якостями плодів, які перш за все характеризуються технічними показниками, таким як маса, найбільший поперечний діаметр, індекс форми [3].

Багатьма авторами зазначено, що погодні умови в період росту і досягання плодів (жарке і сухе літо, зимові морози та ін.) мають істотний вплив на протікання фізіологічних процесів плодів дерев, тому не можуть не позначатися на таких якісних показниках плодів, як маса, розмір, форма [4,5,6]. Так, З. А. Седова та М. А. Макарікіна вважають, що

у роки з помірною кількістю тепла та вологи плоди мають добрі смакові якості та високу лежкість. У холодне і дощове літо вони відрізняються слабким забарвленням та гіршими смаковими якостями [7].

Причко Т. Г. у своїх дослідженнях відзначила, що наслідками сильних морозів зими 2005 – 2006 року була велика кількість недорозвинутих та ребристих плодів [8].

Але, слід зазначити, 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 якісних технічних показників плодів груші в умовах Південної степової підзони України відсутні, що і обумовило мету наших досліджень.

3. Методика досліджень технічних показників плодів груші

Дослідження проводилися у 2000-2012 роках в Мелітопольському районі, Запорізької області. З метою вивчення впливу погодних факторів на якісні технічні показники плодів груші використано щоденні метеорологічні дані за період з 2000 по 2012 рр., зібрані на Мелітопольській метеостанції.

Для дослідження були обрані плоди груші п'яти сортів, які внесені до Державного реєстру сортів рослин придатних для поширення в Україні. Це сорти середнього терміну достигання: Конференція та Вікторія і пізнього терміну достигання: Деканка зимова, Кюре, Ізюминка Криму. Сад дослідної ділянки закладений за схемою 5x3, на підщепі Айва А. Плоди збирали з дерев, типових для сорту та одного віку. Агрофон на дослідній ділянці задовольняв вимогам агротехніки.

Розрахунок моделей технічних показників якості плодів груші у зв'язку з погодними факторами проводили за наступною схемою [9]:

1. Визначення якісних технічних показників плодів груші і створення комп'ютерної бази про їх розміри 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 температура, 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 груші. Для розрахунків відбирали дані за 13 років, щоб забезпечити 95-відсотковий рівень достовірності отриманих результатів.

4. Розрахунок багатофакторної моделі залежності розмірів плодів груші в зв'язку з погодними умовами Мелітопольського району. При формуванні багатофакторної 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.

4. Результати досліджень

Середня маса плодів у вивчених сортів груші змінювалася за роками досліджень, про що свідчать коефіцієнти варіації: 21% – для сортів пізнього і 31,5% – для сортів середнього термінів достигання (табл.1).

Найбільший вплив абіотичних факторів на середню масу плоду був виявлений у сорту пізнього терміну достигання Ізюминка Криму. При цьому коефіцієнт мінливості становив 28,5%. Більш стійкими до впливу погодних умов вирощування виявилися плоди середнього терміну достигання Вікторія та Конференція (коефіцієнти мінливості 14,9 та 15,1% відповідно), а також пізнього – Деканка зимова та Кюре (коефіцієнти мінливості 11,8 та 11,4% відповідно). Але, слід зазначити, що при коефіцієнтах варіації 10-18% мінливість варіаційного ряду прийнято вважати середньою, в той час, як для галузей зберігання і переробки плодової продукції особливо цінними вважаються сорти з великими плодами і низькою мінливістю за роками ($V < 10\%$).

За роки досліджень найбільша середня маса плодів груші сортів пізнього терміну достигання відзначалася у 2005 році, вона перевищувала середній показник на 33,1%, а найменша – у 2000 році, на 58% нижче середнього значення. Що стосовно плодів середнього терміну достигання, то максимальне значення цього показника зафіксоване у 2007 році, з перевищенням середнього значення на 25,3%, а мінімальне – у 2004, на 28,3% нижче за середній показник за роками досліджень.

