

ПРОГНОЗУВАННЯ ФОНДУ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН В ЗЕЛЕНІ ПЕТРУШКИ

Тележенко Л.М.

Одеська національна академія харчових технологій

Кулик А.С., Жукова В.Ф.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Досліджено вплив абіотичних факторів на формування фонду аскорбінової кислоти, фенольних речовин, хлорофілів, каротиноїдів та β -каротину в зелені петрушки впродовж вегетації. Побудовано прогностичні моделі та кореляційні залежності між абіотичними факторами та біологічно активними речовинами петрушки двох сортів. Встановлено, що вміст аскорбінової кислоти обернено корелює з сумою активних температур ($r = -0,58...-0,72$). Рівень накопичення фенольних сполук показав сильну пряму залежність від суми активних температур ($r = 0,84...1,00$), зворотну від кількості опадів та гідротермічного коефіцієнта ($r = -0,50...-1,00$). Формування комплексу пігментів знаходиться в сильній прямій залежності від суми активних температур ($r = 0,64...0,99$), а також оберненій від кількості опадів та гідротермічного коефіцієнта ($r = -0,37...-1,00$).

Ключові слова: зелень петрушки, абіотичні фактори, аскорбінова кислота, поліфеноли, хлорофіли, каротиноїди, β -каротин.

Постановка проблеми. Плодоовочева галузь сільського господарства відіграє домінуючу роль в збагаченні раціонів населення біологічно активними речовинами [1]. Згідно з рекомендаціями МОЗ України раціональна норма споживання овочів становить 161 кг на рік [2]. Доля пряно-смакових культур серед них стабільно зростає, що обумовлено їх високою біологічною цінністю та універсальністю використання [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед зеленних овочів петрушка виділяється як найбільш цінна в біологічному відношенні культура, багата на вітаміни, мікроелементи, фенольні речовини, флаваноїди, ефірні олії [3]. Морфологічна будова петрушки та її біохімічний склад є селекційно цінними ознаками, які переважно визначаються генотипом і формуються впродовж індивідуального розвитку [4]. Проте мінливість господарсько цінних характеристик петрушки залежно від погодно-кліматичних показників нерідко стає причиною невідповідності якості готової продукції вимогам як виробників, так і споживачів. Коливання абіотичних чинників виключає шаблонний підхід до процесу вирощування і вимагає оптимізації агротехнологічних прийомів з урахуванням регіональних особливостей клімату.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Теоретичний та практичний інтерес представляє пошук науково обґрунтованої статистичної функціональної залежності між вмістом біологічно активних речовин в зелені петрушки та абіотичними факторами впродовж вегетації. Досвід виробництва плодовоовочевої продукції різного цільового призначення свідчить про наявність тісного зв'язку між цими чинниками [5, 6, 7].

Формулювання цілей статті. Зростаючі вимоги споживачів до сукупних властивостей кінцевої продукції та жорстка конкуренція на ринку свіжих плодів і овочів змушує виробників вживати заходів для підвищення ефективності їх виробництва. Прогнозування показників господарської, харчової та біологічної цінності при виробництві сільськогосподарських культур є клю-

човим аргументом для отримання високоякісної продукції. За такими показниками, як кількість поліфенольних сполук, аскорбінової кислоти та пігментів, можна опосередковано судити про придатність до зберігання рослинної продукції.

Тому метою досліджень було виявлення закономірностей впливу абіотичних чинників на формування біологічно активних речовин у зелені петрушки різних сортів для прогнозування її якості. Використання отриманих закономірностей дасть можливість передбачати кількісний склад цих речовин при вирощуванні петрушки за різних метеоумов, а відтак можливі напрями її використання та тривалість зберігання.

Для цього потрібно було провести скринінг ендегенних біологічно активних речовин зелені петрушки залежно від сезону збору, визначити фактори, що впливають на формування комплексу біологічних речовин зелені петрушки; встановити кореляційні зв'язки між погодними умовами періоду вегетації та рівнем накопичення даних речовин хімічного складу, а також скласти прогностичні моделі їх вмісту в кінцевій продукції.

Виклад основного матеріалу досліджень. Дослідження проводили в 2011–2013 років на базі лабораторії технології первинної обробки і зберігання продуктів рослинництва НДІ «Агротехнологій та екології» Таврійського державного агротехнологічного університету м. Мелітополя.

