The paper presents the findings of the study on 23 varieties of cherries (*Cerasus avium* L.) of various genetic and ecological and geographical origin. The varieties belong to the general collection of the centre for collective use at North Caucasian Federal Research Centre of Horticulture, Vine Growing and Wine Making. The study aimed to identify cherry varieties with the best indices of fruit quality and biochemical composition. The paper highlights the results of a comprehensive assessment of the pomology-related features and biochemical composition of cherries. The study established that the dynamics of biologically active substances depends on the variety characteristics. It was found that the average weight of the cherry fruit in the studied varieties was 7,7 g; the Sonata variety had the maximum weight of 14,0 g. The following group of varieties showed high indices of soluble solids (18,0–23,1 %): home varieties Alaya, Volshebznitsa, Mak, Vasilisa, Yaroslavl, Syurpriz, introduced-varieties Regina and Lapins. The varieties Alaya, Volshebznitsa, Podarok

leta, Sashenka, Talisman showed their high sugar content: 13,1–15,7 %. The varieties Barkhatnaya, Mak, Podarok leta and Anons demonstrated increased antioxidant activity, as they had ascorbic acid level of 11,5–13,5 mg/100 g. The varieties of the local selection Dar isobiliya, Volshebznitsa and Mak had high accumulation of P-active substances in the fruit (100,4–194,5 mg/100 g). The studied cherry varieties showed a strong variation in anthocyanins ($C_v = 46–56\%$), ranging from 18,5 in the variety Syurpriz to 403,9 mg/100 g in the variety Madonna. The varieties Krupnoplodnaya, Melitopolskaya black, Donetskaya krasavitsa were identified as the sources of producing large fruits. The varieties can be effectively used in selection practices as they can significantly increase the weight of fruits in new genotypes. The study identified the following cherry varieties that demonstrated high consumer qualities of fruits: Alaya, Volshebznitsa, Krupnoplodnaya, Melitopolskaya black, Anons and Talisman.

© Доля Ю.А., Заремук Р.Ш.

УДК 631.421.2

DOI: 10.31563/1684-7628-2020-54-2-27-32

Ф.Т. Казымова

НОВЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ФОСФОРА В УВЛАЖНЕННОЙ ПОЧВЕ

Ключевые слова: почва; отражение; поглощение; спектр; содержание фосфора.

Введение. Хорошо известно, что фосфор является одним из важнейших питательных веществ, содержащихся в почве [1–3]. Существуют различные методы определения содержания фосфора в почве. Например, в ряде работ [4, 5] предлагается определять его в видимом и близком инфракрасном диапазонах. Вопросы использования специальных сенсоров, способных определить содержание фосфора в реальном масштабе времени, рассмотрены в работе [6]. Вместе с тем недисперсные спектральные методы, реализуемые в видимом и ближнем ИК-диапазонах, недостаточно точны и подвержены влиянию многих факторов. Раздельное использование в этих целях спектров отражения и поглощения также подвержено влиянию такого фактора, как влажность почвы. Так, отражение почвы уменьшается под влиянием влаги, а показатель поглощения увеличивается. Следовательно, имеет смысл использовать оба эти показателя в виде взвешенной скалярной свертки и применять экстремальные свойства такой

свертки при определении содержания фосфора в почве.

Цель исследования: обоснование экстремального метода определения содержания фосфора в почве.

Рассмотрены следующие **задачи:** влияние фосфора на спектральные отражательные характеристики увлажненной почвы; влияние фосфора на характеристики спектрального поглощения увлажненной почвы.

Методика и результаты исследования. Первая задача исследования в полной степени освещена в отдельных работах [7]; рядом авторов [8–10] был исследован вопрос о влиянии фосфора на отражательные характеристики увлажненной почвы, а также влияние фосфатов в диапазоне длин волн 225–2550 нм [11]. При этом частично ставилась задача исключения влияния влаги на результат определения содержания фосфора. Исследование влияния фосфора на отражательные характеристики песочной почвы проводилось на специальных образцах, где были выделены 7

градаций по содержанию фосфора: (1) нет фосфора ($C_p = 0$); (2) очень мало ($C_p = 12,5$ мг/кг); (3) мало ($C_p = 62,5$ мг/кг); (4) среднее ($C_p = 175$ мг/кг); (5) высокое ($C_p = 375$ мг/кг); (6) очень высокое ($C_p = 750$ мг/кг); (7) экстремальное высокое содержание фосфора ($C_p = 1000$ мг/кг), где C_p – концентрация фосфора в почве [7].

По содержанию влаги в образцах почвы были выделены следующие градации: (1) нет влаги ($C_w = 0$); (2) низкое содержание ($C_w = 4$ %); (3) среднее содержание ($C_w = 8$ %); (4) высокое содержание ($C_w = 12$ %).

