NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI
ILMIY AXBOROTNOMASI, [2026-8]
ISSN:2181-1458
ISSN:2181-0427

03.00.00-BIOLOGIYA
journal.namdu.uz
BIOLOGICAL

MALINA (*RUBUS IDAEUS* L.) GENOTIPLARINING OPTIMAL SHAROITIDA SUV SAQLASH REJIMI VA XLORAFILL INDEKSI O‘ RTASIDAGI GENOTIPIK MUNOSABATLAR TAHLILI

Mamatqulova Gavhar Fayzullayevna
Genetika va O‘ simliklar ekperimental biologiyasi instituti katta ilmiy xodimi
ORCID:0009-0001-6609-8894
e-mail: gavhar0411@gmail.com
Rahimova Nargiza Maqsudjon qizi
Genetika va O‘ simliklar ekperimental biologiyasi instituti tayanch-doktoranti
ORCID: 0009-0009-3116-0940
e-mail: nargizarakhimova1998@gmail.com
Ernazarova Dilrabo Qo‘ shboqovna
Genetika va O‘ simliklar ekperimental biologiyasi instituti professori
ORCID: 0000-0003-0434-7952
e-mail: edilrabo64@gmail.com
Kushanov Faxriddin Ne’matullayevich
Genetika va O‘ simliklar ekperimental biologiyasi instituti professori
ORCID: 0000-0001-8446-8118
e-mail: fakhriddinkushanov@gmail.com

Annotatsiya: *Ushbu tadqiqotda optimal dala sharoitida o‘ stirilgan 18 ta malina (Rubus idaeus L.) navlarining barglaridagi nisbiy suv miqdori (RWC) va xlorofill indeksi (SPAD) o‘ rtasidagi genotipik munosabatlar hamda navlararo farqlar tahlil qilingan. Bargning nisbiy suv miqdori Barrs va Weatherley uslubi, xlorofill miqdori esa SPAD-502Plus portativ xlorofill-metri yordamida aniqlandi. Natijalarga ko‘ ra, RWC ko‘ rsatkichi navlar kesimida 82,99% (Zyugana sariq) dan 89,69% (Enrosadira) gacha, SPAD ko‘ rsatkichi esa 35,79 (Tibetskiy) dan 46,75 (Sariq gigant) birlikgacha o‘ zgarishi aniqlandi. Tukey HSD testi har ikki ko‘ rsatkich bo‘ yicha navlararo statistik jihatdan ishonchli farqlar mavjudligini tasdiqladi. Pearson korrelyatsion tahlili normal o‘ sish sharoitida RWC va SPAD ko‘ rsatkichlari o‘ rtasida chiziqli bog‘ liqlik yo‘ qligini ko‘ rsatdi (r=−0,040, p>0,05). Bu esa optimal sharoitda suv rejimi va xlorofill to‘ planishi mustaqil genetik mexanizmlar orqali boshqarilishini anglatadi. Tadqiqot yakunida yuqori fiziologik va fotosintetik salohiyatga ega bo‘ lgan Enrosadira hamda Karamelka navlari seleksiyada boshlang‘ ich qimmatli donorlar sifatida tavsiya etildi.*

Kalit so‘zlar: *malina (Rubus idaeus L.), genotip, nisbiy suv miqdori (RWC), xlorofill indeksi (SPAD), korrelyatsiya, Tukey testi, seleksiya, donor.*

АНАЛИЗ ГЕНОТИПИЧЕСКОЙ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ ВОДОСБЕРЕГАЮЩИМ РЕЖИМОМ И ИНДЕКСОМ ХЛОРОФИЛЛА У ГЕНОТИПОВ МАЛИНЫ *(RUBUS IDAEUS L.)* В ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация: *В данной работе проведен анализ генотипических взаимосвязей и межсортовых различий между относительным содержанием воды (RWC) и индексом хлорофилла (SPAD) в листьях 18 сортов малины (Rubus idaeusL.), выращенных в оптимальных полевых условиях. Относительное содержание воды в листьях определяли по методу Баррса и Уэзерли, а содержание хлорофилла экспресс-методом с помощью портативного хлорофиллометра SPAD-502Plus. Согласно результатам, показатель RWC варьировал от 82,99% (сорт Зюгана желтая) до 89,69% (сорт Энросадира), а значения SPAD — от 35,79 (сорт Тибетский) до 46,75 единиц (сорт Сарыг гигант). Критерий Тьюки (Tukey HSD) подтвердил статистически достоверные различия между сортами по обоим параметрам. Корреляционный анализ Пирсона показал отсутствие линейной зависимости между RWC и SPAD в нормальных условиях выращивания (r=−0,040,p>0,05). Это свидетельствует о том, что при отсутствии водного стресса водный режим и накопление хлорофилла регулируются независимыми генетическими механизмами. В качестве ценных доноров для селекции рекомендованы сорта Энросадира и Карамелька, продемонстрировавшие высокий физиологический и фотосинтетический потенциал.*

