

Poliploidija viendienės (*Hemerocallis* L.) selekcijoje

Edvinas Misiukevičius

Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro filialas Sodinininkystės ir daržinininkystės institutas, Kauno g. 30, LT-54333 Babtai, Kauno r.,
el. paštas: edvinas.misiukevicius@lammc.lt

Visame pasaulyje susidomėjimas viendienėmis yra didelis. Šiuo metu Amerikos viendienių asociacija (*American Hemerocallis Society* – AHS), tvarkanti šios genties veislių registrą, pažymi, kad yra sukurta daugiau kaip 90 000 viendienės veislių. Iš jų apie 28 000 registruotos per pastaruosius dešimt metų. Tetraploidiniai individai pradėti indukuoti 1947 metais. Tetraploidinės viendienės, lyginant su diploidinėmis, turi didesnius žiedus, storesnius ir kompaktiškesnius žiedynus, platesnius ir ilgesnius lapus, ilgesnis jų žydėjimo laikotarpis. Tai lemia augalo išskirtinį dekoratyvumą ir pranašumą. Dėl to pusė dabar žinomų registruotų veislių yra tetraploidai. Natūraliose viendienės augavietėse vyrauja diploidinės ($2n = 22$) rūšys, tačiau kai kurios *H. fulva* formos yra triploidinės ($3n = 33$). Dirbtinė augalų poliploidizacija atliekama naudojant indukcinėmis savybėmis besiskiriančias antimitotines medžiagas, tokias kaip kolchicinas, orizalinas, trifluralinas, pronamidas ir amiprofosmetilas.

Reikšminiai žodžiai: *Hemerocallis* L., poliploidija, poliploidogenai, selekcija, viendienė.

Įvadas. Viendienė (*Hemerocallis* spp.) yra žolinis daugiametis dekoratyvus augalas, plačiai auginamas visame pasaulyje (Gulia et al., 2009). Botaninis vardas *Hemerocallis* yra kilęs iš graikų kalbos žodžių *hemero* (diena) ir *callis* (grožis), nes vienas žiedas žydi tik vieną dieną (Panavas et al., 1999; Gulia et al., 2009). Ant žiedyno būna daugiau pumpurų, todėl augalas žydi apie mėnesį. Gamtoje viendienių rūšys dažniausiai būna diploidinės ir turi 22 chromosomas (Stout, 1934; Brennan, 1992; Plodeck, 2002; Li et al., 2009). Kinijoje, Taigang kalnų regione, vertintos laukinės viendienių rūšys turėjo diploidinius ir triploidinius chromosomų rinkinius (Zhang et al., 2013b). Duomenų apie gamtoje randamas natūraliai susiformavusias tetraploidines rūšis nerasta.

Pirmiausiai triploidinių viendienių indukcija gauta *in vitro* sąlygomis (Arisumi, 1970; Li et al., 2009). Tetraploidinės ($4n = 44$) viendienės gaunamos dvigubinant diploidinių individų chromosomų rinkinius, naudojant įvairius poliploidogenus (Tomkins et al., 2001; Li et al., 2009). Tetraploidinių viendienių kūrimo programa buvo pradėta 1955 metais. Ją inicijavo Robert A. Griesbach ir Orville Fay (JAV), parengę tetraploidinių

viendienių indukcijos kolchicinu metodiką, pagal kurią buvo veikiamos dygstančios sėklos (Gulia et al., 2009).

Lyginant diploidinius ir tetraploidinius tos pačios viendienės veislės individus pastebima, kad tetraploidiniai augalai turi didesnius žiedus, storesnius ir kompaktiškesnius žiedynus su mažiau žiedų, platesnius ir ilgesnius lapus, juose yra daugiau chlorofilo (Zhang et al., 2013c; Podwyszynska, 2015). Dabartinės selekcijos programos orientuotos į tetraploidinių viendienių kūrimą, tačiau tam naudojamų tetraploidinių genotipų skaičius ribotas. Dėl to viendienės veislių genetinė įvairovė sparčiai mažėja (Tomkins et al., 2001; Li et al., 2009), o sukurtų augalų unikalių požymių įvairovė nėra didelė (Sakhanokho et al., 2004; Li et al., 2010). Sėklų su maksimaliu besidalijančių ląstelių kiekiu veikimas poliploidogenais yra efektyviausias poliploidizavimo būdas, tačiau sėklos turi būti dygimo tarpsnio (Griesbach et al., 1963).

