

UNIVERZITET U BEOGRADU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Mr Snežana Ž. Babić

Genetička varijabilnost agronomskih osobina
selekcionisanih populacija livadskog vijuka
(*Festuca pratensis* Huds.)

Doktorska disertacija

Beograd, 2015

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF AGRICULTURE

Mr Snežana Ž. Babić

Genetic variability of agronomic traits of
improved populations of meadow fescue
(*Festuca pratensis* Huds.)

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2015

POLJOPRIVREDNI FAKULTET

BEOGRAD – ZEMUN

MENTOR:

Dr Gordana Šurlan Momirović, redovni profesor

Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu

ČLANOVI KOMISIJE:

Dr Dejan Sokolović, viši naučni saradnik

Institut za krmno bilje, Kruševac

Dr Tomislav Živanović, redovni profesor

Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu

Dr Vera Rakonjac, redovni profesor

Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu

Dr Sanja Vasiljević, viši naučni saradnik

Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad

Datum odbrane:

Koristim priliku da se zahvalim mentoru prof. dr Gordani Šurlan Momirović i članovima komisije za uputstva i korisne savete prilikom izrade disertacije.

Srdačno se zahvaljujem kolektivu Instituta za krmno bilje u Kruševcu na obezbeđenju materijalnih uslova za izvođenje istraživanja i izradu disertacije a kolegama na pomoći i konstruktivnim predlozima.

Posebno se zahvaljujem dr Dejanu Sokoloviću za nesebičnu pomoć i korisne savete prilikom definisanja i realizacije ovih istraživanja, počev od planiranja i izvođenja eksperimenta, obrade podataka do konačnog uobličavanja doktorske disertacije.

Takođe se zahvaljujem dr Jasmini Radović i dr Zoranu Lugiću na pomoći prilikom planiranja, izrade i samog pisanja disertacije.

Najveću zahvalnost dugujem porodici na strpljenju i razumevanju koje su mi pružili tokom izrade rada.

Ova doktorska disertacija je realizovana u okviru projekta TR 31057 „Poboljšanje genetičkog potencijala i tehnologija proizvodnje krmnog bilja u funkciji održivog razvoja stočarstva“ koji je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Genetička varijabilnost agronomskih osobina selekcionisanih populacija livadskog vijuka (*Festuca pratensis* Huds.)

Cilj istraživanja ove doktorske disertacije je proučavanje nivoa i strukture genetičke varijabilnosti, kao i utvrđivanje očekivane genetičke dobiti, koja predstavlja mogući uspeh selekcije za kvantitativne osobine koje su praćene tokom istraživanja. Dobijeni rezultati su dali potpuniju sliku o nivou i tipu genetičke varijabilnosti selekcionisanih populacija livadskog vijuka, što omogućava izbor najpogodnijeg metoda oplemenjivanja ove travne vrste u narednom periodu. Početni materijal u ovim istraživanjima predstavljale su dve selekcionisane populacije livadskog vijuka, poreklom od prve domaće selekcionisane sorte livadskog vijuka Kruševački 21 (K-21) i švajcarske sorte Pradel.

Potomstvo za ispitivanje genetičke varijabilnosti dobijeno je tokom 2008. godine kontrolisanim oprašivanjem slučajno odabranih biljaka iz obe populacije, po proceduri koju su za stranooplodne biljke predložili Comstock i Robinson (1948). U cilju ispitivanja dobijenog potomstva ogled je postavljen po NC I modelu ukrštanja sa setovima u okviru ponavljanja. Kod populacije K-21 je proučavano 20 half-sib potomstava, odnosno 60 full-sib potomstava. Kod populacije Pradel proučavano je 13 half-sib potomstava, odnosno 39 full-sib potomstava. U okviru svakog full-sib potomstva proučavano je po 30 biljaka. Tokom izvođenja ogleda praćene su sledeće osobine: vreme metličenja, odnosno stasavanja, visina biljaka, dužina, širina i broj listova, dužina metlice, broj vegetativnih i generativnih izdanaka, prinos zelene mase i suve materije po biljci u prvom otkosu i ukupan prinos zelene mase i suve materije po biljci. Od osobina hemijskog sastava suve materije proučavana je varijabilnost sadržaja sirovih proteina (gkg^{-1}), ADF-a (gkg^{-1}) i NDF-a (gkg^{-1}).

Za sve proučavane osobine kod obe proučavane populacije tokom obe godine istraživanja utvrđene su srednje vrednosti kao i vrednosti odgovarajućih standardnih grešaka. Takođe je kod obe populacije u obe godine zabeležen širok interval variranja, odnosno razlika između minimalnih i maksimalnih vrednosti, za sve proučavane osobine. Sve ovo govori o prisutnoj visokoj unutarpopulacijskoj varijabilnosti proučavanih selekcionisanih populacija livadskog vijuka.

Analizom varijanse su utvrđene su značajne genetičke razlike između proučavanih očeva, odnosno između HS familija u okviru seta, kao i između proučavanih majki u okviru očeva u setu, odnosno FS familija, za većinu proučavanih osobina kod obe praćene populacije livadskog vijuka.

Utvrđen je visok udeo aditivne u ukupnoj genetičkoj varijansi za većinu proučavanih osobina kod obe populacije, što govori o visokoj selekcionoj vrednosti ispitivanog materijala.

Takođe su utvrđeni značajni nivoi genetičkih i fenotipskih koeficijenata varijacije najvažnijih agronomskih osobina kod obe populacije.

Kod većine praćenih osobina kod obe populacije tokom obe godine istarživanja utvrđene su relativno visoke vrednosti heritabilnosti u užem smislu.

Vrednosti koeficijenata korelacije su u velikoj meri zavisile od populacije. Tako je kod populacije Pradel utvrđena visoko statistički značajna povezanost između većeg broja proučavanih osobina u odnosu na K-21.

Kod obe proučavane populacije livadskog vijuka zabeležena je visoka očekivana genetička dobit za veliki broj osobina.

Dobijeni rezultati tokom dvogodišnjih proučavanja genetičke varijabilnosti selekcionisanih populacija livadskog vijuka, K-21 i Pradel, ukazuju na visok genetički potencijal proučavanih populacija. Visok genetički potencijal proučavanih populacija livadskog vijuka najbolje će se iskoristiti primenom fenotipske rekurentne selekcije, odnosno polikros ukrštanjem superiornih genotipova sa krajnjim ciljem stvaranja sintetičke sorte.

Ključne reči: livadski vijuk, genetička varijabilnost, komponente genetičke varijabilnosti, heritabilnost, koeficijenti varijacije, koeficijenti korelacije, očekivana genetička dobit

Naučna oblast: Biotehničke nauke

Uža naučna oblast: Ratarstvo i povrtarstvo

UDK: 633.2:575.22(043.3)

Genetic variability of agronomic traits of improved populations of meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.)

The aim of this investigation was to determine the level and structure of genetic variation, as well as to determine the expected genetic gain in breeding, which represents the potential success of selection for quantitative traits that was monitored during the study. The results will give a complete picture of the level and the type of genetic variability in selected populations of meadow fescue, which should enable the selection of the most appropriate methods of breeding these grass species in the future. The starting material for these investigations were two selected populations of meadow fescue, domestic selected populations of meadow fescue Kruševački 21 (K-21) and selected population of Swiss origin Pradel.

The progenies used to determine genetic variability were obtained during 2008. by controlled pollination of randomly chosen plants from both populations according to a procedure for xenogam plants suggested by Comstock i Robinson (1948). In order to examine progenies, the experiment was set according to NC I model with sets within replications. In the population K-21 20 half-sib progenies (60 full-sib progenies) and in the population Pradel 13 half-sib progenies (39 full-sib progenies) have been studied. Within each full-sib progeny 30 plants were investigated. The following characteristics have been examined: earliness, plant height, length, width and number of leaves, panicle length, number of vegetative and generative tillers, green and dry matter yield per plant in the first cut, total green and dry matter yield per plant, crude protein content (gkg^{-1}), ADF (gkg^{-1}) and NDF content (gkg^{-1}).

Mean values, corresponding standard errors, interval of variation and the difference between the minimum and maximum values for all examined traits for both years show significant variability for both selected populations of meadow fescue. Significant genetic differences were determined between HS families and between FS families, for most studied traits in both populations of meadow fescue.

Results show a high proportion of additive components of genetic variance in total genetic variance, for most examined traits in both populations, which indicate a high breeding value of studied populations.

Significant genetic and phenotypic coefficients of variation of the most important agronomic traits in both populations were determined.

High heritability in narrow sense was established for most traits in both populations, in both years, as well.

The values of correlation coefficients are largely dependent on the population.

In both populations of meadow fescue was recorded high expected genetic gain for most investigated traits.

The results obtained during the two-year study of the genetic variability of selected populations of meadow fescue, K-21 and Pradel, indicate high genetic potential of the studied populations. The best way to use the high genetic potential of the studied populations is phenotypic recurrent selection, or polycross crossing superior genotypes with the final aim of creating synthetic cultivars.

Key words: meadow fescue, genetic variability, components of genetic variability, heritability, coefficients of variation, coefficients of correlation, expected genetic gain.

Academic Expertise: Biotechnology Science

Special topics: Field and vegetable crops

UDC: 633.2:575.22(043.3)

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. PREGLED LITERATURE.....	4
3. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	27
4. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA.....	28
4.1. Biljni materijal.....	28
4.2. Model dobijanja potomstva za ocenjivanje.....	28
4.3. Statistička obrada podataka.....	33
5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA	39
5.1. Srednje vrednosti proučavanih osobina livadskog vijuka	39
5.2. Analiza varijanse proučavanih osobina livadskog vijuka	44
5.3. Komponente varijanse proučavanih osobina livadskog vijuka	51
5.4. Koeficijenti varijacije proučavanih osobina livadskog vijuka	60
5.5. Heritabilnost proučavanih osobina livadskog vijuka	65
5.6. Korelacioni odnosi između proučavanih osobina livadskog vijuka	72
5.7. Očekivana genetička dobit proučavanih osobina livadskog vijuka	77
6. ZAKLJUČAK.....	81
7. LITERATURA.....	86
Prilog 1. Izjava o autorstvu.....	97
Prilog 2. Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada..	98
Prilog 3. Izjava o korišćenju.....	99
Biografija.....	101

1. UVOD

Livadski vijuk (*Festuca pratensis* Huds.) je višegodišnja vrsta trava umerenog klimata. Rasprostranjen je u celoj Evropi i umerenom pojasu Azijskog kontinenta, a naročito na livadama i pašnjacima centralne i severne Evrope (**Hand et al., 2012**). Poreklo livadskog vijuka nije precizno definisano, ali se pretpostavlja da potiče iz oblasti Sredozemnog mora i iz granične oblasti ovog dela Evrope sa Azijom. Vremenom su se klimatski uslovi u ovom području značajno izmenili pa je livadski vijuk danas u manjoj meri prisutan na ovim prostorima.

Ova travna vrsta se najčešće koristi kao krmna biljka za ispašu i košenje (**Casler i Santen, 2001**) u smešama sa drugim travama i leguminozama (**Vučković, 2003**). Livadski vijuk se odlikuje visokim prinosom i dobrom svarljivošću. Po kvalitetu, se ubraja u grupu trava odličnog kvaliteta, po čemu se može uporediti sa vrstama iz roda *Lolium* (**Kolliker, 1998**). Odlikuje se izraženom otpornošću na hladnu klimu, veoma dobro podnosi mrazeve, naročito golomrazicu, tako da predstavlja idealnu vrstu za surove klimatske uslove Severne Evrope, gde se najviše i gaji (**Fjellheim i Rognli, 2005a**). U ovakvim uslovima, gde druge kvalitetne vrste trava ne daju dobre rezultate, livadski vijuk osigurava visoke prinose (**Kolliker et al., 1998**). Najbolje uspeva na vlažnim i dubokim zemljištima, podnosi plavljenje, kao i suše tokom letnjeg perioda (**Peeters, 2004**), mada mu duže suše mogu značajno smanjiti prinos i izazvati proređivanje useva. Živi dugo, 7-8 godina, nekada i duže, ali se sporo razvija, tako da puno razviće dostiže u drugoj godini života. Zahvaljujući dobro razvijenom korenovom sistemu, koji dobro vezuje zemljište, ova vrsta je veoma značajna u zatravljivanju erodiranih terena.

Rod *Festuca* ima oko 500 različitih vrsta (**Hand et al., 2012**), različite ploidnosti, od diploida ($2n=2x=14$) do dodekaploida ($2n=12x=84$). Za naše uslove najznačajnije su sledeće vrste ovog roda: livadski vijuk (*Festuca pratensis* Huds.), visoki vijuk (*Festuca arundinacea* Schreb.), crveni vijuk (*Festuca rubra* L.) i ovčiji vijuk (*Festuca ovina* L.).

Livadski vijuk (*Festuca pratensis* Huds.) je diploidna ($2n=2x=14$), tipična stranooplodna vrsta, sa izraženom inkompatibilnošću kontrolisanom S i Z genskim alelima (**Yang et al., 2008**). Postoji i tetraploidni ($2n=4x=28$) varijetet livadskog vijuka

(*Festuca pratensis* var. *apennina*), koji se sreće na visokim nadmorskim visinama zapadne Evrope, najviše u planinskim predelima severne Italije (**Terrel, 1979; Hand et al., 2012**). Izrazita ksenogamnost (oko 95%) i široka rasprostranjenost i prilagodjenost različitim agroekološkim uslovima, upućuju na zaključak da livadski vijuk poseduje visoku genetičku varijabilnost. Takođe, anemofilni način oprašivanja uz nizak procenat samooplodnje u velikoj meri doprinosi održavanju ili čak povećanju postojeće genetičke varijabilnosti. U svojim istraživanjima **Babić (2009)** ističe veliku varijabilnost livadskog vijuka za najveći broj proučavanih morfoloških osobina, kao i za prinos zelene mase i suve materije.

Obzirom na rasprostranjenost i ekonomski značaj, ovoj vrsti je posvećena značajna pažnja oplemenjivača. U Evropi postoji veliki broj selekcionisanih sorti, dok u našoj zemlji nije mnogo rađeno na oplemenjivanju ove vrste. Do sada je stvorena i priznata jedna sorta livadskog vijuka, Kruševački-21 (K-21), selekcionisana u Institutu za krmno bilje u Kruševcu 1986. godine i repriznata 2007.

Metode koje se upotrebljavaju prilikom oplemenjivanja livadskog vijuka, kao i ostalih višegodišnjih trava, određene su činjenicom da se radi o isključivo stranooplodnim biljnim vrstama koje su podložne inbriding depresiji pri samooplodnji (**Acquaah, 2007**). Najčešći metod koji se primenjuje u procesu oplemenjivanja livadskog vijuka i ostalih višegodišnjih trava je fenotipska rekurentna selekcija modifikovana po **Burton (1982)**. Kao krajnji cilj selekcije postavlja se stvaranje sintetičkih sorti čime se omogućava dobijanje novih izvora genetičke varijabilnosti, a primena metoda rekurentne selekcije dovodi do povećanja frekvencije poželjnih gena uz istovremeno očuvanje nastale genetičke varijabilnosti za naredne cikluse selekcije (**Hallauer i Miranda, 1981**).

Uspešnost oplemenjivanja odnosno poboljšanja populacija široke genetičke osnove u najvećoj meri zavisi od izbora odgovarajućeg metoda selekcije. Koji metod selekcije će se koristiti zavisi od veličine i vrste genetičke varijabilnosti, pre svega od vrednosti genetičke varijanse, odnosno njenih komponenti (aditivne i dominantne), zatim od genetičkih korelacija između najvažnijih osobina i vrednosti heritabilnosti najvažnijih osobina. Poznavanje ovih parametara je od primarnog značaja za oplemenjivača. Procena vrednosti ovih parametara moguća je primenom odgovarajućih eksperimentalnih dizajna. Jedan od dizajna koji se može koristiti za ispitivanje veličine i

strukture genetičke varijanse kod livadskog vijuka kao stranooplodne vrste je North Caroline Design I (NC I). Ovaj dizajn je iz grupe hujerarhijskih modela gde očevi predstavljaju osnovnu jedinicu, a majke u okviru očeva čine podjedinice. Koristi se za procenu nivoa i strukture genetičke varijanse, kao i njenog značaja u ispoljavanju kvantitativnih osobina, pre svega kod stranooplodnih vrsta (**Lugić, 1999; Vasić, 1999; Radović, 2005**). Poznavanje veličine i tipa genetičke varijabilnosti značajno je i za određivanje genetičke dobiti primenom različitih metoda selekcije i poređenjem njihove efikasnosti (**Sokolović, 2006; Majidi et al., 2009**).

2. PREGLED LITERATURE

Efikasnost selekcije i oplemenjivanja zavisi od prisutne genetičke varijabilnosti u početnom oplemenjivačkom materijalu, odnosno od germplazme od koje se otpočinje proces oplemenjivanja i selekcije određene vrste (**Šurlan-Momirović i sar., 2005**).

Proučavanje početnog materijala radi utvrđivanja varijabilnosti i osnovnih karakteristika je prvi i osnovni korak u selekciji. Pored autohtonih, prirodnih populacija (**Fjelheim et al., 2009**), postojanje varijabilnosti se na početku procesa oplemenjivanja proučava i na materijalu koji je ranije prošao određenu selekciju (sorte i oplemenjivačke populacije) (**Kanapeckas et al., 2005; Babić, 2009**).

Prema dosadašnjim rezultatima malobrojnih autora, koji su proučavali varijabilnost livadskog vijuka, može se zaključiti da ova vrsta poseduje visoku varijabilnost za većinu agronomski bitnih osobina.

U svojim istraživanjima **Babić (2009)** ističe veliku varijabilnost proučavanih sorti i oplemenjivačkih populacija livadskog vijuka za najveći broj proučavanih morfoloških osobina, kao i za prinos zelene mase i suve materije. Proučavano je pet populacija livadskog vijuka koje su prošle nekoliko ciklusa selekcije i šest sorti ove travne vrste. Na osnovu trogodišnjih istraživanja, a posmatrajući svaku godinu ponaosob, najveća varijabilnost je utvrđena za prinos suve materije i zelene mase kao i za broj izdanaka po biljci. Najmanje varijabilna osobina tokom sve tri godine bila je vreme stasavanja, odnosno vreme početka metličenja.

Casler i Santen (2000) su proučavali varijabilnost različitih agronomskih osobina na kolekciji od 221 populacije livadskog vijuka. Ove populacije vode poreklo iz različitih regiona i čuvaju se u USDA National Plant Germplasm System (NPGS). Od 221 uzorka na 213 (sedam nije imalo klijavost, a jedan uzorak je pogrešno klasifikovan kao livadski vijuk) je ispitivano 7 osobina, na dve lokacije u Viskonsinu i jednoj u Alabami. Multivarijacionom klaster analizom utvrđena je velika raznovrsnost ispitivanog materijala (186 genotipova za koje su dobijeni rezultati na svim lokalitetima grupisano je u 35 klastera). Nakon proučavanja prinosa, otpornosti na rđu i sposobnosti preživljavanja u različitim uslovima odabrano je pet klastera sa 49 populacija poreklom uglavnom iz centralne, istočne i severne Evrope koje se preporučuju kao perspektivan materijal za dalja istraživanja, naročito za uslove slične onima koji vladaju u

Viskonsinu, odnosno Alabami. Takođe su utvrdili da su regioni i države odakle potiču populacije livadskog vijuka značajni izvori varijabilnosti za dužinu lista, visinu biljaka, stasavanje i prinos. Slični rezultati su dobijeni evaluacijom USDA-NPGS kolekcija ježevica i engleskog ljulja (**Casler, 1991; 1995**).

Kanapeckas et al. (2005) su proučavali 8 osobina na 2 sorte i 22 divlje populacije livadskog vijuka poreklom iz Litvanije. Istraživanja su provedena gajenjem biljaka u gustom sklopu tokom 2 godine. Kao standard je upotrebljena sorta Dotnua I. Utvrđene su manje ili veće razlike u svih osam ispitivanih osobina: visina biljaka, vreme stasavanja, olistalost, prinos suve materije u prvom i drugom otkosu, svarljivost suve materije i sadržaj sirovih proteina i celuloze.

Analizirajući prinos suve materije na 10 sorti livadskog vijuka poreklom iz Holandije, Nemačke, Poljske i Švajcarske, u osam eksperimentalnih stanica u Poljskoj, **Domanski i Kryszak (2004)** su utvrdili da prinos suve materije zavisi od agroekoloških uslova i da je varijabilnost uzrokovana interakcijom genotip-sredina statistički značajna za sve ispitivane sorte. Osim prinosa u obzir je uzeta tolerantnost na niske temperature i dinamika porasta u proleće i nakon košenja. Rezultati dobijeni ovakvim istraživanjima omogućavaju odabir najboljih sorti za date uslove sredine.

U radu **Helgadóttir i Björnsson (1994)** ispitivana je kolekcija od 71 populacije 4 vrste višegodišnjih trava (mačiji rep, prava livadarka, livadski vijuk i crveni vijuk) i crvene deteline na više lokaliteta u četiri severnoevropske države (Finska, Norveška, Švedska i Island). Cilj rada je upoređivanje i određivanje najbolje adaptiranih genotipova datim uslovima sredine. Na osnovu ostvarenog prinosa, stabilnosti prinosa, perzistentnosti i kvaliteta suve materije formirana je baza genotipova za dalje procese selekcije. Analizirajući populacije livadskog vijuka uključene u ova istraživanja uočena je značajna varijabilnost.

Na kolekciji od 12 severnoevropskih sorti, (po 3 sorte poreklom iz Norveške, Švedske, Finske i Danske) i 1 populacije poreklom sa Islanda, AFLP marker metodom proučavana je genetička distanca unutar i između ispitivanih sorti odnosno populacije (**Fjellheim i Rognli, 2005a**). Konstatovano je da je najveći procenat varijabilnosti prisutan između pojedinačnih biljaka unutar sorti, sa oko 80%, a da je varijabilnost između sorti prisutna sa oko 20%. Varijabilnost između sorti grupisanih po zemljama porekla iznosila je oko 1%. Prisutna varijabilnost od oko 80% između genotipova

unutar sorti u skladu je sa sličnim proučavanjima koja su rađena na drugim stranooplodnim vrstama trava (**Balfourier et al., 1998; Ubi et al., 2003**). Isti autori (**Fjellheim i Rognli, 2005b**), proučavali su kolekciju livadskog vijuka sastavljenu od 30 divljih populacija poreklom iz Norveške i 13 sorti poreklom iz severne Evrope, takođe koristeći AFLP marker metode. Dobijeni su slični rezultati koji govore da je varijabilnost između genotipova unutar sorti, odnosno populacija veća u odnosu na varijabilnost prisutnu između sorti, odnosno populacija. Genetička varijabilnost u okviru divljih populacija bila je niža nego u ispitivanim sortama, što je u suprotnosti sa rezultatima **Köliker et al. (1998)**, koji su proučavajući 6 divljih populacija i 3 sorte livadskog vijuka poreklom iz Švajcarske došli do rezultata da je varijabilnost u okviru sorti niža u odnosu na prirodne populacije, što je i očekivano usled stabilizirajućeg efekta selekcije.

U svetu je veoma malo, a kod nas nije uopšte rađeno na utvrđivanju strukture varijabilnosti livadskog vijuka.

Prvobitnu teoriju o podeli ukupne genetičke varijanse na aditivnu, dominantnu i epistatičnu komponentu dao je **Fisher (1918)**, što je značajno doprinelo objašnjenju nasleđivanja kvantitativnih osobina. Utvrđivanje varijabilnosti, posebno vrednosti genetičke varijanse i njenih komponenti (aditivne i dominantne), zatim heritabilnosti, pre svega u užem smislu, kao i korelacionih odnosa između najvažnijih osobina je od primarnog značaja za oplemenjivanje (**Robinson et al., 1949**). Korišćenjem odgovarajućih eksperimentalnih dizajna može se brzo i precizno dobiti procena genetičkih parametara (**Comstock i Robinson, 1948**). Pojedini eksperimentalni modeli se koriste češće od drugih, ali svaki od njih je prilagođen tipu populacije koja se proučava.

Comstock i Robinson (1948) su za proučavanje genetičke varijanse, odnosno aditivne i dominantne komponente genetičke varijanse kod stranooplodnih biljaka, predložili tri modela ukrštanja: North Carolina Design I (NC I), North Carolina Design II (NC II) i North Carolina Design III (NC III). Od pomenutih modela ukrštanja za ispitivanje veličine i strukture genetičke varijanse kod stranooplodnih biljaka najčešće se koristi North Carolina Design I (NC I) (**Lugić, 1999; Vasić, 1999; Radović, 2005**). Ovaj model je iz grupe hijerarhijskih modela, gde očevi predstavljaju osnovnu jedinicu a majke u okviru očeva čine podjedinicu. U NC I modelu određenim načinom ukrštanja

formiraju se grupe full-sib (FS) i half-sib (HS) potomstava unutar ispitivane populacije. Na bazi izjednačavanja genetičkih kovarijansi između različitih tipova srodnika sa očekivanim genetičkim varijansama moguće je izvršiti procenu ukupne genetičke varijanse, kao i njenih komponenti, odnosno, aditivne i dominantne varijanse (**Acquaah, 2007.**).

Primena ovog dizajna u utvrđivanju obima i strukture varijabilnosti ima niz prednosti. Prednost ovog dizajna se pre svega ogleda u lakom i brzom stvaranju velikog broja potomstava neophodnih za ispitivanje, naročito kod stranooplodnih biljnih vrsta. Struktura ovog dizajna omogućava lako grupisanje potomstava u setove što olakšava izvođenje oglada i povećava preciznost dobijenih rezultata. North Caroline Design I omogućava direktnu procenu aditivne i ukupne genetičke varijanse, kao i procenu epistatične komponente genetičke varijanse, ukoliko je moguće izračunavanje varijanse unutar eksperimentalne parcele, tj. unutar full-sib potomstava.

Pored značajnih prednosti, ovaj dizajn ima i određene nedostatke. Ne može se koristiti za proučavanje varijabilnosti kod samooplodnih vrsta. Procena dominantne genetičke varijanse se vrši indirektno, pa je moguće da se dobiju visoke vrednosti standardne greške kao i negativne vrednosti za ovu komponentu genetičke varijanse. Primenom North Caroline Design I se mogu dobiti i negativne vrednosti aditivne varijanse. Kako varijansa po definiciji ne može biti negativna, dobijene negativne vrednosti komponenti genetičke varijanse u raznim eksperimentalnim dizajnima su ustvari male pozitivne vrednosti (**Borojević, 1981**). Negativne vrednosti komponenti genetičke varijanse mogu biti posledica većeg broja faktora, kao što su neadekvatna veličina uzorka potomstava iz populacije ili neispunjavanje određenih pretpostavki za primenu datog dizajna. Najčešći uzroci negativne vrednosti aditivne i dominantne genetičke varijanse su prisustvo vezanosti gena i asortativno ukrštanje između biljaka. Nedostatak ovog modela se ogleda i u tome što lako može doći do ukrštanja sličnih roditelja, što prouzrokuje povećanje varijanse očeva (σ^2_m) i aditivne komponente genetičke varijanse i smanjenje varijanse majki unutar očeva ($\sigma^2_{f/m}$), kao i podcenjivanja dominantne komponente genetičke varijanse (**Kearsey i Pooni, 1996**). Za dobijanje što preciznijih vrednosti varijansi važnije je povećati broj majki ukrštenih sa jednim ocem nego broj ponavljanja. Iz istih razloga je veoma važno koristiti što veći broj biljaka po potomstvu prilikom evaluacije (**Lynch i Walsh, 1998**).

