

ШЫМБҰЛАҚ АУМАҒЫНДАҒЫ *RHODIOLA LINEARIFOLIA* BORISS. ӨСІМДІГІНІҢ МОРФОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ФИЗИОЛОГИЯЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫНЫҢ БИІКТІК БОЙЫНША ӨЗГЕРІСІ

Ербай М., Зорбекова А. Н.

ҚР ЖҒБМ ҒК «Генетика және физиология институты» ШЖҚ РМК,

Алматы қ., Қазақстан Республикасы

e-mail: malika.isa99@mail.ru

Аннотация. Зерттеу Шымбұлақ алқабындағы *Rhodiola linearifolia* өсімдігінің биіктік градиенттеріне бейімделуіне арналған. Талдау үшін морфологиялық және физиологиялық әдістер, соның ішінде спектрофотометрия қолданылды. Нәтижелер биіктіктің жоғарылауымен *R. linearifolia* өсімдігінің биіктігі мен жапырақ тақтасының ауданының азайғанын, ал каротиноидтардың мөлшері жоғарылағанын көрсетті, яғни родиоланың стресс жағдайларына бейімделуін байқауға болады. Қорытындылай келгенде өсімдіктердің өсуі үшін оңтайлы биіктік – 2687 м деген тұжырым жасалды. Бұл жұмыстың нәтижелері өсімдіктердің төзімділігін және экожүйені басқаруды түсіну үшін маңызды.

Температураның, ылғалдылықтың және инсоляцияның өзгеруі сияқты жоғары биіктіктегі абиотикалық факторлар өсімдіктердің дамуына әсер етіп, бейімделу реакцияларын тудырады. Жоғары климаттық градиенттер олардың климаттық өзгерістерге жауап механизмдерін болжауға көмектеседі (Rahman et al., 2020; Gao et al., 2020). Біздің зерттеуге өсімдіктер іріктеліп алынған Шымбұлақ курорттық аймағы (2200-3200 м, Іле Алатауының солтүстік беткейі) температураның күрт өзгерістері орын алып тұратын континенттік климатымен сипатталады (http://ecodata.kz:3838/dm_climat_ru/). Бұл аумақта астық және шөптесін өсімдіктер өсетін субальпілік шалғындар кең таралған. Олардың ішінде емдік қасиеттерімен танымал *Rhodiola linearifolia* (Саратиков және Краснов, 2004) күйзеліске қарсы әсер көрсетеді, бірақ оның әртүрлі биіктіктегі физиологиялық сипаттамалары жақсы зерттелмеген.

R. linearifolia – өсімдіктері Shymbulak Mountain Resort аумағында 2024 жылдың 26 маусымында гүлдеу кезеңінде теңіз деңгейінен 1 – 2500, 2 – 2687, 3 – 2855 и 4 – 3100 м биіктікте терілді. Осы нүктелердегі ауа температурасы мен ылғалдылығы сәйкесінше келесідей болды: 1 – 28,5°C, 52%; 2 – 27,3°C, 52%; 3 – 26,2°C, 51%, 4 – 24,6°C, 46%.

R. linearifolia-ның бейімделу реакциясын зерттеу үшін морфофизиологиялық әдістерді қолдана отырып, каротиноид пигменттеріне талдау жасадық (Terletskaaya et al., 2022).

Өсімдік биіктігін өлшеу экспедиция барысында дала жағдайында жүргізілді. Жапырақтың ауданы қағаздан кесілген жапырақ контурлары мен ауданы 1 см² шаршы пішінді кесіндісінің көмегімен (жапырақ кесінділерінің салмағының шаршы салмағына қатынасы арқылы) анықталды. Жапырақ ауданы келесі формуламен есептелді:

$$S = (a \times C) / b,$$

Мұндағы, *a* – жапырақ контуры бойынша кесілген қағаз кесіндінің массасы, мг; *b* – осы қағаздан кесілген шаршы кесіндінің массасы, мг; *C* – қағаз шаршы кесіндінің ауданы, см².

Каротиноидтар спирттік сығындыларды центрифугалағаннан кейін 470 нм толқын ұзындығында LEKI SS2107UV спектрофотометрінде Лихтенталер әдісіне сәйкес (Lichtenthaler, 1987) өлшенді. Эксперименттер кем дегенде үш қайталаудан өткізілді.