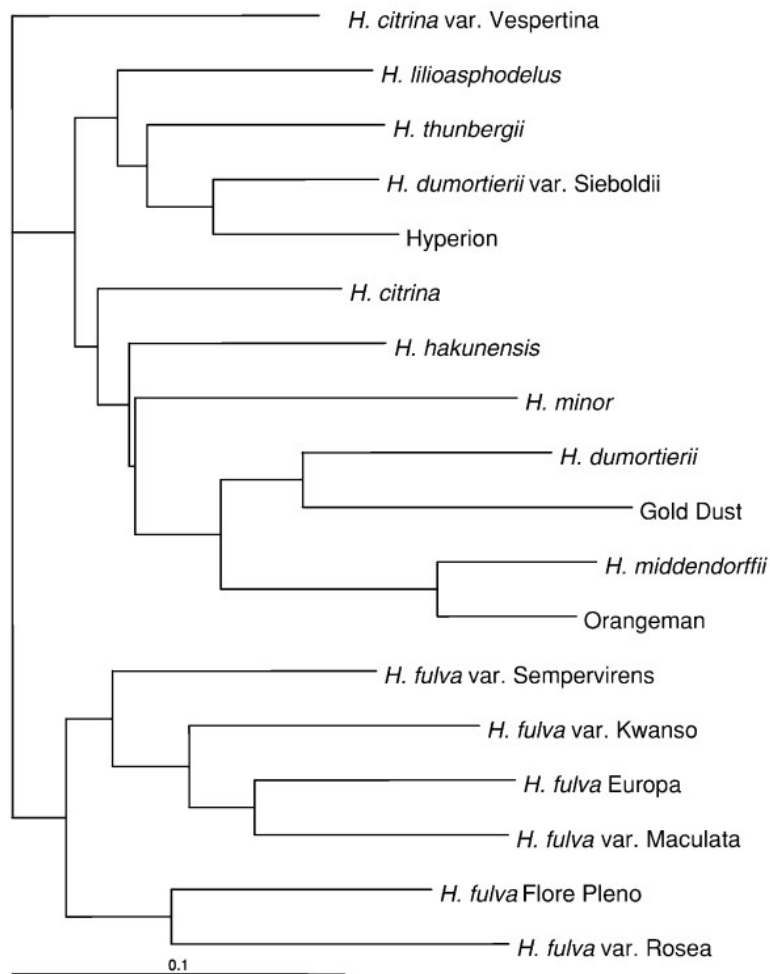
Poliploidogenais paveikus meristeminius audinius, dėl mitozės asinchroniškumo juose dažniausiai gaunami chimeriniai individai (Arisumi, 1964). Viendienės poliploidų indukcija, veikiant jaunus sėjinukus, buvo taikyta tik pirmiesiems tetraploidams, indukuotiems prieš daugiau nei 70 metų. Dabar viendienės dažniau poliploidizuojamos *in vitro* sąlygomis ir gaunamos dalinės chimeros (Podwyszynska et al., 2011). Pastebėta, kad ilgalaikis daugiamečių augalų auginimas *in vitro* sukelia jų senėjimą – morfogenetinio potencialo sumažėjimą (Graner et al., 2018).

Straipsnio tikslas – apžvelgti šio selekcinės medžiagos kūrimo metodo taikymo viendienių selekcijoje istorinius aspektus, poliploidijos panaudojimo galimybes ir reikšmę šiuolaikinėje viendienių selekcijoje.

Viendienių biologinės savybės. Viendienės (*Hemerocallis*) gentis tradiciškai buvo priskiriama plėnūninių (*Asphodelaceae*) šeimai ir atskiram viendieninių (*Hemerocallidoideae*) pošeimiui (APG, 1998, 2003), tačiau vėliau išskirtas atskiras *Xanthorrhoeaceae* pošeimis (APG, 2009), kuris priklauso *Hemerocallidaceae*, *Asphodelaceae* ir *Xanthorrhoeaceae* pošeimių grupei (Rodriguez-Enriquez ir Grant-Downton, 2013).

A. B. Stout (1934) pirmasis bandė sistemiškai suklasifikuoti viendienės, siūlydamas skirstyti į dvi pagrindines grupes pagal stiebo šakotumą: šakotas formas (*Euhemera*) ir nešakotas formas (*Dihemera*). Tačiau šia klasifikacija nesivadovaujama. 1992 m. W. Erhardt suskirstė viendienės į 5 grupes pagal rūšių panašumus: 1) *fulva*, 2) *citrina*, 3) *middendorffii*, 4) *nana*, 5) *multiflora*. Remiantis AFLP (pagausintų fragmentų ilgio polimorfizmo) molekulinę žymeklių analizės

duomenimis, parengta 1, 2 ir 3 grupių dendrograma (1 pav.) (Tomkins et al., 2001).