Ключевые слова: *малина (Rubus idaeus L.), генотип, относительное содержание воды (RWC), индекс хлорофилла (SPAD), корреляция, тест Тьюки, селекция, донор.*

ANALYSIS OF THE GENOTYPIC CORRELATION BETWEEN WATER-USE EFFICIENCY AND CHLOROPHYLL INDEX IN RASPBERRY *(RUBUS IDAEUS L.)* GENOTYPES UNDER OPTIMAL CONDITIONS

Abstract: *This study analyzes the genotypic relationships and cultivar variations between relative water content (RWC) and chlorophyll index (SPAD) in the leaves of 18 raspberry (Rubus idaeus L.) cultivars grown under optimal field conditions. Leaf relative water content was determined using the Barrs and Weatherley method, and chlorophyll content was measured using a portable SPAD-502Plus chlorophyll meter. The results showed that RWC varied from 82.99% (Zyugana sariq) to 89.69% (Enrosadira), while SPAD values ranged from 35.79 (Tibetskiy) to 46.75 units (Sariq gigant). The Tukey HSD test confirmed statistically significant differences among the cultivars for both parameters. Pearson correlation analysis indicated no significant linear correlation between RWC and SPAD under optimal growth conditions ($r=-0.040, p>0.05$). This suggests that under non-stress conditions, water status and chlorophyll accumulation are regulated by independent genetic mechanisms. Conclusively, the cultivars Enrosadira and Karamelka, which exhibited high physiological and photosynthetic potential, are recommended as valuable starting donors for raspberry breeding programs.*

Keywords: *raspberry (Rubus idaeus L.), genotype, relative water content (RWC), chlorophyll index (SPAD), correlation, Tukey test, breeding, donor.*

Kirish

Malina (*Rubus idaeus* L.) Rosaceae oilasiga mansub ko‘p yillik rezavor meva ekini bo‘lib, yuqori biologik va oziqaviy qiymati bilan ajralib turadi. Rezavor meva tarkibidagi polifenollar, antotsianlar, fruktoza, glyukoza hamda hayotiy muhim vitaminlar (ayniqsa, C va E vitaminlari) inson organizmida antioksidantlik va immunomodulyatorlik xususiyatlarini namoyon qilishi ko‘plab tadqiqotlarda o‘z isbotini topgan [6]. So‘nggi yillarda malina seleksiyasida nafaqat hosildorlik va meva sifati, balki o‘simliklarning fiziologik xususiyatlarini baholash ham ustuvor yo‘nalishlardan biriga aylandi. Ayniqsa barglarning nisbiy suv miqdori (*Relative Water Content* – RWC) hamda xlorofill miqdorini ifodalovchi SPAD indeksi o‘simliklarning fiziologik holatini tavsiflovchi muhim indikatorlar sifatida keng qo‘llanilmoqda .

Bargning nisbiy suv miqdori - o‘simlik to‘qimalarining suv bilan ta’minlanganlik darajasini va hujayralardagi turgor bosimini xarakterlovchi asosiy gidrologik ko‘rsatkichdir [1]. Ilmiy adabiyotlarda keltirilishicha, optimal sharoitda RWC darajasi yuqori bo‘lgan genotiplar barg stomalarining o‘tkazuvchanligini yaxshiroq boshqaradi va hujayra metabolizmini barqaror ushlab turadi [3]. RWC ko‘rsatkichi nafaqat qurg‘oqchilik sharoitida o‘simlikning chidamliligini, balki normal agrotexnik sharoitda ham navlarning o‘ziga xos transpiratsiya samaradorligi va suvni tejash strategiyalarini ochib beruvchi ishonchli marker hisoblanadi [5].