Досліджували зелень петрушки, вирощену навесні та восени в умовах відкритого ґрунту згідно з ДСТУ 6010: 2008 «Петрушка молода свіжа. Технічні умови». Використовували сорти Оскар і Новас, внесені в державний реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні.

Технологія вирощування в досліді була загальноприйнятою для петрушки у зоні Південного Степу. На дослідних ділянках встановлена система краплинного зрошення. Вологість ґрунту на посівах петрушки підтримували не нижче 70% НВ. Збір весняної зелені петрушки проводили при досягненні нею 15–20 см завдовжки. Листки зрізували на висоті 2–3 см від поверхні ґрунту так, щоб не пошкодити центральної бруньки. Зелень осін-

нього врожаю отримували від весняного посіву. Зелень зрізали на 60-80 день вегетації, коли вона досягала в довжину 15-20 см, а кількість листків на кожному черешку сягала 6-8 шт. Суму активних температур (САТ) визначали як суму середньодобових температур вище +10°C за вегетацію.

Вміст аскорбінової кислоти (АК) у мг на 100 г сирової ваги визначали за відновленням реактиву Тільманса [8]; загальний вміст фенольних речовин (ФР) у мг на 100 г сирової ваги визначали за допомогою реактиву Фоліна-Деніса, за ДСТУ 4373; вміст хлорофілів та каротиноїдів у мг на 100 г сирової ваги встановлювали шляхом екстрагування пігментів ацетоном з наступним визначенням спектрофотометричним методом [9].

За результатами проведених досліджень виявлено кореляційні залежності між погодними умовами та біологічно активними речовинами зелені петрушки обох сортів (табл. 1, 2).

Встановлено, що аскорбінова кислота обернено корелює з САТ ($r = -0,58...-0,72$), що підтверджує дані інших авторів щодо негативного впливу зазначеного фактора на рівень накопичення АК рослинами [10].

Рівень накопичення фенольних сполук показав сильну пряму залежність від САТ ($r = 0,84...1,00$), зворотну від кількості опадів та ГТК ($r = -0,50...-1,00$).

Комплекс пігментів знаходиться в сильній прямій залежності від САТ ($r = 0,64...0,99$), а також оберненій від кількості опадів та ГТК ($r = -0,37...-1,00$). Аналогічна тенденція спостерігається відносно β -каротину, вміст якого дуже тісно корелює з САТ ($r = 0,97...1,00$).

Тож встановлено, що формування біологічної цінності зелені петрушки залежить від багатьох факторів. Для можливості прогнозування вмісту біологічно активних речовин у зелені петрушки залежно від умов періоду вегетації спробували побудувати математичні моделі. На основі багатофакторного аналізу впливу факторів на формування компонентів хімічного складу, з високою вірогідністю можна прогнозувати вміст β -каротину та поліфенольних сполук

в зелені петрушки залежно від погодних умов. Рівняння залежності вмісту β -каротину в зелені петрушки від абіотичних чинників має вигляд:

$$Y = 0,002X_1 - 0,0172X_2 + 0,456X_3 + 7,025, \quad (1)$$

де, Y – вміст β -каротину, мг/100 г;

X_1 – САТ періоду вегетації, ($518,4 \leq X_1 \leq 4181,5$)°C;

X_2 – сума опадів, ($41,5 \leq X_2 \leq 322,1$) мм;

X_3 – ГТК, ($0,42 \leq X_3 \leq 2,06$).

Тут коефіцієнт множинної кореляції $R = 0,99$, коефіцієнт детермінації $R_2 = 0,99$, скорегований коефіцієнт детермінації $R^{2*} = 0,96$, критерій $F(3,2) = 47,07$, рівень значимості $p < 0,02$, при стандартній помилці оцінки – 0,48.

Після виключення з рівняння факторів, які несуттєво впливають на результат, або колінеарні, рівняння приймає вигляд:

$$Y = 0,002X_1 - 0,015X_2 + 7,520, \quad (2)$$

Тут коефіцієнт множинної кореляції $R = 0,99$, коефіцієнт детермінації $R_2 = 0,98$, скорегований коефіцієнт детермінації – 0,96, критерій $F(2,3) = 66,89$, рівень значимості $p < 0,003$, при стандартній помилці оцінки – 0,49. Такі характеристики свідчать про високу адекватність побудованої моделі.