Primena North Caroline Design I modela iziskuje određene uslove kako bi se dobili što realniji rezultati. Jedan od prvih i osnovnih uslova je da roditeljske biljke nisu inbridovane. Takođe je neophodno da frekvencija genskih alela bude u ravnoteži, što je teško utvrditi. Stvaranjem populacije sigurno dolazi da promena u frekvenciji gena, ali zbog višegodišnjeg umnožavanja semena bez primene selekcije frekvencija gena je verovatno približno u ravnoteži. Promena frekvencije genskih alela koji određuju neku osobinu može dovesti do povećanja, odnosno smanjenja komponenti genetičke varijanse, u zavisnosti od pravca selekcije. Zbog toga se rezultati dobijeni proučavanjem jedne populacije teško mogu porediti sa rezultatima dobijenim proučavanjem druge populacije.

Još jedan važan uslov za uspešno sprovođenje datog modela je odsustvo vezanosti gena. Prisustvo vezanih gena, bilo u seriji spajanja ili razdvajanja, može uticati na promenu odnosa aditivne i dominantne komponente ukupne genetičke varijanse. Pretpostavlja se da u uslovima slobodne oplodnje populacija, vezanost gena nema efekta na dobijene vrednosti komponenti genetičke varijanse kao i vrednosti kovarijansi između srodnika.

Takođe je veoma važno i odsustvo epistaze za osobine koje se ispituju. Ako epistaza postoji, kovarijansa u polusrodstvu nije jednaka četvrtini aditivne već obuhvata sve interakcije aditivnog tipa, pa se u tom slučaju menja odnos kovarijansi punog srodstva. Pretpostavlja se da na epistatičnu varijansu otpada manje od 10% ukupnog genetičkog variranja kvantitativnih osobina, kao i da je epistaza značajna u izuzetno retkim kombinacijama koje se jako teško mogu otkriti u populacijama u stanju ravnoteže (**Gardner, 1963**). Prisustvo i veličinu epistatične varijanse u ukupnoj genetičkoj varijabilnosti pojedinih osobina je teško sa sigurnošću ustanoviti.

Kada govorimo o proceni obima i strukture genetičke varijabilnosti, neophodno je istaći da genetička varijansa zavisi od frekvencije gena, što nameće zaključak da se ocena genetičke varijanse i njenih komponenata, odnosi samo na datu populaciju iz koje je uzet uzorak potomstva za ispitivanje, kao i na dati skup faktora spoljašnje sredine u kojima je izvršeno ispitivanje uzorkovanih potomstava (**Falconer i Mackay, 1996**).

Procena vrednosti komponenti genetičke varijanse omogućava izračunavanje heritabilnosti kao i očekivane genetičke dobiti. Proučavanje heritabilnosti je veoma značajno za oplemenjivače jer pokazuje u kojoj meri je fenotip jedinke determinisan

genotipom, odnosno pokazuje verovatnoću sa kojom se očekuje ekspresija određene osobine kod potomstva. Osobine koje imaju imaju najveći značaj za preživljavanje, imaju nisku heritabilnost. Ukoliko je heritabilnost visoka, faktori spoljašnje sredine imaju mali uticaj na ispoljavanje te osobine.

Babić (2009) je dobila visoke vrednosti heritabilnosti u širem smislu za većinu proučavanih osobina. Za najvažnije morfološke osobine koeficijent heritabilnosti u širem smislu je bio preko 90%, kao i za prinos zelene mase i suve materije po otkosima i na godišnjem nivou. Komponente prinosa semena su imale nešto niže vrednosti ovog parametra koji se kretao u rasponu od 55,87 do 77,65%, što je opet u rang visokih vrednosti. Takođe, parametri hemijskog sastava će sa velikom verovatnoćom biti ispoljeni kod potomstva.

Aastveit i Aastveit (1989) su proučavajući strukturu varijabilnosti livadskog vijuka utvrdili visoke vrednosti heritabilnosti u užem smislu za vreme stasavanja (0,67-0,78). Od ostalih proučavanih osobina značajno je napomenuti da su za prinos suve materije u prvom i drugom otkosu utvrđeni visoki koeficijenti heritabilnosti u užem smislu. Za ukupan prinos suve materije zabeležene su vrednosti heritabilnosti u užem smislu od 0,48-0,62.

U istraživanjima **Fang et al. (2004)** na dva lokaliteta proučavano je potomstvo dobijeno ukrštanjem sorte B-14 koja je poreklom iz bivše Jugoslavije i norveške sorte HF2, selekcionisane na povećanu tolerantnost na izmrzavanje, sa ciljem procene strukture genetičke varijabilnosti osobina koje utiču na produkciju semena. Utvrđene su visoke vrednosti za heritabilnost u širem smislu za sve proučavane osobine na oba lokaliteta. Jedino su se za visinu biljaka razlikovale dobijene vrednosti heritabilnosti na različitim lokalitetima.

Kanapeckas et al. (2005) su dobili niske vrednosti heritabilnosti u širem smislu za visinu biljaka (0,05), prinos suve materije u prvom otkosu (0,10) i vreme stasavanja (0,07), dok je heritabilnost za svarljivost suve materije i sadržaj sirove celuloze bila 0,56 odnosno 0,51. Za olistalost i sadržaj sirovih proteina utvrđena je heritabilnost u širem smislu od 0,22 i 0,21.

Proučavajući varijabilnost visokog vijuka na half sib potomcima dobijenim polikros ukrštanjem 25 roditelja, **Majidi et al. (2009)** su utvrdili visoke vrednosti

heritabilnosti u užem smislu za prolećni porast (65,8-70,24%), vreme polinacije (76,69-80,25%) i prinos suve materije (63,64-74,25%).

U istraživanjima **Annicchiarico i Romani (2005)** koji su proučavali varijabilnost osobina kvaliteta visokog vijuka na 105 potomstava dobijenih dialelnim ukrštanjem 15 genotipova poreklom iz Mediterana utvrđeni su različiti koeficijenti heritabilnosti u užem smislu u različitim rokovima žetve za sadržaj sirovih proteina, ADF i NDF, (sirovi proteini – 0,18 i 0,54; ADF – 0,31 i 0,35; NDF – 0,39 i 0,60). Za prinos suve materije su zabeležene skoro identične vrednosti heritabilnosti u jesenjem i zimskom terminu košenja (0,60 i 0,58). Jesenja i zimska kosidba su primenjene da bi se izbegla varijabilnost osobina kvaliteta uzrokovana generativnim porastom u proleće.

U procesu oplemenjivanja biljaka, pored prinosa kao najvažnije osobine, uvek se prate i druge osobine. Poznavanje međuzavisnosti proučavanih osobina, odnosno na koji način i u kolikoj meri jedna osobina utiče na drugu, omogućava lakše određivanje kriterijuma i predviđa tok oplemenjivanja (**Falconer i Mackay, 1996**). Selekcijom određene osobine u željenom pravcu doći će do promena vrednosti nekih drugih osobina u veličini i pravcu srazmerno jačini korelacionih koeficijanata između datih osobina. Ukoliko nam je cilj oplemenjivanje određene osobine koja se odlikuje malom heritabilnošću, bolji rezultati će se postići indirektnim oplemenjivanjem osobine koja je u visokoj pozitivnoj korelacionoj vezi sa datom osobinom, a odlikuje se visokom heritabilnošću, nego njenim direktnim oplemenjivanjem. Vrednost korelacionih koeficijenata zavisi od frekvencije gena u proučavanoj populaciji (**Falconer, 1996**), što govori da se dobijeni koeficijenti korelacija odnose samo na proučavanu populaciju u datim agroekološkim uslovima.

Fang et al. (2004) su utvrdili slabe korelacione veze između vremena stasavanja i osobina koje određuju produkciju semena kod livadskog vijuka, dok je prinos semena po biljci u visoko pozitivnoj korelacionoj povezanosti sa prinosom semena po metlici kao i sa dužinom i širinom lista zastavičara. Kada je u pitanju korelaciona veza vremena metličanja sa nekim drugim osobinama **Babić (2009)** je dobila visoku negativnu povezanost ove osobine sa brojem listova, dužinom terminalne internodije, kao i brojem izdanaka po biljci. Jedino je širina lista bila u značajnoj pozitivnoj povezanosti sa vremenom metličanja. Takođe je utvrdila da su najveći uticaj na prinos suve materije u

prvom otkosu i ukupan godišnji prinos suve materije imale visina biljaka, broj izdanaka po biljci i broj listova po izdanku.

Aastveit i Aastveit (1989) su proučavajući strukturu varijabilnosti populacija i hibrida livadskog vijuka očekivano dobili jaku korelacionu međusobnu povezanost između prinosa zelene mase po otkosima, kao i njihov pozitivan uticaj na ukupan prinos zelene mase.

Kanapeckas et al. (2005) proučavajući varijabilnost populacija i sorti livadskog vijuka navode jake pozitivne korelacione odnose između olistalosti sa jedne strane i vremena stasavanja i sadržaja sirovih proteina sa druge. Jak uticaj na sadržaj sirovih proteina imao je prinos suve materije u prvom otkosu. Visina biljaka je negativno uticala na vreme stasavanja i svarljivost.

Sugiyama (1985) je utvrdio pozitivne koeficijente korelacije između ukupnog prinosa suve materije livadskog vijuka i prinosa generativnih i vegetativnih izdanaka u situaciji kada su primenjena tri termina košenja. Kada je primenjeno pet termina košenja zabeležena je pozitivna korelativna veza između prinosa suve materije prvog otkosa i prinosa vegetativnih izdanaka, ali i slabo negativna korelacija između prinosa i broja generativnih izdanaka. Produktivnost livadskog vijuka u drugom i ostalim otkosima u pozitivnoj je korelacionoj vezi sa prinosom vegetativnih izdanaka.

U istraživanjima **Majidi et al. (2009)** dobijeni su jaki korelacioni odnosi između prolećnog porasta half sib familija visokog vijuka na jednoj strani i visine biljaka, broja generativnih izdanaka i prinosa suve materije na drugoj strani. Takođe na prinos suve materije pozitivno je uticala visina biljaka kao i broj generativnih izdanaka.

Annicchiarico i Romani (2005) su proučavajući odnose između prinosa suve materije i osobina koje određuju kvalitet suve materije kod visokog vijuka utvrdili negativan odnos između prinosa suve materije i sadržaja sirovih proteina.

Kao krajnji cilj oplemenjivanja postavlja se dobijanje genotipova poboljšanih karakteristika, odnosno poboljšanih vrednosti osobina na koje se vrši selekcija. Step genetičkog poboljšanja, odnosno genetička dobit, osobine na koju se vrši selekcija zavisi od samog materijala na kome se radi, tipa oplodnje, varijabilnosti i visine naslednosti, odnosno heritabilnosti date osobine, ali i razlike srednje vrednosti odabrane grupe potomstava i srednje vrednosti celokupne populacije, tj. od vrednosti selekcionog diferencijala. Očekivana genetička dobit se može menjati povećanjem selekcionog

diferencijala ili povećanjem heritabilnosti proučavane osobine. To se postiže većom kontrolom ukrštanja roditelja, redukcijom trajanja ciklusa selekcije i poboljšanjem kvaliteta oplemenjivačkih ogleda (**Hallauer, 1980**). Procena genetičke dobiti od selekcije je jedna od najkorisnijih relacija za primenjene oplemenjivačke programe jer je u izračunavanje uključen veći broj genetičkih i drugih parametara (**Hallauer, 1980**). **Casler (1999)** navodi da procena genetičke dobiti u selekciji može poslužiti za predviđanje najpodesnijeg metoda oplemenjivanja. I pored toga što je došlo do neslaganja u očekivanoj i ostvarenoj genetičkoj dobiti utvrdio je da se relativne razlike između selekcionih metoda u očekivanoj i realizovanoj dobiti slažu. **Sokolović (2006)** takođe ističe neslaganje u očekivanoj i ostvarenoj genetičkoj dobiti prilikom oplemenjivanja engleskog ljulja. Tokom jednog ciklusa selekcije nisu dostignute očekivane dobiti u selekciji engleskog ljulja primenom različitih metoda oplemenjivanja. Najveću prosečnu ostvarenu i najbližu očekivanoj genetičkoj dobiti pokazala su polikros potomstva za najvažnije osobine u procesu oplemenjivanja. Takođe, pojedini hibridi su ostvarili dobit u ukupnom prinosu suve materije relativno blizu očekivanoj genetičkoj dobiti.

Rekurentnom selekcijom na prinos tropske trave *Paspalum notatum* **Burton (1982)** je ostvario selekciju dobit od 16,4% po ciklusu, odnosno 91% na pojedinačnim biljkama i 84% u gustom sklopu nakon 6 ciklusa oplemenjivanja.

Proučavajući genetičku varijabilnost travne vrste *Holcus lanatus* L. **Mittelmann i Doring Buchweitz (2010)** su utvrdili da se ostvarena genetička dobit za većinu proučavanih osobina kretala od 5,37 do 8,28%, a da je najveća genetička dobit ostvarena za broj izdanaka po biljci (30,77%).

Davne 1868. godine Darwin je opisao tri tipa selekcionih procesa koja za rezultat imaju modifikovanje početne populacije. Ta tri vida selekcije su: prirodna, nesvesna i metodološka selekcija. Osim prirodne i nesvesne selekcije koja se odvijala samim odomaćivanjem, odnosno gajenjem višegodišnjih travnih vrsta, kroz sakupljanje i čuvanje zrelog semena prirodnih populacija koje su se odlikovale poželjnim osobinama (**Levy, 1932, po Sokolović, 2006**), pravo metodološko oplemenjivanje počinje da se razvija krajem 19. i početkom 20. veka, a nagli razvoj oplemenjivanja desio se pedesetih godina 20. veka. Prve sorte višegodišnjih trava su nastale umnožavanjem semena prirodnih populacija sa poželjnim osobinama ili odabirom pojedinačnih biljaka sa

najboljim karakteristikama (**Jenkin, 1943, po Tomić i Sokolović, 2007**). U narednom periodu pristupilo se selekciji pojedinačnih biljaka gde je glavna pažnja bila usmerena na habitus biljke, vreme stasavanja i perzistentnost (**Casler et al., 1996**).

Kao što je već napomenuto utvrđivanje karakteristika i varijabilnosti početnog materijala je prvi i osnovni korak u oplemenjivanju i selekciji bilo koje vrste. Karakterizacija kolekcionisanog materijala pruža oplemenjivaču značajnu količinu informacija na osnovu kojih može odrediti vrednost tog materijala za ciljeve koje želi postići, kao i načine na koje će ostvariti postavljene ciljeve. Početni materijal se može iskoristiti na različite načine (**Humphreys, 1987**). Jedan od načina je direktno iskorišćavanje kolekcionisanih populacija ukoliko su iste uniformne za neku poželjnu osobinu, odnosno mogu se direktno koristiti kao sorta. U slučaju da populacije poseduju određenu poželjnu osobinu, ali se ona odlikuje velikom varijabilnošću, neophodno je primeniti stabilizirajući vid selekcije, kojom bi se stabilizovala željena osobina. Zatim, ukoliko se određena populacija pored poželjnih osobina odlikuje i nekom negativnom osobinom koja ograničava potencijal buduće sorte, potrebno je primeniti usmerenu selekciju, gde bi akcenat bio na poboljšanju te osobine. Ovo je veoma teško sprovesti u praksi obzirom da je odgovor na ovu selekciju veoma spor, a dolazi i do nepredviđenih korelativnih reakcija između drugih osobina na koje se ne vrši selekcija. Ovo govori da je neophodno primenjivati programe oplemenjivanje na više osobina ili koristiti populacije na indirektan način, što predstavlja još jedan način iskorišćavanja populacija. Od različitih populacija, divljih, odomaćenih, introdukovanih kao i već selekcionisanih sorti formiraju se kolekcije oplemenjivačkog materijala unutar kojih se vrši oplemenjivanje. Kombinacijom, odnosno ukrštanjem populacija različitog geografskog porekla i osobina formira se potpuno nova germplazma. Što su populacije koje se ukrštaju udaljenije veća je verovatnoća postizanja heterozisa.

Na oplemenjivanju i selekciji livadskog vijuka do sada je rađeno mnogo manje nego na drugim travnim vrstama, tako da je stvoren značajno manji broj sorti u odnosu na druge vrste trava. Na listi National Plant Germplasm System (<http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/stats/taxgeo.pl?Festuca%20pratensis>) od 08. juna 2014. godine, nalazi se 307 uzorka livadskog vijuka poreklom iz 34 zemlje, od kojih su većina sorte, uglavnom sa Evropskog kontinenta, ali i iz Australije i Severne Amerike.

Poređenja radi na istoj listi se nalaze 954 uzorka engleskog ljulja poreklom iz 48 različitih zemelja (<http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/stats/genus.pl?Lolium>).

Metode koje se upotrebljavaju prilikom oplemenjivanja svih višegodišnjih trava, pa samim tim i livadskog vijuka, određene su činjenicom da se radi o isključivo stranooplodnim biljnim vrstama koje su podložne inbriding depresiji pri samooplodnji (**Acquaah, 2007**). Većina metoda koje se koriste u oplemenjivanju livadskog vijuka i ostalih travnih vrsta prvobitno su primenjivane u oplemenjivačkim programima na kukuruзу (*Zea Mays* L.). Međutim, sistem oplodnje, odnosno u najvećem broju slučajeva izražena samobesplodnost, zatim različita ploidnost kao i činjenica da se radi o višegodišnjim vrstama u velikoj meri ograničavaju potpunu primenu oplemenjivačkih programa koji se primenjuju kod kukuruza i nameću određene modifikacije (**Nguyen i Sleper, 1983**). Imajući u vidu da se livadski vijuk, ali i ostale ekonomski bitne višegodišnje trave za proizvodnju stočne hrane, u proizvodnim uslovima gaje u gustom sklopu, postavlja se pitanje da li se selekcijom i oplemenjivanjem pojedinačnih biljaka dobijaju realni rezultati, pre svega kada se posmatra prinos. Zbog toga je neophodno progeno testiranje, odnosno testiranje genetičkog materijala dobijenog selekcijom pojedinačnih biljaka u gustom sklopu. U prilog ovome govore istraživanja, pre svega na engleskom ljulju, koja ukazuju da je veoma teško predvideti koliki će biti prinos u proizvodnim uslovima, ukoliko se zaključci donose samo na osnovu prinosa pojedinačnih biljaka (**Hayward i Vivero, 1984**).

Imajući u vidu razlike koje postoje između različitih vrsta višegodišnjih trava može se reći da ne postoji univerzalna metoda oplemenjivanja za sve vrste trava. Izbor najpogodnije selekcionarne metode zavisi od veličine i strukture genetičke varijabilnosti, korelacionih odnosa, prvenstveno genetičkih, između najvažnijih osobina, heritabilnosti najbitnijih osobina u širem i užem smislu, zatim interakcije između genotipa i agoeколоških uslova (**Aastveit i Aastveit, 1990**).

Najčešći metod koji se primenjuje u procesu oplemenjivanja livadskog vijuka i ostalih višegodišnjih trava je rekurentna selekcija. To je cikličan proces u kome se frekvencija poželjnih gena povećava iz ciklusa u ciklus (**Hallauer i Miranda, 1981**). Konačan cilj rekurentne selekcije je poboljšanje početne populacije, pre svega sa osvrtom na jednu, ali i više osobina, tako da se dobije nova populacija koja je superiorna u odnosu na početnu populaciju (**Acquaah, 2007**). Kako u oblasti

oplemenjivanja krmnih trava nema eksperimenata koji upoređuju različite metode oplemenjivanja teško je reći da li je ovo najbolji i najuspešniji vid selekcije (**Brummer, 2005**), ali se može zaključiti da su masovna i fenotipska selekcija najčešće korišćeni metodi rekurentne selekcije prilikom oplemenjivanja višegodišnjih travnih vrsta, ali i krmnih biljaka uopšte.

Masovna selekcija se i danas koristi u velikoj meri u oplemenjivanju višegodišnjih trava, pre svega u predselekcionim programima odabiranja perspektivnih genotipova. Prednost ove metoda je u tome što uključuje populacije sa velikim brojem individua, što smanjuje mogućnost pojave inbriding depresije. Ponavljanjem masovne selekcije iz generacije u generaciju i odabirom superiornih individua na osnovu fenotipa ustanovljiva je fenotipska rekurentna selekcija, koja je postala najčešće korišćena metoda u selekciji višegodišnjih trava, pa i livadskog vijuka.

Fenotipska rekurentna selekcija se razlikuje od masovne jer se oprašivanje ograničava samo na perspektivne genotipove koji su odabrani da čine sledeću generaciju i njihovim ukrštanjem u polikrosu. Fenotipska rekurentna selekcija omogućava brzo povećanje frekvencije poželjnih gena uz istovremeno održavanje genetičke varijabilnosti na visokom nivou, kao i minimiziranje inbridinga unutar populacija (**Hallauer i Miranda, 1981**). Eliminisanjem polena nepoželjnih genotipova, kontrolom oplodnje i klonskim razmnožavanjem, moguće je skratiti ciklus oplemenjivanja i ubrzati sam proces rekurentne selekcije (**Burton, 1982**).

Polikros metod selekcije višegodišnjih travnih vrsta se zasniva na identifikaciji superiornih genotipova koji se mogu međusobno ukrštati, sa krajnjim ciljem stvaranja sintetičke sorte. Da bi došlo do postizanja heterozisa, odnosno uspešnog ukrštanja odabranih genotipova, neophodno je da ti genotipovi poseduju dobre kombinacione sposobnosti (**Nguyen i Sleper, 1983**). Kombinacione sposobnosti roditelja se mogu proveriti na više načina, rekurentnom fenotipskom selekcijom, ukrštanjem sa testerom ili dialelnim ukrštanjem, što je i najprecizniji metod. Za najvažnije osobine, a pre svega za osobine koje određuju prinos, za odabiranje roditelja se preporučuje i obavezno korišćenje progenih testova.

Stvaranjem sintetičke sorte se omogućava dobijanje novih izvora genetičke varijabilnosti, a primena metoda rekurentne selekcije dovodi do povećanja frekvencije poželjnih gena uz istovremeno očuvanje nastale genetičke varijabilnosti za naredne

cikluse selekcije (**Hallauer i Miranda, 1981**). Sintetička sorta je u suštini poboljšana generacija smeše semena različitih genotipova, odnosno linija, klonova ili inbred linija (**Acquaah, 2007**). Najmanji broj genotipova koji čine jednu sintetičku sortu je tri, a može se kretati i do dvadeset i više (**Ghesquiere i Beart, 2006**). Veći broj genotipova doprinosi održavanju inbriding depresije na nižem nivou. Kao optimalan broj preporučuje se 7-9 genotipova prilikom kreiranja sorti višegodišnjih trava (**Posselt, 2000**).

Prema **Foster et al. (2001)** proces oplemenjivanja višegodišnjih trava najčešće počinje proučavanjem bazične populacije od 2000 do 5000 genotipova, od kojih se bira približno 200 genotipova svrstanih u jednu ili više grupa u zavisnosti od vremena stasavanja. Odabrani genotipovi se ukrštaju u polikrosu unutar grupa a nakon analiza half sib potomstava odabiraju se superiorne majčinske biljke. One se ponovo ukrštaju u polikrosu nakon čega se dobija sintetik 1, sastavljen od 7 do 10 roditeljskih komponenti i koji prolazi jedan ciklus umnožavanja semena.

Livadski vijuk je tipična stranooplodna vrsta, sa izraženom inkompatibilnošću kontrolisanom S i Z genskim alelima (**Yang et al., 2008**). Procenat samooplodnje u prirodnim uslovima je dosta nizak, što se može iskoristiti za proizvodnju hibridnog semena. Heterozis se kod krmnih trava proučava, kao i kod ostalih kultura, dosta dugo (više od 60 godina), ali su rezultati i primena u praksi ograničeni sistemom oplodnje i nemogućnošću dobijanja dovoljne količine semena hibridne generacije (**Brummer, 1999**). Već nakon jednog ciklusa umnožavanja semena nove hibridne sorte, heterotični efekat se smanjuje za 50%. Iz tih razloga do sada nema komercijalnih hibrida višegodišnjih trava, ali postoji mogućnost proizvodnje "polu-hibrida" (semihibrida), koji nastaju ukrštanjem odabranih populacija, prethodno umnoženih, da bi se u F1 generaciji dobilo dovoljno semena za komercijalnu upotrebu (**Burton, 1986**). Dobijeni hibridi dobili su ime "slučajni hibridi", jer se smatra da na principu slučajnosti kod oko 50% potomaka neće doći do međupopulacijskih ukrštanja. U praksi ovaj procenat je još manji i iznosi oko 35%. Sinhronizacija cvetanja roditeljskih populacija predstavlja osnovu ovog metoda i na ovaj način ostvaren je heterozis kod brojnih višegodišnjih trava. Identifikovanje i razvoj heterotičnih grupa, koje se koriste za ukrštanja, kao i njihovo održavanje i umnožavanje u izolaciji, predstavljaju osnovu za dobijanje komercijalno isplativih hibridnih sorti višegodišnjih trava (**Brummer, 1999**).

Takođe hibridizacija, odnosno ukrštanje različitih vrsta istog roda (interspecies) ili čak i različitih rodova (intergeneric) postaje zanimljiv metod za dobijanje hibrida poboljšanih i kombinovanih karakteristika. Ovakav vid ukrštanja je prisutan u prirodi među biljnim vrstama, naročito među travnim vrstama, a istraživanja su bazirana na proučavanju *Lolium-Festuca* kompleksa. Naročito mnogo se radilo na dobijanju i proučavanju hibrida između italijanskog i engleskog ljulja sa jedne strane i visokog i livadskog vijuka sa druge strane, čime se kombinuju pozitivne osobine ovih vrsta i objedinjuju u hibridima (**Zwierzowski, 1980; Kosmala et al., 2006**). Dobijeni hibridi su zadržali kvalitet ljuljeva dok su sa druge strane nasledili tolerantnost na stresne uslove sredine od vijuka, gde se pre svega misli na tolerantnost na sušu i niske temperature (**Kosmala et al., 2003**). Festulolium hibridi su pokazali za 51% veću tolerantnost na izmrzavanje od engleskog ljulja, a za 7% od livadskog vijuka (**Guo et al., 2005**). **Akgun et al. (2008)** su ispitivali i upoređivali festulolium hibride sa jedne strane i livadski vijuk i italijanski ljulj sa druge strane. Sorta Elmet (*Lolium multiflorum* x *Festuca pratensis*) pokazala je najveće vrednosti kada je u pitanju prinos zelene mase i suve materije, visina biljaka i sadržaj sirovih proteina.

