

УДК 635.64:635.649+635.621.3

О.П. ПРИСС

Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь

ПРОГНОЗУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ ПАСЛЬОНОВИХ ПЛОДОВИХ ОВОЧІВ ТА ОБ'ЄМІВ ПЕРЕРОБКИ І ЗБЕРІГАННЯ

Розглянуто вплив гідротермічних умов вирощування на урожайність та товарність перцю і томатів. Залежності встановлені на основі зв'язків парного кореляційного аналізу між абіотичними факторами та урожайністю і товарністю. Розроблено математичні моделі прогнозування урожайності та виходу стандартної продукції для перцю та томатів залежно від погодних факторів. Запропоновано структуру реалізації продукції на переробку, зберігання та споживання у свіжому вигляді.

Ключові слова: прогнозування, урожайність, стандартна продукція, перець, томати, абіотичні фактори, переробка, зберігання.

O.P. PRISS

Tavria State Agrotechnological University, Melitopol

SOLANACEAE VEGETABLES YIELD PREDICTION AND ITS PROCESSING AND STORAGE VOLUMES

Abstract

The influence of hydrothermal conditions on productivity and marketability of bell peppers and tomatoes is viewed in the article. Relationships are set on the basis of connection between the pair correlation analysis of abiotic factors change with yield and marketability. Mathematical prognostic models of yields and output of commodity products for sweet bell pepper and tomato, depending on weather factors are developed. The structure of sales for product processing, product storage and consumption of fresh products is proposed in the article.

Keywords: prediction, yield, commodity product, sweet bell peppers, tomatoes, abiotic factors, processing and storage.

Постановка проблеми

Глобальні зміни клімату помітно впливають на урожайність, якість сільськогосподарських культур і як наслідок, на продовольчу безпеку [1]. У зв'язку з очікуваним підвищенням середньої річної температури повітря у Північній півкулі на 2-4 °С, продовольча безпека України в значній мірі буде залежати від того, наскільки ефективно адаптується галузь виробництва продукції рослинництва до майбутніх змін клімату [2]. Зважаючи на важливу роль овочепродуктового підкомплексу, як одного із складових формування продовольчої безпеки, необхідна завчасна оцінка впливу кліматичних умов на продуктивність і якість овочевих культур.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Південь України є головним постачальником овочів, тут виробляється близько двох третин усієї овочевої продукції України [3]. При вирощуванні плодів овочів у Південному Степу суттєвими чинниками, що лімітують продуктивність та вихід стандартної продукції, є підвищена температура та недостатнє вологозабезпечення. Для компенсації недоліку вологи, овочівництво Степу ведеться головним чином на краплинному зрошенні [4]. Однак дія високих температур залишається обмежуючим фактором у підвищенні врожайності і якості овочевих культур не тільки для України, а й для 40 % територій помірного клімату Землі [5]. За даними Божко Л.Ю., розрахункові недобори урожаю плодів овочів через несприятливі кліматичні чинники у зоні Південного Степу можуть сягати 300 ц/га [6]. Моделі прогнозування врожайності розробляють науковці всіх країн, у яких розвинуте рослинництво. В Україні також було проведено низку досліджень, на основі яких було розроблено статистично-біологічні моделі прогнозування урожайності сільськогосподарських культур [7]. Однак, враховуючи стабільний попит на пасльонові овочі та залежність їх продуктивності від кліматичних факторів, прогнозуванню їх врожаю та товарності приділено недостатньо уваги.

Формулювання мети дослідження

Головною метою досліджень є побудова моделей прогнозування урожайності і товарності пасльонових овочів та розробка шляхів реалізації овочевої продукції.

Виклад основного матеріалу дослідження

Дослідження проводили в 2005-2012 роках на базі кафедри технології переробки та зберігання продукції сільськогосподарства Таврійського державного агротехнологічного університету, м. Мелітополь. Досліджували плоди томатів сортів Ріо Гранде Оригінал і Новачок, плоди перцю

Геркулес F1 та Нікіта F1, вирощені в умовах відкритого ґрунту в агропідприємствах Мелітопольського району. Агротехнологія загальноприйнята для зони Сухого Степу. Щоденні метеорологічні дані за період досліджень зібрані на Мелітопольській метеостанції. Математична обробка даних виконана з використанням пакету прикладних програм STATISTICA.