1 pav. Rūšių ir ankstyvųjų viendienės hibridų genetinių panašumų analizės dendrograma (Tomkins et al., 2001)

Figure 1. Genetic similarity dendrogram of *Hemerocallis* species and early hybrids (Tomkins et al., 2001)

Gamtoje dažniausiai aptinkamos diploidinės ($2n = 22$) viendienių rūšys: *H. lilioasphodelus*, *H. citrina*, *H. esculenta*, *H. flava*, *H. minor*, *H. dumortierii*, *H. middendorffii*, *H. aurantiaca*, *H. thunbergii*, *H. forrestii*, *H. multiflora*, *H. nana*, *H. plicata*. Kinijoje aptikta triploidinių ($3n = 33$) *H. fulva* augalų populiacija (Stout, 1932; Bian et al., 2006; Zhang et al.,

2013b). Aneuploidija pastebima daugumoje diploidinių viendienių rūšių, kuriose aptinkama 21, 22 (tipingos), 23 ir 24 chromosomos (Stout, 1932). *H. fulva* rūšies triploidinės populiacijos augalų chromosomų skaičius buvo nestabilus ir svyravo nuo 11 iki 33. Manoma, kad tai gali būti netaisyklingos mitozės rezultatas (Belling, 1925; Stout, 1932). *H. fulva* var. *littorea* apibūdinamas kaip diploidas ($2n = 22$), o *H. fulva* var. *Kwanso* – kaip triploidas ($3n = 33$) (Saito et al., 2002).

Dekoratyviniai augalai, turintys dvigubą chromosomų rinkinį, ne tik sukrauna didesnius žiedus, bet ir ilgiau žydi (Väinölä, 2000). Manoma, kad heterozės efektas poliploiduose skatina greitesnį augimą, palyginti su diploidiniais individais. Genų redundancija (genų dubliavimo rezultatas) apsaugo poliploidus nuo žalingo mutacijų poveikio (Comai, 2005).

Poliploidų susidarymas, poliploidogenai ir jų panaudojimas. Poliploidai dažniausiai yra dirbtinės indukcijos, naudojant antimitotines medžiagas, rezultatas. Natūraliai gamtoje jie susiformuoja susijungus neredukuotoms gametoms (Sattler et al., 2015; Guo et al., 2016; Eng ir Ho, 2019). Poliploidai, gauti kryžminant dvi skirtingas augalų rūšis, vadinami alopoliploidais. Triploidai dažniausiai susiformuoja kryžminant diploidą su tetraploidu, kuris gali būti sukurtas dvigubinant chromosomų rinkinį arba kryžminant skirtingas rūšis. Alotetraploidų, gautų tarp rūšinio kryžminimo būdu, kai susilieja dviejų diploidinių rūšių neredukuotos gametos, fertilumas priklauso nuo chromosomų konjugacijos galimybių mejozės metu (Chen, 2007).

Kaip minėta, dirbtinė poliploidizacija indukuojama naudojant antimitotines medžiagas. Orizalinas ir kolchicinas naudojami daugelio augalų poliploidų indukcijai. Teigiama, kad orizalinas yra efektyvesnis už kolchiciną (Sakhanokho et al., 2009).

Poliploidų identifikavimas. Poliploidai nustatomi skaičiuojant chromosomas besidalijančiose ląstelėse, kurios yra šaknies viršūnėlės metafazės stadijoje (Ley et al., 2013). Šiuo metodu įvertinamas tik vieno histologinio sluoksnio atskirų besidalijančių ląstelių ploidiškumas. Tėkmės citometrijos analizė paremta atskirų dalelių, nudažytų fluorescuojančiais dažais, detekcija tiksliai apibrėžtame skysčio sraute (Doležel, 1991; Schepper et al., 2001). Naudojant tėkmės citometrijos metodą ląstelių ploidiškumas nustatomas visuose histologiniuose sluoksniuose, dėl to gauti duomenys yra patikimesni (Brummer et al., 1998; Schepper et al., 2001).