Jedna od bitnih metoda selekcije za formiranje potpuno nove germplazme je proizvodnja poliploidnih sorti koje se odlikuju poboljšanim karakteristikama u odnosu na diploide. Ovo se može postići dupliranjem broja hromozoma u vegetativnim izdancima dejstvom vodenog rastvora kolhicina (**Tomić i Popović, 1996**). Ovako dobijeni poliploidi imaju veću produkciju zelene i suve materije, broj izdanaka i broj generativnih izdanaka od diploida od kojih potiču. Dobijanje haploida, za sada, ima značaja na eksperimentalnom nivou. Haploidi su organizmi koji u somatskim ćelijama imaju isti broj hromozoma kao i u polnim ćelijama. Značajni su jer se od njih dobijaju diploidni organizmi tzv. dihaploidi koji su homozigotni na sve gene, što se ne može postići ni jednim drugim metodom ni kod samooplodnih biljaka, ni dugotrajnim inbridingom kod stranooplodnih biljaka. Najuspešniji metod za dobijanje haploida jeste kultura antera (**Marburger i Wang, 1988**).

U oplemenjivanju se često koristi metoda kulture tkiva. Najbitnije mogućnosti kulture tkiva kojima se unapređuje oplemenjivanje su brzo umnožavanje materijala, skladištenje materijala na duže vreme i brzo dobijanje veoma varijabilnog materijala somaklonalnim varijacijama (**Depicker et al., 1994**). Kultura tkiva je značajna u

proučavanjima uticaja određenih abiotičkih faktora na ispitivani biljni materijal. Takođe, kulturom protoplasta moguće je dobiti hibride (tzv. cibride – organizme kod kojih su citoplazma i organele poreklom od jedne vrste, a nukleus od druge) između vrsta koje se inače ne mogu ukrštati polnim putem.

Istraživači koji se bave oplemenjivanjem i selekcijom krmnih trava imaju malo ili nimalo podataka o broju genskih lokusa koji utiču na pojedine osobine, lociranosti lokusa na hromozomima, jačini uticaja pojedinih lokusa na ispoljavanje osobina, plejotropnom i epistatičkom efektu i variranju ekspresije gena u različitim sredinama. Primena metoda molekularnih markera ima veoma važnu ulogu u karakterizaciji i evaluaciji početnog oplemenjivačkog materijala (**Humphreys et al., 2003; Fjelheim et al., 2003; Fjelheim i Rognli, 2005a; Fjelheim i Rognli, 2005b**). Pored toga metode molekularnih markera su veoma značajne za identifikaciju individualnih gena koji u određenoj meri utiču na kvantitativne osobine (**King et al., 2002; Alm et al., 2003; Ergon et al., 2006**). Veoma je značajno mapiranje gena koji utiču na otpornost na stresne uslove sredine i izazivače bolesti, pre svega na *Puccinia sp.* (**Zhang et al., 2006**).

Veoma je bitna mogućnost utvrđivanja genetičke sličnosti odnosno distance metodom analize izozimskog sastava, čime se mogu predvideti najbolji genotipovi i populacije za ukrštanje (**Sokolović, 2006; Taški-Ajduković et al., 2010**).

Metode molekularnih markera bazirane na DNA polimorfnosti počinju da se razvijaju sedamdesetih godina sa pojavom sekvencioniranja DNA, što je postalo izvodljivo otkrićem restrikcionih enzima. Mogućnost analize fragmenata DNA elektroforezom dovela je do razvoja metoda molekularnih markera. Zadnjih godina ove metode postaju veoma bitne u oplemenjivanju, određivanju QTL, mapiranju genoma i zaštiti sorti i linija. Najčešće primenjivane metode kod višegodišnjih trava su RFLP, AFLP i RAPD, ali se danas najčešće koriste metode SSR i SNP markera.

Ako govorimo o ciljevima oplemenjivanja livadskog vijuka za stočnu hranu može se reći da su najvažniji ciljevi prilikom unapređenja ove travne vrste usmereni na dobijanje sorti visoke produkcije i dobrog kvaliteta, dugovečnih i tolerantnih na ograničavajuće uslove sredine. Od osobina kvaliteta prvenstveno se misli na svarljivost i sadržaj sirovih proteina, kao i sadržaj vodorastvorljivih ugljenih hidrata (**Wheeler i Corbet, 1989**). U zavisnosti od namene buduće sorte odabiraće se kriterijumi selekcije,

odnosno osobine na koje će se vršiti selekcija. Oplemenjivanje višegodišnjih trava u našim uslovima prvenstveno je usmereno ka povećanju prinosa ili održavanju prinosa na istom nivou uz poboljšanje određenih osobina kvaliteta. U svakom oplemenjivačkom programu postoji tzv. *bottom line*, odnosno granica u visini prinosa ispod koje se ne može ići. Najveći broj oplemenjivačkih modela svodi se na indirektno oplemenjivanje, odnosno na poboljšanje određenih osobina koje utiču na povećanje prinosa, dok veoma mali broj radova govori o povećanju prinosa suve materije *per se* (**Burton, 1982**).

Unapređenje prinosa višegodišnjih trava, pa i livadskog vijuka, prema **Casler et al. (1996)** može se postići na dva načina. Prvo je neophodno dobiti poboljšan i stabilan sintetik, pa tek onda vršiti selekcionu pritisak na prinos. U ovom slučaju rekurentna selekcija na prinos daje najbolje rezultate. Drugi način je povećanje prinosa suve materije oplemenjivanjem određenih morfoloških i fizioloških osobina. Prema **Tomić i Sokolović (2007)** fenotipska masovna ili rekurentna selekcija su najčešće primenjivani metodi selekcije i oplemenjivanja višegodišnjih trava. **Brummer (2005)** ističe da je oplemenjivanje višegodišnjih trava moguće usmeriti na selekciju na prinos *per se* gde bi fenotipska rekurentna selekcija u okviru stabilnih populacija bila osnovni metod selekcije.

Selekcijom na prinos u poslednjih 50 godina nisu ili su ostvarena beznačajna povećanja prinosa suve materije po jedinici površine. Značajno povećanje prinosa kao i poboljšanje vrednosti parametara kvaliteta (svarljivost suve materije, sadržaj proteina), ostvareno je sa povećanom primenom mineralnih đubriva, ali i povećanjem nivoa zaštite travnjaka od različitih štetočina i bolesti. Ovo je takođe uticalo i na bolje iskorišćavanje hranljivih sastojaka od strane domaćih životinja (**Beanziger et al., 2006**).

Analizirajući prinos suve materije šest vrsta višegodišnjih trava, među njima i livadskog vijuka, tokom trinaestogodišnjeg perioda, zaključeno je da prinos suve materije zavisi od vrste, ali i od godine iskorišćavanja (**Lemežiene et al., 2004**). Na osnovu dobijenih rezultata, za prinos suve materije u prvom, drugom i trećem otkosu kao i ukupan godišnji prinos, livadski vijuk se našao u grupi srednje prinosnih vrsta trava. Takođe je zaključeno da kasnostasnije vrste daju veće prinose u prvom otkosu. Što se tiče prinosa u drugom i trećem otkosu, kod livadskog vijuka se kreće oko 47% od ukupnog godišnjeg prinosa i takođe zavisi od godine iskorišćavanja. **Kari i Rinne (2005)** navode da je u uslovima Finske postignut veći prinos livadskog vijuka u drugom

otkosu nego u prvom (u prvom otkosu ostvaren je prinos od 4.3 t ha^{-1} , a u drugom 4.5 t ha^{-1}). U istraživanjima **Leto et al. (2006)**, kada su primenjena tri termina košenja, prvi otkos je učestvovao sa 55% od ukupno ostvarenog prinosa. **Kanapeckas et al. (2005)** i **Lemežienė et al. (2004)** navode da se udeo suve materije prvog otkosa livadskog vijuka u ukupnom prinosu suve materije kreće u intervalu od 52 do 55%. U istraživanjima **Babić et al. (2010)**, udeo suve materije kod oplemenjivačkih populacija i sorti livadskog vijuka u prvom otkosu u ukupnom prinosu prosečno iznosi 77% u 2006., odnosno 69% u 2007. godini. Slične rezultate kada je u pitanju proporcionalno učešće prinosa suve materije u prvom otkosu u ukupnom godišnjem prinosu dobili su **Sokolović (2001)** i **Stošić et al. (1988)**.

Vreme stasavanja je najčešće korišćen kriterijum u oplemenjivanju višegodišnjih trava. Određen je vremenom početka fenofaze klasanja, odnosno metličenja i kod većine višegodišnjih vrsta trava ovo je veoma varijabilna osobina. Kod engleskog ljulja selekcionisane su sorte koje se razlikuju i preko mesec dana u početku klasanja. Vreme klasanja kod engleskog ljulja je poligena, jako varijabilna osobina visoke heritabilnosti (**Cooper, 1959**). Značaj određivanja vremena klasanja i cvetanja ogleda se u odabiru najpogodnijeg materijala za ukrštanja, ali i u kreiranju sorti različitog vremena stasavanja pogodnih za različite vidove iskorišćavanja. Kasnostasne sorte ježevice (*Dactylis glomerata* L.), pokazuju slabiju perzistentnost u smeši sa lucerkom u odnosu na ranostasnije sorte (**Casler, 1988**). Kasnostasne sorte engleskog ljulja (*Lolium perenne* L.) su otpornije na izmrzavanje od ranostasnih (**Humphreys i Eagles, 1988**). Ako se kasnostasnije sorte kose istog dana kada i ranostasne, daju suvu masu boljeg kvaliteta u generativnom pa čak i u vegetativnom prirastu (**Casler, 1990**). **Kanapeckas et al. (2005)** ispitujući vreme stasavanja kod dve sorte i 22 populacije livadskog vijuka, dobili su niske vrednosti genetičke varijabilnosti, kao i heritabilnosti za ovu osobinu. Razlika u vremenu stasavanja između ispitivanih sorti i populacija iznosila je 4 dana. **Babić (2009)** navodi da se prosečno vreme stasavanja populacija i sorti livadskog vijuka razlikovalo za 6,15 dana, odnosno 6,5 dana u različitim godinama ispitivanja, dok su prosečne razlike u vremenu stasavanja između različitih godina istraživanja iznosile svega 2,3 dana. Takođe u radu **Niemeläinen et al. (2001)** su nađene veoma male razlike u vremenu stasavanja između šest sorti livadskog vijuka. Sve ovo nam govori da nema

mnogo prostora za uspešnu selekciju livadskog vijuka u pravcu većih razlika između ranostasnosti i kasnijeg vremena stasavanja.

Kuoppala et al. (2005) su ispitivali uticaj datuma spravljavanja silaže od travne smeše livadskog vijuka i mačjeg repa na produkciju mleka i svarljivost organske materije, gde je prvi otkos pokošen u dva termina, a nakon toga košenje je izvršeno u još četiri termina. Došli su do zaključka da nije postojala statistički značajna razlika između prvog i kasnijih otkosa, kada su svarljivost organske materije silaže i produkcija mleka u pitanju. **Aastveit i Aastveit (1989)** su zaključili da ne postoji ili postoji niska korelaciona povezanost između ranostasnosti livadskog vijuka i ostvarenog prinosa zelene mase.

Najbolje vreme za košenje prvog otkosa jeste početak klasanja kada se postiže najbolji odnos između ostvarenog prinosa sa jedne i postignutog kvaliteta sa druge strane. U radu **Brockman et al. (1971)** se ističe da suviše rano košenje prvog otkosa negativno utiče na ukupan prinos. Đubrenje azotom u proleće, pre prvog otkosa kao i nakon svakog otkosa značajno smanjuje uticaj vremena košenja na ukupan prinos. U suprotnosti sa ovim su rezultati koje su dobili **Hall et al. (2005)**, proučavajući uticaj vremena košenja na prinos različitih sorti pet vrsta višegodišnjih trava. Dobijeni rezultati govore da ne postoji značajan uticaj vremena košenja na sam prinos, što se svakako ne može reći kada je kvalitet u pitanju jer postoji direktna zavisnost između ove dve osobine. Tokom starenja biljke dolazi između ostalog do opadanja vrednosti osobina koje direktno utiču na kvalitet (sadržaj proteina, svarljivost) dok sa druge strane dolazi do povećanja vrednosti osobina (celuloza, lignin), koje negativno utiču na kvalitet (**Casler i Vogel, 1999; Ignjatović i sar., 2004; Marković, 2009; Marković et al., 2010**).

Livadski vijuk spada u grupu najkvalitetnijih vrsta višegodišnjih trava. Po kvalitetu ova vrsta se može porediti sa vrstama iz roda *Lolium* (**Kölliker, 1998**). Sadržaj sirovih proteina kod livadskog vijuka se menja u zavisnosti od faze razvoja, ali s' obzirom da kasnije cveta (druga polovina maja), duži vremenski period zadržava visok kvalitet, što preporučuje livadski vijuk kao odličnu komponentu u travno-leguminoznim smešama. Sadržaj sirovih proteina kod šest sorti livadskog vijuka kretao se 145 do 163 g kg⁻¹ suve materije u prvom otkosu, odnosno od 133 do 157 g kg⁻¹ suve materije u

drugom i trećem otkosu (**Niemeläinen et al., 2001**). **Babić et al. (2012)** su utvrdili da je prosečan prinos proteina populacija i sorti livadskog vijuka iznosio 913,24 kg ha⁻¹.

U istraživanjima **Havstad (1997)**, ispitivan je uticaj različitih doza N đubriva i različitih termina košenja drugog otkosa na prinos, na usevu livadskog vijuka koji je u prvom otkosu korišćen za proizvodnju semena. Dobijeni su rezultati koji govore da je đubrenje sa 80 kg ha⁻¹ N uticalo na povećanje prinosa u odnosu na usev koji nije prihranjivan. Takođe, sadržaj sirovih proteina ostvaren u varijanti koja nije prihranjivana iznosio je 12,2%, dok je prihranom od 80 kg ha⁻¹ N postignut sadržaj proteina veći za 5%. Odlaganje košenja od 10. septembra na 10. oktobar uticalo je na povećanje prinosa suve materije, ali je sa druge strane sadržaj sirovih proteina značajno opao. Prema **Hiivola et al. (1974)** prinos suve materije i sadržaj sirovih proteina kod livadskog vijuka povećava se primenom veštačkog đubriva do količine od 600 kg ha⁻¹ čistog N. Takođe je zabeleženo da najveći uticaj na povećanje, kako prinosa suve materije, tako i sirovih proteina ima primenjena količina do 300 kg ha⁻¹ N, a da količine iznad 300 kg ha⁻¹ N imaju manji uticaj na povećanje istih.

Pored sadržaja sirovih proteina, veoma važne osobine koje utiču na kvalitet su svarljivost suve materije i sadržaj vodorastvorljivih ugljenih hidrata. Ukupna svarljivost suve materije kod različitih populacija livadskog vijuka kreće se od 62-70% (**Kanapeckas et al., 2005**) i pokazuje tendenciju pada sa starenjem, odnosno sazrevanjem biljnog materijala (**Kuoppala et al., 2005**). Takođe su dobijene visoke vrednosti za heritabilnost u širem smislu za ovu osobinu. U istraživanjima **Kari i Rinne (2005)**, svarljivost suve materije u prvom otkosu livadskog vijuka je bila veća (693 g kg⁻¹) u odnosu na čist usev mačijeg repa (663-672 g kg⁻¹) i smešu livadskog vijuka i mačijeg repa (666-675 g kg⁻¹). Za sve ispitivane varijante svarljivost suve materije u drugom otkosu bila je nešto niža u odnosu na svarljivost suve materije u prvom otkosu.

Sadržaj vodorastvorljivih ugljenih hidrata u suvoj materiji je veoma bitna osobina za ukupan kvalitet i svarljivost suve materije engleskog ljlja (**Humphreys, 1989**). Prilikom oplemenjivanja na povećanje sadržaja vodorastvorljivih ugljenih hidrata dolazi do smanjenja sadržaja sirovih proteina u suvoj materiji. Sadržaj vodorastvorljivih ugljenih hidrata pozitivno utiče na palatabilnost, odnosno ukusnost krme za životinje (**Goto et al., 1986**). Potvrđena je negativna korelacija između sadržaja vodorastvorljivih

ugljenih hidrata i proteina. Takođe, isti autori ističu da zasenjenost useva smanjuje sadržaj ukupnih i vodorastvorljivih ugljenih hidrata u suvoj materiji.

Gustina useva, koja zavisi od broja izdanaka po jedinici površine kao i kompetitivne sposobnosti vrste, utiče na produktivnost. Livadski vijuk se sporije razvija tako da pun razvoj dostiže u drugoj, a po nekim autorima tek u trećoj godini života (**Mišković, 1986**). S' obzirom na ovu činjenicu kao i to da je slabije kompetitivne sposobnosti, prilikom korišćenja u travnim smešama treba obratiti pažnju na konkurenciju drugih vrsta trava, naročito u prvoj godini života. **Carlen et al. (2002)** navode da livadski vijuk pokazuje loše kompetitivne sposobnosti ako se gaji u smeši sa ježevicom (*Dactylis glomerata* L.), što doprinosi opadanju prinosa livadskog vijuka, a povećanju prinosa ježevice. Livadski vijuk ima veći broj izdanaka, ali je dužina i površina lista ježevice veća što vodi ka većoj ukupnoj lisnoj površini ježevice. Zabeleženi su pozitivni koeficijenti korelacije između ukupnog prinosa suve materije livadskog vijuka i prinosa generativnih i vegetativnih izdanaka u situaciji kada su primenjena tri termina košenja (**Sugiyama, 1985**). Kada je primenjeno pet termina košenja zabeležena je pozitivna korelativna veza između ukupnog prinosa i prinosa vegetativnih izdanaka, ali i slabo negativna korelacija između prinosa i broja reproduktivnih izdanaka. Produktivnost livadskog vijuka u drugom i ostalim otkosima u pozitivnoj je korelacionoj vezi sa prinosom vegetativnih izdanaka, a u negativnoj sa prinosom i brojem generativnih izdanaka.

Višegodišnje vrste trava su bitne zbog kontinuirane produkcije zelene mase, sena, silaže ili iskorišćavanja ispašom duži niz godina, često pod različitim uslovima uspevanja i iskorišćavanja. Poljska perzistentnost je sposobnost određene vrste da tokom višegodišnjeg iskorišćavanja što duže zadrži gustinu useva, čime se održava i visok prinos. Ova osobina posebno dolazi do izražaja u stresnim uslovima sredine, naročito ukoliko oni potraju duži vremenski period. U kolikoj meri će biti izražena ova osobina zavisi od tolerantnosti vrste odnosno sorte na stresne uslove sredine gde se prvenstveno misli na tolerantnost na niske temperature odnosno izmrzavanje (**Humphreys i Eagles, 1988**), sušu i visoke temperature. Takođe i tolerantnost na patogene, prvenstveno na *Puccinia* sp., pozitivno utiče na perzistentnost.

Livadski vijuk je veoma tolerantan na oštre klimatske uslove, što je glavni razlog njegove raširenosti na severnoj hemisferi. Jedna je od najvažnijih višegodišnjih vrsta

trava za hladne klimatske uslove koji ne odgovaraju kvalitetnijim vrstama trava pre svega engleskom ljuju. U uslovima Finske ispitivana je i upoređivana otpornost na izmrzavanje šest sorti livadskog vijuka i jedne sorte visokog vijuka, tokom devetnaestogodišnjeg perioda (**Niemeläinen et al., 2001**). Ispitivanja su provedena u uslovima normalnog trajanja snežnog pokrivača (prosečno oko 120 dana) i u uslovima dugog trajanja snežnog pokrivača (prosečno oko 210 dana). Sorta visokog vijuka Retu je pokazala veću, statistički značajnu, otpornost na hladne klimatske uslove od sorte livadskog vijuka Kalevi, a u odnosu na ostale sorte nije bilo statistički značajnih razlika.

Otpornost livadskog vijuka na izmrzavanje potvrđena je i u radu **Lemežienė et al. (2004)**. U ispitivanje koje je trajalo trinaest godina, bilo je uključeno šest vrsta višegodišnjih trava, a najveću otpornost pokazao je, pored mačijeg repa (*Phleum pratense* L.), koji se odlikuje najvećom otpornošću na niske temperature od svih vlatastih trava, i livadski vijuk. Pored njih veoma otpornom na niske temperature pokazala se i prava livadarka (*Poa pratensis* L.).

Jedan od najčešće korišćenih načina za određivanje otpornosti određene vrste na niske temperature je LT50 test koji je konstruisan u Aberystwyth-u, koji podrazumeva određivanje temperature koja je letalna za 50% populacije (**Fuller i Eagles, 1978**).

Jedan od glavnih ciljeva selekcije i oplemenjivanja livadskog vijuka jeste selekcionisanje sorti tolerantnih na izazivača rđe listova i izdanaka (*Puccinia coronata* Corda), koja nanosi najveće štete livadskom vijuku. Visoki vijuk se odlikuje većom tolerantnošću na *Puccinia coronata* Corda nego livadski vijuk. To je jedan od razloga što se u Sjedinjenim Američkim Državama relativno kasno, početkom 20. veka počelo sa gajenjem livadskog vijuka.

Od 16 vrsta trava koje su inficirane uredosporama *Puccinia coronata* na četiri vrste (*Bromus inermis*, *Bromus riparius*, *Festuca pratensis* i *Lolium perenne*) zabeležen je razvoj bolesti različitog intenziteta (**Delgado et al., 2001**). Kod livadskog vijuka je intenzitet bolesti bio najslabije izražen. Na četiri vrste nije zabeležena infekcija, među njima i na visokom vijuku, a na ostalima su zapažene hlorotične ili nekrotične fleke koje nisu predstavljale naročitu smetnju biljkama.

Osim *Puccinia coronata* velike štete livadskom vijuku nanosi bakterijsko uvenuće korena (bacterial wilt), izazvano prouzrokovačem *Xanthomonas campestris* pv. *graminis* (**Michel, 2001**), oboljenje koje se prvenstveno javlja u uslovima dugog

zadržavanja snežnog pokrivača. U Švajcarskoj se dosta radi na ovom problemu i selekcionisane su sorte koje poseduju otpornost na ovu bolest (Pradel, Preval, Premil, Prefest).

Osim oplemenjivanja na povećanu tolerantnost na niske temperature i različite patogene organizme, veoma važna karakteristika livadskog vijuka jeste tolerantnost na sušne uslove sredine. Livadski vijuk dobro reaguje na navodnjavanje, ali se teško oporavlja ukoliko dođe do oštećenja useva izazvanih dugotrajnom sušom (**Lauriault et al., 2005**). Ipak tolerantnost na sušu je bolja nego kod vrsta iz roda *Lolium*.

S obzirom da se proizvodnja krme travno-leguminoznih i travnih smeša u našim uslovima uglavnom odvija u suvom ratarenju, nedostatak vlage u zemljištu predstavlja vrlo bitan ograničavajući agroekološki faktor za uspešnu proizvodnju krme višegodišnjih trava. U Srbiji se zadnjih godina sve češće javljaju sušni periodi i postaju sve izraženiji problem koji se može rešiti, odnosno ublažiti oplemenjivanjem genotipova tolerantnih na sušne uslove (**Sokolović et al., 2012; Sokolović et al., 2014**). Strani selekcionisani materijali najviše prisutni na našem tržištu (uglavnom poreklom iz Zapadne Evrope) su obično prilagođeni humidnijim uslovima gajenja, tako da se usevi ovih sorti vremenom proređuju i umanjuju prinos krme. Tu na značaju dobijaju domaći genotipovi višegodišnjih trava prilagođeni lokalnim agroekološkim uslovima jer su pretežno selekcionisani od autohtonih populacija.

Veoma bitna osobina kojoj se posvećuje velika pažnja prilikom oplemenjivanja livadskog vijuka jeste produkcija semena. Osobine koje direktno utiču na proizvodnju semena su: broj generativnih izdanaka, dužina metlice, broj cvetova po metlici, apsolutna masa semena, iskorišćenost cvetnog mesta, sklonost ka osipanju semena (**Babić et al., 2012**). Indirektno, proizvodnja semena zavisi od visine biljaka, lisne površine, prinosa suve materije, ranostasnosti, tolerantnosti na patogene, kao i od uslova sredine. Unapređenje proizvodnje semena u velikoj meri zavisi od poznavanja korelativnih veza između pomenutih agronomskih osobina i produkcije semena (**Fang et al., 2004**). Selekcija na povećanu proizvodnju semena je značajna iz komercijalnih razloga jer su sorte sa boljom produkcijom semena pogodnije za umnožavanje i olakšana je njihova distribucija na tržištu. Ostvareni prinos semena po jedinici površine je mnogo manji od potencijalnog prinosa. Prinos semena se može definisati pomoću iskorišćenosti cvetnog mesta (FSU – floret site utilization), što predstavlja odnos

između broja fertilnih cvetova i kvalitetnog požnjevenog semena izražen u procentima. Kod trave iskorišćenost cvetnog mesta je dosta niska. Kod engleskog ljulja FSU iznosi 15-20% (**Elgersma i Snieszko, 1988**).

Prihranjivanje azotom utiče pozitivno na pojačano bokorenje, na povećanje broja generativnih izdanaka, zatim na formiranje većeg broja cvetova po izdanku kao i na obrazovanje krupnijeg semena što sve zajedno utiče na povećanu proizvodnju semena. U radu **Fang et al. (2004)** zabeležene su pozitivne korelativne veze između broja generativnih izdanaka i ukupne mase semena. Prema **Lewis (1969)** na broj generativnih izdanaka po jedinici površine može se uticati vremenom primene azota u proleće kao i vremenom košenja prezimelog useva, odnosno odstranjivanjem oštećene lisne mase mrazom. Tako primenom azotnog đubriva u martu ostvaruje se veći broj generativnih izdanaka po jedinici površine za 35% u odnosu na primenu azota u maju mesecu. Košenje oštećene lisne mase u rano proleće ne nanosi štete usevu, ali se mora voditi računa o visini košenja da se ne bi oštetili vrhovi zametnutih izdanaka. Odlaganje košenja može imati veoma štetne posledice na proizvodnju semena s' obzirom da ranije obrazovani generativni izdanci imaju veći potencijal za produkciju semena. Osim za proizvodnju semena generativni porast je bitan i u proizvodnji zelene mase odnosno sena, naročito u prvom otkosu gde čini najveći procenat proizvedene krme (**Sugiyama et al., 1985**).

3. CILJ ISTRAŽIVANJA

Prema dosadašnjim istraživanjima livadski vijuk je visoko varijabilna biljna vrsta. Da bi se ta varijabilnost koristila u oplemenjivanju na pravi način, neophodno je proučiti obim i strukturu genetičke varijabilnosti selekcionog materijala, što bi omogućilo primenu najefikasnijeg metoda oplemenjivanja, odnosno akumuliranje poželjnih gena, a time i uspješnije oplemenjivanje ove vrste.

Utvrđivanje koeficijenata heritabilnosti u širem, a naročito u užem smislu, koji ukazuju na verovatnoću kojom će se određena osobina preneti na potomstvo, kao i utvrđivanje korelacionih odnosa između važnijih agronomskih osobina, u velikoj mери olakšavaju odabiranje perspektivnog materijala.