Дослідженнями групи вчених встановлено, що моделі прогнозування врожайності перцю повинні розроблятися для конкретного регіону і сезону вирощування [8]. Залежно від умов вирощування та сортових особливостей, в зоні Південного Степу урожайність солодкого перцю може досягати 484 ц/га [6]. Такий же рівень врожайності спостерігали у роки досліджень (рис. 1).

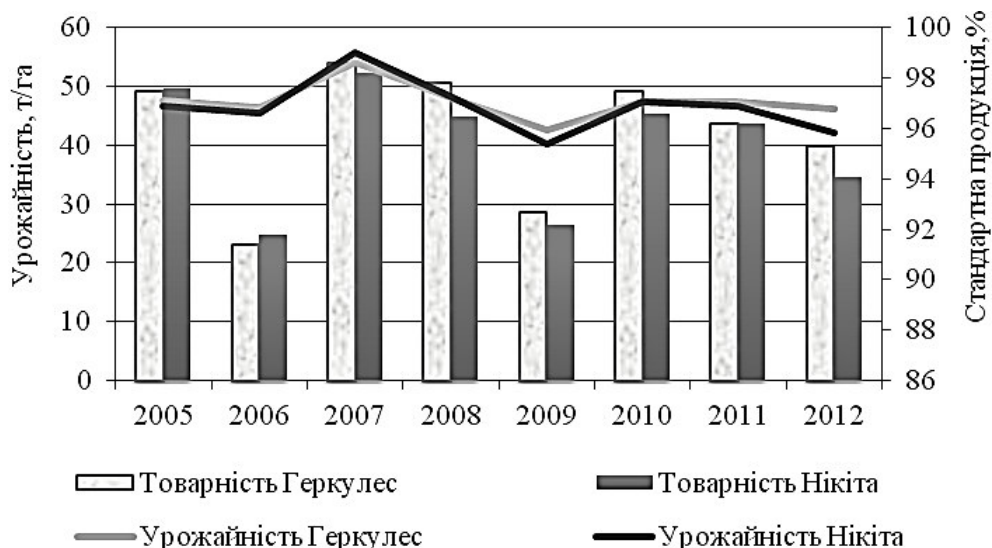


Рис. 1. Урожайність та вихід стандартної продукції перцю

Найбільш сприятливим для формування максимального врожаю був 2007 рік, коли сума активних температур (САТ) періоду формування плодів (30 днів до збору) сягала 800 °С, а мінімальні температури не знижувались нижче біологічного мінімуму (для перцю і томатів біологічний мінімум складає 13°С, максимум – 30 °С), що також відобразилось і на високому виході товарної продукції.

Для вивчення зв'язків і залежностей між урожайністю і товарністю перцю та метеорологічними чинниками побудована матриця парних кореляцій (табл. 1).

Таблиця 1

Коефіцієнти кореляції парних зв'язків та рівень значущості для плодів перцю, N=16