Bargdagi pigmentlar tizimining faolligi va xlorofill miqdori bevosita fotosintez jarayonining jadalligi hamda birlamchi organik modda to‘planish tezligini belgilaydi. SPAD-502 portativ asbobi yordamida aniqlanadigan xlorofill indeksi barg to‘qimalariga shikast yetkazmasdan turib fotosintetik salohiyatni tezkor va aniq baholash imkonini beradi [7]. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, xlorofill zichligi yuqori bo‘lgan genotiplar yorug‘lik energiyasidan samaraliroq foydalanadi va bu ko‘rsatkich o‘simlikning mineral oziqlanishni (ayniqsa, azotni) o‘zlashtirish darajasiga bevosita bog‘liqdir [2]. Normal o‘sish sharoitida SPAD qiymatining yuqoriligi navning yuqori biologik mahsuldorlik salohiyatiga ega ekanligidan dalolat beradi.

Material va metodlar

Ushbu tadqiqotda optimal sharoitida o‘stirilgan 18 ta malina navlarida barglarning nisbiy suv miqdori (RWC, %) ko‘rsatkichlari Barrs va Weatherley uslubi bo‘yicha aniqlandi [1]. Barglardagi xlorofill miqdorini ekspress baholash maqsadida esa Konica Minolta SPAD-502Plus (Yaponiya) portativ xlorofill-metri apparatidan foydalanildi. Shuningdek, ularning o‘zaro korrelyatsiyasi hamda navlararo farqlanish tabiati statistik tahlil qilindi.

Natijalar va ularning tahlili

Optimal sharoitda o‘simlik barglarining suv bilan to‘yinganligi - ularning genetik jihatdan belgilangan suvni saqlash hamda transpiratsiyani muvofiqlashtirish xususiyatlarini aks ettiradi.

O‘rganilgan malina navlarida barglarning nisbiy suv miqdori (RWC) 82.99% dan 89.69% gacha bo‘lgan diapazonda o‘zgarishi aniqlandi. Bu barcha navlarda barglarning suv bilan yaxshi ta’minlanganligini ko‘rsatadi.

Eng yuqori suv saqlash darajasi Enrosadira (89.69 ± 0.4%, Tukey testi bo‘yicha “a” guruhi) va Karamelka (89.37 ±1.0%, “a” guruhi) navlarida qayd etildi. Shuningdek, *Polka* va *Polonez* (88.81%, “ab” guruhi) navlari ham turgor holatini yuqori darajada ushlab tura olish darajasi qayd etildi. Ushbu natijalar mazkur navlarning barg anatomiyasi, kutikula qalinligi, mezofill tuzilishi hamda suv almashinuvining genotipik xususiyatlari bilan izohlanishi mumkin.

Shuningdek, Zvugana sariq (82,99±0,2 %), Amarant (83,04±0,5 %), Delniva (83,17±0,3 %) va Tibetskiy (83,76±0,5 %) navlarida nisbiy suv miqdori eng past qiymatlarda qayd etildi. Biroq ushbu ko‘ rsatkichlar ham fiziologik me’yor doirasida bo‘ lib, navlarning suv bilan yetarli ta’minlanganligini ko‘ rsatadi.