Рисунок 1

Отражательные спектры образцов почвы с влажностью 4 % при разных содержаниях фосфора. Цифрами указаны градации содержания фосфора в почве

Рисунок 2

Отражательные спектры образцов почвы с влажностью 8 % при разных содержаниях фосфора. Цифрами указаны градации содержания фосфора в почве

Как видно из графиков, приведенных на рисунках 1 и 2, с увеличением содержания фосфора в почве происходит уменьшение отражения, при этом отрицательный прирост отражения уменьшается с увеличением влаги в почве.

Вторая из вышеуказанных задач исследования наиболее полно рассмотрена в работе [12]. В этой работе было исследовано влияние фосфора на характеристики поглощения песочной

почвы, содержащей влагу в определенных пропорциях.

Для перехода от характеристик отражения в показатель поглощения была использована следующая формула

$$Abs = \log\left(\frac{1}{Re f}\right), \quad (1)$$

где Abs – поглощение; $Re f$ – отражение.

Рисунок 3

Кривые поглощения песочной почвы с влажностью 4 % при разных градациях содержания фосфора

Рисунок 4

Кривые поглощения песочной почвы с влажностью 8 % при разных градациях содержания фосфора

Согласно [12], содержание влаги в почве устанавливалось на основе определения поглощения на длинах волн 1450 нм; 1940 нм и 340 нм. Основные результаты проведенных исследований поглощения почвы отображены на рисунках 3 и 4. Как видно из приведенных на рисунках 3 и 4 графиков, с увеличением содержания влаги происходит рост поглощения, как и с увеличением содержания фосфора в почве.

На основе вышерассмотренных закономерностей спектров отражения и поглощения почвы, содержащей в определенных градациях влаги и фосфор, нами предлагается экстремальный метод определения содержания фосфора в почве. Приведем математическое обоснование предлагаемого метода.

Введем в рассмотрение многокритериальный показатель S , определенный в качестве скалярной взвешенной свертки $\log\left(\frac{1}{\text{Re } f}\right)$ и $\text{Re } f$ в виде

$$S = \alpha_1 \cdot \log_{10}\left(\frac{1}{\text{Re } f}\right) + \alpha_2 \cdot \text{Re } f, \quad (2)$$

$$\text{где} \quad \alpha_1 + \alpha_2 = 1. \quad (3)$$

Исследуем выражение (2) на экстремум от $\text{Re } f$:

$$\frac{dS}{d \text{Re } f} = -\alpha_1 \frac{\frac{1}{\text{Re } f^2}}{\left(\frac{1}{\text{Re } f}\right) \ln 10} + \alpha_2. \quad (4)$$

Из (4) получаем

$$\frac{1/\operatorname{Re} f}{\ln 10} = \frac{\alpha_2}{\alpha_1}. \quad (5)$$

Из (5) находим значение $\operatorname{Re} f_0$, при котором (2) достигает экстремума.

$$\operatorname{Re} f_0 = \frac{\alpha_1}{\alpha_2 \cdot \ln 10}. \quad (6)$$

Нетрудно показать, что $\frac{d^2 S}{d \operatorname{Re} f^2}$ является положительной величиной, т. е. выражение (2) при решении (6) достигает минимума.

С учетом (3) выражение (6) перепишем в виде

$$\operatorname{Re} f_0 = \frac{\alpha_1}{(1 - \alpha_1) \ln 10}. \quad (7)$$

Как было указано выше, $\operatorname{Re} f$ уменьшается с увеличением содержания влаги, а также фосфора в почве. При этом отрицательный прирост $\operatorname{Re} f$ из-за увеличения содержания фосфора уменьшается с ростом содержания влаги. Следовательно, $\operatorname{Re} f_0$ может быть представлен в виде

$$\operatorname{Re} f_0 = \operatorname{Re} f' - \Delta \operatorname{Re} f(\Delta W; \Delta P), \quad (8)$$

где ΔW – концентрация влаги; ΔP – концентрация фосфора в почве; $\operatorname{Re} f'$ – величина отражения при нулевом содержании в почве влаги и фосфора.

При $\Delta W = \text{const}$ с учетом (7) и (8) получим

$$\frac{\alpha_1}{(1 - \alpha_1) \ln 10} = \operatorname{Re} f' - \Delta \operatorname{Re} f(\Delta P). \quad (9)$$

Из (9) окончательно находим

$$\Delta P = \Delta \operatorname{Re} f^{-1} \left[\operatorname{Re} f' - \frac{\alpha_1}{(1 - \alpha_1) \ln 10} \right]. \quad (10)$$

Таким образом, зная величину $\operatorname{Re} f'$ и откалиброванную $\Delta \operatorname{Re} f(\Delta P)$, можно определить величину ΔP .