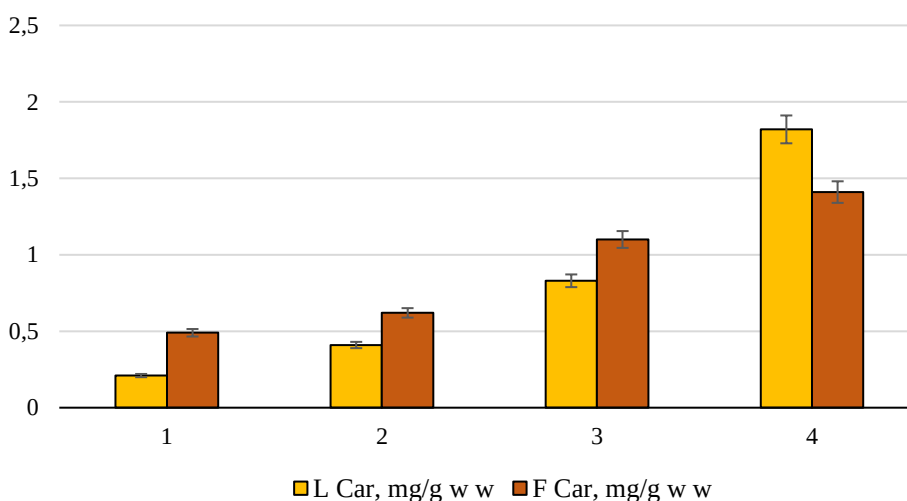
Өлшеу нәтижелеріне сәйкес *R. linearifolia* биіктігі мен жапырақ ауданы кішірейеді, алайда төменгі нүктемен салыстырғанда 2-нүктеде жапырақ ауданы аздап өсетінін байқаймыз (1-кесте).

Кесте 1 – *Rhodiola linearifolia* жапырақтары мен сабағының морфометриялық және анатомиялық параметрлерінің биіктікке тәуелді өзгеруі

Нүкітелер (теңіз деңгейінен биіктігі, м)	1–2500	2–2687	3–2855	4–3100
Өсімдік биіктігі, см	35 ± 0,04	31 ± 0,14	26 ± 0,07	18 ± 0,09
Жапырақ ауданы, см ²	3,66 ± 0,006	4,00 ± 0,009	2,28 ± 0,005	1,68 ± 0,003

Биіктік артқан сайын *R. linearifolia* гүлдерінің түс қарқындылығы артқанын байқап, осы биіктіктердегі родиола өсімдіктерінің гүлдері мен сабағындағы каротиноидтар мөлшерін талдадық. Каротиноидтардың вариациясы мен өсімдіктердің биіктікке бейімделуі арасындағы корреляция жайлы деректер аз кездеседі. Дегенмен, табылған ақпарат каротиноидтардың жалпы мөлшері теңіз деңгейінен биіктік дәрежесімен, ал каротиноидтардың көптүрлілігі өсімдіктің биік таулы аймаққа бейімделушілігімен тығыз байланысты екенін көрсетіп отыр (Weikang et al., 2023).

Гүлдер мен өркендердегі каротиноидтардың мөлшері биіктікке қарай артатыны анықталды (1-сурет), бұл гүлдердің түс қарқындылығының жоғарылауын түсіндіреді.



Сурет 1 – *Rhodiola linearifolia* өркендері (L) мен гүлдеріндегі (F) каротиноидтар мөлшерінің биіктікке байланысты өзгеруі: 1 – 2500 м; 2 – 2687 м; 3 – 2855 м; 4 – 3100 м.

R. linearifolia фенотипінің биіктік градиенттері бойынша өзгеруі топырақ қышқылдығы, температура және күн радиациясы секілді өсуді шектеуші факторлардың өзгеруімен байланысты. Өсімдік биіктігі мен жапырақтардың ауданы биіктік артқан сайын азаяды, себебі, өсімдік бар ресурстарды тітіркендіргіштерден қорғану үшін жұмсайды (Tian et al., 2016). Каротиноидтар деңгейінің артуы да биіктіктің артуынан жоғарылаған стресстік факторларға адаптивті реакция болып табылады (Terletskaia et al., 2022; Pan et al., 2023).