Mokslinėje literatūroje nurodoma, kad preliminariai nustatyti augalo ploidiškumą galima pagal žiotelių dydį (Xie et al., 2015). Diploidinių augalų žiotelės paprastai yra 30 proc. didesnės už haploidinių augalų žioteles (Gao et al., 2019). Tetraploidinių augalų žiotelės būna dar

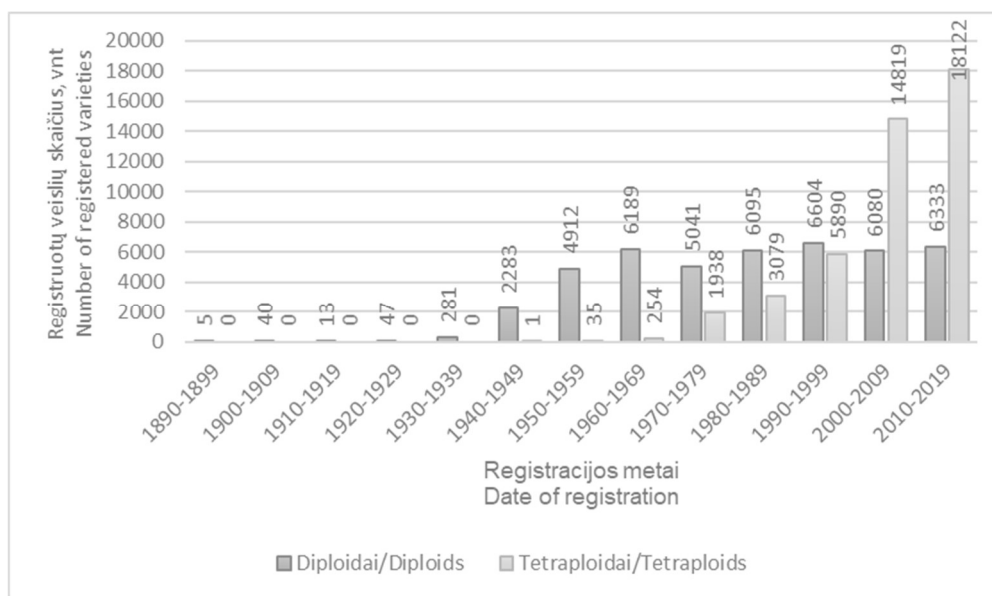
didesnės, tačiau ploto vienetė jų yra mažiau nei diploidinių augalų (Silva et al., 2000; Mondin et al., 2018). Taigi, ploidiškumą dar gali nusakyti žiotelių dydis, skaičius ploto vienetė arba chloroplastų skaičius ląstelėje (Sakhanokho et al., 2009).

Tetraploidų indukcijos sėkmė priklauso nuo naudojamų augalų genotipo. Suprantama, kad atskiri genotipai nevienodu dažniu buvo naudojami poliploidizacijai ir hibridizacijai (Cerbah et al., 1999; Pedrosa-Harand et al., 2006; Rosato et al., 2008). Dviejų ar daugiau skirtingų genomų deriniai, gauti po alopoliploidinių kryžminimų, sukelia įvairius persitvarkymus branduolio DNR. Tai gali lemti epigenetinį nestabilumą, mobiliųjų elementų migracijos aktyvavimą, genomo struktūrinius pokyčius ir chromosomų praradimą (Jones ir Hegarty, 2009; Campos Moraes de et al., 2019). Tačiau aneuploidinis nestabilumas dažnai gali būti naudingas stabiliems poliploidams indukuoti (Comai, 2005). Nors aneuploidinių hibridų žiedadulkių gyvybingumas mažas, o augalų genetinis stabilumas įvairiose kartose skirtingas, jų reikšmė selekcijai išlieka (Campos Moraes de et al., 2019).

Viendienės poliploidų indukcija ir selekcija. 1947 metais Minesotos universiteto (JAV) studentas Robert Schreiner, paveikęs diploidinį 'Cessida' kloną kolchicinu, indukavo pirmąją tetraploidinę viendienę 'Brilliant Glow'. 1948 ir 1949 metais Quinn Buck ir Hamilton Traub paskelbė pražydinę pirmuosius tetraploidinius klonus, indikuotus iš viendienės 'Soudan', 'Kanapaha' bei 'Starzynski' veislių augalų (Traub, 1959; Traub, 1960; Gulia et al., 2009). Sistemingą tetraploidų selekcijos programą vykdė Robert A. Griesbach ir Orville Fay. 1955 metais jaunas sėjinukus jie paveikė kolchicinu (Traub, 1959; Traub, 1960; Gulia et al., 2009). O. W. Fay (1964) pastebėjo, kad sukryžminus augalus, kurie yra miksploidinės chimeros, iš to paties vaisiaus galima gauti diploidinius ir tetraploidinius sėjinukus. Tokiu būdu gauti tetraploidiniai sėjinukai buvo fertilūs. Juos buvo galima naudoti kryžminant su jau žinomais tetraploidiniais klonais.