Показники	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
X1	1	-0,19 p=0,47	0,55 p=0,03	0,07 p=0,81	0,42 p=0,10	-0,06 p=0,83	0,25 p=0,36	0,19 p=0,48	0,16 p=0,56	0,20 p=0,46
X2	-0,19 p=0,47	1	-0,33 p=0,22	-0,33 p=0,21	-0,33 p=0,21	-0,29 p=0,27	-0,49 p=0,06	0,27 p=0,31	0,81 p=0,00	0,69 p=0,00
X3	0,55 p=0,03	-0,33 p=0,22	1	0,43 p=0,10	0,99 p=0,00	0,17 p=0,52	0,72 p=0,00	-0,43 p=0,10	-0,34 p=0,19	-0,16 p=0,56
X4	0,07 p=0,81	-0,33 p=0,21	0,43 p=0,10	1	0,46 p=0,07	0,65 p=0,01	0,47 p=0,07	-0,19 p=0,47	-0,44 p=0,09	-0,71 p=0,00
X5	0,42 p=0,10	-0,33 p=0,21	0,99 p=0,00	0,46 p=0,07	1	0,20 p=0,45	0,73 p=0,00	-0,47 p=0,07	-0,40 p=0,12	-0,21 p=0,44
X6	-0,06 p=0,83	-0,29 p=0,27	0,17 p=0,52	0,65 p=0,01	0,20 p=0,45	1	0,32 p=0,23	-0,12 p=0,67	-0,49 p=0,06	-0,44 p=0,09
X7	0,25 p=0,36	-0,49 p=0,06	0,72 p=0,00	0,47 p=0,07	0,73 p=0,00	0,32 p=0,23	1	-0,80 p=0,00	-0,70 p=0,00	-0,43 p=0,09
X8	0,19 p=0,48	0,27 p=0,31	-0,43 p=0,10	-0,19 p=0,47	-0,47 p=0,07	-0,12 p=0,67	-0,80 p=0,00	1	0,63 p=0,01	0,35 p=0,19

Продовження Таблиці 1

Показники	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
X9	0,16 p=0,56	0,81 p=0,00	-0,34 p=0,19	-0,44 p=0,09	-0,40 p=0,12	-0,49 p=0,06	-0,70 p=0,00	0,63 p=0,01	1	0,71 p=0,01
X10	0,20 p=0,46	0,69 p=0,00	-0,16 p=0,56	-0,71 p=0,00	-0,21 p=0,44	-0,44 p=0,09	-0,43 p=0,09	0,35 p=0,19	0,71 p=0,01	1

Примітка. X1 – САТ періоду вегетації, X2 – САТ за 30 днів до збору, X3 – опади за вегетаційний період, X4 – опади за 30 днів до збору, X5 – гідротермічний коефіцієнт Селянінова (ГТК) вегетаційного періоду, X6 – ГТК за 30 днів до збору, X7 – кількість днів з мінімальними температурами нижче біологічного мінімуму, X8 – кількість днів з максимальними температурами, що перевищують біологічний максимум, X9 – урожайність, X10 – вихід стандартної продукції.

Аналіз коефіцієнтів парних кореляцій дає змогу виявити фактори, що впливають на результат статистично значимо. З 8 проаналізованих факторів, на урожайність перцю суттєвий вплив має САТ періоду формування і дозрівання плодів ($r=0,81$), кількість днів з температурами нижче біологічного мінімуму ($r=-0,70$), кількість днів з максимальними температурами, що перевищують біологічний максимум ($r=0,63$). Однак, останні два фактори є колінеарними ($r=-0,80$), і в модель прогнозування врожайності необхідно включити лише один. Достовірний вплив на вихід стандартної продукції виявляють лише САТ і опади періоду формування та дозрівання плодів.

Модель прогнозування урожайності перцю має вигляд:

$$y = 0,04x_1 - 0,37x_2 + 24,32, \quad (1)$$

де y – урожайність перцю, т/га;

x_1 – САТ періоду формування і дозрівання плодів, °С;

x_2 – кількість днів з мінімальною температурою нижче 13 °С.

Основні показники множинної регресії з відібраними факторами наступні: коефіцієнт множинної кореляції $R=0,88$; коефіцієнт детермінації $R^2=0,77$; скоригований коефіцієнт детермінації $R^{2*}=0,74$; стандартна похибка оцінки $S=2,02$; значення критерію Фішера $F(2,13)=22,39$ при $F_{\tau}=3,80$; рівень значущості $p<0,00006$, що свідчить про її адекватність. Такі результати є свідченням достатньої адекватності отриманої моделі прогнозування урожайності перцю.

Вихід стандартної продукції перцю можна прогнозувати користуючись наступною моделлю:

$$y = 0,02x_1 + 0,08x_2 + 83,43, \quad (2)$$

де y – вихід стандартної продукції, %;

x_1 – САТ періоду формування і дозрівання плодів, °С;

x_2 – кількість опадів періоду формування і дозрівання плодів, мм.