Cilj istraživanja ove doktorske disertacije jeste proučavanje genetičke varijabilnosti, odnosno određivanje fenotipske i genetičke varijanse, a pre svega aditivne i dominantne komponente genetičke varijanse za najvažnije fenološko-morfološke osobine, osobine hemijskog sastava suve materije, zatim komponente prinosa kao i za prinos zelene mase i suve materije.

Određivanje heritabilnosti u širem i užem smislu za sve proučavane osobine se takođe postavlja kao cilj istraživanja, kao i izračunavanje genetičkih i fenotipskih koeficijenata korelacija između najbitnijih morfoloških i ostalih ispitivanih osobina.

Kao cilj istraživanja se nameće i utvrđivanje očekivane genetičke dobiti, koja predstavlja mogući uspeh selekcije za kvantitativne osobine koje će biti praćene tokom istraživanja.

Dobijeni rezultati će dati potpuniju sliku o nivou i tipu genetičke varijabilnosti selekcionisanih populacija livadskog vijuka, što bi trebalo da omogući izbor najpogodnijeg metoda oplemenjivanja ove travne vrste u narednom periodu.

4. MATERIJAL I METODE ISTRAŽIVANJA

4.1. Biljni materijal

Početni materijal u ovim istraživanjima predstavljale su dve populacije (sorte) livadskog vijuka, prva domaća selekcionisana sorta livadskog vijuka Kruševački 21 (K-21) i švajcarska sorta Pradel. Ove dve sotre livadskog vijuka su se pokazale kao najperspektivnije u prethodnim istraživanjima (**Babić, 2009**) i to je razlog zašto su baš one odabrane za ova istraživanja.

K-21 je prva i jedina domaća sorta livadskog vijuka, selekcionisana u Institutu za krmno bilje, u Kruševcu 1986. godine, iz domaćih ekotipova. Sorta je stvorena metodom masovne selekcije iz autohtonih populacija poreklom iz istočne Srbije (Resavski kraj). Ova sorta je srednje ranog vremena stasavanja i namenjena je za kombinovano iskorišćavanje u detelinsko-travnim smešama. Odlikuje se visokim prinosom i dobrim kvalitetom krme.

Sorta Pradel je poreklom iz Švajcarske. Selekcionisana je u Agroscope Reckenholz istraživačkom centru u Švajcarskoj 1998. godine iz ekotipova poreklom iz Švajcarske i susednih zemalja i sorte Prefest. Radi se o srednje kasnoj sotri livadskog vijuka koja se odlikuje dobrom kompetitivnom sposobnošću u smešama.

U našim uslovima postiže dobre rezultate, koji se mogu porediti sa rezultatima domaće sorte K-21 ukoliko su agroekološki uslovi zadovoljavajući, dok prisustvo ograničavajućih faktora spoljašnje sredine, pre svega sušni uslovi, utiču na daleko slabije rezultate ove sorte u poređenju sa domaćom (**Babić, 2009**).

4.2. Model dobijanja potomstva za ocenjivanje

U prvoj fazi istraživanja, u jesen 2008. godine, izvršena je setva većeg broja biljaka u kontejnere, odnosno 3000 biljaka po populaciji (slika 1). U fazi početka bokorenja, odnosno u momentu kada su biljke bile spremne za rasađivanje slučajno su odabrane pojedinačne biljke za hibridizaciju, odnosno dobijanje potomstava po metodi **Comstock i Robinson (1948)**.



Slika 1. Biljke livadskog vijuka u kontejnerima

Odabrano je 30 biljaka po populaciji koje su poslužile kao biljke očevi koji su ukršteni sa 5 različitih biljaka majki. Ukupno je odabrano 30 biljaka očeva i 150 biljaka majki po populaciji na potpuno slučajaj način. Odabrane biljke su rasađene u polje tako što je biljka otac postavljena u centar, a biljke majke oko biljke oca u obliku petougla, zbog lakšeg izvođenja hibridizacije (slika 2).



Slika 2. Biljke livadskog vijuka rasađene u obliku petougla za hibridizaciju

U proleće 2009. godine u fenofazi početka metličenja (slika 3) izvršena su ukrštanja biljaka očeva sa biljkama majkama stavljanjem generativnih izdanaka pod pergamin kese za hibridizaciju (slika 4).



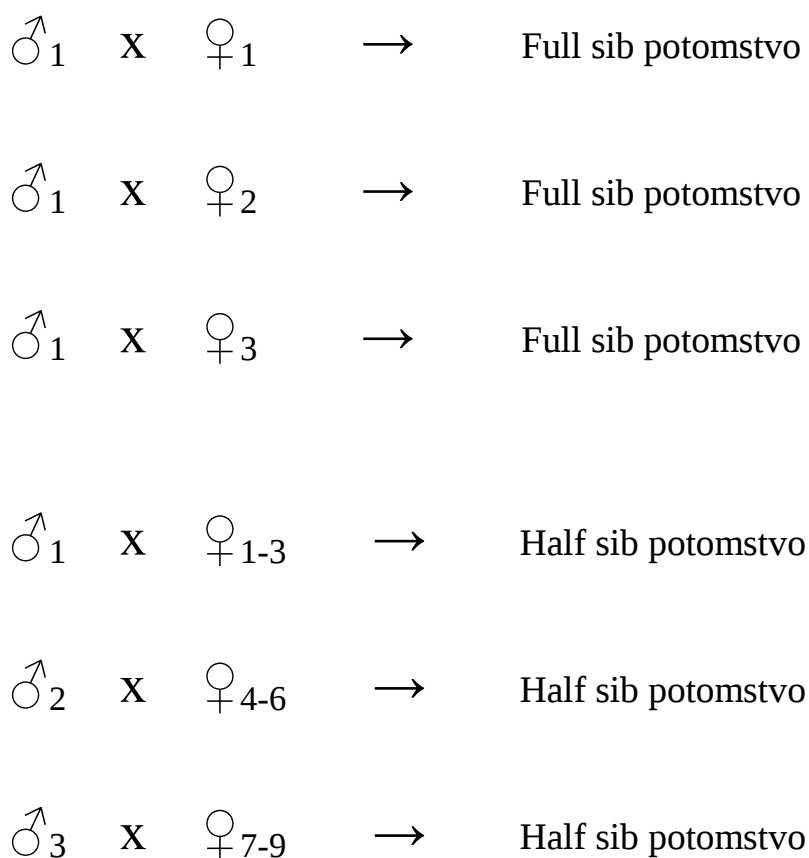
Slika 3. Biljke livadskog vijuka u fazi početka metličenja neposredno pre hibridizacije



Slika 4. Hibridizacija slučajno odabranih biljaka livadskog vijuka

Ukupno je ukršteno 30 biljaka očeva sa po 5 različitih biljaka majki kod obe proučavane populacije livadskog vijuka. Svaka biljka majka ukrštena je samo sa jednim ocem, a dobijeno potomstvo predstavlja porodice u punom srodstvu, odnosno full-sib familije (FS). Svaka biljka otac je ukrštena sa po pet različitih majki i na taj način dobijena potomstva predstavljaju porodice u polu srodstvu, tj. half-sib familije (HS) (šema 1).

Šema 1: Dobijanje full-sib i half-sib potomstva



Izbor potomstva za postavljanje poljskog ogleda izvršen je na osnovu dobijenih dovoljnih količina semena iz ukrštanja. Nakon analize dobijenog semena za izvođenje poljskog ogleda odabrana su potomstva 20 očeva ukrštenih sa po 3 majke kod populacije K-21 (ukupno 60 full-sib familija), odnosno potomstva 13 očeva ukrštenih sa po 3 majke kod populacije Pradel (39 full-sib familija).

U cilju ispitivanja dobijenog potomstva ogled je postavljen po Nested dizajnu I sa setovima u okviru ponavljanja. Proučavanje potomstava je izvedeno na jednoj lokaciji u dva ponavljanja. Kod populacije K-21 u okviru jednog ponavljanja su formirana dva seta sa ukupno 20 half-sib potomstava, odnosno po 10 half-sib potomstava u svakom setu. Ukupno je proučavano 60 full-sib potomstava, odnosno po 30 full-sib potomstava u setu. U okviru svakog full-sib potomstva proučavano je po 30 biljaka.

Kod populacije Pradel ogled je sproveden na isti način s tom razlikom što je dovoljna količina semena za postavljanje poljskog ogleda dobijena kod 13 half-sib potomstava, tako da su jedno ponavljanje činila dva seta sa ukupno 13 half-sib potomstava. Proučavano je ukupno 39 full-sib potomstava a u okviru svakog full-sib potomstva po 30 biljaka.

Seme raspoloživih potomstava posejano je u jesen 2009. godine u kontejnere, a u fazi početka bokorenja izvršeno je rasađivanje biljaka na oglednom polju u matičnjak na rastojanju 60 x 60cm (slika 5).



Slika 5. Matičnjak dobijenog potomstva iz hibridizacije livadskog vijuka

Tokom izvođenja ogleda primenjivana je redovna nega, zaštita i prihranjivanje useva. Naredne dve godine praćene su sledeće osobine: vreme metličjenja, odnosno stasavanja (broj dana od prvog aprila), visina biljaka (cm), dužina (cm), širina (mm) i

broj listova, dužina metlice (cm), broj vegetativnih i generativnih izdanaka, prinos zelene mase i suve materije po biljci u prvom otkosu i ukupan prinos zelene mase i suve materije po biljci. Od osobina hemijskog sastava suve materije proučavana je varijabilnost sadržaja sirovih proteina (gkg^{-1}), ADF – acid detergent fiber (gkg^{-1}) i NDF – neutral detergent fiber (gkg^{-1}).

Vreme početka metličenja utvrđeno je u prvom otkosu, kada je 10% izdanaka bilo u fazi metličenja. Izraženo je brojem dana od 1. aprila.

Morfološke osobine su analizirane u fazi cvetanja biljaka. Visina biljaka u prvom otkosu izmerena je u fazi cvetanja biljaka, neposredno pre košenja biljaka za analize morfoloških osobina. Dužina lista, širina lista, broj listova na generativnom izdanku kao i dužina metlice utvrđene su u prvom otkosu i izražene su kao prosek tri analizirana izdanka. Prinos zelene mase i suve materije (g po biljci) utvrđen je u prvom otkosu, a takođe je utvrđen i ukupan godišnji prinos zelene mase i suve materije po biljci.

U drugoj godini istraživanja urađene su hemijske analize suve materije dva otkosa i utvrđeni su sledeći parametri: sadržaj sirovih proteina (gkg^{-1}) (AOAC Official Method 984.13.), sadržaj ADF (gkg^{-1}) (**Koivisto, 2003**) i sadržaj NDF (gkg^{-1}) (**Koivisto, 2003**).

4.3. Statistička obrada podataka

Za sve proučavane osobine vrednosti korišćene u statističkoj obradi podataka zasnovane su na prosečnim vrednostima.

Srednje vrednosti ispitivanih osobina ($\bar{X}$) i odgovarajuće standardne greške (SE_X) su izračunate primenom sledećih formula:

srednja vrednost ispitivanih osobina ($\bar{X}$):

$$\bar{X} = \frac{\sum x_n}{n}$$

n – ukupan broj potomstava

Standardna greška srednje vrednosti ($S\bar{X}$):

$$SE_x = \sqrt{\frac{MS_{Set-Ocevi / Majke}}{f / m \cdot m / s \cdot s}}$$

$MS_{Set-Ocevi/Majke}$ – M2 iz tabele analize varijanse

Tabela 1. Analiza varijanse North Caroline Design I na bazi srednjih vrednosti full-sib potomstava i očekivanih sredina kvadrata

Izvori variranja	Stepeni slobode	Sredine kvadrata	Očekivane sredine kvadrata
Setovi	s-1		
Ponavljjanje/set	s (r-1)		
Očevi/set	s (m-1)	M3	$\sigma_e^2 + r\sigma_{f/m}^2 + rf\sigma_m^2$
Majke/očevi/set	m s (f/m-1)	M2	$\sigma_e^2 + r\sigma_{f/m}^2$
Pogreška	s (r-1)(m f/m-1)	M1	σ_e^2
Ukupno	s r m f/m-1		

s-broj setova, m-broj očeva u setu, f/m-broj majki u okviru jednog oca, r-broj ponavljanja

Izjednačavanjem dobijenih i očekivanih sredina kvadrata iz tabele ANOVA North Caroline Design I, na sledeći način su dobijene varijanse između očeva (σ_m^2) i varijanse između majki u okviru očeva ($\sigma_{f/m}^2$).

$$\sigma_m^2 = (M3 - M2)/rf/m$$

$$\sigma_{f/m}^2 = (M2 - M1)/r$$

M3, M2 i M1 sredine kvadrata iz ANOVA North Caroline Design I (Tabela 1.).

Ukupna genetička varijansa i njene komponente (aditivna i dominantna) izračunate su na sledeći način:

σ_g^2 - ukupna genetička varijansa

$$\sigma_g^2 = \sigma_a^2 + \sigma_d^2 = 4\sigma_{f/m}^2$$

σ_a^2 - aditivna genetička varijansa

$$\sigma_a^2 = 4\sigma_m^2$$

σ_d^2 – dominantna genetička varijansa

$$\sigma_d^2 = 4\sigma_{f/m}^2 - 4\sigma_m^2$$

Izračunavanje standardnih grešaka ukupne genetičke varijanse, aditivne i dominantne komponente genetičke varijanse izvršeno je prema sledećim formulama:

$$Se_{\sigma_g^2} = \sqrt{\frac{2}{r^2} \cdot \left(\frac{M2^2}{df_2 + 2} \right)}$$

$$Se_{\sigma_a^2} = \sqrt{\frac{16 \cdot 2}{r^2 \cdot f^2} \cdot \left(\frac{M3^2}{df + 2} + \frac{M2^2}{df + 2} \right)}$$

$$Se_{\sigma_d^2} = \sqrt{\frac{16 \cdot 2}{r^2} \cdot \left(\frac{M2^2}{df + 2} + \frac{M3^2 \cdot (f^2 + 1)}{df + 2} + \frac{M1^2}{df + 2} + \frac{M2^2 \cdot (f^2 + 1)}{df + 2} \right)}$$

Fenotipska varijansa (σ_f^2) je izračunata prema formuli:

$$\sigma_f^2 = \sigma_g^2 + \frac{M1}{r}$$

Heritabilnost u užem (h_n^2) i širem (h_b^2) smislu su računate po sledećim formulama:

$$h_n^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_f^2}$$

$$h_b^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_f^2}$$

Standardne greške oba tipa heritabilnosti izračunate su na sledeći način:

$$SE_{h_n^2} = \frac{SE_{\sigma_a^2}}{\sigma_f^2}$$

$$SE_{h_b^2} = \frac{SE_{\sigma_g^2}}{\sigma_f^2}$$

Zbog poređenja nivoa varijabilnosti osobina izraženih različitim jedinicama mere izračunati su genetički (CV_G) i fenotipski (CV_F) koeficijenti varijacije prema formulama:

$$CV_G = \frac{\sqrt{\sigma_G^2}}{\bar{X}} \times 100$$

$$CV_F = \frac{\sqrt{\sigma_F^2}}{\bar{X}} \times 100$$

σ_G^2 – ukupna genetička varijansa

σ_F^2 – ukupna fenotipska varijansa

$\bar{X}$ - srednja vrednost proučavane osobine

Istim postupkom kojim je urađena analiza varijanse, urađena je i analiza kovarijanse za parove proučavanih osobina u cilju izračunavanja fenotipskih i genetičkih korelacija. Kovarijansa između dve osobine (x i y) izračunata je preko formule:

$$Cov(x, y) = \frac{(\sigma_{x+y}^2 - \sigma_x^2 - \sigma_y^2)}{2}$$

σ_{x+y}^2 – varijansa zbira dve osobine

σ_x^2 – varijansa osobine x

σ_y^2 – varijansa osobine y.

Varijansa zbira dve osobine (σ_{x+y}^2) je dobijena sabiranjem odgovarajućih naspramnih vrednosti osobine x i osobine y čime je dobijena nova vrednost z, za koju je urađena analiza varijanse kao i za svaku osobinu posebno.

Fenotipske i ukupne genetičke korelacije izračunate su na osnovu odnosa kovarijansi i odgovarajućih varijansi na sledeći način:

$r_{f_{xy}}$ - koeficijent fenotipske korelacije

$$r_{f_{xy}} = \frac{COV_{f_{xy}}}{\sqrt{\sigma_{f_x}^2 \times \sigma_{f_y}^2}}$$

$r_{g_{xy}}$ - koeficijent genetičke korelacije

$$r_{g_{xy}} = \frac{COV_{g_{xy}}}{\sqrt{\sigma_{g_x}^2 \times \sigma_{g_y}^2}}$$

Testiranje značajnosti koeficijenta korelacije izvršeno je T-testom korišćenjem odnosa $t = r/SE_r$ za $n-2$ stepeni slobode iz tabele t distribucije, gde je n broj full-sib potomstava u ogledu.

Na osnovu napred prikazanih parametara varijabilnosti određena je očekivana genetička dobit (ΔGe) (**Šurlan-Momirović i sar., 2005**), koja ukazuje na potencijalni uspeh selekcije na pojedina kvantitativna svojstva u narednom selekcionom ciklusu. Očekivana genetička dobit je izračunata prema sledećoj formuli:

$$\Delta Ge = k h_n^2 \sigma_f$$

k – standardizovani selekциони diferencijal (tablična vrednost koja zavisi od selekcionog pritiska koji je u ovim istraživanjima bio 1%)

h_n^2 - heritabilnost u užem smislu

σ_f – standardna fenotipska devijacija

Očekivana genetička dobit pri indirektnoj selekciji je izračunata na sledeći način:

$$\Delta Ge = r_{gxy} k h_{nx} h_{ny} \sigma_{fx}$$

r_{gxy} – genetički koeficijent korelacije osobine x i osobine y na koju se vrši selekcija

k – standardizovani selekциони diferencijal (tablična vrednost koja zavisi od selekcionog pritiska koji je u ovim istraživanjima bio 1%)

h_{nx} i h_{ny} – kvadratni korenovi heritabilnosti u užem smislu osobina x i y

σ_f – standardna fenotipska devijacija osobine x

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA

5.1. Srednje vrednosti proučavanih osobina livadskog vijuka

Osnovni uslov za uspešan proces oplemenjivanja livadskog vijuka, kao i svih ostalih višegodišnjih travnih vrsta, jeste postojanje genetičke varijabilnosti početnog oplemenjivačkog materijala. Biološke karakteristike, način oprašivanja i oplodnje uslovljavaju visoku varijabilnost i prilagodljivost ove travne vrste različitim agroekološkim uslovima (Hand et al., 2012). S obzirom na značaj koji livadski vijuk dobija u poslednje vreme, kako sa ekonomskog tako i sa ekološkog aspekta, nameće se potreba stvaranja perspektivnih sorti visokog genetičkog potencijala za prinos, kvalitet i perzistenciju u različitim uslovima gajenja.

Tabela 2. Srednje, minimalne i maksimalne vrednosti i interval variranja proučavanih osobina livadskog vijuka u 2010. godini

Osobina	Populacija	$\bar{X}$	SE_x	Min.	Max.	IV
Vreme metličenja	K – 21	31.98	0.25	26	38	12
(broj dana od 1. apr.)	Pradel	39.37	0.32	32	44	12
Visina biljaka	K – 21	103.83	1.82	42	150	108
(cm)	Pradel	89.26	2.05	40	145	105
Dužina lista	K – 21	25.06	0.47	10	41.5	31.5
(cm)	Pradel	21.38	0.40	10.4	34	23.6
Širina lista	K – 21	8.98	0.23	5	13.5	8.5
(mm)	Pradel	8.69	0.12	5	13	8
Broj listova na	K – 21	2.21	0.03	1	4	3
generativnom izdanku	Pradel	2.22	0.04	1	3.5	2.5
Dužina metlice	K – 21	25.09	0.56	8	43	35
(cm)	Pradel	23.46	0.86	12	35.5	23.5
Broj vegetativnih	K – 21	40.91	1.62	2	125	123
izdanaka	Pradel	36.70	3.27	3	274	271
Broj generativnih	K – 21	9.40	0.58	1	54	53
izdanaka	Pradel	9.55	0.70	1	145	144
Prinos ZM u I otkosu	K – 21	473.16	18.62	69.8	1144	1074.2
(g / biljci)	Pradel	247.84	14.60	12.8	591.9	579.1
Ukupan prinos ZM	K – 21	735.34	23.25	98.6	1598.6	1500
(g / biljci)	Pradel	591.17	24.30	76.3	1271	1194.7
Prinos SM u I otkosu	K – 21	118.13	4.54	18.85	298.99	280.14
(g / biljci)	Pradel	64.17	4.18	3.07	159.81	156.74
Ukupan prinos SM	K – 21	193.7	5.94	45.8	418.9	373.1
(g / biljci)	Pradel	154.12	9.66	22.8	305.4	282.6

Populacije proučavane u ovim istraživanjima predstavljaju sintetičke sorte, odnosno smeše poboljšanih autohtonih populacija i u uslovima gde su kreirane pokazale su dobre rezultate. Za sve proučavane osobine kod obe proučavane populacije tokom obe godine istraživanja utvrđene su srednje vrednosti kao i vrednosti odgovarajućih standardnih grešaka. Takođe je kod obe populacije u obe godine zabeležen širok interval variranja, odnosno razlika između minimalnih i maksimalnih vrednosti, za sve proučavane osobine. Sve ovo govori o prisutnoj visokoj unutarpopulacijskoj varijabilnosti proučavanih selekcionisanih populacija livadskog vijuka.

Imajući u vidu da je ogled postavljen u jesen 2009., biljke u 2010. godini nisu dostigle svoj maksimalni porast (tab. 2), pa otuda nešto niže vrednosti za neke osobine u odnosu na rezultate dobijene u narednoj godini (tab. 3). U drugoj istraživačkoj godini biljke su imale veći broj vegetativnih i generativnih izdanaka kao i prinos zelene mase i suve materije po biljci.

Vreme početka metličenja je veoma važna osobina koja uslovljava početak cvetanja. Određivanjem vremena početka metličenja karakteriše se vreme stasavanja populacija, čije poznavanje je veoma bitno sa aspekta iskorišćavanja višegodišnjih trava.

Na osnovu istraživanja pojedinih autora moglo bi se reći da je livadski vijuk relativno homogena vrsta kada je vreme stasavanja u pitanju. **Kanapeckas (2006)** je utvrdio da je u kolekciji od dvanaest autohtonih populacija livadskog vijuka 62,25% biljaka bilo u grupi ranostasnih, 33,83% u grupi srednje ranih i svega 0,92% kasnostasnih biljaka. U istraživanjima **Lemežiene i Kanapeckas (2008)**, razlike u vremenu metličenja između 243 divlje populacije i 5 sorti livadskog vijuka su iznosile 3 dana. Vreme početka metličenja divljih populacija iznosio je od 47 do 50 dana, a kod ispitivanih sorti livadskog vijuka od 47 do 49 dana. Takođe u radu **Kanapeckas et al. (2005)**, interval vremena početka metličenja ispitivanih sorti i populacija iznosio je 38-42 dana od početka prolećnog porasta. Ovo je donekle u suprotnosti sa rezultatima koje je dobila **Babić (2009)** gde je analizom varijanse utvrđena visoko značajna razlika između ispitivanih genotipova livadskog vijuka za ovu osobinu tokom dve godine proučavanja a interval variranja iznosio od 8,72 do 19,72 u različitim godinama istraživanja.

U ovim istraživanjima je u obe godine utvrđeno ranije stasavanje kod selekcionisane populacije K-21 (31,98 i 28,47 dana od prvog aprila) u poređenju sa selekcionisanom populacijom Pradel kod koje je zabeleženo prosečno vreme početka metličenja od 39,37 odnosno 41,91 dan od prvog aprila, (tab. 2 i 3), što se poklapa sa rezultatima koje je dobila **Babić (2009)** proučavajući kolekciju sorti i populacija livadskog vijuka gde je K-21 je bila najranostasnija dok se sorta Pradel našla u grupi genotipova kasnijeg stasavanja.

Visina biljaka je veoma važna osobina imajući u vidu da je značajna komponenta prinosa. U obe godine populacija K-21 je imala prosečno veće srednje vrednosti za visinu biljaka (103,83 i 101,15cm) od populacije Pradel (89,26 i 90,92cm), kao i veće maksimalne vrednosti i intervale variranja. U istraživanjima **Babić et al. (2014)** gde je proučavana varijabilnost populacija i sorti livadskog vijuka, K-21 je imala prosečno veću visinu biljaka od selekcionisane populacije Pradel. Takođe **Babić (2009)**, je zabeležila visoku unutar i međupopulacijsku varijabilnost proučavanih populacija i sorti livadskog vijuka za visinu biljaka. **Casler i Santen (2000)** su utvrdili visok nivo varijabilnosti različitih agronomskih osobina, među kojima i visine biljaka, između proučavane 221 populacije livadskog vijuka poreklom iz različitih delova sveta.

Broj izdanaka po biljci je od posebne važnosti u oplemenjivanju livadskog vijuka, ne samo kao komponenta prinosa već i sa aspekta kompetitivne sposobnosti u travno-leguminoznim smešama, odnosno zbog bržeg uspostavljanja travnjaka i lakše borbe protiv korova (**Havstad, 1997**). Imajući u vidu da najveći procenat prvog otkosa čine generativni izdanci, ova osobina je značajana i kao komponenta prinosa semena (**Fang et al., 2004**). U prvoj godini kod populacije K-21 je utvrđen prosečno veći broj vegetativnih izdanaka (40,91) nego kod populacije Pradel (36,70), dok su obe proučavane populacije imale ujednačen prosečan broj generativnih izdanaka po biljci (9,40 odnosno 9,55) (tab. 2). Veći broj izdanaka kod populacije K-21 je verovatno posledica ranijeg stasavanja kojim se K-21 odlikuje u odnosu na Pradel. Sa druge strane kod populacije Pradel je zabeležen značajno veći interval variranja, kao i biljke sa većim maksimalnim brojem kako vegetativnih tako i generativnih izdanaka po biljci u poređenju sa populacijom K-21, što je od posebnog značaja u programima oplemenjivanja livadskog vijuka.

Analizirajući prinos zelene mase i suve materije u prvom otkosu, kao i ukupan prinos zelene mase i suve materije u prvoj godini proučavanja, može se zaključiti da je populacija K-21 bila prinosnija u svim posmatranim parametrima (tab. 2). Kod selekcionisane populacije K-21 je utvrđen veći prinos zelene mase (473,16g/biljci) i suve materije u prvom otkosu (118,13g/biljci), kao i ukupan prinos zelene mase (735,34g/biljci) i suve materije (193,7g/biljci) u prvoj godini proučavanja, u odnosu na populaciju Pradel kod koje je utvrđen prinos zelene mase od 247,84g/biljci i suve materije od 64,17g/biljci u prvom otkosu, odnosno ukupan prinos zelene mase od 591,17g/biljci i suve materije od 154,12g/biljci. Takođe su kod pomenute populacije utvrđeni značajno veći intervali variranja, kao i biljke sa višim maksimalnim vrednostima u odnosu na populaciju Pradel.