Viendienių selekciijoje naudojami atsižvelgiant į selekcininko tikslus atrinkti augalų klonai, kurie kryžminami tarpusavyje, o iš hibridinių šeimų atrenkami individai atsižvelgus į jų žiedų būdingus bruožus, kitus morfologinius požymius ir augalo augimą. Atrinkti augalai dauginami vegetatyviniu būdu. Naujos veislės registruojamos Amerikos viendienių asociacijoje (*American Hemerocallis Society* – AHS) ir pristatomos visuomenei. Nuo 1890 iki 2019 metų (imtina) užregistruotos 89 879 viendienių veislės (2 pav.). Iš jų – 44 150 tetraploidinių. Nuo 1960 metų registruojamų diploidinių veislių skaičius kito mažai, tendencingas sumažėjimas pastebimas 1970–1979 metų laikotarpiu, kai prasidėjo

intensyvi tetraploidų selekcija. Nuo 1970 metų registruojamų tetraploidinių veislių skaičius nuolat augo. Per pastaruosius dvidešimt metų selekcininkai intensyviai dirbo kurdami ir tobulindami poliploidinius klonus ir registravo apie 75 proc. (32 953) naujų poliploidinių hibridų. Registre užregistruota viena pentaploidinė ir dvi triploidinės veislės. Šios gautos sukryžminus tetraploidinius individus su diploidiniais, o pentaploidas gautas iš tetraploidų selekcinės linijos. Viendienių genetinių tyrimų atlikta labai nedaug (Tomkins et al., 2001).



2 pav. Registruotų diploidinių ir tetraploidinių veislių dinamika remiantis Amerikos viendienių asociacijos veislių registravimo duomenimis (*American Hemerocallis Society database, 2019*)

Figure 2. Diploid ant tetraploid daylily variety increase according to American *Hemerocallis* Society (AHS database, 2019) results of registered varieties

Kryžminant diploidines viendienes su tetraploidinėmis, indukuojami triploidiniai hibridai (Li et al., 2009). Triploidinių viendienių klonus (*H. fulva* var. *europa* ir *H. fulva* var. *maculata*) kryžminant su diploidiniais, gaunamų sėjinukų chromosomų rinkiniai varijuoja nuo 22 iki 33. Išimtiniais atvejais aptiktas 12 chromosomų turintis, kaip manoma, haploidas ir daugiau nei 40 chromosomų turintis tetraploidas (Stout, 1932). Taikant skirtingo ploidiškumo individų kryžminimo kombinacijas: diploidas × tetraploidas ar tetraploidas × diploidas, ne visi sėjinukai būna triploidiniai. Dalis išlieka diploidais ar tetraploidais (Li et al., 2009). Kiti autoriai nurodo, kad kryžminant diploidines ir tetraploidines viendienes tik

nedidelė dalis sėjinukų būna triploidiniai. Manoma, kad taip atsitinka dėl to, kad dauguma tetraploidų yra chimerinės prigimties. Didesnė tikimybė gauti triploidinius augalus yra tada, kai tetraploidas naudojamas kaip motininis augalas (Arisumi, 1973; Griesbach et al., 1963; Gulia et al., 2009).

Kryžminant citrininę viendienę (*H. citrina*), kuri turi stiprų kvapą, su rusvąja viendienė (*H. fulva*), kuri yra bekvapė, pirmos kartos (F₁) sėjinukai buvo kvepiantys, o kvapo intensyvumas iš esmės nesiskyrė nuo citrininės viendienės. Antros kartos (F₂) palikuonių kvapo intensyvumo įvairovė buvo didesnė: išsiskyrė labai intensyviai kvepiantys individai ir grupė sėjinukų, kurie kvepėjo silpnai (Hirota et al., 2012).