С учетом вышеизложенного, алгоритм реализации предлагаемого метода можно изложить в следующем виде:

1. Составляется свертка (2).
2. При фиксированном изменении значения α_1 фиксируется такая величина $\operatorname{Re} f_0$, при которой величина (2) проходит через экстремум (минимум).
3. Осуществляется проверка $\operatorname{Re} f_0$ по формуле (7).
4. По известным $\Delta \operatorname{Re} f'$ и $\operatorname{Re} f'$ определится ΔP (используем выражение (10)).

Модельные исследования. Проведем модельные исследования для упрощенного случая, когда $\Delta \operatorname{Re} f(\Delta P)$ может быть представлена в виде линейной функции, т. е.

$$\Delta \operatorname{Re} f = k \cdot \Delta P, \quad (11)$$

где $k = \text{const}$.

С учетом (9) и (11) получим

$$\frac{\alpha_1}{(1 - \alpha_1) \ln 10} = \operatorname{Re} f' - k \Delta P. \quad (12)$$

С учетом (7) и (12) имеем

$$\Delta P = \frac{\operatorname{Re} f' - \operatorname{Re} f_0}{k}. \quad (13)$$

Таким образом, если учесть, что для рассматриваемого типа почвы $\operatorname{Re} f' = \text{const}$, то выражение (13) можно отобразить в виде

$$\Delta P = \frac{1 - \eta}{\beta}, \quad (14)$$

$$\text{где } \eta = \frac{\operatorname{Re} f_0}{\operatorname{Re} f'}; \quad (15)$$

$$\beta = \frac{k}{\operatorname{Re} f'}. \quad (16)$$

Графики зависимости $\Delta P = f(\beta, \eta)$ приведены на рисунке 5.

Рисунок 5
Графики функции (14) при различных значениях β .
Цифрами обозначены: (1) $\beta = 1$; (2) $\beta = 2$; (3) $\beta = 3$

Выводы. Предложен метод определения содержания фосфора в почве с использованием данных влияния влажности и фосфора на отражательный и абсорбционный спектры почвы. Предлагаемый метод основан на экстремальном свойстве скалярной взвешенной свертки частных критериев, обладающих парафазным свойством изменения от единого аргумента. В качестве таких частных критериев используются отражение и поглощение почвы.

Математически показано, что взвешенная свертка указанных частных критериев имеет

экстремум в виде минимума при определенном значении показателя отражения. Предложен алгоритм реализации метода, суть которого состоит в вычислении такой величины общего аргумента (которым является отражение), при которой скалярная свертка достигает минимума при определении значения показателя отражения. На основе вычисленной величины отражения определяется концентрация фосфора в почве с учетом известных значений других показателей.

Библиографический список

1. Malhotra H., Vandana, Sharma S., Pandey R. Phosphorus nutrition: Plant growth in response to deficiency and excess.
2. Grant C.A., Flaten D.N., Tomasiewicz D.J., Sheppard S.C. Importance of early season phosphorus nutrition.
3. Grant C.A., Flaten D.N., Tomasiewicz D.J., Sheppard S.C. The importance of early season phosphorus nutrition.
4. Rossel V., Walvoort R.A., McBratney D.J.J., Janik A.B., Skjemstad L.J. Visible, near-infrared, mid-infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties. *J. Geoderma*. 2006. Vol. 131 (1-2). Pp. 59–75.
5. Stenberg L.S., Viscarra Rossel R.A., Mouazen A.M., Wetterlind J. Visible and near-infrared spectroscopy in soil science. *Adv. Agron.* 2010. Vol. 107. Pp. 163–215. [http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)07005-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113(10)07005-7).
6. Adamchuk V.I., Hummel J.W., Morgan M.T., Upadhyaya S.K. On the go soil sensors for precision agriculture. *Comput. Electron. Agric.* 2004. Vol. 44 (1). Pp. 71–91. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2004.03.002>.
7. Bogrekci I., Lee W.S. The effects of soil moisture content on reflectance spectra of soils using UV-VIS-NIR spectroscopy.
8. Lee W.S., Sanchez J.F., Mylavarapu R.S., Choe J.S. Estimating chemical properties of Florida soils using spectral reflectance. *Trans. ASAE*. 2003. Vol. 46 (5). Pp. 1443–1453.
9. Varvel G.E., Schlemmer M.R., Schepers J.S. Relationship between spectral data from an aerial image and soil organic matter and phosphorous levels. *J. Precision Agriculture*. 1999. Vol. 1. Pp. 291–300.
10. Bogrekci I., Lee W.S., Herrera J. Assessment of P-concentration in the Lake Okeechobee drainage basins with spectroscopic reflectance of VIS and NIR. *ASAE paper No 031139*. St. Joseph, Mich: ASAE. 2003.
11. Yoon R.H., Adel G.T., Luttrell G.H., Claus R.O., Murphy K.A. An optical sensor for on-line analysis of phosphate minerals. *Pub. No. 04-045-103*. Florida Institute of Phosphate Research. USA. 1993.
12. Bogrekci I., Lee W.S. Effects of soil moisture content on absorbance spectra of sandy soils in sensing phosphorus concentration using UV-VIS-NIR spectroscopy.