Kao što je već napomenuto u drugoj godini istraživanja su zabeležene značajno veće vrednosti za broj vegetativnih i generativnih izdanaka, kao i za osobine prinosa zelene mase i suve materije u odnosu na prvu istraživačku godinu. Populacija Pradel je u drugoj godini prosečno imala veći broj i vegetativnih (94,03) i generativnih izdanaka po biljci (252,29) od populacije K-21 kod koje je prosečno utvrđeno 61,62 vegetativnih i 223,43 generativnih izdanaka po biljci (tab. 3). Kod obe praćene populacije utvrđen je skoro identičan interval variranja (340 kod K-21 i 339 kod populacije Pradel), kao i maksimalan broj vegetativnih izdanaka po biljci (347 kod K-21 i 346 kod populacije Pradel), dok je za broj generativnih izdanaka kod populacije Pradel zabeležen veći interval variranja (539) nego kod K-21 (342). Takođe, i u ovoj godini, kod populacije Pradel su zabeležene i biljke sa značajno većim maksimalnim brojem generativnih izdanaka po biljci (570) u odnosu na K-21 (368).

Kao i u prvoj i u drugoj godini kod populacije K-21 su utvrđene veće vrednosti za osobine prinosa u poređenju sa populacijom Pradel, kao i veći intervali variranja i biljke sa većim maksimalnim prinosom zelene mase i suve materije u prvom otkosu i na godišnjem nivou (tab. 3). Imajući u vidu da je kod populacije Pradel u drugoj godini zabeležen veći broj i vegetativnih i generativnih izdanaka, a da je uprkos tome populacija K-21 bila prinosnija po svim parametrima prinosa, može se zaključiti da se populacija Pradel usporeno razvijala.

Tabela 3. Srednje, minimalne i maksimalne vrednosti i interval variranja proučavanih osobina livadskog vijuka u 2011. godini

Osobina	Populacija	$\bar{X}$	SE_x	Min.	Max.	IV
Vreme metličenja	K – 21	28.47	0.38	18	39	21
(broj dana od 1. apr.)	Pradel	41.91	0.61	26	49	23
Visina biljaka	K – 21	101.15	1.28	17	140	123
(cm)	Pradel	90.92	1.32	13	125	112
Dužina lista	K – 21	31.15	0.78	15.6	33	17.4
(cm)	Pradel	24.58	0.54	25	38	13
Širina lista	K – 21	8.19	0.16	5	7.8	2.8
(mm)	Pradel	8.13	0.20	4	11.5	7.5
Broj listova na	K – 21	3.14	0.03	2	4.5	2.5
generativnom izdanku	Pradel	2.61	0.06	2	4.5	2.5
Dužina metlice	K – 21	24.38	0.46	13.25	40	26.75
(cm)	Pradel	22.15	0.59	11	36	25
Broj vegetativnih	K – 21	61.62	3.20	7	347	340
izdanaka	Pradel	94.03	8.00	7	346	339
Broj generativnih	K – 21	223.43	5.28	26	368	342
izdanaka	Pradel	252.29	15.32	31	570	539
Prinos ZM u I otkosu	K – 21	892.56	31.84	100.7	1962	1861.3
(g / biljci)	Pradel	757.05	31.64	51	1617.6	1566.6
Ukupan prinos ZM	K – 21	1237.8	32.12	150.75	2541	2390.25
(g / biljci)	Pradel	844.09	41.34	76	1752	1676
Prinos SM u I otkosu	K – 21	212.09	6.59	23.16	451.26	428.1
(g / biljci)	Pradel	189.20	9.84	13.46	438.08	424.62
Ukupan prinos SM	K – 21	300.7	10.02	39.72	560.10	520.38
(g / biljci)	Pradel	242.84	10.49	9.86	438.51	428.65
Sadržaj proteina u I	K – 21	112.7	2.72	82.8	150.3	67.5
otkosu (gkg^{-1})	Pradel	135.5	3.61	104.0	168.5	64.5
Sadržaj proteina u II	K – 21	145.4	3.07	113.1	183.2	70.1
otkosu (gkg^{-1})	Pradel	149.1	3.37	107.6	183.8	76.2
ADF u I otkosu	K – 21	431.6	7.35	370.0	498.7	128.7
(gkg^{-1})	Pradel	428.3	7.12	353.3	498.7	145.4
ADF u II otkosu	K – 21	378.8	3.69	342.2	424.8	82.6
(gkg^{-1})	Pradel	379.5	5.10	336.6	443.2	106.6
NDF u I otkosu	K – 21	696.5	7.65	612.5	785.4	172.9
(gkg^{-1})	Pradel	698.4	8.62	603.2	759.9	156.7
NDF u II otkosu	K – 21	654.4	4.75	581.9	706.6	124.7
(gkg^{-1})	Pradel	654.2	6.79	581.9	743.9	162.0

Kada su ostale posmatrane osobine u pitanju može se reći da su u obe godine istraživanja dobijene slične vrednosti, ali su u obe godine kod selekcionisane populacije K-21 zabeležene nešto veće vrednosti za većinu proučavanih osobina u odnosu na Pradel, što se može tumačiti bržim porastom, ranijim stasavanjem, ali pre svega, boljom prilagođenošću populacije K-21 domaćim agroekološkim uslovima.

Kada se govori o parametrima kvaliteta suve materije livadskog vijuka sa aspekta upotrebe ove vrste za stočnu hranu, što je njena prvenstvena namena, svakako je

najbitniji sadržaj sirovih proteina. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da se populacija Pradel odlikovala većim sadržajem sirovih proteina u oba otkosa ($135,5 \text{ gkg}^{-1}$ u prvom, odnosno $149,1 \text{ gkg}^{-1}$ u drugom otkosu) u odnosu na K-21 ($112,7 \text{ gkg}^{-1}$ u prvom i $145,4 \text{ gkg}^{-1}$ u drugom otkosu), što je i očekivano s obzirom da je kod populacije K-21 zabeleženo ranije vreme stasavanja nego kod populacije Pradel (tab. 3). Takođe, na osnovu dobijenih rezultata nameće se zaključak da se populacija Pradel usporeno razvijala pa je u dužem vremenskom periodu zadržala bolji kvalitet. U prethodnim istraživanjima **Babić (2009)** populacija Pradel se odlikovala većim sadržajem sirovih proteina ($120,3 \text{ gkg}^{-1}$) u odnosu na K-21 ($103,5 \text{ gkg}^{-1}$). **Aastveit i Aastveit (1989)** su, proučavajući varijabilnost livadskog vijuka, zabeležili sadržaj sirovih proteina u prvom otkosu od 12,5-13,8%, što je u skladu sa ovim istraživanjima, dok su u drugom otkosu utvrdili znatno veći sadržaj sirovih proteina (18,8-20,2%) u poređenju sa ovim rezultatima.

Nivoi srednjih vrednosti i široki intervali variranja zabeleženi u obe godine istraživanja za sve proučavane osobine ukazuju na veliku unutarpopulacijsku varijabilnost za proučavane osobine, odnosno upućuju na zaključak da proučavane populacije mogu poslužiti kao perspektivan materijal za kreiranje novih sorti livadskog vijuka sa poboljšanim karakteristikama. Naročito veliko variranje je utvrđeno za broj vegetativnih i generativnih izdanaka po biljci i za prinos zelene mase i suve materije po biljci, gde je interval variranja bio za oko dva puta veći od prosečne vrednosti.

5.2. Analiza varijanse proučavanih osobina livadskog vijuka

Značajnosti sredina kvadrata proučavanih osobina selekcionisanih populacija livadskog vijuka K-21 i Pradel su se razlikovale u različitim godinama istraživanja.

Kod populacije K-21 u prvoj godini istraživanja zabeležene su značajne razlike između ispitivanih potomstava za očeve u setu za sve proučavane osobine osim za dužinu lista. Značajne razlike između potomstava za očeve u setu su rezultat prisustva značajnih genetičkih razlika između ispitivanih očeva, odnosno HS familija u okviru seta. Takođe za sve proučavane osobine utvrđene su visoko značajne razlike za majke u okviru očeva u setu što govori o prisustvu genetičkih razlika između ispitivanih majki u okviru očeva u setu, odnosno FS familija (tab. 4).

Kod populacije Pradel su utvrđene značajne razlike između proučavanih potomstava za očeve u setu za sve osobine sem vremena metličenja i dužine metlice. Majke u okviru očeva u setu su bile značajan izvor variranja za sve ispitivane osobine osim za širinu lista i dužinu metlice (tab. 5).

U drugoj godini istraživanja kod populacije K-21 su dobijene značajne razlike između proučavanih potomstava za očeve u setu za većinu praćenih osobina, kao i za majke u okviru očeva u setu. Razlike između očeva u setu nisu bile značajne za broj listova na generativnom izdanku i broj vegetativnih izdanaka po biljci, dok variranje između majki u okviru očeva u setu nije utvrđeno za broj listova na generativnom izdanku (tab. 6).

U okviru populacije Pradel nisu ustanovljene značajne razlike između potomstava u okviru očeva u setu za vreme metličenja, dužinu i širinu lista, dok su se za ostale osobine potomstva u okviru očeva u setu značajno razlikovala. Kod populacije Pradel u drugoj godini istraživanja značajan izvor variranja su bile majke u okviru očeva u setu za sve proučavane osobine osim za dužinu i širinu lista (tab. 7).

Analizirajući značajnost sredina kvadrata za osobine hemijskog sastava suve materije uočava se da su se kod populacije K-21 potomstva u okviru očeva u setu i potomstva majki u okviru očeva u setu značajno razlikovala za sve praćene osobine osim za sadržaj sirovih proteina u drugom otkosu. Kod populacije Pradel potomstva su se značajno razlikovala u okviru očeva u setu za udeo ADF u prvom i drugom otkosu. Variranje između majki u okviru očeva u setu je zabeleženo za sve proučavane osobine hemijskog sastava suve materije, osim za sadržaj sirovih proteina u drugom otkosu (tab. 8).

Visoko značajne vrednosti sredina kvadrata za očeve u setu ukazuju da su prisutne značajne genetičke razlike između proučavanih očeva, odnosno između HS familija u okviru seta. Isto tako visoko značajne sredine kvadrata, ukoliko se kao izvor variranja posmatraju majke u okviru očeva u setu, ukazuju na postojanje genetičkih razlika između proučavanih majki u okviru očeva u setu, odnosno FS familija.

Tabela 4. Sredine kvadrata iz ANOVA North Caroline Design I za proučavane osobine kod populacije K-21 u 2010. godini

Izvor varijacije	d.f.	Vreme metličenja	Visina biljaka	Dužina lista	Širina lista	Broj listova na gen. izdanku	Dužina metlice	Broj vegetativnih izdanaka	Broj generativnih izdanaka	Prinos ZM po biljci u I otkosu	Ukupan prinos ZM po biljci	Prinos SM po biljci u I otkosu	Ukupan prinos SM po biljci
Set	1	33.04	1295.08	4.03	0.102	0.32	4.64	66.36	14.93	116215.5	267205.4	7559.94	16089.59
Ponavljjanja / Set	2	0.91	31.27	16.34	0.712	0.013	0.92	146.29	4.50	30022.32	75629.4	2061.84	4664.21
Očevi / Set	18	5.68**	209.76*	9.31	3.55*	0.100**	15.49*	227.70**	28.92***	23306.1*	44211.1*	1896.9**	2237.99*
Majke / Očevi / Set	40	1.93**	98.86**	6.59**	1.62**	0.031**	9.57**	78.77**	10.01**	10400.2**	16219.7**	617.59**	1059.88*
Greška	58	0.42	41.74	1.41	0.062	0.003	4.27	20.12	1.90	4816.83	6796.61	113.15	658.76
Total	119	1.73	85.82	4.58	1.13	0.027	7.66	73.18	8.74	9873.4	16723.14	584.34	1094.25

* p< 0.05

** p< 0.01

Tabela 5. Sredine kvadrata iz ANOVA North Caroline Design I za proučavane osobine kod populacije Pradel u 2010. godini

Izvor varijacije	d.f.	Vreme metličenja	Visina biljaka	Dužina lista	Širina lista	Broj listova na gen. izdanku	Dužina metlice	Broj vegetativnih izdanaka	Broj generativnih izdanaka	Prinos ZM po biljci u I otkosu	Ukupan prinos ZM po biljci	Prinos SM po biljci u I otkosu	Ukupan prinos SM po biljci
Set	1	0.46	35.18	1.43	0.302	0.018	1.87	162.37	34.59	188.29	101660.5	2155.88	3435.24
Ponavljjanja / Set	2	0.74	53.93	0.84	8.75	0.102	8.76	1546.40	11.88	57306.8	41557.8	3841.75	13575.5
Očevi / Set	10	3.98	216.26*	7.35*	0.59*	0.096*	14.10	555.96*	27.38*	1111.5*	30789.3*	932.87*	4999.6*
Majke/ Očevi / Set	24	2.22*	88.18*	3.40*	0.32	0.038*	13.87	224.95**	10.23**	4478.9**	12400.5**	366.38*	1961.4**
Greška	34	1.20	44.85	1.83	0.21	0.019	13.15	92.44	1.77	1747.3	5298.6	176.61	811.4
Total	71	1.92	84.36	3.13	0.29	0.039	13.29	240.04	8.97	5343.3	13414.5	435.53	2144.1

* p< 0.05

** p< 0.01

Tabela 6. Sredine kvadrata iz ANOVA North Caroline Design I za proučavane osobine kod populacije K-21 u 2011. godini

Izvor varijacije	d.f.	Vreme metličenja	Visina biljaka	Dužina lista	Širina lista	Broj listova na gen. izdanku	Dužina metlice	Broj vegetativnih izdanaka	Broj generativnih izdanaka	Prinos ZM po biljci u I otkosu	Ukupan prinos ZM po biljci	Prinos SM po biljci u I otkosu	Ukupan prinos SM po biljci
Set	1	1.99	338.91	2.24	0.018	0.216	13.34	9425.55	1398.40	100712.8	100949.8	11617.1	1555.10
Ponavljjanja / Set	2	0.16	19.59	29.28	2.02	0.009	0.59	130.55	1331.66	62092.8	32301.20	3208.68	6586.7
Očevi / Set	18	9.47*	105.20*	34.07*	1.83*	0.026	13.39*	494.77	2430.8**	54894.5*	68746.6*	3796.4**	6819.64*
Majke / Očevi / Set	40	4.36**	48.87**	15.88**	0.78**	0.019	6.29**	455.89**	835.81**	30410.2**	30948.2*	1303.2**	3010.5**
Greška	58	0.96	18.39	3.57	0.09	0.014	1.20	209.33	272.04	3065.83	15452.0	167.74	198.89
Total	119	4.36	41.63	12.72	0.62	0.018	4.74	332.29	80.3.61	21063.15	28875.5	1147.97	2251.11

* p< 0.05

** p< 0.01

Tabela 7. Sredine kvadrata iz ANOVA North Caroline Design I za proučavane osobine kod populacije Pradel u 2011. godini

Izvor varijacije	d.f.	Vreme metličenja	Visina biljaka	Dužina lista	Širina lista	Broj listova na gen. izdanku	Dužina metlice	Broj vegetativnih izdanaka	Broj generativnih izdanaka	Prinos ZM po biljci u I otkosu	Ukupan prinos ZM po biljci	Prinos SM po biljci u I otkosu	Ukupan prinos SM po biljci
Set	1	39.4	2.94	0.37	3.17	0.45	0.046	620.85	97.187	19197.6	11597.4	872.88	761.94
Ponavljjanja / Set	2	10.83	23.95	1.30	17.73	0.009	20.40	221.78	5570.06	40677.8	77010.3	9776.3	13771.5
Očevi / Set	10	18.84	91.93*	7.31	1.06	0.167*	21.56*	3622.09*	13123.29*	53042.5*	90236.8*	5082.5*	5822.7*
Majke / Očevi / Set	24	7.79*	36.78*	6.06	0.81	0.067*	7.51**	1345.33**	4927.58**	21033.5**	35889.5*	2033.6*	2313.3*
Greška	34	4.06	16.34	5.53	0.66	0.031	1.84	527.00	1922.43	6014.54	15345.8	928.08	1005.1
Total	71	7.57	34.19	5.80	1.21	0.067	7.04	1244.33	4621.52	18874.5	34544.6	2114.2	2447.6

* p< 0.05

** p< 0.01

Tabela 8. Sredine kvadrata iz ANOVA North Caroline Design I za proučavane osobine hemijskog sastava suve materije kod populacija K-21 i Pradel u 2011. godini

Izvor varijacije	d.f.	Sadržaj proteina – I otkos	ADF – I otkos	NDF – I otkos	Sadržaj proteina - II otkos	ADF – II otkos	NDF – II otkos
K-21							
Set	1	0.153	2.329	14.553	31.09	10.74	5.07
Ponavljjanja / Set	2	36.266	7.734	3.319	8.10	5.29	22.11
Očevi / Set	18	4.645*	35.436*	38.79*	3.41	8.53*	14.06*
Majke / Očevi / Set	40	2.226*	16.24*	17.58*	2.71	3.99**	6.78*
Greška	58	1.11	8.70	8.61	2.42	1.86	4.09
Total	119	2.60	15.90	16.03	2.74	3.62	6.77
Pradel							
Set	1	10.56	42.93	18.38	0.117	5.36	87.41
Ponavljjanja / Set	2	5.45	14.54	5.75	7.70	22.55	13.21
Očevi / Set	10	6.47	26.44*	34.78	2.81	14.10*	2.62
Majke / Očevi / Set	24	2.74**	10.66*	15.62*	2.39	5.48**	9.69*
Greška	34	1.02	4.99	7.51	2.07	1.86	5.24
Total	71	2.61	10.69	14.28	2.41	5.39	10.15

* p< 0.05

** p< 0.01

5.3. Komponente varijanse proučavanih osobina livadskog vijuka

Na osnovu prikazanih rezultata može se reći da se proučavane selekcionisane populacije livadskog vijuka, K-21 i Pradel, odlikuju visokom varijabilnošću za većinu proučavanih osobina. Proučavane populacije mogu poslužiti kao perspektivan materijal u daljem procesu oplemenjivanja livadskog vijuka, odnosno dobijanja genotipova poboljšanih karakteristika. Da bi proces oplemenjivanja livadskog vijuka bio efikasan neophodno je odrediti obim i strukturu genetičke varijabilnosti početnog oplemenjivačkog materijala.

U cilju detaljnijeg upoznavanja strukture varijabilnosti populacija livadskog vijuka, odnosno za izračunavanje fenotipske i genetičke varijanse, kao i komponenti genetičke varijanse odnosno aditivne i dominantne varijanse proučavanih osobina, u ovim istraživanjima potomstvo je dobijeno po North Caroline I (NC I) modelu ukrštanja koji su za stranooplodne biljke predložili **Comstock i Robinson (1948)**. Za pravilno tumačenje dobijenih rezultata po ovom modelu ukrštanja neophodno je ispuniti određene uslove. Jedan od prvih uslova je da potomstva koja su uključena u eksperiment predstavljaju slučajni uzorak iz populacije. Takođe, veoma je važno i da je za istraživanje uzeta odgovarajuća veličina uzorka. Ukoliko uzorkovanje nije pravilno sprovedeno moguće je dobijanje visokih vrednosti standarnih grešaka, kao i negativnih vrednosti varijansi. Proučavanja o optimalnom broju potomstava za dobijanje validnih podataka o varijabilnosti populacija livadskog vijuka nisu rađena. Kada su u pitanju proučavanja genetičke varijabilnosti na drugim vrstama krmnog bilja, **Radović (2005)** je ispitala varijabilnost lucerke na 48 full-sib familija, dok je **Lugić (1999)** proučavao varijabilnost populacija crvene deteline na 45 full-sib familija. U ovim istraživanjima, varijabilnost selekcionisanih populacija livadskog vijuka sprovedena je na 60 full-sib familija sa 30 biljaka po potomstvu kod populacije K-21, odnosno 39 full-sibova takođe sa 30 biljaka po potomstvu kod populacije Pradel, pa se može smatrati da je ovaj uslov zadovoljen.

Sledeći uslov koji je neophodno ispuniti je da biljke koje učestvuju u ukrštanju, odnosno roditeljske biljke nisu inbridovane. Imajući u vidu da su obe proučavane populacije nastale iz autohtonih populacija primenom masovne selekcije, a da je seme

korišćeno u ovom eksperimentu dobijeno slobodnom oplodnjom u prostornoj izolaciji, može se smatrati da je i ovaj uslov ispunjen.

Veoma je važno da se prilikom izbora biljaka za ukrštanje ne vrši selekcija, odnosno da se ne ukrštaju biljke koje su slične po fenotipu. Ukrštanje individua sličnih po fenotipu može dovesti do promena u odnosima između komponenti genetičke varijanse, odnosno do smanjenja dominantne, a povećanja aditivne komponente genetičke varijanse.

Takođe je neophodno da frekvencija genskih alela bude u ravnoteži, što je teško utvrditi. Stvaranjem populacije sigurno dolazi da promena u frekvenciji gena, ali zbog višegodišnjeg umnožavanja semena bez primene selekcije frekvencija gena je verovatno približno u ravnoteži. Dobijeni rezultati u ovim istraživanjima ukazuju da je najveći deo genetičke varijabilnosti ispitivanih svojstava bio uslovljen aditivnim efektom gena tj. vrednost odnosa σ_A^2/σ_G^2 bila je veća od 0,5 za skoro sve osobine što je jedan od pokazatelja ravnoteže frekvencije gena (**Hallauer, 1985**).

Još jedan važan uslov za uspešno sprovođenje datog modela je odsustvo vezanosti gena. Prisustvo vezanih gena, bilo u seriji spajanja ili razdvajanja, može uticati na promenu odnosa aditivne i dominantne komponente ukupne genetičke varijanse. Pretpostavlja se da u uslovima slobodne oplodnje populacija, vezanost gena nema efekta na dobijene vrednosti komponenti genetičke varijanse kao i vrednosti kovarijansi između srodnika.

Takođe je veoma važno i odsustvo epistaze za osobine koje se ispituju. Ako epistaza postoji, kovarijansa u polusrodstvu nije jednaka četvrtini aditivne, već obuhvata sve interakcije aditivnog tipa, pa se u tom slučaju menja odnos kovarijansi punog srodstva. Pretpostavlja se da na epistatičnu varijansu otpada manje od 10% ukupnog genetičkog variranja kvantitativnih osobina, kao i da je epistaza značajna u izuzetno retkim kombinacijama koje se jako teško mogu otkriti u populacijama u stanju ravnoteže (**Gardner, 1963**). Prisustvo i veličinu epistatične varijanse u ukupnoj genetičkoj varijabilnosti pojedinih osobina je teško sa sigurnošću ustanoviti. U ovim istraživanjima je zanemareno epistatično delovanje gena za ispitivane osobine.

Kod obe populacije u obe godine istraživanja dobijene vrednosti za sve izračunate varijanse su bile najmanje dva, ali za većinu osobina i više puta, veće od pripadajućih standardnih grešaka, što ukazuje da su dobijene varijanse validne. Nivo

genetičkih i fenotipskih varijansi je bio različit kako po godinama tako i između praćenih populacija. Generalno se može zaključiti da je kod populacije K-21 zabeležen viši nivo izračunatih varijansi za većinu ispitivanih osobina u odnosu na populaciju Pradel u obe godine istraživanja. Analizirajući nivoe varijansi u različitim godinama istraživanja nameće se zaključak da su u drugoj istraživačkoj godini utvrđene veće vrednosti varijansi za većinu praćenih osobina kod obe populacije.

Za najveći broj proučavanih osobina razlike između fenotipske i genetičke varijanse su relativno male, što govori o većem uticaju genotipa na ekspresiju tih osobina u odnosu na uslove gajenja.

Kao što je već napomenuto, za uspešan proces oplemenjivanja, pored poznavanja ukupne genetičke varijanse veoma je važno poznavanje strukture genetičke varijanse. Komponente genetičke varijanse zavise od frekvencije gena i važe samo za proučavanu populaciju u datim agroekološkim uslovima (**Falconer and Mackay, 1996**). Udeo aditivne u ukupnoj genetičkoj varijansi pokazatelj je oplemenjivačke vrednosti proučavanog materijala. U ovim istraživanjima su dobijene visoke vrednosti odnosa aditivne i ukupne genetičke varijanse (σ^2_A/σ^2_G) što ukazuje da je aditivna varijansa glavna komponenta genetičke varijanse za najveći broj proučavanih osobina, kod obe ispitivane populacije, u obe godine istraživanja. Vrednost odnosa aditivne i ukupne genetičke varijanse za najveći broj praćenih osobina je bio veći od 0,7 u obe godine. Najveći udeo aditivne u ukupnoj genetičkoj varijansi utvrđen je za ukupan prinos zelene mase po biljci kod populacije K-21 u prvoj ($\sigma^2_A/\sigma^2_G=0,991$) (tab. 9), odnosno za vreme metličenja kod populacije Pradel u drugoj godini ($\sigma^2_A/\sigma^2_G=0,987$) (tab. 12). Najmanji doprinos aditivne u ukupnoj genetičkoj varijansi u prvoj godini zabeležen je za dužinu lista kod K-21 ($\sigma^2_A/\sigma^2_G=0,175$) (tab. 9), a kod populacije Pradel za dužinu metlice ($\sigma^2_A/\sigma^2_G=0,197$) (tab. 10). U drugoj godini istraživanja najmanja vrednost odnosa aditivne i ukupne genetičke varijanse je utvrđena za ukupan prinos zelene mase kod K-21 ($\sigma^2_A/\sigma^2_G=0,298$) (tab. 11). U drugoj godini istraživanja kod populacije Pradel vrednosti pomenutog odnosa su bile preko 0,7 za sve proučavane osobine (tab. 12), kao i za osobine kvaliteta, osim za sadržaj sirovih proteina u drugom otkosu kod populacije Pradel gde je aditivna komponenta imala udeo od 0,441 u ukupnoj genetičkoj varijansi (tab. 13). Visok udeo aditivne u ukupnoj genetičkoj varijansi govori o visokoj selekcionoj vrednosti ispitivanog materijala.

Interakcija između genotipa i agroekoloških uslova gajenja utiče na povećanje vrednosti varijanse između očeva, a time i na ocenu aditivne genetičke varijanse, tako da procena vrednosti za aditivnu varijansu može biti potpuno drugačija za isti materijal u drugačijem okruženju (lokalitet ili godina), što se desilo u ovim istraživanjima gde imamo slučaj da je kod populacije K-21 za ukupan prinos zelene mase u prvoj godini istraživanja utvrđen visok udeo aditivne u ukupnoj genetičkoj varijansi ($\sigma^2_A/\sigma^2_G=0,991$) (tab. 9), dok je u drugoj godini zabeležena najmanja vrednost ove relacije ($\sigma^2_A/\sigma^2_G=0,298$) za ovu osobinu (tab. 11). Slične rezultate je dobila **Radović (2005)** ispitujući varijabilnost lucerke gde je za prinos zelene mase u prvom otkosu u prvoj godini zabeležen visok udeo aditivne u ukupnoj genetičkoj varijansi ($\sigma^2_A/\sigma^2_G=0,98$), dok je u drugoj i trećoj godini bio znatno manji ($\sigma^2_A/\sigma^2_G=0,22$ i $\sigma^2_A/\sigma^2_G=0,265$).