Таблиця 1

Маса плодів груші

Помологічний сорт	Маса, г		
	середнє значення	$\frac{\text{мінімальне}}{\text{максимальне}}$	коефіцієнт варіації, V, %
Сорти середнього терміну досягання			
Вікторія	256,14±38,24	$\frac{200,0}{326,79}$	14,9
Конференція	147,02±22,20	$\frac{111,59}{178,5}$	15,1
Середнє за сортами	201,58±63,52	$\frac{111,59}{326,79}$	31,5
НІР₀₅	29,3		
Сорти пізнього терміну досягання			
Деканка зимова	162,96±19,29	$\frac{140,5}{183,9}$	11,8
Ізюминка Криму	182,47±51,97	$\frac{109,7}{256,9}$	28,5
Кюре	196,91±22,49	$\frac{160,6}{230,7}$	11,4
Середнє за сортами	183,16±40,49	$\frac{125,1}{243,8}$	21,2
НІР₀₅	43,17		

Наведені багаторічні результати аналізу величини маси плодів дають можливість стверджувати, що плоди груші сорту Вікторія, вирощені в умовах Південної степової підзони України, за масою відносяться до групи дуже великих (більше 250-300 г), сортів Ізюминка Криму, Кюре, Деканка зимова – до групи з розмірами вищими за середній, а Конференція до групи сортів з середніми розмірами.

Форма та розмір плодів відзначаються значно меншою мінливістю під впливом стресових погодних чинників, про що свідчать значення коефіцієнтів варіації в межах від 0,3 до 3,7 % (табл.2).

Стосовно числових значень слід зазначити, що найбільшими середніми розмірами серед сортів осіннього терміну досягання характеризуються плоди сорту Вікторія, а пізнього – сорту Кюре.

Однією з вимог до товарних якостей плодів є правильність і типовість для помологічного сорту форми. Найбільш розповсюдженою формою плодів серед дослідних сортів груші є видовжена грушоподібна форма, звужена до плодоніжки з індексом форми від 1,2 до 1,6. Таку форму мають плоди груші сортів Кюре, Вікторія, Конференція. Плоди груші сортів Ізюминка Криму та Деканка зимова мають індекс форми 1,07 та 1,01 відповідно, що характеризує їх форму як тупо яйцеподібна, або бочкоподібна.

Кореляційним аналізом було встановлено існування тісного взаємозв'язку між технічними показниками якості плодів груші (табл.3, 4).

Таблиця 2

Розміри плодів груші

Сорт	Висота, мм			Діаметр, мм			Індекс форми	
	серед.	$\frac{\text{мін.}}{\text{макс.}}$	V, %	серед.	$\frac{\text{мін.}}{\text{макс.}}$	V, %	серед.	V, %
Сорти середнього терміну досягання								
Вікторія	97,47	$\frac{94,5}{100,3}$	2,1	79,47	$\frac{78}{80,8}$	1,14	1,23	1,3
Конференція	86,03	$\frac{83,0}{89,9}$	2,6	64,89	$\frac{58,9}{67,7}$	3,7	1,33	2,9
Середнє за сортами	79,47	$\frac{83}{100,3}$	1,1	72,18	$\frac{58,9}{80,8}$	10,6	1,28	4,6
НІР₀₅	1,97			2,9			0,07	
Сорти пізнього терміну досягання								
Деканка зимова	67,20	$\frac{66,0}{68,0}$	1,3	66,36	$\frac{65,0}{67,0}$	1,3	1,01	0,3
Ізюминка Криму	70,76	$\frac{69,5}{71,9}$	1,1	66,19	$\frac{65,7}{67,1}$	0,6	1,07	0,7
Кюре	109,61	$\frac{108}{111,7}$	1,2	71,35	$\frac{68}{75,6}$	3,6	1,54	2,5
Середнє за сортами	82,03	$\frac{66,0}{111,6}$	22,9	67,81	$\frac{65,0}{75,6}$	4,1	1,20	19,1
НІР₀₅	32,5			4,54			0,41	

Таблиця 3

Матриця коефіцієнтів парної кореляції між технічними показниками якості плодів груші середнього терміну достигання

Показник	X ₁ *	X ₂	X ₃	X ₄
X ₁	1	0,92	0,90	-0,01
X ₂	0,92	1	0,87	0,17
X ₃	0,90	0,87	1	-0,34
X ₄	-0,01	0,17	-0,34	1

* **Примітка:** X₁ – маса плоду, X₂ – висота плоду, X₃ – найбільший поперечний діаметр плоду, X₄ – індекс форми плоду.