Рівняння залежності вмісту фенольних сполук від погодних чинників має вигляд:

$$Y = 0,0196X_1 - 0,1309X_2 - 1,0363X_3 + 214,960, \quad (3)$$

де, Y – вміст фенольних речовин, мг/100 г;

X_1 – САТ періоду вегетації, ($518,4 \leq X_1 \leq 4181,5$)°C;

X_2 – сума опадів, ($41,5 \leq X_2 \leq 322,1$) мм;

X_3 – ГТК, ($0,42 \leq X_3 \leq 2,06$).

Тут $R = 0,99$; $R_2 = 0,99$; $R^{2*} = 0,99$, критерій $F(3,2) = 224,49$, рівень значимості $p < 0,0044$, при стандартній помилці оцінки – 2,05.

Після виключення з рівняння факторів, які несуттєво впливають на результат, або колінеарні, рівняння приймає вигляд:

$$Y = 0,020X_1 - 0,014X_2 + 213,835, \quad (4)$$

Тепер $R = 0,99$; $R_2 = 0,99$; $R^{2*} = 0,99$, критерій $F(2,3) = 441,58$, рівень значимості

Таблиця 1

Кореляційні залежності між метеоумовами та біологічно активними речовинами зелені петрушки сорту Новас

| Показник хімічного складу | Весняний збір | | | Осіній збір | | |
|---------------------------|---------------|--------|--------|-------------|--------|--------|
| | Опади | САТ | ГТК | Опади | САТ | ГТК |
| Аскорбінова кислота | - 0,23 | - 0,58 | 0,29 | 0,87 | - 0,66 | - 0,14 |
| Поліфенольні сполуки | - 0,96 | 0,84 | - 0,97 | - 0,92 | 1,00 | - 0,71 |
| Хлорофіли | - 1,00 | 0,64 | - 0,85 | - 0,39 | 0,67 | - 1,00 |
| Каротиноїди | - 1,00 | 0,67 | - 0,87 | - 0,99 | 0,99 | - 0,51 |
| β -каротин | - 0,82 | 0,97 | - 1,00 | - 0,98 | 0,99 | - 0,55 |

Таблиця 2

Кореляційні залежності між метеоумовами та біологічно активними речовинами зелені петрушки сорту Оскар

| Показник хімічного складу | Весняний збір | | | Осіній збір | | |
|---------------------------|---------------|--------|--------|-------------|--------|--------|
| | Опади | САТ | ГТК | Опади | САТ | ГТК |
| Аскорбінова кислота | - 0,05 | - 0,72 | 0,46 | 0,88 | - 0,68 | - 0,12 |
| Поліфенольні сполуки | - 0,90 | 0,92 | - 1,00 | - 0,99 | 0,98 | - 0,50 |
| Хлорофіли | - 1,00 | 0,70 | - 1,00 | - 0,37 | 0,65 | - 1,00 |
| Каротиноїди | - 1,00 | 0,65 | - 0,86 | - 0,75 | 0,92 | - 0,89 |
| β -каротин | - 0,88 | 0,94 | - 1,00 | - 0,97 | 1,00 | - 0,57 |

$r = 0,0002$, при стандартній помилці оцінки – 1,81. Характеристики моделі вказують на її високу адекватність.

Висновки і пропозиції. Використання отриманих закономірностей дає можливість прогнозувати кількісний склад біологічно активних речовин при вирощуванні петрушки за різних метеоумов на будь-який момент вегетації. Заздалегідь знаючи вміст основних біологічно активних речовин,

можна сформулювати уявлення щодо її конкурентоздатності на ринку свіжих овочів, аналізувати її якість з точки зору споживача та переробника, а також відповідно планувати напрями переробки чи зберігання.

Побудовані прогностичні моделі можуть бути використані як ефективний інструмент корекції продуктивного потенціалу петрушки за допомогою спеціальних агротехнічних заходів.