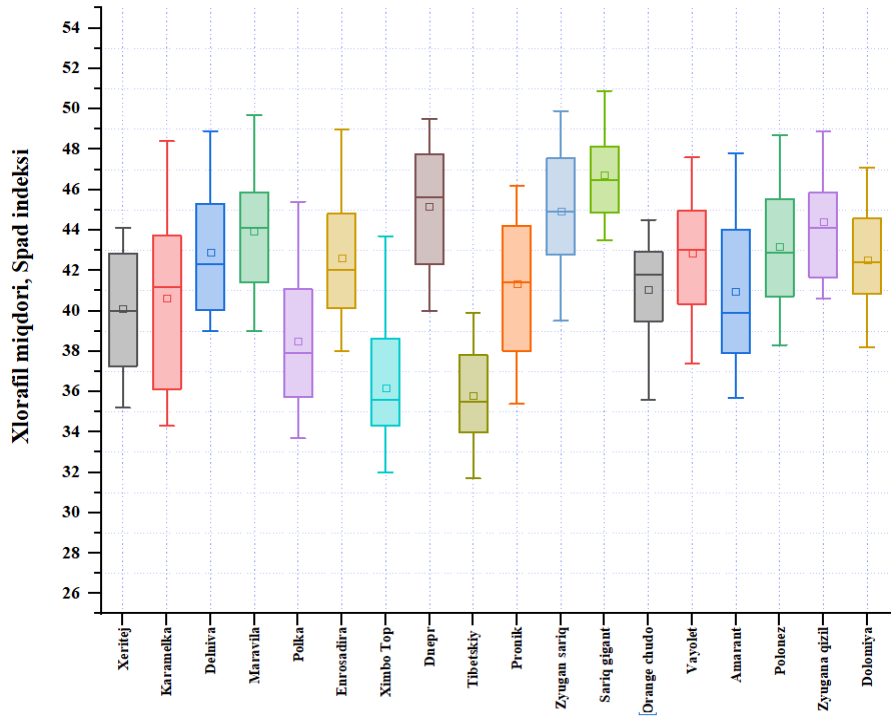
1-jadval

Malina (*Rubus idaeus* L.) navlarining barglaridagi nisbiy suv miqdori ko‘ rsatkichlari va ularning statistik tahlili. (Tukey HSD testi, α=0.05).

	Mean	Mean± SE	SD	CV, %
1	Enrosadira	89.69 ± 0.4 a	0.73	0.81
2	Karamelka	89.37 ±1.0 a	1.83	2.04
3	Polka	88.81 ± 0.7 ab	1.31	1.47
4	Polonez	88.81 ± 0.4 ab	0.76	0.85
5	Maravila	88.42 ± 0.6 abc	1.06	1.19
6	Ximbo top	88.20 ± 0.1 abcd	0.29	0.32
7	Zyugana qizil	87.55 ± 0.3 abcde	0.52	0.59
8	Dnepr	87.25 ± 0.5 abcdef	0.93	1.06
9	Pronik	87.12 ± 1.0 abcdef	1.85	2.12
10	Dolomiya	85.96 ± 0.4 bcdefg	0.83	0.96
11	Heritage	85.48 ± 0.3 cdefg	0.54	0.63
12	Sariq gigant	85.41 ± 0.4 defg	0.72	0.84
13	Violet	85.10 ± 0.5 efg	0.86	10.1
14	Orange chudo	84.40 ± 0.3 fg	0.58	0.68
15	Tibetskiy	83.76 ± 0.5 g	0.97	1.15
16	Delniva	83.17 ± 0.3 g	0.63	0.75
17	Amarant	83.04 ± 0.5 g	0.98	1.18
18	Zyugana sariq	82.99 ± 0.2 g	0.36	0.43

Jadvalda keltirilgan Tukey HSD testi natijalari navlar o‘ rtasida suv miqdori bo‘ yicha ishonchli statistik farqlar mavjudligini tasdiqlaydi (α=0,05). Demak, barglarning suv bilan ta’minlanganlik darajasi asosan navlarning genetik xususiyatlariga bog‘ liq holda shakllanadi. Variatsiya koeffitsienti (CV) barcha navlarda 0,32–2,12 % oralig‘ ida bo‘ ldi. Bunday past qiymatlar tajriba natijalarining yuqori aniqlikda olinganligini hamda biologik takrorlar orasidagi tafovut juda kam ekanligini ko‘ rsatadi.

Barglardagi xlorofill (SPAD indeksi) ko‘ rsatkichlarining navlararo farqlanishiga ko‘ ra, optimal sharoitda xlorofill miqdori cheklovchi omillardan xoli bo‘ lib, to‘ g‘ ridan-to‘ g‘ ri navning fotosintetik salohiyatini, barg mezofilli tuzilishini va mineral oziqlanishni o‘ zlashtirish tezligini ko‘ rsatadi. 2-jadval ma’lumotlari malina navlari o‘ rtasida SPAD indeksining ko‘ rsatkichlari 35,79–46,75 birlik oralig‘ ida o‘ zgardi. Bu navlar fotosintetik apparatining rivojlanish darajasi bir xil emasligini ko‘ rsatadi.