Таблиця 4

Матриця коефіцієнтів парної кореляції між технічними показниками якості плодів груші пізнього терміну достигання

Показник	X ₁ *	X ₂	X ₃	X ₄
X ₁	1	0,77	0,96	0,66
X ₂	0,77	1	0,80	0,99
X ₃	0,96	0,80	1	0,69
X ₄	0,66	0,99	0,69	1

* **Примітка:** X₁ – маса плоду, X₂ – висота плоду, X₃ – найбільший поперечний діаметр плоду, X₄ – індекс форми плоду

Аналіз матриць коефіцієнтів парної кореляції, розрахованих для факторних показників, констатував наявність колінеарних факторних показників, а саме показник X₁ (маса плоду) має сильний функціональний зв'язок з факторним показником X₂ (найбільший поперечний діаметр) і з X₃ (висота плоду), показник X₂, у свою чергу, має сильний функціональний зв'язок з факторним показником X₃. Слід зазначити, що однакова тенденція встановлена як для плодів середнього, так і пізнього терміну достигання.

Показник індексу форми не вважається колінеарним до інших технічних показників плодів, але раніше нами було показано, що він має несуттєву мінливість під дією стресових погодних факторів.

Отже, основним факторним показником технічних характеристик якості плодів груші в умовах Південної степової підзони України слід вважати середню масу плоду, і саме цей показник буде використаний для прогнозування.

Для створення багатофакторної моделі прогнозування маси плодів груші було досліджено 24 фактори довкілля, які можуть мати істотний вплив на формування даного показника. Дослідження виконувалися окремо для груп плодів середнього та пізнього термінів достигання.

За результатами кореляційного аналізу було встановлено, що величина маси плодів корелює з багатьма погодними факторами. Для сортів груші середнього терміну достигання з 16 стресовими факторами встановлений кореляційний зв'язок середньої сили. До цих факторів відносяться наступні: сума активних температур (САТ) за вегетаційний період та за рік, сума ефективних температур вище 10 та 15 °С, сума опадів за рік, ГТК за рік, середньорічна відносна вологість повітря (ВВП) та ВВП за вегетаційний період, кількість днів з опадами більше 1 мм, абсолютна мінімальна температура останнього місяця, різниця між абсолютними і середніми максимальними та мінімальними температурами останнього місяця, ГТК останнього місяця, абсолютна мінімальна та середня ВВП останнього місяця.

Погодні фактори, для яких встановлений сильний кореляційний зв'язок з масою плоду груші сортів середнього терміну достигання, наведені в таблиці 5, а пізнього – в таблиці 6.

Аналізуючи дані, наведені в таблицях 5 та 6, слід зазначити, що на масу плодів груші пізнього терміну достигання вагомий вплив мають тільки температурні умови та вологість останнього місяця формування плодів, на відміну від сортів середнього терміну достигання, на які додатково істотно впливають умови зволоження всього вегетаційного періоду.

Це може бути пояснено різною динамікою наростання маси плодів середнього та пізнього терміну достигання (рис. 1).

Таблиця 5

Результати кореляційного аналізу впливу погодних факторів на масу плодів груші сортів середнього терміну достигання

Позначення	Стресовий фактор	Коефіцієнт кореляції
X1	ГТК за вегетаційний період	-0,7±0,22
X2	Сума опадів за вегетаційний період	-0,67±0,22
X3	Абсолютна максимальна температура останнього місяця формування плодів	0,84±0,16
X4	Середні максимальні температури останнього місяця формування плодів	0,93±0,11
X5	Середні мінімальні температури останнього місяця формування плодів	0,82±0,17
X6	Середні температури останнього місяця формування плодів	0,92±0,12
X7	САТ останнього місяця формування плодів	0,91±0,12
X8	Середня ВВП останнього місяця формування плодів	-0,75±0,20

Результати кореляційного аналізу впливу погодних факторів на масу плодів груші сортів пізнього терміну досягання