Характеристики моделі прогнозування виходу стандартної продукції перцю: $R=0,86$; $R^2=0,74$; $R^{2*}=0,70$; $S=1,33$; $F(2,13)=18,74$ при $F_{\tau}=3,80$; $p<0,0002$, що свідчить про її адекватність.

Середня врожайність томатів в Україні складає 24,8 т/га, середня у світі – 48,5 т/га, а в країнах з високим рівнем агротехнологій (Іспанія) – 75,5 т/га [9].

Хоча рівень урожайності томатів у роки досліджень перевищує середні показники по Україні практично втричі, коливання по рокам досить суттєві. Різниця між максимальним і мінімальним урожаєм склала 12,3 т/га (рис. 2).

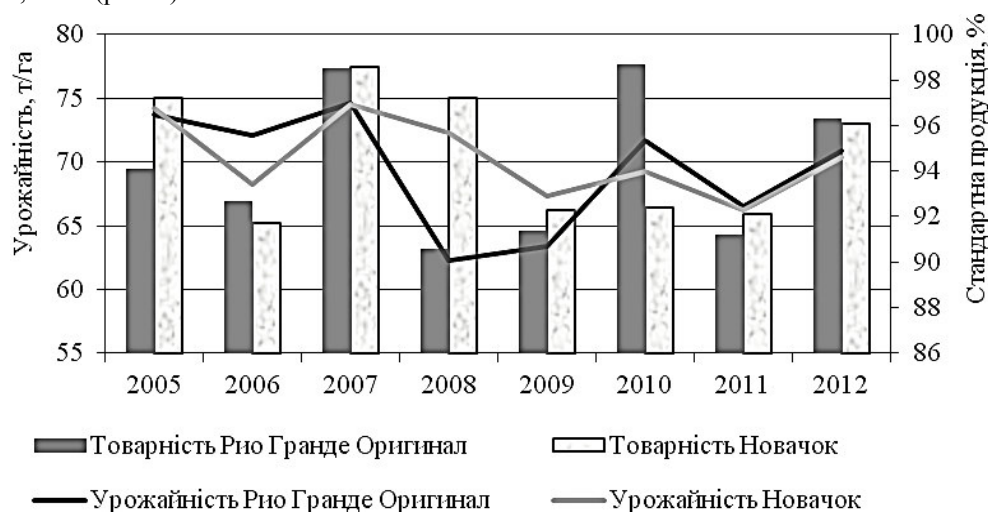


Рис. 2. Урожайність і товарність томатів

Таблиця 2

Коефіцієнти кореляції парних зв'язків та рівень значущості для плодів томатів, N=16

Показники	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10
X1	1	-0,26 p=0,34	-0,29 p=0,28	-0,23 p=0,39	-0,42 p=0,11	-0,21 p=0,43	-0,46 p=0,08	0,69 p=0,00	0,15 p=0,58	0,32 p=0,22
X2	-0,26 p=0,34	1	0,10 p=0,72	-0,06 p=0,82	0,15 p=0,57	-0,12 p=0,65	-0,05 p=0,85	-0,08 p=0,78	0,63 p=0,01	0,55 p=0,03
X3	-0,29 p=0,28	0,10 p=0,72	1	0,06 p=0,83	0,99 p=0,00	0,04 p=0,88	0,43 p=0,10	-0,66 p=0,01	-0,17 p=0,54	-0,43 p=0,10
X4	-0,23 p=0,39	-0,06 p=0,82	0,06 p=0,83	1	0,10 p=0,72	0,99 p=0,00	0,49 p=0,05	-0,13 p=0,62	-0,49 p=0,06	-0,33 p=0,22
X5	-0,42 p=0,11	0,15 p=0,57	0,99 p=0,00	0,10 p=0,72	1	0,08 p=0,78	0,47 p=0,07	-0,71 p=0,00	-0,16 p=0,55	-0,44 p=0,09
X6	-0,21 p=0,43	-0,12 p=0,65	0,04 p=0,88	0,99 p=0,00	0,08 p=0,78	1	0,47 p=0,07	-0,11 p=0,68	-0,52 p=0,04	-0,34 p=0,19
X7	-0,46 p=0,08	-0,05 p=0,85	0,43 p=0,10	0,49 p=0,05	0,47 p=0,07	0,47 p=0,07	1	-0,76 p=0,00	-0,61 p=0,01	-0,73 p=0,00
X8	0,69 p=0,00	-0,08 p=0,78	-0,66 p=0,01	-0,13 p=0,62	-0,71 p=0,00	-0,11 p=0,68	-0,76 p=0,00	1	0,35 p=0,18	0,62 p=0,01
X9	0,15 p=0,58	0,63 p=0,01	-0,17 p=0,54	-0,49 p=0,06	-0,16 p=0,55	-0,52 p=0,04	-0,61 p=0,01	0,35 p=0,18	1	0,82 p=0,01
X10	0,32 p=0,22	0,55 p=0,03	-0,43 p=0,10	-0,33 p=0,22	-0,44 p=0,09	-0,34 p=0,19	-0,73 p=0,00	0,62 p=0,01	0,82 p=0,00	1