1-rasm. Malina (*Rubus idaeus* L.) navlarining barglaridagi xlorafil (SPAD indeksi) miqdori ko‘ rsatkichlari va ularning statistik tahlili

Xlorofillning eng yuqori zichligi ya’ni SPAD qiymati Sariq gigant navida (46,75±0,4) qayd etildi. Undan keyingi o‘ rinlarni Dnepr (45,18±0,6), Zvugana sariq (44,92±0,7) va Zvugana qizil (44,42±0,6) navlarida tahlil qilindi. Mazkur navlarda barglarning to‘ q yashil rangi va xlorofill pigmentlarining nisbatan yuqori miqdori kuzatilgan bo‘ lib, bu fotosintetik salohiyatning yuqoriligini ko‘ rsatadi. Bu navlar fotosintezning birlamchi jarayonlarida yuqori quyosh energiyasini yutish xususiyatiga ega.

Aksincha, Tibetskiy (35,79±0,5), Ximbo Top (36,18±0,6) hamda Polka (38,49±0,7) navlarida SPAD qiymatlari eng past bo‘ ldi. Bu navlarda barg pigmentatsiyasi boshqa navlarga nisbatan sustroq ekanligini bildiradi. SPAD ko‘ rsatkichlari bo‘ yicha ham Tukey HSD testi navlar o‘ rtasida statistik jihatdan ishonchli farqlar mavjudligini ko‘ rsatdi (α=0,05). Bu esa xlorofill biosintezi va barg pigmentlarining to‘ planishi genotipga xos belgi ekanligini tasdiqlaydi. SPAD bo‘ yicha variatsiya koeffitsienti 4,62–10,70 % oralig‘ ida bo‘ ldi. Ushbu qiymatlar RWC ga nisbatan biroz yuqori bo‘ lib, fotosintetik pigmentlar miqdori suv miqdoriga qaraganda genotiplar orasida ko‘ proq farqlanishini ko‘ rsatadi.

Muhokama

O‘ simliklar fiziologiyasi qonuniyatlariga binoan, kuchli suvsizlik stressi paydo bo‘ lgandagina hujayra turgorining yo‘ qolishi (RWC pasayishi) oqibatida bargda xlorofill apparatining parchalanishi (SPAD pasayishi) yuz beradi va ular o‘ rtasida sun’iy ijobiy korrelyatsiya shakllanadi. Biroq, bizning tadqiqotimiz normal dala sharoitida (optimumda) o‘ tkazilganligi sababli, suv tanqisligi o‘ simliklar uchun cheklovchi omil hisoblanmaydi. Bunday optimal muhitda har bir genotip o‘ zining individual anatomik va adaptiv xususiyatlarini namoyon qiladi.

Enrosadira (RWC = 89.6, SPAD = 42.63) va Karamelka (RWC = 89.37%, SPAD = 40.62) navlari normal sharoitning o‘ zidayoq har ikki muhim parametr bo‘ yicha ham eng yuqori ko‘ rsatkichlarni namoyon qildi. Bu ularning genotipi ham suv balansini yuqori turgor darajasida ushlashni, ham fotosintez faolligini bir vaqtning o‘ zida muvofiqlashtirish xususiyatiga ega ekanligini anglatadi.

Normal dala sharoitida malina genotiplarining suv rejimi va xlorofill to‘ plash ko‘ rsatkichlari bir-biriga bog‘ liq bo‘ lmagan holda, mustaqil genetik mexanizmlar orqali boshqariladi. Normal agrotexnik sharoitda ham yuqori suv tejash qobiliyati, ham faol pigment tizimining optimal muvozanatiga ega bo‘ lgan Enrosadira va Karamelka navlari eng istiqbolli genotiplar deb belgilandi hamda ulardan seleksiyada boshlang‘ ich qimmatli donorlar sifatida foydalanish tavsiya etiladi.

Pearson korrelyatsion tahlili natijasida barglarning nisbiy suv miqdori bilan SPAD indeksi o‘ rtasida r = –0,040 (p>0,05) korrelyatsiya aniqlandi. Ushbu qiymat nolga juda yaqin bo‘ lib, ikki ko‘ rsatkich o‘ rtasida statistik jihatdan ishonchli chiziqli bog‘ liqlik mavjud emasligini ko‘ rsatadi. Mazkur natija shuni anglatadiki, normal dala sharoitida malina navlarida barglarning suv bilan ta’minlanganlik darajasi fotosintetik pigmentlarning to‘ planish darajasini bevosita belgilamaydi. Boshqacha aytganda, suv almashinuvi va xlorofill biosintezi turli fiziologik mexanizmlar orqali

boshqariladi. Bu holat bir necha omillar bilan izohlanishi mumkin. Birinchidan, barglarning nisbiy suv miqdori asosan hujayra turgori, osmotik bosim va suv almashinuvi jarayonlariga bog‘ liq. Ikkinchidan, SPAD ko‘ rsatkichi bargning anatomik tuzilishi, mezofill qalinligi, xloroplastlar soni, azot bilan ta’minlanganlik va genotipga xos pigment sintezi intensivligiga bog‘ liq. Shu sababli ushbu ikki fiziologik ko‘ rsatkichning o‘ zgarishi bir xil yo‘ nalishda kechmasligi tabiiy hol hisoblanadi.