Lyginant skirtingų laikotarpių veislių grupes, nuo 1940 iki 1980 metų genetiniai skirtumai išliko pastovūs, o po 1980 metų genetinis panašumas stabiliai didėjo, nes selekcijoje buvo pradėti naudoti tie patys tetraploidiniai klonai (Tomkins et al., 2001). Tiriant registruotas tetraploidines veisles pastebėta, jog ne visos yra tetraploidai. Beveik 30 % tirtų individų buvo žemesnio ploidiškumo lygio (Zhang et al., 2013a). Taip pat pastebėta, kad tarp registruotų diploidinių veislių pasitaiko triploidinių klonų (Saito et al., 2002). Tad tolesniems selekciniais darbams atlikti reikia išanalizuoti naudojamų tėvinių individų ploidiškumą ir kilmę, o siekiant išgauti tam tikras viendienės charakteristikas ir išlaikyti bei didinti genetinę įvairovę, reikia kurti naujus poliploidus ir išnaudoti galimybes kryžminti skirtingo ploidiškumo augalus.

Apibendrinimas. Viendienės selekcijoje poliploidijos reiškinyms žinomas daugiau nei 70 metų, kai buvo pirmą kartą indukuojami tetraploidiniai individai veikiant sėklas. Tačiau skirtingo ploidiškumo augalų randama ir natūraliose augavietėse. Aukštesnio ploidiškumo lygio viendienės naudojant selekcijoje, būtina reguliariai tikrinti jų ploidiškumą, o pateikiant registruoti, pasikliauti ne tik tėvinių augalų ploidiškumu. Poliploidija yra efektyvi priemonė genetinei šios genties augalų įvairovei gausinti. Naudojant skirtingo ploidiškumo augalus, galima sukurti unikalias naujos kartos veisles.

Gauta 2019-11-18

Parengta 2019-12-02

Literatūra

1. American Hemerocallis Society (AHS) Database. 2019. <https://www.daylilies.org/DaylilyDB/?advanced/>.

2. Angiosperm Phylogeny Group (APG). 1998. An ordinal classification for the families of flowering plants. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 85: 531–553.
3. Angiosperm Phylogeny Group (APG). 2003. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 141: 399–436.
4. Angiosperm Phylogeny Group (APG). 2009. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161: 105–121.
5. Arisumi T. 1964. Colchicine-induced tetraploid and cytochimeral daylilies. *Journal of Heredity*, 55(6): 255–261.
6. Arisumi T. 1970. Experiments in breeding for triploid daylilies. *Daylily Journal*, 24: 33–37.
7. Arisumi T. 1973. Embryo development and seed set in crosses for triploid daylilies. *Botanical Gazette*, 134: 135–139.
8. Belling J. 1925. Chromosomes in *Canna* and *Hemerocallis*. *The Journal of Heredity*, 16: 465–466.
9. Bian F. H., Zhang M., Wang J. S. 2006. Karyotype and chromosome variation in genus *Hemerocallis* L. from Kunyu mountain. *Journal of Yantai University (Natural Science and Engineering Edition)*, 19(4): 307–312.
10. Brennan J. R. 1992. Chromosomes of *Hemerocallis*. *Daylily Journal*, 47: 73–77.
11. Brummer E. C., Cazarro P. M., Luth D. 1999. Ploidy determination of alfalfa germplasm accessions using flow cytometry. *Crop Science*, 39(4): 1202–1207.
12. Campos Moraes I. de, Campos Rume G. de, Souza Sobrinho F. de, Techio V. H. 2019. Characterization of aneuploidy in interspecific hybrid between *Urochloa ruziziensis* (R. Geerm. & Evrard) Crins and *Urochloa decumbens* (Stapf) R. D. Webster. *Molecular Biology Reports*, 46(2): 1931–1940.
13. Cerbah M., Kevei Z., Siljak-Yakovlev S., Kondorosi E., Kondoroski A., Trinh T. H. 1999. Fish chromosome mapping allowing karyotype analysis in *Medicago truncatula* lines Jemalong J5 and R-108-1. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 12(11): 947–950.
14. Chen Z. J. 2007. Genetic and epigenetic mechanisms for gene expression and phenotypic variation in plant polyploids. *Annual Review for Plant Biology*, 38: 377–406.