Позначення	Стресовий фактор	Коефіцієнт кореляції
X1	Середні максимальні температури останнього місяця формування плодів	0,94±0,10
X2	Різниця між середніми максимальними та мінімальними температурами останнього місяця формування плодів	0,67±0,22
X3	Середні температури останнього місяця формування плодів	0,79±0,18
X4	САТ останнього місяця формування плодів	0,95±0,09
X5	Середня ВВП останнього місяця формування плодів	-0,73±0,21
X6	Абсолютна мінімальна ВВП останнього місяця формування плодів	-0,74±0,20

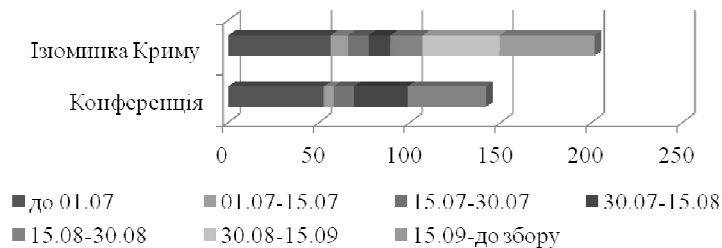


Рис. 1. Динаміка зміни маси плодів груші при досягненні на материнській рослині, г (середнє 2010 – 2012 рр.)

Графічне зображення свідчить про те, що у перший період після утворення зав'язі відбувається активне наростання маси плодів як сортів середнього, так і пізнього терміну досягання. У подальшому, протягом усіх літніх місяців, наростання маси плодів груші пізнього терміну досягання продовжується більш низькими темпами – в середньому на 12,7 грамів за 15 діб, і тільки з 31.08 знову починається інтенсивне наростання їх маси – в середньому на 47 грамів за 15 діб. Що стосовно плодів середнього терміну досягання, то слід зазначити, що в динаміці наростання їх маси також спостерігається період спаду швидкості даного процесу, але за тривалістю він є значно коротшим, ніж у плодів груші пізнього терміну досягання.

Найбільший вплив стресових абіотичних чинників на величину маси плодів груші середнього терміну досягання виявлений у період з 30 липня по 15 серпня (коефіцієнт варіації дорівнює 19,7%), а груші пізнього терміну досягання – з 15.09 і до збирання плодів, тобто в останній період (коефіцієнт варіації дорівнює 29,4%).

За результатами множинного кореляційного та регресійного аналізів отримане наступне рівняння залежності маси плоду груші середнього терміну досягання від погодних чинників (з вірогідністю 95%):

$$Y = 0,378X_2 - 116,199X_1 + 4,074X_3 + 5,922X_4 - 0,930X_5 - 2,236X_6 + 0,338X_7 + 0,257X_8 - 299,724,$$

де Y – середня маса плоду груші середнього терміну досягання, г

$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$ – незалежні стресові погодні фактори, наведені в таблиці 5.

При цьому, коефіцієнт множинної кореляції $R=0,99$, коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,98$, скорегований коефіцієнт детермінації – 0,95, критерій $F(8,4) = 31,779$, рівень значимості – 0,00233, при стандартній помилці оцінки – 6,43.

Наведене вище рівняння в цілому є статистично значущим, але окремі коефіцієнти рівняння є незначущими ($t_{розр} < t_{табл.}$). При проведенні обґрунтованого відбору факторів для включення у рівняння, нами були виявлені та виключені з рівняння фактори, які у незначній мірі впливають на результат, а також колінеарні фактори. Отже, підсумкове рівняння для прогнозування маси плодів груші середнього терміну досягання залежно від стресових погодних факторів має вигляд:

$$Y = 0,395X_2 - 120,883X_1 + 4,943X_3 + 0,379X_7 - 239,242$$

При цьому, коефіцієнт множинної кореляції $R= 0,99$, коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,97$, скорегований коефіцієнт детермінації – 0,96, критерій $F(4,8) = 73,975$, рівень значимості – 0,000001, при стандартній помилці оцінки – 5,92.

Приватні коефіцієнти еластичності факторів X_1 (ГТК за вегетаційний період), X_2 (сума опадів за вегетаційний період), X_3 (абсолютна максимальна температура останнього місяця формування плодів) менше 1, тому вплив цих факторів є менш значущим, а фактору X_7 (САТ останнього місяця формування плодів) більше 1, що свідчить про вагомий вплив цього фактору на формування маси плодів груші середнього терміну дозрівання.