Примітка. X1 – САТ періоду вегетації, X2 – САТ за 40 днів до збору, X3 – опади за вегетаційний період, X4 – опади за 40 днів до збору, X5 – ГТК вегетаційного періоду, X6 – ГТК за 40 днів до збору, X7 – кількість днів з мінімальними температурами нижче біологічного мінімуму, X8 – кількість днів з максимальними температурами, що перевищують біологічний максимум, X9 – урожайність, X10 – вихід стандартної продукції.

Не менш серйозний вплив на товарну якість урожаю чинять метеорологічні фактори. Дослідженнями багатьох вчених встановлено, що якість томатів особливо сильно корелює з накопиченими температурами періоду формування і дозрівання плодів [10]. Саме такі закономірності підтверджують наші результати (табл. 2). На основі парного кореляційного аналізу можна стверджувати, що сильний вплив на урожайність томатів виявляють САТ за 40 днів до збору ($r=0,63$) та кількість днів з мінімальними температурами нижче 13°C , де $r=-0,61$ і зв'язок, який має обернений характер. Достовірний вплив середньої сили зворотної направленості чинить ГТК періоду формування і дозрівання плодів. Однак цей показник тісно пов'язаний з САТ періоду формування і дозрівання плодів та у моделі прогнозування врожайності виявився статистично не значимим. Отже, при включенні до моделі прогнозування урожайності томатів тільки статистично значимих факторів, вона має вигляд:

$$y = 0,06x_1 - 0,27x_2 + 23,19, \quad (3)$$

де y – урожайність томатів, т/га;

x_1 – САТ періоду формування і дозрівання плодів, $^{\circ}\text{C}$;

x_2 – кількість днів з мінімальною температурою нижче 13°C .

Основні параметри моделі прогнозування врожайності томатів наступні: $R=0,86$; $R^2=0,73$; $R^{2*}=0,69$; $S=2,15$; $F(2,13)=17,92$ при $F_{\tau}=3,80$; $p<0,0002$, що свідчить про її адекватність.

На товарність продукції визначальний вплив мають кількість днів з температурами нижче біологічного мінімуму та вище біологічного максимуму культури ($r=-0,73$; $0,62$), однак висока достовірність кореляції між цими факторами ($r=-0,76$) вказує на можливу колінеарність, тому один з факторів необхідно з моделі виключити.

Оскільки САТ періоду формування і дозрівання плодів при середній силі зв'язку з високою достовірністю впливає на вихід стандартної продукції, цей фактор також потрібно ввести до моделі прогнозування.

При врахуванні всіх значимих факторів, модель прогнозування виходу стандартної продукції томатів матиме такий вигляд:

$$y = 0,04x_1 - 0,25x_2 + 65,82, \quad (4)$$

де y – вихід стандартної продукції, %;

x_1 – САТ періоду формування і дозрівання плодів, $^{\circ}\text{C}$;

x_2 – кількість днів з мінімальною температурою нижче 13°C .