15. Comai L. 2005. The advantages and disadvantages of being polyploid. *Nature Reviews Genetics*, 6: 836–846.
16. Doležal J. 1991. Flow cytometric analysis of nuclear DNA content in higher plants. *Phytochemical Analysis*, 2(4): 143–154.
17. Eng W. H., Ho W. S. 2019. Polyploidization using colchicine in horticultural plants: A review. *Scientia Horticulturae*, 246: 604–617.
18. Erhardt W. 1992. *Hemerocallis* daylilies. Timber Press, Portland, Oregon.
19. Fay O. W. 1964. Report on tetraploid *Hemerocallis* 1954–1964. *Daylily Journal*, 18(2): 55–57.
20. Gao S., Yang M., Zhang F., Fan L., Zhou Y. 2019. The strong competitive role of 2n pollen in several polyploidy hybridizations in *Rosa hybrida*. *BMC Plant Biology*, 19: 127–146.
21. Germana M. A. 2012. Use of irradiated pollen to induce parthenogenesis and haploid production in fruit crops. In: Q. Y. Shu, B. P. Forester, H. Nakagawa (eds.), *Plant Mutation Breeding and Biotechnology*. CABI, 411–421.
22. Graner E. M., Brondani G. E., Almeida C. V. de, Batagin-Piotto K. D., Almeida M. de. 2018. Decreased morphogenetic potential in peach palm stem-like cells in long-term *in vitro* conditions. *Journal of Forestry Research*, 1–11.
23. Griesbach R. A., Fay O. W., Horsfall L. 1963. Induction of ploidy in newly germinated *Hemerocallis* seedlings. *The Hemerocallis Journal*, 17(2): 70–75.
24. Gulia S. K., Singh B. P., Carter J., Griesbach R. J. 2009. Daylily: Botany, Propagation, Breeding. *Horticultural Reviews*, 35: 193–220.
25. Guo W. W., Liang W. J., Xie K. D., Xia Q. M., Fu J., Guo D. Y., Xie Z. Z., Wu X. M., Xu Q., Yi H. L., Deng X. X. 2016. Exploitation of polyploids from 39 citrus seedling populations. *Acta Horticulturae*, 1135: 11–16.
26. Hirota S. K., Nitta K., Kim Y., Kato A., Kawabuko N., Yasumoto A. A., Yahara T. 2012. Relative role of flower color and scent on pollinator attraction: experimental test using F1 and F2 hybrids of daylily and nightlily. *PLOS One*, 7(6): 1–10.
27. Jones R. N., Hegarty M. 2009. Order out of chaos in the hybrid plant nucleus. *Cytogenetic and Genome Research*, 126(4): 376–389.
28. Ley Y., Kang L., Zhang C., Cao D., Duan J., Lin Y. 2013. Study on chromosome ploidy identification and cross compatibility of 14 *Hemerocallis* varieties. *Journal of Agricultural Sciences*, 41(5): 434–437.

29. Li Y., Li L., Liang Z., Jia M., Cao D. 2018. Study on the indication of polyploid of *Hemerocallis fulva* by trifluridine. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 46(12): 1997–2000.
30. Li Z. W., Mize K., Campbell F. 2010. Regeneration of daylily (*Hemerocallis*) from young leaf segments. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 102: 199–204.
31. Li Z., Pinkham L., Campbell N. F., Espinosa A. C., Conev R. 2009. Development of triploid daylily (*Hemerocallis*) germplasm by embryo rescue. *Euphytica*, 169: 313–318.
32. Mondin M., Konzen P. A., Silva P. A. K. X. M., Latado R. R., Filho F. A. A. M. 2018. *In vitro* induction and regeneration of tetraploids and mixoploids of two *Cassava* cultivars. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 18(2): 176–183.
33. Panavas T., Pikula A., Reid P. D., Rubinstein B., Walker E. L. 1999. Identification of senescence-associated gene for daylily petals. *Plant Molecular Biology*, 40(2): 237–248.
34. Pedrosa-Harand A., Almeida C. C. S. de, Mosiolek M., Blair M. W., Schweizer D., Guerra M. 2006. Extensive ribosomal DNA amplification during Andean common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) evolution. *Theoretical and Applied Genetics*, 112(5): 924–933.
35. Plodeck J. 2002. The origin of the daylily cultivar traits. *Hemerocallis Lett*, 8: 22–28.
36. Podwyszyńska M., Gabryszewska E., Dyki B., Stębowska A. A., Kowalski A., Jasiński A. 2015. Phenotypic and genome size changes (variation) in synthetic tetraploids of daylily (*Hemerocallis*) in relation to their diploid counterparts. *Euphytica*, 203(1): 1–16.
37. Podwyszyńska M., Gabryszewska E., Sochacki D., Jasinski A. 2011. Histogenic identification by cytological analysis of colchicine-induced polyploids of *Hemerocallis*. *Acta Horticulture*, 886: 245–249.
38. Rodriguez-Enriquez M. J., Grant-Downton R. T. 2013. A new day dawning: *Hemerocallis* (daylily) as future model organism. *AoB PLANTS*, 5: 55–70.
39. Rosato M., Castro M., Rosello J. A. 2008. Relationships of the woody *Medicago* species (section *Dendrotelis*) assessed by molecular cytogenetic analyses. *Annals of Botany*, 102(1): 15–22.
40. Saito H., Mizunashi K., Tanaka S., Adachi Y., Nakano M. 2002. Ploidy estimation in *Hemerocallis* species and cultivars by flow cytometry. *Scientia Horticulture*, 97: 185–192.