Список літератури:

1. Логоша Р. В. Світовий ринок овочів та місце на ньому України / Р. В. Логоша // Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. Економічні науки: зб. наук. пр. / редкол.: Макаренко П. М. (відп. ред.) та ін. – Полтава: ПДАА. – 2010. – Вип. 1 (6), Т. 1. – 2013. – С. 164–169.
2. МОЗ України. Орієнтовний набір основних продовольчої сировини і харчових продуктів для забезпечення у середньому на душу населення на 2005–2015 роки. Затв. МОЗ України.
3. Сукманов В. О. Мониторинг рынка пряных трав и способы их хранения / В. О. Сукманов, С. І. Охременко // Науковий вісник СНУ. – 2012. – № 12 (183), частина 1. – С. 270–274.
4. Иванова М. И. Научное обоснование селекции и первичного семеноводства сельдерея (*Apium graveolens* L.) и петрушки (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nym. ex A.W. Hill): автореферат дис. ... доктора сельскохозяйственных наук: 06.01.05 / Иванова Мария Ивановна; [Место защиты: ГНУ Всероссийском научно-исследовательском институте овощеводства]. – Москва, 2012. – 43 с.
5. Прісс О. П. Формування біологічно активних речовин в плодах томату під впливом абіотичних факторів / О. П. Прісс // Харчова наука і технологія. – 2014. – № 3 (28). – С. 43–46.
6. Прісс О. П. Формування біологічно активних речовин у плодах перцю під впливом абіотичних факторів / О. П. Прісс // Наукові праці НУХТ. – 2015. – Т. 21, № 2. – С. 183–189.
7. Прісс О. П. Залежність урожайності та показників якості плодів томата від погодних умов / О. П. Прісс, В. Ф. Жукова // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – № 1. – 2013. – С. 49–51.
8. Найченко В. М. Практикум з технології зберігання і переробки плодів та овочів з основами товарознавства / В. М. Найченко. – К.: ФАДА ЛТД, 2001. – 211 с.
9. Мусієнко М. М. Спектрофотометричні методи в практиці фізіології, біохімії та екології рослин / М. М. Мусієнко, Т. В. Паршикова, П. С. Славний. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – 200 с.
10. Matějčková J. Ascorbic acid contents in selected vegetables in relation to variety, growing site, year and storage / Jana Matějčková, Kristína Petříková // Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun. – 2010. – Vol. 58. – P. 95–100.

Тележенко Л.Н.

Одесская национальная академия пищевых технологий

Кулик А.С., Жукова В.Ф.

Таврический государственный агротехнологический университет

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФОНДА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЗЕЛЕНИ ПЕТРУШКИ

Аннотация

Исследовано влияние абиотических факторов на формирование фонда аскорбиновой кислоты, фенольных веществ, хлорофиллов, каротиноидов и β -каротина в зелени петрушки в течение вегетации. Показаны прогностические модели и корреляционные зависимости между абиотическими факторами и биологически активными веществами петрушки двух сортов. Установлено, что содержание аскорбиновой кислоты обратно коррелирует с суммой активных температур ($r = -0,58...-0,72$). Уровень накопления фенольных соединений показал сильную прямую зависимость от суммы активных температур ($r = 0,84...1,00$) и обратную от количества осадков и гидротермического коэффициента ($r = -0,50...-1,00$). Формирование комплекса пигментов находится в сильной прямой зависимости от суммы активных температур ($r = 0,64...0,99$), а также обратной от количества осадков и гидротермического коэффициента ($r = -0,37...-1,00$).

Ключевые слова: зелень петрушки, абиотические факторы, аскорбиновая кислота, полифенолы, хлорофиллы, каротиноиды, β -каротин.

Telezhenko L.M.

Odessa National Academy of Food Technologies

Kulik A.S., Zhukova V.F.

Tavria State Agrotechnological University

PREDICTION OF BIOACTIVE COMPOUNDS POOL IN PARSLEY LEAVES

Summary

The influence of abiotic factors on the formation of ascorbic acid, phenolic compounds, chlorophyll, carotenoids and β -carotene in parsley during the growing season were studied. Predictive models and correlations between abiotic factors and biologically active substances of two varieties of parsley were shown. It is established that ascorbic acid is inversely correlated with the sum of active temperatures ($r = -0,58...-0,72$). The level of accumulation of phenolic compounds showed a strong direct dependence on the sum of active temperatures ($r = 0,84...1,00$), reverse dependence on rainfall and hydrothermal coefficient ($r = -0,50...-1,00$). The complex pigment formation is strongly directly proportional to the amount of active temperatures ($r = 0,64...0,99$), and also reversely to the amount of rainfall and hydrothermal coefficient ($r = -0,37...-1,00$).

Keywords: parsley, abiotic factors, ascorbic acid, polyphenols, chlorophyll, carotenoids, β -carotene.