Za većinu proučavanih osobina dobijene su veće vrednosti aditivne u odnosu na dominantnu komponentu genetičke varijanse, naročito kod populacije Pradel, gde je samo za dužinu metlice u prvoj godini istraživanja utvrđena veća vrednost dominantne nego aditivne varijanse, ($\sigma^2_D/\sigma^2_A=4,061$) (tab. 10). Kod populacije K-21 veće vrednosti dominantne u poređenju sa aditivnom varijansom zabeležene su za dužinu i širinu lista i dužinu metlice u prvoj (tab. 9), odnosno za dužinu lista i dužinu metlice, prinos zelene mase u prvom otkosu i ukupan prinos suve materije u drugoj godini istraživanja (tab. 11).

Aastveit i Aastveit (1989) su utvrdili veći udeo aditivne u ukupnoj genetičkoj varijansi u odnosu na dominantnu varijansu za vreme stasavanja livadskog vijuka. Sa druge strane isti autori navode veliki uticaj dominantne komponente genetičke varijanse na prinos zelene mase u prvom i drugom otkosu, kao i na ukupan godišnji prinos zelene mase.

U suprotnosti sa prethodnim, **Aastveit i Aastveit (1990)** su utvrdili da je najveći deo varijabilnosti kod 22 half-sib familije livadskog vijuka uslovljen aditivnim delovanjem gena za vreme metličenja, prinos suve materije u tri otkosa i ukupan godišnji prinos suve materije.

Kod osobina hemijskog sastava suve materije zabeležene su veće vrednosti aditivne u odnosu na dominantnu varijansu kod obe populacije. Izuzetak predstavlja sadržaj sirovih proteina u drugom otkosu kod populacije Pradel gde je utvrđena veća vrednost dominantne varijanse (tab. 13).

Tabela 9. Komponente varijanse proučavanih osobina kod populacije K-21 u 2010. godini

Osobina	σ_F^2	σ_G^2	$SE\sigma_G^2$	σ_A^2	$SE\sigma_A^2$	σ_D^2	$SE\sigma_D^2$	σ_A^2/σ_G^2	σ_D^2/σ_A^2
Vreme metličenja	3.25	3.04	0.21	2.49	0.31	0.54	0.09	0.821	0.217
Visina biljaka	135.11	114.24	10.78	73.93	11.62	40.31	3.73	0.647	0.545
Dužina lista	11.06	10.35	0.72	1.82	0.54	8.53	0.21	0.175	4.687
Širina lista	3.15	3.12	0.18	1.29	0.19	3.12	0.06	0.412	1.689
Broj listova na generativnom izdanku	0.06	0.06	0.003	0.05	0.005	0.009	0.001	0.835	0.196
Dužina metlice	12.74	10.61	1.04	3.95	0.89	10.61	0.32	0.372	1.687
Broj vegetativnih izdanaka	127.37	117.31	8.59	99.29	12.34	18.02	3.54	0.846	0.181
Broj generativnih izdanaka	17.15	16.19	1.09	12.61	1.57	3.58	0.45	0.778	0.284
Prinos ZM po biljci u I otkosu	13575.08	11166.66	1134.75	8603.97	1285.26	2562.69	404.11	0.771	0.297
Ukupan prinos ZM po biljci	22244.60	18846.29	1769.72	18860.91	2403.64	703.54	185.38	0.991	0.009
Prinos SM po biljci u I otkosu	1065.46	1008.89	67.39	852.91	102.47	155.97	28.90	0.845	0.183
Ukupan prinos SM po biljci	1131.64	802.27	115.64	785.45	124.09	32.98	16.86	0.978	0.021

Tabela 10. Komponente varijanse proučavanih osobina kod populacije Pradel u 2010. godini

Osobina	σ_F^2	σ_G^2	$SE\sigma_G^2$	σ_A^2	$SE\sigma_A^2$	σ_D^2	$SE\sigma_D^2$	σ_A^2/σ_G^2	σ_D^2/σ_A^2
Vreme metličenja	2.64	2.05	0.13	1.18	0.11	0.87	0.17	0.575	0.738
Visina biljaka	109.08	86.6	4.96	85.39	5.66	1.26	0.75	0.981	0.015
Dužina lista	4.05	3.13	0.19	2.64	0.19	0.49	0.27	0.842	0.187
Širina lista	0.33	0.22	0.02	0.18	0.02	0.04	0.003	0.814	0.228
Broj listova na generativnom izdanku	0.05	0.04	0.002	0.04	0.002	0.003	0.0006	0.983	0.016
Dužina metlice	13.61	7.89	0.94	1.56	0.52	6.34	1.072	0.197	4.061
Broj vegetativnih izdanaka	311.26	265.04	12.29	220.67	14.53	44.37	19.04	0.832	0.201
Broj generativnih izdanaka	17.81	16.92	0.53	11.44	0.71	5.48	0.89	0.676	0.479
Prinos ZM po biljci u I otkosu	6337.04	5463.39	243.54	4424.57	290.51	1038.82	379.08	0.809	0.235
Ukupan prinos ZM po biljci	16853.19	14203.89	680.84	12259.17	804.64	1944.75	1054.04	0.863	0.159
Prinos SM po biljci u I otkosu	467.84	379.53	20.43	371.66	24.12	31.61	7.87	0.979	0.021
Ukupan prinos SM po biljci	2705.75	2300.03	107.30	2025.43	130.42	274.59	16.89	0.880	0.136

Tabela 11. Komponente varijanse proučavanih osobina kod populacije K-21 u 2011. godini

Osobina	σ_F^2	σ_G^2	$SE\sigma_G^2$	σ_A^2	$SE\sigma_A^2$	σ_D^2	$SE\sigma_D^2$	σ_A^2/σ_G^2	σ_D^2/σ_A^2
Vreme metličenja	7.29	6.81	0.48	3.41	0.52	3.41	0.17	0.500	0.998
Visina biljaka	70.16	60.97	5.33	37.55	5.82	23.41	1.86	0.616	0.623
Dužina lista	26.42	24.63	1.73	12.13	1.89	12.50	0.60	0.492	1.031
Širina lista	1.42	1.37	0.09	0.69	0.10	0.68	0.03	0.507	0.971
Broj listova na generativnom izdanku	0.02	0.009	0.002	0.005	0.001	0.005	0.0006	0.511	0.957
Dužina metlice	10.78	10.17	0.69	4.73	0.74	5.45	0.24	0.465	1.152
Broj vegetativnih izdanaka	347.05	257.49	33.59	184.45	32.77	73.04	11.06	0.716	0.396
Broj generativnih izdanaka	1263.55	1127.53	91.19	1036.36	131.67	64.17	37.75	0.943	0.060
Prinos ZM po biljci u I otkosu	38718.01	30991.98	3376.71	25199.05	3794.07	5792.93	1197.15	0.813	2.350
Ukupan prinos ZM po biljci	56221.73	54688.22	3318.03	16322.81	3097.39	38366.01	1069.87	0.298	0.229
Prinos SM po biljci u I otkosu	2354.73	2270.86	142.18	1662.17	205.63	608.69	58.93	0.732	0.366
Ukupan prinos SM po biljci	5722.58	5623.13	328.49	2539.45	375.73	3083.68	117.63	0.451	1.214

Tabela 12. Komponente varijanse proučavanih osobina kod populacije Pradel u 2011. godini

Osobina	σ_F^2	σ_G^2	$SE\sigma_G^2$	σ_A^2	$SE\sigma_A^2$	σ_D^2	$SE\sigma_D^2$	σ_A^2/σ_G^2	σ_D^2/σ_A^2
Vreme metličenja	9.49	7.46	0.44	7.37	0.49	0.09	0.06	0.987	0.013
Visina biljaka	49.05	40.88	2.03	36.77	2.40	4.10	0.31	0.899	0.112
Dužina lista	3.84	1.07	0.39	0.83	0.21	0.24	0.04	0.776	0.287
Širina lista	0.63	0.30	0.05	0.17	0.03	0.13	0.06	0.571	0.768
Broj listova na generativnom izdanku	0.09	0.07	0.004	0.07	0.004	0.005	0.0006	0.931	0.073
Dužina metlice	12.26	11.34	0.39	9.36	0.56	1.97	0.68	0.825	0.211
Broj vegetativnih izdanaka	1900.16	1336.66	73.18	1517.84	94.16	118.83	11.92	0.927	0.078
Broj generativnih izdanaka	6971.52	6010.30	267.93	5463.81	341.38	546.97	43.39	0.909	0.100
Prinos ZM po biljci u I otkosu	33045.24	30037.97	1117.43	21339.89	1384.71	8698.68	1779.35	0.710	0.408
Ukupan prinos ZM po biljci	48760.24	41087.32	1970.63	36231.53	2356.18	4855.79	307.16	0.881	0.134
Prinos SM po biljci u I otkosu	2675.13	2211.09	112.56	2032.57	132.76	178.54	17.41	0.919	0.088
Ukupan prinos SM po biljci	3118.83	2616.26	127.26	2339.66	152.03	276.59	19.83	0.894	0.118

Tabela 13. Komponente varijanse za proučavane osobine hemijskog sastava suve materije kod populacija K-21 i Pradel u 2011. godini

Osobina	Populacija	σ_F^2	σ_G^2	$SE\sigma_G^2$	σ_A^2	$SE\sigma_A^2$	σ_D^2	$SE\sigma_D^2$	σ_A^2/σ_G^2	σ_D^2/σ_A^2
Sadržaj sirovih proteina – I otkos	K-21	2.79	2.23	0.24	1.61	0.26	0.62	0.08	0.720	0.384
	Pradel	3.95	3.45	0.15	2.49	0.17	0.95	0.15	0.722	0.385
ADF – I otkos	K-21	19.42	15.07	1.77	12.79	1.96	2.27	0.62	0.849	0.178
	Pradel	13.84	11.34	0.59	10.52	0.69	0.83	0.09	0.927	0.078
NDF – I otkos	K-21	22.26	17.95	1.92	14.14	2.14	3.81	0.68	0.787	0.269
	Pradel	19.99	16.24	0.87	12.76	0.92	3.47	1.26	0.786	0.272
Sadržaj sirovih proteina – II otkos	K-21	1.79	0.58	0.29	0.46	0.20	0.12	0.08	0.797	0.254
	Pradel	1.67	0.63	0.15	0.28	0.08	0.35	0.17	0.441	1.265
ADF – II otkos	K-21	5.20	4.27	0.44	3.02	0.47	1.25	0.15	0.708	0.412
	Pradel	8.17	7.24	0.29	5.75	0.37	1.49	0.47	0.794	0.259
NDF – II otkos	K-21	7.42	5.38	0.74	4.86	0.78	0.52	0.25	0.904	0.106
	Pradel	11.53	8.91	0.55	7.28	0.55	1.62	0.77	0.817	0.223

5.4. Koeficijenti varijacije proučavanih osobina livadskog vijuka

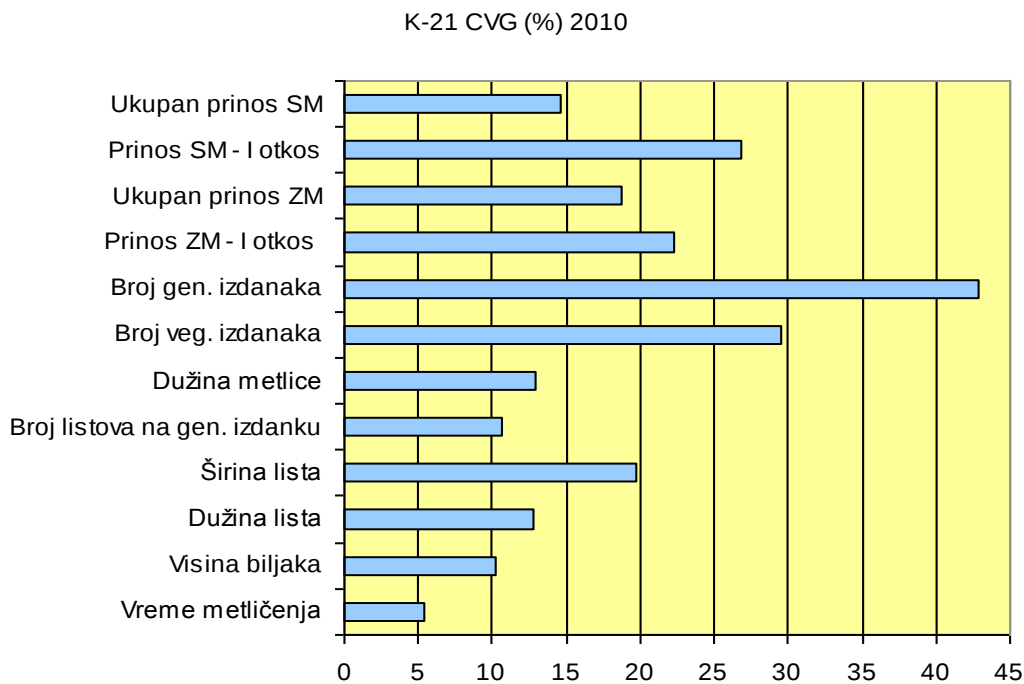
Genetički (CV_G) i fenotipski (CV_F) koeficijenti varijacije kao relativni pokazatelji varijabilnosti su pogodni za poređenje nivoa varijabilnosti osobina koje se izražavaju različitim jedinicama mere.

Tabela 14. Genetički i fenotipski koeficijenti varijacije proučavanih osobina livadskog vijuka

Populacija	K-21				Pradel			
Godina	2010		2011		2010		2011	
Osobina	CV _F %	CV _G %	CV _F %	CV _G %	CV _F %	CV _G %	CV _F %	CV _G %
Vreme metličanja	5.64	5.45	9.48	9.17	4.13	3.63	7.35	6.52
Visina biljaka	11.19	10.29	9.21	8.59	11.70	10.42	6.92	6.32
Dužina lista	13.27	12.82	16.49	15.93	9.41	8.27	7.97	4.21
Širina lista	19.78	19.68	14.57	14.32	6.58	5.42	9.77	6.74
Broj listova na gen. izdanku	10.81	10.65	4.13	3.10	9.94	8.89	11.32	10.28
Dužina metlice	14.23	12.98	13.46	13.08	16.08	12.23	15.81	15.20
Broj vegetativnih izdanaka	30.75	29.51	32.16	27.71	43.12	37.79	46.36	43.02
Broj generativnih izdanaka	44.05	42.80	15.91	15.03	44.18	43.07	33.09	30.73
Prinos ZM po biljci u I otkosu	24.62	22.33	15.89	14.22	32.12	29.82	24.01	22.89
Ukupan prinos ZM po biljci	20.28	18.67	26.57	26.20	21.96	20.16	26.16	24.01
Prinos SM po biljci u I otkosu	27.63	26.89	25.65	25.19	33.70	30.36	24.39	22.17
Ukupan prinos SM po biljci	17.37	14.62	25.16	24.92	33.75	31.37	22.99	21.06
Sadržaj proteina u I otkosu	/	/	14.81	13.25	/	/	14.67	13.70
Sadržaj proteina u II otkosu	/	/	8.98	5.12	/	/	8.88	5.47
ADF u I otkosu	/	/	10.27	9.05	/	/	8.68	7.86
ADF u II otkosu	/	/	6.02	5.45	/	/	7.53	7.09
NDF u I otkosu	/	/	6.77	6.08	/	/	6.08	5.77
NDF u II otkosu	/	/	4.16	3.54	/	/	5.19	4.56

U prvoj godini istraživanja zabeleženo je veće variranje najvažnijih agronomskih osobina kod obe populacije nego u drugoj godini (tab. 14). Povoljniji agroekološki uslovi u drugoj godini su uticali na nešto manju varijabilnost za većinu praćenih osobina kod obe proučavane populacije. U nepovoljnim uslovima gajenja varijabilnost populacija i sorti livadskog vijuka (**Babić et al., 2014**), ali i ostalih višegodišnjih trava (**Aper et al., 2014**) je jače izražena.

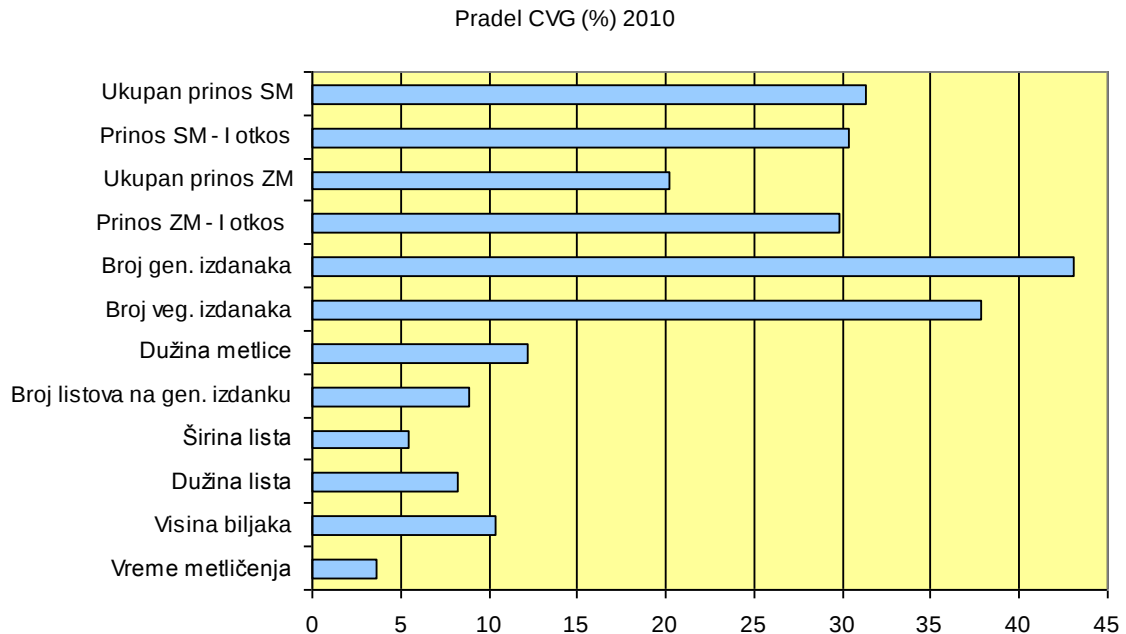
Najveće variranje je utvrđeno za broj generativnih izdanaka u prvoj godini kod obe populacije, odnosno za broj vegetativnih izdanaka u drugoj godini, takođe kod obe populacije. Najveći genetički koeficijent varijacije utvrđen je za broj generativnih izdanaka kod populacije Pradel ($CV_G=43,07\%$) u prvoj godini, odnosno za broj vegetativnih izdanaka, takođe kod populacije Pradel, ($CV_G=43,02\%$) u drugoj godini istraživanja (tab. 14).



Grafikon 1. Genetički koeficijenti varijacije proučavanih osobina kod populacije K-21 u 2010. godini

Proučavajući kolekciju sorti i populacija livadskog vijuka (**Babić, 2009**), je najveću varijabilnost zabeležila za broj izdanaka po biljci ($CV_G=26,5\%$), dok je najmanja varijabilnost utvrđena za vreme metličenja ($CV_G=4\%$). **Köl liker et al. (1998)**

navode vrednosti za genetički koeficijent varijacije za broj izdanaka kod livadskog vijuka od 21,4% do 32,7%, odnosno od 10,0% do 30,1% (**Kölliker et al., 1999**). **Fang et al. (2004)** su dobili nešto niže vrednosti za genetički koeficijent varijacije za broj generativnih izdanaka po biljci u odnosu na ova istraživanja ($CV_G=12,8-14,9\%$).



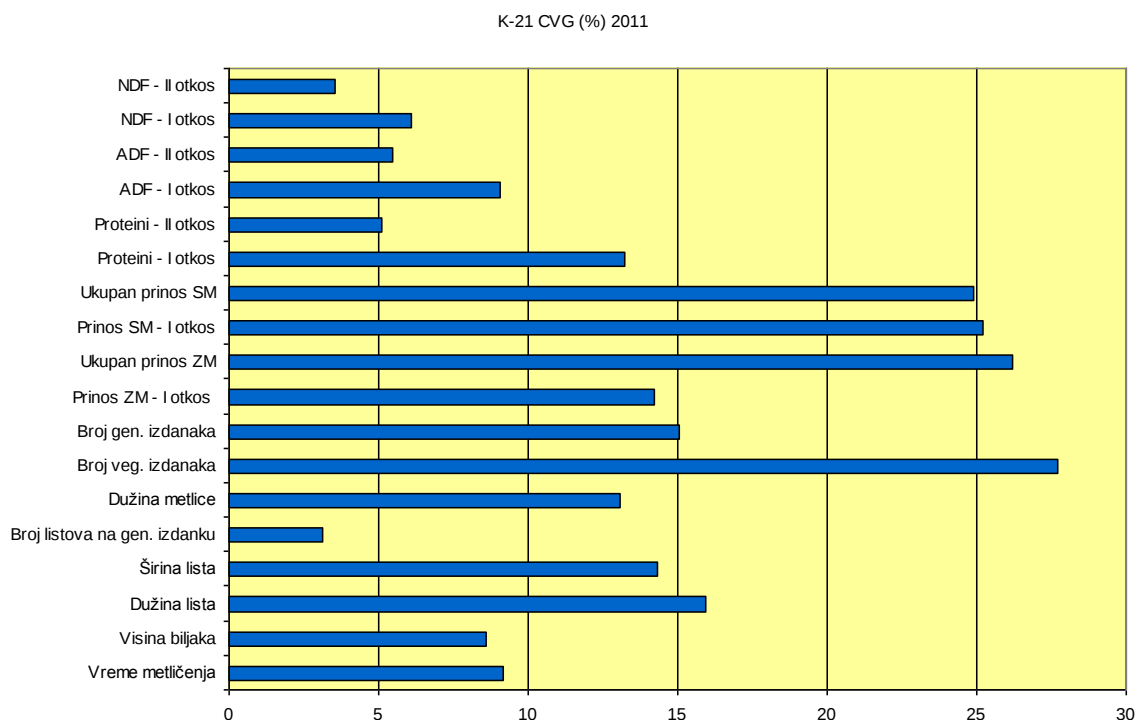
Grafikon 2. Genetički koeficijenti varijacije proučavanih osobina kod populacije Pradel u 2010. godini

Najmanje variranje je zabeleženo za vreme metličanja kod obe populacije u prvoj godini ($CV_G=5,45\%$ kod K-21; $CV_G=3,63\%$ kod populacije Pradel) (tab. 14). U skladu sa ovim rezultatima su rezultati koje je dobila **Babić (2009)** gde je takođe zabeležen nizak genetički koeficijent varijacije ($CV_G=4,0\%$) za vreme početka metličanja. Da vreme stasavanja nije visoko varijabilna osobina potvrdili su brojni rezultati proučavanja varijabilnosti različitih populacija livadskog vijuka (**Fang et al., 2004; Kanapeckas et al., 2005; Lemežiene i Kanapeckas, 2008**).

U drugoj godini najmanje varijabilne osobine su bile broj listova na generativnom izdanku kod populacije K-21 ($CV_G=3,10\%$), odnosno dužina lista kod populacije Pradel ($CV_G=4,21\%$) (tab. 14).

Posle broja generativnih i vegetativnih izdanaka najvarijabilnije osobine su prinos zelene mase i suve materije u prvom otkosu i ukupan prinos zelene mase i suve

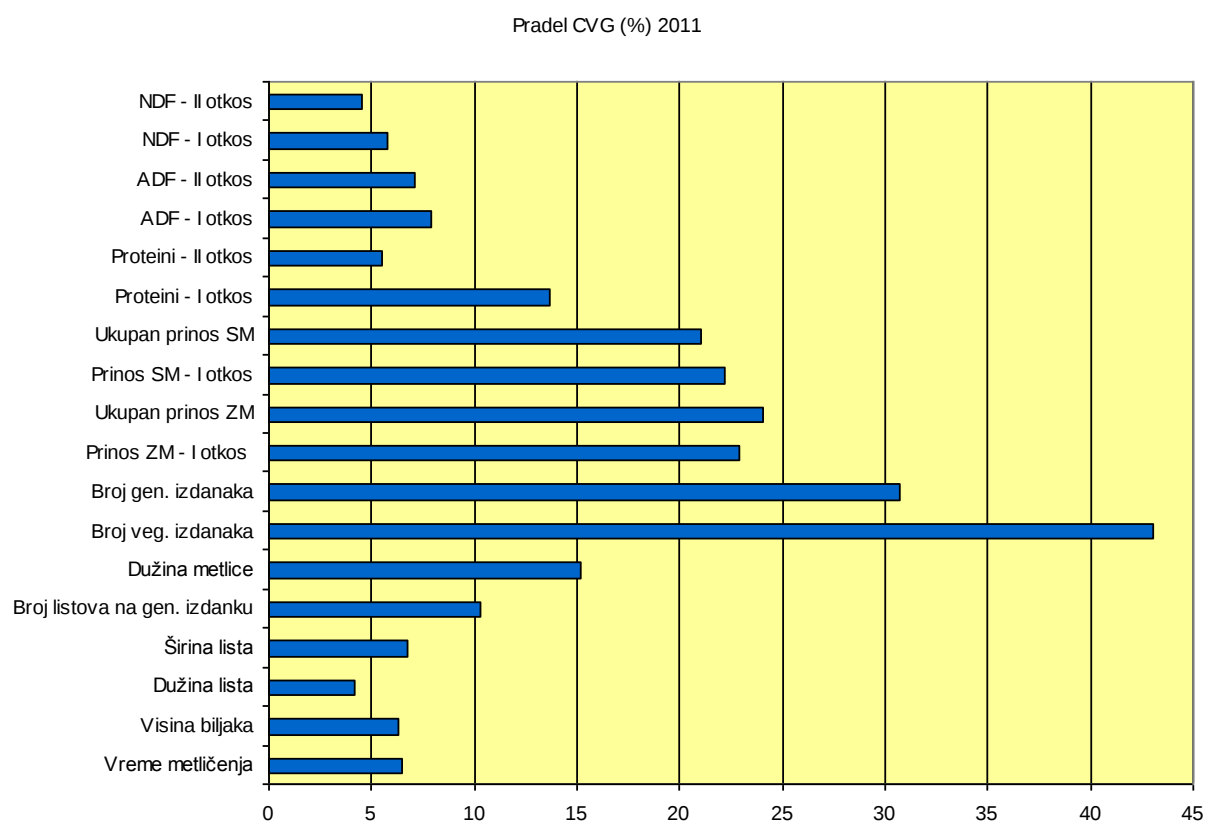
materije kod obe proučavane populacije. U prvoj godini istraživanja kod populacije Pradel je utvrđena veća varijabilnost za sve osobine prinosa u odnosu na K-21, dok je u drugoj godini situacija bila nešto drugačija, odnosno varijabilnija je bila populacija K-21, osim za prinos zelene mase u prvom otkosu gde je populacija Pradel pokazala viši nivo varijabilnosti.