41. Sakhanokho H., Cheatham C., Pounder J. C. 2004. Evaluation of techniques to induce polyploid daylilies. Southern Nursery Association Proceedings, 49: 591–594.
42. Sakhanokho H. S., Rajasekaran K., Kelley R. Y., Islam-Faridi N. 2009. Induced polyploidy in diploid ornamental ginger (*Hedychium mulense* R. M. Smith) using colchicine and oryzalin. HortScience, 44(7): 1809–1814.
43. Sattler M. C., Carvalho C. R., Clarindo W. R. 2016. The ploidy and its key role in plant breeding. Planta, 243(2): 281–296.
44. Schepper S. D., Leus L., Mertens M., Van Bockstaele E., Loose M. de, Debergh P., Heursel J. 2001. Flow cytometry analysis of ploidy in *Rhododendron* (subgenus *Tsutsusi*). HortScience, 36(1): 125–127.
45. Silva P. A. K. X. M., Callegari-Jacquess S., Bodanese-Zanettini M. 2000. Induction and identification of polyploids in *Cattleya intermedia* Lindl. (*Orchidaceae*) by *in vitro* techniques. Ciencia Rural, Santa Maria, 30(1): 105–111.
46. Stout A. B. 1932. Chromosome numbers in *Hemerocallis*, with reference to triploidy and secondary polyploidy. Cytologia, 3: 250–259.
47. Stout A. B. 1934. Daylilies: the wild species and garden clones, both old and new, of the genus *Hemerocallis*. Macmillan Press, New York.
48. Tomkins J. P., Wood T. C., Barnes L. S., Westman A., Wing R. A. 2001. Evaluation of genetic variation in the daylily (*Hemerocallis* spp.) using AFLP markers. Theoretical and Applied Genetics, 102: 489–496.
49. Traub H. P. 1959. First decade of *Hemerocallis washingtonia*. Part 1. Plant Life, 15: 69–79.
50. Traub H. P. 1960. First decade of *Hemerocallis washingtonia*. Part 2. Plant Life, 16: 111–120.
51. Väinölä A. 2000. Polyploidization and early screening of *Rhododendron* hybrids. Euphytica, 112: 239–244.
52. Xie J. H., Aguero C. B., Wang Y., Walker M. A. 2015. *In vitro* induction of tetraploids in *Vitis* x *Muscadinia* hybrids. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 122: 675–683.
53. Zhang C., Cao D. M., Zhang X. C., Fang L. F., Duan J. J., Ma X. L., Yan G. J., Wang Y. S. 2013a. Ploidy variation in *Hemerocallis* spp. and the implications on daylily breeding. Acta Horticulturae, 977: 197–204.
54. Zhang C., Duan J. J., Cao D. M., Kang L. F., Wang Y. S. 2013b. Chromosome number identification and karyotype analysis of the

- Taihang mountain wild *Hemerocallis*. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 41(8): 767–770.
55. Zhang X. X., Liu M., Wang M. Y., Shi C. Q., Cheng X. Y. 2013c. Developmental and morphological study of the coleorrhizae in *Hemerocallis* (*Liliaceae*). Pakistan Journal of Botany, 45(5): 1673–1676.

Polyploidy in daylily (*Hemerocallis* L.) breeding

E. Misiukevičius

Summary

There is a great deal of interest in daylilies throughout the world. Currently, the American Hemerocallis Society (AHS), which maintains a registrar of varieties of this genus, notes that there are more than 90,000 varieties at the moment. Of these, ~ 28,000 have been registered in the last ten years. Tetraploid induction began in 1955 using seedling treatment by colchicine. Compared to diploid, tetraploid daylilies have larger flowers, thicker and more compact scapes, wider and longer leaves, and have longer flowering periods. This determines the advantage of the plant. As a result, half of the registered varieties are tetraploids. Diploid ($2n = 22$) species predominate in natural habitats, but some *H. fulva* forms are triploid ($3n = 33$). Artificial polyploidization is induced by the use of antimitotic agents such as colchicine, orizaline, trifluralin, pronamide and amiprofosmetil, and their induction properties differ.

Key words: Daylily, *Hemerocallis* L., polyploidy, breeding, polyploidogen.