R. linearifolia морфофизиологиялық сипаттамаларын талдау өсімдіктің морфологиялық параметрлерінің биіктікке тәуелділік қатынасы қатаң сызықты емес екенін көрсетті. Осылай, екінші нүктедегі (2687 м) жапырақ ауданының үлкеюі *R. linearifolia* өсімдіктерінің өсуіне ең қолайлы биіктік біз ойлағандай 2500 м емес, осы 2687 м биіктік болуы мүмкін екенін көрсетеді. Ал үшінші нүктеде (2855 м) стресстік факторлардың әсері ең белсенді екенін анық байқаймыз. Біз өсу нүктесі биіктеген сайын каротиноидтар

мөлшерінің артуы осы пигменттердің шамадан тыс жоғары энергияны ыдырату және бос радикалдарды ұстау арқылы қорғаныс функциясын атқаруымен байланысты болуы мүмкін.

Осылайша, біздің теңіз деңгейінен әртүрлі биіктікте өсетін *R. linearifolia* өсімдіктерінің морфофизиологиялық параметрлерінің өзгерісіне жүргізген талдауларымыздың комплексі биіктіктің артуына байланысты стресстік факторлардың әсер ету дәрежесінің күшеюі жайлы қорытынды шығаруға жәрдемдеседі. Нәтижесінде бұл өсімдіктердің өсуі үшін оңтайлы, күйзеліс дәрежесі ең аз биіктік 2687 м құрайды деген тұжырым жасауға болады.

Әдебиеттер тізімі

Саратиков А. С. Родиола розовая (золотой корень) / А. С. Саратиков, Е. А. Краснов. – Томск: Издательство Томского университета, 2004. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000181434>

Gao, M. D.; Wang, X. H.; Meng, F. D.; Liu, Q.; Li, X. Y.; Zhang, Y.; Piao, S. L. Three-dimensional change in temperature sensitivity of northern vegetation phenology. *Glob. Change Biol.* 2020, 26, 5189–5201. <https://doi.org/10.1111/gcb.15200>

Lichtenthaler H K 1987 Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Method Enzymol* 148: 350–382 [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1)

Pan, L.; Yang, N.; Sui, Y.; Li, Y.; Zhao, W.; Zhang, L.; Mu, L.; Tang, Z. Altitudinal Variation on Metabolites, Elements, and Antioxidant Activities of Medicinal Plant *Asarum*. *Metabolites* 2023, 13, 1193. <https://doi.org/10.3390/metabo13121193>

Rahman, I. U.; Afzal, A.; Iqbal, Z.; Hart, R.; Abd Allah, E.F.; Alqarawi, A. A.; Alsubeie, M. S.; Calixto, E. S.; Ijaz, F.; Ali, N.; et al. Response of plant physiological attributes to altitudinal gradient: Plant adaptation to temperature variation in the Himalayan region. *Sci. Total Environ.* 2020, 706, 135714. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135714>

Terletskaya, N. V.; Seitimova, G. A.; Kudrina, N. O.; Meduntseva, N. D.; Ashimuly, K. The Reactions of Photosynthetic Capacity and Plant Metabolites of *Sedum hybridum* L. in Response to Mild and Moderate Abiotic Stresses. *Plants* 2022, 11, 828. <https://doi.org/10.3390/plants11060828>

Tian, M.; Yu, G. R.; He, N. P.; Hou, J. H. Leaf morphological and anatomical traits from tropical to temperate coniferous forests: Mechanisms and influencing factors. *Sci. Rep.* 2016, 6, 19703. <https://doi.org/10.1038/srep19703>

Weikang Zheng, Shiqi Yu, Wang Zhang, Shanshan Zhang, Jialing Fu, Hong Ying, Gesang Pingcuo, Shengjun Liu, Fan Zhao, Qingjiang Wu, Qiang Xu, Zhaocheng Ma, Xiuli Zeng, The content and diversity of carotenoids associated with high-altitude adaptation in Tibetan peach fruit, *Food Chemistry*, Volume 398, 2023, 133909, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133909>