Характеристики наведеної моделі прогнозування виходу стандартної продукції томатів: $R=0,89$; $R^2=0,80$; $R^{2*}=0,77$; $S=1,44$; $F(2,13)=25,67$ при $F_T=3,80$; $p<0,00003$, що свідчить про її адекватність.

Проте, проблема овочівників не тільки виростити врожай, а й реалізувати його з мінімальними втратами. У країнах з високим рівнем розвитку маркетингу та технологій, втрати продукції на шляху від виробництва до реалізації складають 5-25 %. Недосконалі практики первинної обробки та зберігання збільшують втрати плодів та овочів до 20-50 % [11]. Вагомою причиною втрат продукції є відсутність чітких контрактів на постачання, переробку та зберігання певної кількості продукції. Більшість овочів, що призначені для переробки, вирощуються на контрактній основі. Проте використання системи контрактів для продажу на ринку свіжих овочів і збільшується, але є менш поширеним. Наприклад, у США для переробки призначено близько 53 % усіх овочів, що вирощуються [12]. Побудовані моделі прогнозування врожайності і виходу стандартної продукції плодів пасльонових овочів можуть стати ефективним інструментом для прийняття адекватних рішень щодо планування заходів по реалізації, зберіганню чи направленню на переробку отриманого врожаю. При прогнозованій кількості товарної частини, заздалегідь відома кількість продукції, яка придатна тільки корму. Однак, кількість товарної продукції становитиме лише на 2...9 % менше. І тут постає проблема оптимального розподілу шляхів реалізації продукції. На нашу думку, ці шляхи повинні виходити з раціональних норм споживання овочів. Загалом, річна норма споживання (РНС) овочів без врахування баштаних складає 134 кг на особу [13]. Для перцю РНС становить 2,8 кг, з них 0,8 у свіжому вигляді, решта в переробленому. За даними Державної служби статистики у 2011 році вироблено 185,15 тис. т. перцю. Отже, на одну особу вироблено близько 4 кг. Середній фонд споживання овочів від їх виробництва склав 72 % [14, с. 36]. Тоді фонд споживання перцю складе 133,3 тис. т, або 2,92 кг на одну особу, що цілком задовольняє РНС. Для споживання у свіжому вигляді необхідно реалізувати 36,5 тис. т. чи 27,4 % продукції. На переробку, у відповідності до науково обґрунтованих норм споживання, необхідно направити 91,2 тис. т., або 68,4 % продукції. Близько 4,2 % вироблено понад рекомендованих норми споживання. Саме така кількість продукції може направляти на зберігання для подовження термінів споживання чи реалізуватись за межі України. Аналогічно розроблена структура реалізації томатів.

Річний фонд споживання овочів та баштаних культур у 2012 році становив 7452 тисяч тон, а споживання на одну особу склало 163,4 кг в рік [15, с. 22, 23]. Томатів вироблено 2274,1 тон [17, с. 123]. Отже, на одну особу вироблено 49,9 кг. Фонд споживання овочів у 2012 році склав 70,5 % [15, с. 38]. Для томатів РНС становить 39 кг на особу, з них 21,1 кг у свіжому вигляді, 17,9 у переробленому. Відповідно до РНС, реалізувати у свіжому вигляді необхідно 960,05 тис. т, чи 59,9 % від фонду споживання (1603,2 тис. т.). На переробку необхідно направити не менше 814,5 тис. т, чи 50,8 % від фонду споживання. Очевидна нестача 9,1% продукції. Тож для задоволення потреб населення у свіжій та переробленій продукції томатів необхідно збільшити фонд споживання. Це є цілком можливим, адже виробляють томатів у надлишку. Вирішенням проблеми є скорочення втрат в ланцюгу постачання на етапі зберігання і реалізації.