Початкове рівняння залежності середньої маси плоду груші пізнього терміну досягання від погодних чинників (з вірогідністю 95%) має вигляд:

$$Y = 11,157X_1 - 3,287X_2 - 4,321X_3 + 0,546X_4 - 0,538X_5 - 0,11X_6 - 219,637$$

де Y – середня маса плоду груші середнього терміну досягання, г

$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6$ – незалежні стресові погодні фактори, наведені в таблиці 6.

При цьому, коефіцієнт множинної кореляції $R=0,97$, коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,95$, скорегований коефіцієнт детермінації – $0,90$, критерій $F(6,6) = 17,983$, рівень значимості – $0,00135$, при стандартній помилці оцінки – $12,631$.

Після виключення з рівняння факторів, які у незначній мірі впливають на результат, а також колінеарних факторів, воно прийняло остаточний вигляд:

$$Y = 8,594X_1 + 0,53X_4 - 302,761$$

При цьому, коефіцієнт множинної кореляції $R= 0,97$, коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,94$, скорегований коефіцієнт детермінації – $0,93$, критерій $F(2,10) = 78,359$, рівень значимості – $0,000001$, при стандартній помилці оцінки – $10,44$.

Приватні коефіцієнти еластичності факторів X_1 (середня максимальна температура останнього місяця формування плодів) і X_4 (САТ останнього місяця формування плодів) більше 1, що свідчить про їх вагомий вплив на формування маси плодів груші пізнього терміну досягання.

5. Висновки

1. Основним факторним показником технічних характеристик якості плодів груші в умовах Південної степової підзони України слід вважати їх середню масу.

2. Для плодів груші, незалежно від терміну досягання, основним стресовим погодним фактором, який має найбільш вагомий вплив на формування їх маси є сума активних температур (САТ) останнього місяця формування плодів (в межах $550-690$ °С).

3. У якості моделі прогнозування формування якісних технічних показників залежно від абіотичних факторів доцільно користуватися розробленими моделями прогнозування маси плоду.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Матвієнко М. В. Груша в Україні / М. В. Матвієнко, Р. Д. Бабіна, П. В. Кондратенко. – К., 2006. – 320 с. – С.5-6.

2. Ильинский А. С. Состояние и пути совершенствования хранения фруктов в России / А. С. Ильинский, В. А. Гудковский // Садоводство и виноградарство 21 века. 36. науч. трудов конференции СКЗНИИСиВ, Краснодар, 7 – 10 сент., 1999. – Краснодар, 1999. – Ч.5 – С.21.

3. Blažek, J. Changes in quality characteristics of Golden Delicious apples under different storage conditions and correlations between them / J. Blažek, I. Hlušíčková, A. Varga // Horticultural Science (Prague). – 2003. – vol.30, No. 3. – P. 81-89.

4. Хаустович И. П. Адаптивность плодовых культур / И. П. Хаустович. – Мичуринск: Издательство ОАО «Издательский дом Мичуринск», 2008. – 183 с.

5. Widmer A., Krebs C. Influence of planting density and tree form on yield and fruit quality of Golden Delicious and Royal Gala apples // Acta Hort. – 2001. – 557. – Н. 235 – 241.

6. Драгавцева И. А. Анализ тенденций наступления природных стресс-факторов среды и преодоление их негативного воздействия на плодовые культуры юга России / И. А. Драгавцева, А. А. Кузьмина, С. Н. Артюх. – Краснодар: СКЗНИИСиВ. – 2011. – 48 с.

7. Седова З. А. Влияние метеорологических условий года на сохраняемость яблок / З. А. Седова, М. А. Макаркина // Селекция, сортоизучение, репродукция, агротехника плодовых и ягодных культур. – Тула, 1992. – С. 113-120.

8. Причко Т. Г. Влияние стресс-факторов в период вегетации на химический состав плодов яблони / Т. Г. Причко, Л. Д. Чалая// Сб.: Фундаментальные и прикладные разработки, формирующие современный облик садоводства и виноградарства.– Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2011.– С. 308-315.

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.