Grafikon 3. Genetički koeficijenti varijacije proučavanih osobina kod populacije K-21 u 2011. godini

U istraživanjima **Babić (2009)** vrednosti koeficijenata varijacije su u skladu sa ovim rezultatima. **Kanapeckas et al. (2005)** su dobili niže genetičke koeficijente varijacije za prinos suve materije u prvom ($CV_G=9,33\%$) i drugom otkosu ($CV_G=7,95\%$) u odnosu na ova istraživanja.

Od osobina hemijskog sastava suve materije najveće variranje je utvrđeno za sadržaj sirovih proteina u prvom otkosu kod obe proučavane populacije.



Grafikon 4. Genetički koeficijenti varijacije proučavanih osobina kod populacije Pradel u 2011. godini

5.5. Heritabilnost proučavanih osobina livadskog vijuka

Primenom datog eksperimentalnog modela izdvojen je uticaj genetičkih faktora od uticaja faktora spoljašnje sredine na ekspresiju fenotipa ispitivanih potomstava selekcionisanih populacija livadskog vijuka čime su stvoreni preduslovi za izračunavanje heritabilnosti u užem i širem smislu najvažnijih agronomskih osobina.

Heritabilnost je oplemenjivački parametar koji govori sa kojom verovatnoćom će se neka osobina preneti na potomstvo. Heritabilnost u širem smislu predstavlja odnos između genetičke i fenotipske varijanse i ovaj pokazatelj ima više teoretsku nego praktičnu primenu. Zbog relativno malih razlika između genetičkih i fenotipskih varijansi dobijene su visoke vrednosti heritabilnosti u širem smislu za skoro sve proučavane osobine u obe godine kod obe proučavane populacije livadskog vijuka.

Sa druge strane, heritabilnost u užem smislu predstavlja odnos između aditivne komponente genetičke varijanse i fenotipske varijanse i ima veći praktični značaj za oplemenjivače. Heritabilnost u užem smislu nam pokazuje sa kojom merom je fenotip jedinke determinisan genima dobijenim od roditelja.

Za preciznu procenu heritabilnosti i genetičke varijabilnosti veoma je bitna zadovoljavajuća veličina uzorka iz populacije (**Dudley i Moll, 1969**). S obzirom na veličinu uzorka iz proučavanih populacija K-21 (60 FS familija) i Pradel (39 FS familija), dva ponavljanja i broj praćenih biljaka (30) po full-sib potomstvu korišćenih u ovom radu, dobijene vrednosti za heritabilnosti ispitivanih osobina možemo smatrati validnim. Na ovaj zaključak nas upućuju i niske vrednosti standardnih grešaka za sve izračunate vrednosti heritabilnosti. S obzirom da, kao što je već napomenuto, veći praktični značaj za oplemenjivače ima heritabilnost u užem smislu, više pažnje ćemo posvetiti tumačenju ovog parametra.

Kod većine praćenih osobina kod obe populacije tokom obe godine istraživanja utvrđene su relativno visoke vrednosti heritabilnosti u užem smislu.

U prvoj godini istraživanja kod populacije K-21 najveća vrednost heritabilnosti u užem smislu dobijena je za ukupan prinos zelene mase po biljci ($h^2_n=0,838$). Visoke vrednosti ovog parametra izračunate su i za broj listova na generativnom izdanku ($h^2_n=0,811$), prinos suve materije u prvom otkosu ($h^2_n=0,800$), vreme metličenja ($h^2_n=0,768$), broj vegetativnih ($h^2_n=0,779$) i generativnih izdanaka po biljci ($h^2_n=0,735$) (tab. 15).

Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa rezultatima koje je **Babić (2009)** dobila proučavajući varijabilnost populacija i sorti livadskog vijuka, gde su dobijene visoke vrednosti heritabilnosti u širem smislu za većinu proučavanih osobina. Za najvažnije morfološke osobine koeficijent heritabilnosti u širem smislu je bio preko 90%, kao i za prinos zelene mase i suve materije po otkosima i na godišnjem nivou. Komponente prinosa semena su imale nešto niže vrednosti ovog parametra koji se kretao u rasponu od 55,87 do 77,65%, što je opet u rang visokih vrednosti. Takođe, parametri hemijskog sastava će sa velikom verovatnoćom biti ispoljeni kod potomstva.

Tabela 15. Heritabilnost u užem (h^2_n) i širem (h^2_b) smislu i odgovarajuće standardne greške (SEh^2_n i SEh^2_b) za proučavane osobine kod populacije K-21 u 2010. godini

Osobina	h^2_n	SEh^2_n	h^2_b	SEh^2_b
Vreme metličanja	0.768	0.094	0.935	0.065
Visina biljaka	0.547	0.086	0.845	0.079
Dužina lista	0.164	0.049	0.936	0.064
Širina lista	0.407	0.062	0.991	0.056
Broj listova na generativnom izdanku	0.811	0.094	0.970	0.059
Dužina metlice	0.309	0.069	0.832	0.081
Broj vegetativnih izdanaka	0.779	0.096	0.921	0.067
Broj generativnih izdanaka	0.735	0.091	0.944	0.063
Prinos ZM po biljci u I otkosu	0.634	0.094	0.822	0.084
Ukupan prinos ZM po biljci	0.838	0.108	0.847	0.079
Prinos SM po biljci u I otkosu	0.800	0.096	0.947	0.063
Ukupan prinos SM po biljci	0.694	0.109	0.709	0.102

Najmanja vrednost ovog parametra kod populacije K-21 utvrđena je za dužinu lista ($h^2_n=0,164$).

Kod populacije Pradel u prvoj godini istraživanja visoke vrednosti heritabilnosti u užem smislu, preko 0,7, utvrđene su za većinu osobina. Najmanja vrednost ovog parametra zabeležena je za dužinu metlice ($h^2_n=0,115$) (tab. 16).

Tabela 16. Heritabilnost u užem (h^2_n) i širem (h^2_b) smislu i odgovarajuće standardne greške (SEh^2_n i SEh^2_b) za proučavane osobine kod populacije Pradel u 2010. godini

Osobina	h^2_n	SEh^2_n	h^2_b	SEh^2_b
Vreme metličanja	0.445	0.041	0.774	0.047
Visina biljaka	0.783	0.052	0.794	0.045
Dužina lista	0.651	0.048	0.773	0.047
Širina lista	0.552	0.048	0.678	0.058
Broj listova na generativnom izdanku	0.787	0.052	0.801	0.045
Dužina metlice	0.115	0.038	0.580	0.069
Broj vegetativnih izdanaka	0.708	0.047	0.851	0.039
Broj generativnih izdanaka	0.642	0.039	0.950	0.030
Prinos ZM po biljci u I otkosu	0.698	0.046	0.862	0.038
Ukupan prinos ZM po biljci	0.727	0.047	0.843	0.041
Prinos SM po biljci u I otkosu	0.797	0.051	0.811	0.044
Ukupan prinos SM po biljci	0.748	0.048	0.850	0.039

U drugoj godini istraživanja kod populacije K-21 su dobijene nešto niže vrednosti heritabilnosti u užem smislu u poređenju sa vrednostima ovog parametra dobijenim u prvoj godini istraživanja. Visoke vrednosti su dobijene za broj generativnih izdanaka po biljci ($h^2_n=0,841$) i prinos suve materije po biljci u prvom otkosu ($h^2_n=0,705$). Za ostale osobine vrednost ovog parametra kretala se od 0,286 do 0,651 (tab. 17).

Kao i u prvoj godini kod populacije Pradel su i u drugoj godini dobijene visoke vrednosti heritabilnosti u užem smislu, preko 0,7 za najveći broj osobina. Za dužinu ($h^2_n=0,217$) i širinu lista ($h^2_n=0,269$) utvrđene su najniže vrednosti ovog parametra (tab. 18).

Za osobine koje određuju kvalitet suve materije su dobijene visoke vrednosti heritabilnosti u užem smislu koje su se kretale od $h^2_n=0,578$ do $h^2_n=0,759$. Jedina osobina kod koje je utvrđena niža vrednost pomenutog parametra kod obe proučavane populacije je sadržaj sirovih proteina u drugom otkosu ($h^2_n=0,259$ kod K-21, odnosno $h^2_n=0,167$ kod populacije Pradel) (tab. 19).

Tabela 17. Heritabilnost u užem (h^2_n) i širem (h^2_b) smislu i odgovarajuće standardne greške (SEh^2_n i SEh^2_b) za proučavane osobine kod populacije K-21 u 2011. godini

Osobina	h^2_n	SEh^2_n	h^2_b	SEh^2_b
Vreme metličanja	0.468	0.072	0.934	0.065
Visina biljaka	0.535	0.083	0.869	0.076
Dužina lista	0.459	0.071	0.932	0.065
Širina lista	0.489	0.071	0.965	0.060
Broj listova na generativnom izdanku	0.286	0.094	0.561	0.126
Dužina metlice	0.439	0.068	0.944	0.064
Broj vegetativnih izdanaka	0.531	0.094	0.742	0.097
Broj generativnih izdanaka	0.841	0.104	0.892	0.072
Prinos ZM po biljci u I otkosu	0.651	0.097	0.800	0.059
Ukupan prinos ZM po biljci	0.290	0.055	0.973	0.059
Prinos SM po biljci u I otkosu	0.705	0.087	0.964	0.060
Ukupan prinos SM po biljci	0.443	0.066	0.983	0.057

Za pojedine osobine heritabilnost u užem smislu se značajno razlikovala u različitim godinama istraživanja. Tako je u prvoj godini istraživanja kod populacije Pradel heritabilnost u užem smislu za dužinu metlice iznosila $h^2_n=0,115$, dok je u drugoj godini za ovu osobinu utvrđena značajno veća vrednost ovog parametra $h^2_n=0,764$. Kod populacije K-21 u prvoj godini je za dužinu lista utvrđena značajno manja heritabilnost u užem smislu ($h^2_n=0,164$) nego u drugoj godini ($h^2_n=0,459$). Takođe, kod K-21 je u prvoj godini vrednost pomenutog parametra za ukupan prinos zelene mase po biljci iznosila $h^2_n=0,838$, što je značajno više u odnosu na $h^2_n=0,290$ koliko je utvrđeno u drugoj godini istraživanja. Ovo se objašnjava uticajem faktora spoljašnje sredine, koji u značajnoj meri mogu uticati na ispitivane parametre genetičke varijabilnosti. Takođe, doprinos genotipa u ostvarivanju prinosa nije isti u različitim agroekološkim uslovima.

Tabela 18. Heritabilnost u užem (h^2_n) i širem (h^2_b) smislu i odgovarajuće standardne greške (SEh^2_n i SEh^2_b) za proučavane osobine kod populacije Pradel u 2011. godini

Osobina	h^2_n	SEh^2_n	h^2_b	SEh^2_b
Vreme metličanja	0.776	0.052	0.786	0.046
Visina biljaka	0.749	0.048	0.833	0.041
Dužina lista	0.217	0.055	0.279	0.103
Širina lista	0.269	0.048	0.475	0.081
Broj listova na generativnom izdanku	0.768	0.050	0.825	0.042
Dužina metlice	0.764	0.045	0.925	0.032
Broj vegetativnih izdanaka	0.799	0.049	0.861	0.038
Broj generativnih izdanaka	0.784	0.048	0.862	0.038
Prinos ZM po biljci u I otkosu	0.646	0.042	0.909	0.034
Ukupan prinos ZM po biljci	0.743	0.048	0.843	0.040
Prinos SM po biljci u I otkosu	0.759	0.049	0.826	0.042
Ukupan prinos SM po biljci	0.750	0.049	0.839	0.041

U obe godine istraživanja kod populacije K-21 je izračunata visoka heritabilnost u užem smislu za broj generativnih izdanaka po biljci i prinos suve materije u prvom otkosu po biljci, a kod populacije Pradel za visinu biljaka, broj listova na generativnom izdanku, broj vegetativnih izdanaka, prinos suve materije u prvom otkosu po biljci, ukupan prinos zelene mase i suve materije po biljci. Visoke vrednosti heritabilnosti u užem smislu nam ukazuju da su navedene osobine u velikoj meri određene genima dobijenim od roditelja i da se prenose na potomstvo.

Tabela 19. Heritabilnost u užem (h^2_n) i širem (h^2_b) smislu i odgovarajuće standardne greške (SEh^2_n i SEh^2_b) za proučavane osobine hemijskog sastava suve materije kod populacija K-21 i Pradel u 2011. godini

Osobina	Populacija	h^2_n	SEh^2_n	h^2_b	SEh^2_b
Sadržaj proteina u I otkosu	K-21	0.578	0.092	0.801	0.087
	Pradel	0.628	0.043	0.871	0.037
ADF u I otkosu	K-21	0.658	0.101	0.776	0.091
	Pradel	0.759	0.049	0.819	0.043
NDF u I otkosu	K-21	0.635	0.096	0.807	0.086
	Pradel	0.639	0.046	0.812	0.044
Sadržaj proteina u II otkosu	K-21	0.259	0.114	0.325	0.165
	Pradel	0.167	0.049	0.379	0.092
ADF u II otkosu	K-21	0.581	0.091	0.821	0.084
	Pradel	0.703	0.045	0.886	0.036
NDF u II otkosu	K-21	0.654	0.105	0.724	0.099
	Pradel	0.632	0.047	0.773	0.048

Aastveit i Aastveit (1989) su proučavajući strukturu varijabilnosti livadskog vijuka utvrdili visoke vrednosti heritabilnosti u užem smislu za vreme stasavanja (0,67-

0,78). Od ostalih proučavanih osobina značajno je napomenuti da su za prinos suve materije u prvom i drugom otkosu utvrđeni visoki koeficijenti heritabilnosti u užem smislu. Za ukupan prinos suve materije zabeležene su vrednosti heritabilnosti u užem smislu od 0,48-0,62.

Aastveit i Aastveit (1990) su takođe zabeležili visoku heritabilnost u užem smislu za vreme stasavanja (0,68), prinos zelene mase u prvom (0,79), drugom (0,68) i nešto nižu u trećem otkosu (0,47) kod livadskog vijuka. Heritabilnost za ukupan prinos zelene mase je takođe bila visoka (0,73).

Fang et al. (2004) su proučavajući strukturu genetičke varijabilnosti osobina koje utiču na produkciju semena livadskog vijuka utvrdili visoke vrednosti za heritabilnost u širem smislu za sve proučavane osobine. Dobijene vrednosti heritabilnosti su se kretale od 0,48-0,81.

Kanapeckas et al. (2005) su dobili niske vrednosti heritabilnosti u širem smislu za visinu biljaka (0,05), prinos suve materije u prvom otkosu (0,10) i vreme stasavanja (0,07), dok je heritabilnost za svarljivost suve materije i sadržaj sirove celuloze bila 0,56 odnosno 0,51. Za olistalost i sadržaj sirovih proteina utvrđena je heritabilnost u širem smislu od 0,22 i 0,21.

5.6. Korelacioni odnosi između proučavanih osobina livadskog vijuka

U cilju proučavanja međuzavisnosti pojedinih osobina selekcionisanih populacija livadskog vijuka, utvrđeni su genetički i fenotipski koeficijenti korelacija. Prilikom oplemenjivanja određenih osobina koje su kontrolisane većim brojem gena često dolazi do promena u neželjenom pravcu nekih drugih bitnih osobina, što se dešava usled međusobne korelacione povezanosti osobina uslovljene vezanošću gena ili plejotropijom, zbog čega je bitno poznavati međuzavisnost osobina, odnosno na koji način i uolikoj meri jedna osobina utiče na drugu (**Falconer i Mackay, 1996**). Poznavanje međuzavisnosti osobina oplemenjivačima može biti od velike koristi, odnosno može omogućiti lakše određivanje kriterijuma i predvideti tok oplemenjivanja. Selekcijom određene osobine u željenom pravcu doći će do promena vrednosti nekih drugih osobina u veličini i pravcu srazmerno jačini korelacionih koeficijenata između datih osobina. Vrednost korelacionih koeficijenata zavisi od frekvencije gena u proučavanoj populaciji (**Falconer i Mackay, 1996**), što govori da se dobijeni koeficijenti korelacija odnose samo na proučavanu populaciju u datim agroekološkim uslovima.

Između pojedinih osobina utvrđena je statistički značajna i visoko značajna povezanost. Prilikom tumačenja posebna pažnja je posvećena genetičkim koeficijentima korelacije koji određuju odnose između osobina na osnovu genotipa.

Kod populacije K-21 zabeležene su visoko značajne pozitivne korelacione veze između vremena metličenja i dužine lista ($r_g=0,873^{**}$), visine biljaka i broja generativnih izdanaka ($r_g=0,893^{**}$) i prinosa suve materije u prvom otkosu i ukupnog prinosa suve materije ($r_g=0,988^{**}$). Statistički značajna negativna međuzavisnost je utvrđena između visine biljaka i dužine lista ($r_g=-0,674^*$) i vremena metličenja i broja generativnih izdanaka ($r_g=-0,660^*$) (tab. 20).

Kanapeckas et al. (2005) navode jake pozitivne korelacione odnose između olistalosti sa jedne strane i vremena stasavanja ($r_g=0,765$) kod livadskog vijuka.

Kod populacije Pradel utvrđena je visoko statistički značajna povezanost između vremena metličenja i visine biljaka ($r_g=0,978^{**}$), vremena metličenja i broja vegetativnih izdanaka ($r_g=0,926^{**}$), zatim vremena metličenja i broja generativnih izdanaka ($r_g=0,711^{**}$), kao i vremena metličenja i sadržaja proteina u prvom otkosu

($r_g=0,862^{**}$). Visina biljaka je u jakoj korelacionoj vezi sa dužinom lista ($r_g=0,794^{**}$), prinosom suve materije u prvom otkosu ($r_g=0,875^{**}$) i ukupnim prinosom suve materije ($r_g=0,912^{**}$) (tab. 21).

Kada je u pitanu odnos visine biljke i dužine lista sličan odnos ($r_g=0,740^*$) zabeležila je **Babić et al. (2013)** kod populacija i sorti livadskog vijuka.

Majidi et al. (2009) su utvrdili jake korelacije između visine biljaka i prinosa suve materije ($r_g=0,86^{**}$) kod half sib familija visokog vijuka.

Jaka korelaciona povezanost je ustanovljena između dužine lista i broja generativnih izdanaka ($r_g=0,834^{**}$), broja vegetativnih i broja generativnih izdanaka ($r_g=0,874^{**}$), zatim između prinosa suve materije u prvom otkosu i broja vegetativnih izdanaka ($r_g=0,711^{**}$) i između prinosa suve materije u prvom otkosu i broja generativnih izdanaka ($r_g=0,771^{**}$). Visoko statistički značajna negativna korelaciona veza zabeležena je između dužine lista i broja vegetativnih izdanaka ($r_g=-0,830^{**}$). Ukupan prinos suve materije je visoko korelisan sa brojem generativnih izdanaka ($r_g=0,866^{**}$) i prinosom suve materije u prvom otkosu ($r_g=0,978^{**}$) (tab. 21).

Slične rezultate o visokoj pozitivnoj povezanosti prinosa suve materije u prvom i ostalim otkosima, kao i broja izdanaka sa ukupnim prinosom suve materije dobili su brojni istraživači. **Aastveit i Aastveit (1989)** su proučavajući strukturu varijabilnosti populacija i hibrida livadskog vijuka očekivano dobili jaku korelacionu međusobnu povezanost između prinosa zelene mase po otkosima, kao i njihov pozitivan uticaj na ukupan prinos zelene mase. **Sugiyama (1985)** je utvrdio pozitivne koeficijente korelacije između ukupnog prinosa suve materije livadskog vijuka i prinosa generativnih i vegetativnih izdanaka u situaciji kada su primenjena tri termina košenja. Kada je primenjeno pet termina košenja zabeležena je pozitivna korelativna veza između prinosa suve materije prvog otkosa i prinosa vegetativnih izdanaka, ali i slabo negativna korelacija između prinosa i broja generativnih izdanaka. Takođe, produktivnost livadskog vijuka u drugom i trećem otkosu u pozitivnoj je korelacionoj vezi sa prinosom vegetativnih izdanaka.

U skladu sa ovim rezultatima **Majidi et al. (2009)** navode pozitivne korelacije između prinosa suve materije i broja generativnih izdanaka ($r_g=0,58^{**}$) kod half sib familija visokog vijuka.

Kod populacije Pradel su utvrđene jake korelacije između ukupnog prinosa suve materije i sadržaja proteina u prvom otkosu ($r_g=0,794^{**}$), što je u suprotnosti sa dobijenim koeficijentima korelacije između ovih osobina kod populacije K-21 ($r_g=-0,707$). Ovakav korelacioni odnos je u skladu sa rezultatima dobijenim u radu **Kanapeckas et al. (2005)** gde se navodi pozitivan odnos prinosa suve materije u prvom otkosu i sadržaja sirovih proteina ($r_g=0,721^{**}$), ali je u suprotnosti sa rezultatima brojnih autora. **Aastveit i Aastveit (1989)** ističu negativan odnos prinosa suve materije u prvom otkosu i sadržaja sirovih proteina. U radu **Annicchiarico i Romani (2005)** zabeležene su negativne korelacione veze između svih osobina hemijskog sastava suve materije, a pre svih sadržaja sirovih proteina sa prinosom suve materije kod visokog vijuka.

Kod obe proučavane selekcionisane populacije livadskog vijuka, zabeležene su jake korelacije između prinosa suve materije u prvom otkosu i ukupnog prinosa suve materije. Ovo je posledica visokog udela prinosa suve materije u prvom otkosu u ukupnom godišnjem prinosu, koji se kretao u prvoj godini od 41,64% koliko je iznosio kod populacije Pradel do 60,98% kod populacije K-21, dok je u drugoj godini ovaj odnos bio znatno viši i kretao se od 62,91% kod K-21 do čak 87,34% kod populacije Pradel. Visok udeo prvog otkosa u ukupnom godišnjem prinosu livadskog vijuka od 68,95 do 76,89% zabeležen je u istraživanjima **Babić et al. (2010)**. Takođe **Kanapeckas et al. (2005)** i **Lemežiene et al. (2004)** navode da se kod livadskog vijuka udeo suve materije prvog otkosa u ukupnom prinosu suve materije kreće u intervalu od 52 do 55%.

Tabela 20. Genetičke (iznad dijagonale) i fenotipske korelacije (ispod dijagonale) između proučavanih osobina kod populacije K-21 u 2011. godini

Osobine	Vreme metličenja	Visina biljaka	Dužina lista	Broj vegetativnih izdanaka	Broj generativnih izdanaka	Prinos SM u I otkosu	Ukupan prinos SM	Sadržaj proteina u I otkosu
Vreme metličenja		0.008	0.873**	0.217	-0.660*	0.345	0.357	-0.549
Visina biljaka	-0.118		-0.674*	0.431	0.893**	-0.491	-0.459	0.369
Dužina lista	0.874**	-0.645		0.124	-0.021	0.633	0.643	0.226
Broj vegetativnih izdanaka	-0.105	0.149	-0.119		0.158	0.339	0.140	-0.192
Broj generativnih izdanaka	-0.936**	0.549	-0.365	0.014		0.641	0.612	-0.414
Prinos SM u I otkosu	0.007	-0.544	0.319	0.188	0.482		0.988**	-0.267
Ukupan prinos SM	0.079	-0.519	0.389	0.078	0.486	0.919**		-0.707
Sadržaj proteina u I otkosu	-0.467	-0.080	-0.005	-0.888**	-0.981*	-0.910**	-0.674	

* p < 0.05

** p < 0.01

Tabela 21. Genetičke (iznad dijagonale) i fenotipske korelacije (ispod dijagonale) između proučavanih osobina kod populacije Pradel u 2011. godini

Osobine	Vreme metličanja	Visina biljaka	Dužina lista	Broj vegetativnih izdanaka	Broj generativnih izdanaka	Prinos SM u I otkosu	Ukupan prinos SM	Sadržaj proteina u I otkosu
Vreme metličanja		0.978**	0.584	0.926**	0.711**	-0.098	0.127	0.862**
Visina biljaka	0.958**		0.794**	0.532	0.238	0.875**	0.912**	0.645
Dužina lista	0.548	0.695*		-0.830**	0.834**	0.398	0.269	0.337
Broj vegetativnih izdanaka	0.372	0.496	-0.265		0.874**	0.711*	0.514	-0.217
Broj generativnih izdanaka	0.411	0.185	0.762**	0.793**		0.771**	0.866**	0.215
Prinos SM u I otkosu	-0.067	0.503	0.357	0.333	0.885**		0.978**	0.341
Ukupan prinos SM	-0.068	0.871**	0.116	0.322	0.833**	0.847**		0.794**
Sadržaj proteina u I otkosu	0.402	0.511	0.222	0.144	-0.188	0.251	0.456	

* p< 0.05

** p< 0.01

5.7. Očekivana genetička dobit proučavanih osobina livadskog vijuka

Prilikom oplemenjivanja određene biljne vrste često je neophodno predvideti, na osnovu rezultata u početnim ciklusima selekcije, koliko se neka osobina može unaprediti u narednom periodu. U tom cilju neophodno je odrediti očekivanu genetičku dobit (ΔGe) (**Šurlan-Momirović i sar., 2005.**), parametar koji nam govori koliko se neka osobina može unaprediti oplemenjivanjem samo te osobine u narednom periodu.

Na osnovu rezultata iz 2011. godine kod obe proučavane populacije livadskog vijuka najveća očekivana genetička dobit je utvrđena za broj vegetativnih i generativnih izdanaka po biljci, kao i za osobine prinosa. Od osobina prinosa niže vrednosti očekivane genetičke dobiti utvrđene su za ukupan prinos zelene mase i suve materije po biljci kod populacije K-21, kao posledica niske heritabilnosti u užem smislu za ove osobine. Za morfološke osobine praćene u ovim istraživanjima zabeležena očekivana genetička dobit bila je ispod 15% od prosečne vrednosti osobina kod obe ispitivane populacije (tab. 22).