Висновки

1. При вирощуванні пасльонових овочів у нестабільних кліматичних умовах зони Сухого Степу основними факторами, що визначають урожайність пасльонових овочів, є сума активних температур періоду формування і дозрівання плодів ($r=0,63...0,81$) та кількість днів з мінімальними температурами нижче біологічного мінімуму ($r=-0,61...-0,70$).

2. На формування товарності томатів та перцю, крім суми температур періоду формування і дозрівання плодів ($r=0,55...0,69$), значний вплив мають також кількість днів з мінімальними температурами нижче біологічного мінімуму та опади ($r=-0,71...-0,73$).

3. Побудовані моделі прогнозування врожайності і виходу стандартної продукції плодів пасльонових овочів можуть стати ефективним інструментом для прийняття адекватних рішень щодо планування заходів по реалізації, зберіганню чи направленню на переробку отриманого врожаю.

Список використаної літератури

1. [Wheeler T.](#) Climate Change Impacts on Global Food Security / [Tim Wheeler](#), [Joachim von Braun](#) // Science. – 2013. – Vol. 341, № 6145. – P. 508-513.
2. Україна та глобальний парниковий ефект. Частина 2. Вразливість і адаптація екологічних та економічних систем до зміни клімату / За редакцією В.В. Васильченка, М.В. Рапцуна, І.В. Трофимової. – К., 1998. – 210 с.
3. Сухий П.О. Сучасний стан та перспективи розвитку овочівництва в Україні / П.О. Сухий, М.Д. Заячук // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «География». – 2012. – Том 25 (64), №3. – С. 38-48.
4. Ромащенко М. Состояние и перспективы развития овощеводства открытого грунта в Украине / М. Ромащенко // Овощеводство. – 2010. – № 5. – С. 8 – 11.

5. Global Desertification: Building a Science for Dryland Development / James F. Reynolds, D. Mark Stafford Smith, Eric F. Lambin [et al.] // Science. – 2007. – Vol. 316, № 5826. – P. 847–851.
6. Божко Л.Ю. Оцінка агрокліматичних умов формування продуктивності овочевих культур в Україні / Л.Ю. Божко, О.А. Барсукова // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2009. – Вип. 7. – С. 101–109.
7. Моніторинг росту та прогнозування врожайності сільськогосподарських культур. Проект "Марс" / В. Кравчук, О. Ковтуненко // Техніка і технології АПК: науково-виробничий журнал. – 2009. – №1. – С. 27–31.
8. Heat units, solar radiation and daylength as pepper harvest predictors / Katharine B. Perry, D. C. Sanders, Darbie M. Granberry [et al.] // Agricultural and Forest Meteorology. – 1993. – № 65. – P. 197–205.
9. Food and Agricultural commodities production. Commodities by country. [Електронний ресурс] / FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2013. – Режим доступу : <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
10. Riga P. Tomato quality is more dependent on temperature than on photosynthetically active radiation / Patrick Riga, Mikel Anza, Carlos Garbisu // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2008. – Vol. 88, № 1. – P. 158–166.
11. Kader A.A. Increasing food availability by reducing postharvest losses of fresh produce / A.A. Kader // Proceedings of the 5th International Postharvest Symposium. –Verona, Italy, 2005. – P. 2169–2176.
12. Писаренко В.В. Маркетинг овощной продукции (методические и практические аспекты): Разработка эффективной продуктовой политики [Електронний ресурс] / В.В. Писаренко. – Agromage.com 2000–2014. – Режим доступу : http://agromage.com/stat_id.php?id=384.
13. Писаренко В.В. Маркетинг овощной продукции (методические и практические аспекты): Маркетинговое исследование потребителей, розничного и оптового сегмента рынка овощной продукции [Електронний ресурс] / В.В. Писаренко. – Agromage.com 2000–2014. – Режим доступу : http://agromage.com/stat_id.php?id=325
14. Баланси та споживання основних продуктів харчування населенням України 2011 : стат. збірник [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України ; ред. Н.С. Власенко. – 2012. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
15. Баланси та споживання основних продуктів харчування населенням України 2012 : стат. збірник [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України ; ред. Н.С. Власенко. – 2013. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>