Сведения об авторе

Казымова Фергане Таваккуль гызы, докторант Национального аэрокосмического агентства, Азербайджанская Республика, AZ1115, г. Баку, ул. С.С. Ахундова, д. 9, e-mail: Fergane.kazimova@mail.ru.

Разработан метод определения содержания фосфора в почве с учетом данных о влиянии влажности и фосфора на отражательный и абсорбционный спектры почвы. Разработанный метод базируется на экстремальном свойстве скалярной взвешенной свертки частных критериев, парафазно зависящих от единого аргумента. В качестве таких частных критериев используются отражение и поглощение почвы электромагнитного излучения оптического диапазона. Показано, что взвешенная свертка ука-

занных частных критериев имеет экстремум в виде минимума при определенном значении показателя отражения. Предложен алгоритм реализации метода, суть которого состоит в вычислении величины общего аргумента (им является отражение), при которой скалярная свертка достигает минимума. На основе вычисленной величины отражения определяется концентрация фосфора в почве с учетом известных значений других показателей.

A NEW METHOD FOR DETERMINING THE PHOSPHORUS LEVEL IN MOIST SOIL

Key words: *soil; reflectance; absorbance; spectrum; phosphorus level.*

Authors' personal details

Fergane Kazymova, doctoral student of National Aerospace Agency, Azerbaijan Republic, AZ1115, Baku, S.S. Akhundova St., 9, e-mail: Fergane.kazimova@mail.ru.

The study developed a method for determining the phosphorus level in soil based on the effect of moisture and phosphorus on the reflectance and absorbance properties of the soil. The method is based on the extreme property of the weighted scalar convolution of partial criteria that have double phase dependence on a single argument. The reflectance and absorbance of optical range electromagnetic radiation by the soil are used as the partial criteria. The study showed that the weighted convolution of

these criteria had an extreme of a minimum at a certain value of the reflectance index. The author comes up with an algorithm for implementing the method. It is to calculate the value of the general argument (the reflectance), at which the scalar convolution reaches a minimum. The calculated reflectance value can be used to determine the concentration of phosphorus in the soil based on the known index values.

© Казымова Ф.Т.

УДК 631.111.1

DOI: 10.31563/1684-7628-2020-54-2-32-38

Л.Т. Мальцева, Е.А. Филиппова, Н.Ю. Банникова, Н.В. Катаева

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТБОРА ПО СЕЛЕКЦИОННЫМ ИНДЕКСАМ В КОНТРАСТНЫХ УСЛОВИЯХ ЗАУРАЛЬЯ

Ключевые слова: *селекционные индексы; погодные условия; колос; урожайность; озерность колоса.*

Введение. Неустойчивость климата Зауралья с часто повторяющимися засухами и другими стрессовыми явлениями повышают значение сорта [1]. При создании сортов пшеницы, адаптированных к местным условиям, ставится задача выделить генотипы мягкой пшеницы, лучшие по основным хозяйственно-ценным признакам в различных условиях выращивания. Использование современных ДНК-технологий убыстряет селекционный процесс [2]. Крупнов В.А. отмечает, что «наиболее надежный путь к сокращению сроков создания новых сортов... – это интеграция генотипирования и фенотипирования». Отбор по фенотипу остается наиболее распространенным методом в силу своей простоты и достаточной эффективности. Повышению эффективности отбора по признаку продуктивности в селекционном процессе способствует использование селекционных индексов [4]. Информационная ценность индексов меняется от условий, в которых производится от-

бор (засуха, высокая влагообеспеченность, болезни). Растения, реализуя свою генетическую программу, обнаруживают неодинаковую реакцию разных признаков на изменение условий внешней среды [5]. Это отмечают и другие исследователи: «Информация, которую несет на себе индекс... может быть негативной для результатов отбора, или, наоборот, очень полезной. Это зависит от действия лим-факторов на компоненты индекса и от «вывода» на них разных спектров генов в разных средах» [6]. Индексы широко применяются в селекционных технологиях [7]. Так на основе селекционных индексов предлагается новая тактика отбора в плотных посевах [8]. Драгавцев В.А., один из авторов модели эколого-генетического контроля признаков продуктивности, отмечает, что необходимо проанализировать эти и другие индексы с точки зрения МЭГКПП на их работоспособность в селекции растений в разных средах, на фонах разных динамик лимитирующих факторов [9].