Xulosa

Tadqiqot natijalari malina navlari barglarining suv bilan ta’minlanganligi va xlorofill miqdori bo‘ yicha sezilarli genotipik farqlarga ega ekanligini ko‘ rsatdi. Enrosadira navi barglarda suvni saqlash qobiliyati bo‘ yicha, Sariq gigant navida esa fotosintetik pigmentlar miqdori bo‘ yicha yuqori natijalar qayd etildi. Maravilla, Dnepr va Zvugana qizil navlari ikkala fiziologik ko‘ rsatkich bo‘ yicha ham yuqori ko‘ rsatkichlarga ega bo‘ lib, vegetativ rivojlanish va fotosintetik salohiyatning uyg‘ un shakllanganligi bilan ajralib turdi. Pearson korrelyatsion tahlili esa RWC va SPAD o‘ rtasida ishonchli bog‘ liqlik mavjud emasligini ko‘ rsatdi. Bu normal dala sharoitida ushbu belgilar malina genotiplarida nisbatan mustaqil shakllanishini va navlarning fiziologik tavsifini kompleks baholash zarurligini tasdiqlaydi.

Adabiyotlar ro‘ yxati

1. Barrs, H. D., & Weatherley, P. E. (1962). A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Australian Journal of Biological Sciences*, *15*(3), 413–428.
2. Filella, I., Serrano, L., Serra, J., & Peñuelas, J. (1995). Evaluating wheat nitrogen status with canopy reflectance indices and SPAD readings. *Agronomy Journal*, *87*(1), 140–146.
3. Lawlor, D. W., & Cornic, G. (2002). Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in leaves. *Plant, Cell & Environment*, *25*(2), 275–294.
4. Richardson, A. D., Duigan, S. P., & Berlyn, G. P. (2002). An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. *New Phytologist*, *153*(1), 185–194.
5. Sinclair, T. R., & Ludlow, M. M. (1985). Who taught plants thermodynamics? The relation between water potential and relative water content in leaves. *Plant, Cell & Environment*, *8*(3), 211–217.
6. Szajdek, A., & Borowska, J. (2008). Bioactive compounds and health-promoting properties of berry fruits: A review. *Plant Foods for Human Nutrition*, *63*(4), 147–156.
7. Uddling, J., Gelang-Alfredsson, J., Piiki, K., & Pleijel, H. (2007). Evaluating the relationship between SPAD-502 readings and chlorophyll content. *Photosynthesis Research*, *91*(1), 37–46.

REFERENCES

1. Barrs, H. D., & Weatherley, P. E. (1962). A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Australian Journal of Biological Sciences*, *15*(3), 413–428. (In English)
2. Filella, I., Serrano, L., Serra, J., & Peñuelas, J. (1995). Evaluating wheat nitrogen status with canopy reflectance indices and SPAD readings. *Agronomy Journal*, *87*(1), 140–146.(in English)
3. Lawlor, D. W., & Cornic, G. (2002). Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in leaves. *Plant, Cell & Environment*, *25*(2), 275–294. (in English)
4. Richardson, A. D., Duigan, S. P., & Berlyn, G. P. (2002). An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. *New Phytologist*, *153*(1), 185–194. (in English)
5. Sinclair, T. R., & Ludlow, M. M. (1985). Who taught plants thermodynamics? The relation between water potential and relative water content in leaves. *Plant, Cell & Environment*, *8*(3), 211–217. (in English)
6. Szajdek, A., & Borowska, J. (2008). Bioactive compounds and health-promoting properties of berry fruits: A review. *Plant Foods for Human Nutrition*, *63*(4), 147–156. (in English)
7. Uddling, J., Gelang-Alfredsson, J., Piiki, K., & Pleijel, H. (2007). Evaluating the relationship between SPAD-502 readings and chlorophyll content. *Photosynthesis Research*, *91*(1), 37–46. (in English)