Tabela 22. Očekivana genetička dobit (ΔGe) proučavanih osobina populacija livadskog vijuka K-21 i Pradel u 2011. godini

Osobina	Očekivana genetička dobit	
	K-21	Pradel
Vreme metličenja (br. dana od 1. apr.)	2.58 (9.06%)	5.64 (13.45%)
Visina biljaka (cm)	9.11 (10.02%)	11.56 (11.43%)
Dužina lista (cm)	4.32 (13.88%)	1.38 (5.61%)
Širina lista (mm)	1.02 (12.45%)	0.78 (9.62%)
Broj listova na generativnom izdanku	0.10 (3.23%)	0.23 (8.73%)
Dužina metlice (cm)	2.52 (10.35%)	2.27 (10.23%)
Broj vegetativnih izdanaka	21.36 (34.66%)	42.87 (45.59%)
Broj generativnih izdanaka	62.94 (28.17%)	115.88 (45.93%)
Prinos ZM u I otkosu (g / biljci)	249.43 (27.95%)	234.30 (30.95%)
Ukupan prinos ZM (g / biljci)	130.10 (10.51%)	364.57 (43.19%)
Prinos SM u I otkosu (g / biljci)	63.06 (33.33%)	92.13 (43.44%)
Ukupan prinos SM (g / biljci)	55.49 (18.45%)	97.96 (40.34%)
Sadržaj proteina u I otkosu (gkg^{-1})	9.9 (8.78%)	10.1 (7.46%)
ADF u I otkosu (gkg^{-1})	51.3 (11.89%)	65.5 (15.30%)
NDF u I otkosu (gkg^{-1})	67.1 (9.64%)	63.7 (9.13%)
Sadržaj proteina u II otkosu (gkg^{-1})	11.3 (7.71%)	6.8 (4.56%)
ADF u II otkosu (gkg^{-1})	29.2 (7.71%)	43.1 (10.84%)
NDF u II otkosu (gkg^{-1})	44.9 (6.87%)	53.2 (8.13%)

Dobijeni rezultati su u skladu sa istraživanjima **Mittelmann i Doring Buchweitz (2010)** koji su utvrdili da se ostvarena genetička dobit za većinu proučavanih osobina kretala od 5,37 do 8,28%, a da je najveća genetička dobit ostvarena za broj izdanaka po biljci (30,77%) kod travne vrste *Holcus lanatus* L. Takođe, **Majidi et al. (2009)** navode da je najveća očekivana genetička dobit kod visokog vijuka zabeležena za prinos suve materije i broj izdanaka po biljci.

Za osobine hemijskog sastava suve materije je utvrđena niska očekivana genetička dobit kod obe populacije livadskog vijuka, pre svega za sadržaj sirovih proteina u prvom i drugom otkosu (tab. 22).

Annicchiarico i Romani (2005) su u svojim istraživanjima na visokom vijuku zabeležili niske vrednosti očekivane genetičke dobiti za sadržaj sirovih proteina (1,8-5%), ADF (1,8-4,9%) i NDF (1,2-3,1%).

Oplemenjivanje na povećanje sadržaja sirovih proteina nije značajnije zastupljeno kod livadskog vijuka, a ni kod ostalih višegodišnjih travnih vrsta, pre svega zbog dostupnosti azotnog đubriva, ali i zbog mogućeg smanjenja prinosa suve materije prilikom oplemenjivanja na povećan kvalitet (**Arcioni et al., 1983**).

Oplemenjivanjem pojedinačnih osobina, na osnovu dobijenih rezultata, očekuje se velika genetička dobit kod većine proučavanih osobina. Imajući u vidu prethodno izračunate korelacione odnose između najvažnijih agronomskih osobina, zapaža se da se često oplemenjivanjem jedne, nailazi na negativan selekcionni odgovor druge osobine. Iz tog razloga je izračunata očekivana indirektna genetička dobit od selekcije, odnosno kakav efekat oplemenjivanje jedne osobine ima na druge najvažnije proučavane osobine.

Postizanje očekivane genetičke dobiti kod populacije K-21 u visini biljaka bi dovelo do smanjenja prinosa suve materije u prvom otkosu kao i ukupnog godišnjeg prinosa, ali i dužine lista (tab. 23). Dobijeni rezultati su u skladu sa rezultatima dobijenim na engleskom ljuju u istraživanjima **Sokolović (2006)**.

Pomeranjem vremena metličenja prema kasnostasnosti došlo bi do smanjenja broja generativnih izdanaka i sadržaja sirovih proteina u prvom otkosu.

Ostvarivanjem očekivane genetičke dobiti u broju vegetativnih izdanaka došlo bi do poboljšanja svih praćenih osobina, osim sadržaja sirovih proteina. Takođe, povećanje

broja generativnih izdanaka za rezultat bi imalo značajno pomeranje vremena stasavanja ka ranostasnosti, smanjenje dužine lista, ali i pogoršanje kvaliteta suve materije.

Uspešno oplemenjivanje na povećan sadržaj sirovih proteina u prvom otkosu od $9,9 \text{ gkg}^{-1}$ za efekat bi imalo smanjenje prinosa suve materije, zatim smanjenje broja vegetativnih i generativnih izdanaka, ali i pomeranje vremena stasavanja prema ranostasnosti (tab. 23).

Tabela 23. Očekivana indirektna genetička dobit proučavanih osobina kod populacije K-21 u 2011. godini

Osobine	Vreme metličnja	Visina biljaka	Dužina lista	Broj veg. izdanaka	Broj gen. izdanaka	SM I otkos	SM ukupno	Proteini I otkos
Vreme metličnja	2.58	0.02	2.23	0.59	-2.28	1.09	0.89	-1.57
Visina biljaka	0.07	9.11	-5.68	3.91	10.17	-5.14	-3.80	3.49
Dužina lista	3.81	-3.14	4.32	0.58	-0.12	3.39	2.73	1.09
Broj veg. izdanaka	4.35	9.24	2.46	21.36	4.24	8.35	2.74	-4.28
Broj gen. izdanaka	-30.98	44.79	-0.98	7.90	62.94	36.95	27.97	-21.59
SM I otkos	17.86	-27.16	32.43	18.70	44.48	63.06	49.44	-15.24
SM ukupno	20.37	-27.99	36.31	8.51	46.81	69.73	55.49	-44.82
Proteini I otkos	-0.45	0.33	0.19	-0.17	-0.46	0.27	-0.57	9.9

Kod populacije Pradel je za većinu praćenih osobina zabeležen pozitivan efekat od selekcije pojedinačnih osobina na ostale proučavane osobine. Tako bi ostvarivanje očekivane genetičke dobiti u visini biljaka, broju generativnih izdanaka i ukupnom prinosu suve materije za rezultat imalo povećanje svih ostalih praćenih osobina. Takođe, ukoliko bi se ostvarila očekivana genetička dobit u sadržaju sirovih proteina, došlo bi do neznatnog poboljšanja svih ostalih praćenih osobina. (tab. 24).

Sa sruge strane ostvarivanje očekivane genetičke dobiti u vremenu stasavanja bi dovelo do smanjenja prinosa suve materije u prvom otkosu. Dostizanje očekivane genetičke dobiti u prinosu suve materije u prvom otkosu bi dovelo do pomeranja

vremena stasavanja ka ranostasnosti za 9,12 dana. Takođe, povećanje dužine lista za rezultat bi imalo smanjenje broja vegetativnih izdanaka po biljci (tab. 24). Uspješno oplemenjivanje na povećan broj vegetativnih izdanaka po biljci bi izazvalo smanjenje dužine lista i sadržaja sirovih proteina u prvom otkosu.

Tabela 24. Očekivana indirektna genetička dobit proučavanih osobina kod populacije Pradel u 2011. godini

Osobine	Vreme metličjenja	Visina biljaka	Dužina lista	Broj veg. izdanaka	Broj gen. izdanaka	SM I otkos	SM ukupno	Proteini I otkos
Vreme metličjenja	5.64	5.42	1.74	5.30	4.03	-0.55	0.704	4.37
Visina biljaka	11.50	11.56	4.94	6.35	2.81	10.18	10.55	6.82
Dužina lista	1.52	2.03	1.38	-2.20	2.19	1.03	0.69	0.79
Broj veg. izdanaka	39.14	22.07	-18.55	42.87	37.11	29.71	21.35	-8.24
Broj gen. izdanaka	81.93	26.93	50.84	102.21	115.88	87.84	98.09	22.27
SM I otkos	-9.12	80.02	19.60	67.20	72.14	92.13	89.55	28.55
SM ukupno	12.66	89.22	14.18	51.97	86.69	96.35	97.96	71.13
Proteini I otkos	0.97	0.71	0.20	0.25	0.24	0.38	0.88	10.1

6. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata dobijenih dvogodišnjim proučavanjem genetičke varijabilnosti dve selekcionisane populacije livadskog vijuka mogu se izvesti sledeći zaključci:

Za sve proučavane osobine kod obe proučavane populacije tokom obe godine istraživanja utvrđene su visoke srednje vrednosti kao i niske vrednosti odgovarajućih standardnih grešaka. Takođe je kod obe populacije u obe godine zabeležen širok interval variranja, odnosno razlika između minimalnih i maksimalnih vrednosti, za sve proučavane osobine, što govori o prisutnoj visokoj unutarpopulacijskoj varijabilnosti proučavanih selekcionisanih populacija livadskog vijuka.

U obe godine istraživanja kod selekcionisane populacije K-21 su zabeležene veće vrednosti za većinu proučavanih osobina u odnosu na Pradel, što se može tumačiti bržim porastom, ranijim stasavanjem, ali pre svega, boljom prilagođenošću populacije K-21 domaćim agroekološkim uslovima.

Kod populacije K-21 su u obe godine istraživanja utvrđene veće prosečne vrednosti za osobine prinosa u poređenju sa populacijom Pradel (u prvoj godini kod K-21 prosečno je zabeleženo 193,7 g/biljci suve materije, a kod populacije Pradel 154,12 g/biljci, dok su u drugoj godini dobijene veće vrednosti za ukupan prinos suve materije po biljci kod obe proučavane populacije, 300,7 g/biljci kod K-21 odnosno 242,84 g/biljci kod populacije Pradel). Takođe, kod populacije K-21 su u obe godine zabeleženi veći intervali variranja i biljke sa većim maksimalnim prinosom zelene mase i suve materije u prvom otkosu i na godišnjem nivou (maksimalan prinos suve materije po biljci kod K-21 iznosio je 418,9 g u prvoj, odnosno 560,10 g u drugoj godini, a kod populacije Pradel 305,4 g/biljci u prvoj i 438,51 g/biljci u drugoj godini istraživanja). Jedino je kod populacije Pradel u drugoj godini istraživanja zabeležen veći broj vegetativnih (61,62 kod K-21, a 94,03 kod populacije Pradel) i generativnih izdanaka (223,43 kod K-21, odnosno 252,29 kod populacije Pradel), kao i veći interval variranja broja generativnih izdanaka (342 kod K-21, odnosno 539 kod populacije Pradel) i

biljke sa većim maksimalnim brojem generativnih izdanaka (368 kod K-21, odnosno 570 kod populacije Pradel). Kada je u pitanju kvalitet suve materije livadskog vijuka sa aspekta upotrebe ove vrste za stočnu hranu, što je njena prvenstvena namena, svakako je najbitniji sadržaj sirovih proteina. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da se populacija Pradel odlikovala većim sadržajem sirovih proteina u oba otkosa (135,5 gkg⁻¹ u prvom, odnosno 149,1 gkg⁻¹ u drugom otkosu) u odnosu na K-21 (112,7 gkg⁻¹ u prvom i 145,4 gkg⁻¹ u drugom otkosu), što je i očekivano s obzirom da je kod populacije K-21 zabeleženo ranije vreme stasavanja nego kod populacije Pradel.

Visoko značajne vrednosti sredina kvadrata za očeve u setu, za većinu proučavanih osobina, kod obe proučavane populacije, ukazuju da su prisutne značajne genetičke razlike između proučavanih očeva, odnosno između HS familija u okviru seta. Isto tako visoko značajne sredine kvadrata, ukoliko se kao izvor variranja posmatraju majke u okviru očeva u setu, ukazuju na postojanje genetičkih razlika između proučavanih majki u okviru očeva u setu, odnosno FS familija, za većinu proučavanih osobina kod obe praćene populacije livadskog vijuka.

Nivo genetičkih i fenotipskih varijansi je bio različit kako po godinama tako i između praćenih populacija. Generalno se može zaključiti da je kod populacije K-21 zabeležen viši nivo izračunatih varijansi za većinu ispitivanih osobina u odnosu na populaciju Pradel u obe godine istraživanja. Analizirajući nivoe varijansi u različitim godinama istraživanja nameće se zaključak da su u drugoj istraživačkoj godini utvrđene veće vrednosti varijansi za većinu praćenih osobina kod obe populacije.

Za najveći broj proučavanih osobina razlike između fenotipske i genetičke varijanse su relativno male, što govori o većem uticaju genotipa na ekspresiju tih osobina u odnosu na uslove gajenja.

Za najveći broj proučavanih osobina, kod obe ispitivane populacije, u obe godine istraživanja dobijene su visoke vrednosti (preko 0,7) odnosa aditivne i ukupne genetičke varijanse (σ^2_A/σ^2_G) što ukazuje da je aditivna varijansa glavna komponenta genetičke varijanse. Kod populacije K-21 najveći udeo aditivne u ukupnoj genetičkoj varijansi utvrđen je za ukupan prinos zelene mase po biljci u prvoj (0,991) i za broj

generativnih izdanaka u drugoj godini (0,943), a kod populacije Pradel za broj listova na generativnom izdanku (0,983), odnosno za vreme metličenja u drugoj godini (0,987). Najmanji doprinos aditivne u ukupnoj genetičkoj varijansi u prvoj godini zabeležen je za dužinu lista kod K-21 (0,175), a u drugoj za ukupan prinos zelene mase (0,298), dok je kod populacije Pradel najmanja vrednost ove relacije utvrđena za dužinu metlice u prvoj godini (0,197), odnosno za širinu lista (0,571). Visok udeo aditivne u ukupnoj genetičkoj varijansi govori o visokoj selekcionoj vrednosti ispitivanog materijala.

Za većinu proučavanih osobina dobijene su veće vrednosti aditivne u odnosu na dominantnu komponentu genetičke varijanse, naročito kod populacije Pradel, gde je samo za dužinu metlice u prvoj godini istraživanja utvrđena veća vrednost dominantne u poređenju sa aditivnom varijansom (4,061). Kod populacije K-21 veće vrednosti dominantne u poređenju sa aditivnom varijansom zabeležene su za dužinu lista (4,687), širinu lista (1,689) i dužinu metlice (1,687) u prvoj, odnosno za dužinu lista (1,031), dužinu metlice (1,152), prinos zelene mase u prvom otkosu (2,350) i ukupan prinos suve materije u drugoj godini istraživanja (1,214). Kod osobina hemijskog sastava suve materije zabeležene su veće vrednosti aditivne u odnosu na dominantnu varijansu kod obe populacije. Izuzetak predstavlja sadržaj sirovih proteina u drugom otkosu kod populacije Pradel gde je utvrđena veća vrednost dominantne varijanse (1,265).

U prvoj godini istraživanja zabeleženi su veći nivoi genetičkih i fenotipskih koeficijenata varijacije najvažnijih agronomskih osobina kod obe populacije nego u drugoj godini. Najveće variranje je utvrđeno za broj generativnih izdanaka u prvoj godini kod obe populacije (42,80% kod K-21, odnosno 43,07% kod populacije Pradel), a u drugoj godini istraživanja za broj vegetativnih izdanaka, takođe kod obe populacije (27,71% kod K-21, odnosno 43,02% kod populacije Pradel).

Kod većine praćenih osobina kod obe populacije tokom obe godine istraživanja utvrđene su relativno visoke vrednosti heritabilnosti u užem smislu. U obe godine istraživanja kod populacije K-21 je izračunata visoka heritabilnost u užem smislu za broj generativnih izdanaka po biljci (0,735 u prvoj i 0,814 u drugoj godini) i prinos suve materije u prvom otkosu po biljci (0,800 u prvoj i 0,705 u drugoj godini), a kod

populacije Pradel za visinu biljaka (0,783 u prvoj i 0,749 u drugoj godini), broj listova na generativnom izdanku (0,787 u prvoj i 0,768 u drugoj godini), broj vegetativnih izdanaka (0,708 u prvoj i 0,799 u drugoj godini), prinos suve materije u prvom otkosu po biljci (0,797 u prvoj i 0,759 u drugoj godini), ukupan prinos zelene mase (0,727 u prvoj i 0,743 u drugoj godini) i suve materije po biljci (0,748 u prvoj i 0,750 u drugoj godini). Za osobine koje određuju kvalitet suve materije su dobijene visoke vrednosti heritabilnosti u užem smislu, osim za sadržaj sirovih proteina u drugom otkosu za koji je utvrđena niža vrednost pomenutog parametra kod obe proučavane populacije (0,259 kod K-21 i 0,167 kod populacije Pradel).

Vrednosti koeficijenta korelacije su u velikoj meri zavisile od populacije. Tako je kod populacije Pradel utvrđena visoko statistički značajna povezanost između većeg broja proučavanih osobina u odnosu na K-21. Kod obe proučavane selekcionisane populacije livadskog vijuka, zabeležene su jake korelacione veze između prinosa suve materije u prvom otkosu i ukupnog prinosa suve materije (kod K-21 0,988**, a kod populacije Pradel 0,978**). Kada je u pitanju odnos između ukupnog prinosa suve materije i sadržaja proteina u prvom otkosu, kod populacije Pradel su utvrđene jake pozitivne korelacije (0,794**), dok su kod populacije K-21 dobijeni negativni korelacioni odnosi između ovih osobina (-0,707).

Kod obe proučavane populacije livadskog vijuka najveća očekivana genetička dobit je utvrđena za broj vegetativnih (34,66% od prosečne vrednosti kod K-21, odnosno 45,59% kod populacije Pradel) i generativnih izdanaka po biljci (28,17% kod K-21, odnosno 45,93% kod populacije Pradel). Za osobine prinosa kod populacije K-21 su zabeležene nešto niže vrednosti očekivane genetičke dobiti u odnosu na populaciju Pradel. Za ukupan prinos suve materije po biljci kod K-21 očekivana genetička dobit je iznosila 18,45% od prosečne vrednosti, odnosno 40,34% kod populacije Pradel.

Dobijeni rezultati tokom dvogodišnjih proučavanja genetičke varijabilnosti selekcionisanih populacija livadskog vijuka, K-21 i Pradel, ukazuju na visok genetički potencijal proučavanih populacija. Visok genetički potencijal proučavanih populacija livadskog vijuka, uz izbor fenotipske rekurentne selekcije, odnosno polikros ukrštanja

kao najpogodnijeg metoda za oplemenjivanje livadskog vijuka, omogućiće dobijanje superiornih genotipova sa krajnjim ciljem stvaranja sintetičke sorte ove travne vrste.

7. LITERATURA

Aastveit A.H. and Aastveit K. (1989): Genetic variations and inheritance of quantitative characters two populations of meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.) and their hybrid. *Hereditas*, 111, 103-114.

Aastveit A.H. and Aastveit K. (1990): Theory and application of open-pollination and polycross in forage geass breeding. *Theoretical Applied Genetics*, 79, 618-624.

Acquaah G. (2007): Principles of plant genetics and breeding. Blackwell Publishing.

Akgun I., Tosun M. and Sengul S. (2008): Comparison of agronomic charcters of *Festulolium*, *Festuca pratensis* Huds. and *Lolium multiflorum* Lam. Genotypes under high evaluation conditions in Turkey. *Bangladesh Journal of Botany*, Vol.37, No 1, 1-6.

Alm V., Fang C., Busso C.S., Devos K. M., Vollan K., Grieg Z. and Rognli O. A. (2003): A linkage map of meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.) and comparative mapping with other *Poaceae* species. *Theoretical Applied Genetics*, 108, 25-40.

Annicchiarico P. and Romani M. (2005): Genetic variation, heritability and genetic correlations for forage quality and yield traits of Mediterranean tall fescue germplasm. *Plant Breeding*, 124, 99-101.

AOAC Official Method 984.13. Crude protein in animal feed, forage, grain and oil seeds. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 15th edition, 1990.

Aper J., Ghesquiere A., Cougnon M., and Baert J. (2014): Drought effect on yield of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). In: Sokolović Dejan, Huyghe Christian, Radović Jasmina (Eds.), *Quantitative Traits Breeding for Multifunctional Grasslands and Turf*, Springer, Ch. 50, 367-371.

Arcioni S., Veronesi F., Mariotti D. and Falcinelli M. (1983): Evaluation of the possibility of improving protein yield in *Lolium perenne* L. *Z. Pflanzenzuchtg*, 91, 203-210.

Babić S. (2009): Genetička varijabilnost populacija i sorti livadskog vijuka (*Festuca pratensis* Huds.). Magistarska teza, Poljoprivredni fakultet, Zemun - Beograd.

Babić S., Sokolović D., Šurlan-Momirović G., Vasić T. and Simić A. (2010): Variability of forage yield components of meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.) populations and cultivars. XII International Symposium on Forage Crops of Republic of Serbia, 26-28. May, Kruševac-Serbia, Biotechnology in Animal Husbandry, 26 (Spec. issue), Book 2, 93-100.

Babić S., Sokolović D., Šurlan-Momirović G., Dinić B., Andjelković S. and Marković J. (2012a): Variability of herbage quality of meadow fescue populations and cultivars. 24th General Meeting of the European Grassland Federation Lublin, Poland 3–7. June, Grassland Science in Europe, 17, 332-334.

Babić S., Sokolović D., Lugić Z., Rakonjac V. and Anđelković S. (2012b): Varijabilnost komponenti prinosa semena livadskog vijuka. Zbornik radova XVII Savetovanja o biotehnologiji, 17. (19), 06.-07. april, Čačak, 151-155.

Babić S., Sokolović D., Anđelković S., Vasić T. and Zornić V. (2013): Korelacioni odnosi između najvažnijih osobina livadskog vijuka. Zbornik radova XVIII Savetovanja o biotehnologiji, Agronomski fakultet Čačak, 15.-16. mart, Čačak, 537-542.

Babić S., Sokolović D., Šurlan Momirović G., Andjelković S., Radović J., Jevtić G. and Vasić T. (2014): Genetic variability of the most important traits in meadow fescue accessions. In: Sokolović Dejan, Huyghe Christian, Radović Jasmina (Eds.), Quantitative Traits Breeding for Multifunctional Grasslands and Turf, Springer, Ch. 9, 73-79.

Babić S., Sokolović D., Šurlan Momirović G., Radović J., Anđelković S., Lugić Z. and Petrović M. (2014): Comparison of variability in meadow fescue breeding populations and cultivars. V Congress of Serbian Genetic Society, Belgrade, Serbia, 28. September – 02 October, 269.

Balfourier F., Charmet G. and Ravel C. (1998): Genetic differentiation within and between natural populations of perennial and annual ryegrass (*Lolium perenne* and *Lolium rigidum*). Heredity 81, 100-110.

Beanziger P. S., Russel W. K., Greaf G. L. and Campbell B. T. (2006): Improving lives: 50 years of Crop Breeding, Genetics and Cytology (C-1). Crop Science, 46, 2230-2244.

Borojević S. (1981): Principi i metodi oplemenjivanja bilja. RU »Ćirpanov«, Novi Sad

Brockman J.S., Shaw P.G. and Wolton K.M. (1971): Fertilizer N and the yield of cut grass swards in Eastern England. Journal of the British Grassland Society, Vol. 26, No. 1, 17-23.

Brummer E. C. (1999): Capturing heterosis in forage crop cultivar development. Crop Science, Vol. 39, No. 4, 943-954.

Brummer E. C. (2005): Thoughts on breeding for increased forage yield. Precedings of XX International Grassland Congress, Dublin, Ireland, 63.

Burton G. W. (1982): Improved recurrent restricted phenotypic selection increases bahiagrass forage yields. Crop Science, 22, 1058-1061.

Burton G. W. (1986): Developing better forages for the south. Journal of Animal Science, No. 63, 955-961.

Carlan C., Kölliker R., Reidy B., Lücher A. and Nörsberger J. (2002): Effect of season and cutting frequency on root and shoot competition between *Festuca pratensis* and *Dactylis glomerata*. Grass and Forage Science, 57, 247-254.

Casler M. D. (1988): Performance of orchardgrass, smooth brome grass and ryegrass in binary mixtures with alfalfa. Agronomy Journal, 80, 509-514.

Casler M. D. (1990): Cultivar and cultivar x environment effects on relative feed value of temperate perennial grasses. Crop Science, 30, 722-728.

Casler M. D. (1991): Genetic variation and covariation in a population of tetraploid *Dactylis* L. accessions. Crop Science 35, 253-264.

Casler M. D. (1995): Patterns of variation in a collection of perennial ryegrass accessions: Crop Science, 35, 1169-1177.

Casler M. D. (1999): Phenotypic recurrent selection methodology for reducing fiber concentration in smooth brome grass. Crop Science, 39, 381-390.

Casler M. D., Pedersen J. F., Eizenga G. C. and Stratton S. D. (1996): Germplasm and cultivar development. 413-469. In L.E Moser et al (ed): Cool-season forage grasses, Agronomy Monograph 34. ASA, CSSA and SSSA, Madison WI.

Casler M. D. and Vogel K. P. (1999): Accomplishments and impact from breeding for increased forage nutritional value. Crop Science, 39, 12-20.

Casler M. D. and Santen E. V. (2000): Patterns of variation in a collection of meadow fescue accessions: Crop Science, 40, 248-255.

Casler M. D. and Santen E. V. (2001): Performance of meadow fescue accessions under management-intensive grazing. Crop Science, 41, 1946-1953.

Comstock R. E. and Robinson H. F. (1948): The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. Biometrics, 4: 254-266.

Cooper J. P. (1959): Selection and population structure in *Lolium*. III. Selection for date of ear emergence. Heredity, 13, 461-479.

Dudley J. W., Moll R. H. (1969): Interpretation and use of estimates of heritability and genetic variances in plant breeding. Crop Sci., 9: 257-262.

Delgado N. J., Grau C. R. and Casler M. D.(2001): Host range and alternate host of a *Puccinia coronata* population from smooth brome grass. Plant Disease, Vol. 85, No. 5, 513-516.

Depicker A., De Loose M. and Van Bockstaele E. (1994): The role of biotechnology in plant breeding. Acta Horticulturae, 355, 195-207.

Domanski P. J. and Kryszak J. (2004): The value of foreign cultivars of *Festuca pratensis* Huds. In Polish conditions. Grassland Science in Europe, Vol. 9, 419-421.

Elgersma A. and Snieszko R. (1988): Cytology of seed development related to floret position in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Euphytica, S. 59-68.

Ergon A., Fang C., Jørgensen Ø. and Aamlid T. S. (2006): Quantitative trait loci controlling vernalisation requirement, heading time and number of panicles in meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.). Theoretical Applied Genetics 112, 232-242.

Falconer D. S. and Mackay (1996): Introduction in quantitative genetics. Fourth edition Longman group, London and New York.

Fang C., Aamlid T. S., Jørgensen Ø. and Rognli O. A. (2004): Phenotypic and genotypic variation in seed production traits within a full-sib family of meadow fescue. Plant Breeding 123, 241-246.

Fisher R. A. (1918): The correlation between relatives on the supposition of mendelian inheritance. Trans. Roy. Soc., Edinburg, 52:399-433.

Fjelheim S., Greig Z. and Rognli O. A. (2003): AFLP – marker Analyses of Genetic Structure in Nordic meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.) – Tracing the Origin Of Norwegian Cultivars and Local Populations. Czech Journal Genetic Plant Breeding, 39, 134-139.

Fjelheim S. and Rognli O. A. (2005a): Genetic diversity within and among Nordic meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.) cultivars determined on the basis of AFLP markers. Crop Science, 45, 2081-2086.

Fjelheim S. and Rognli O. A. (2005b): Molecular diversity of local Norwegian meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.) populations and Nordic cultivars – consequences for management and utilization. Theoretical Applied Genetics, 111, 640-650.

Fjelheim S., Pašakinskiene I., Gronnerod S., Paplauskiene V. and Rognli O. A. (2009): Genetic structure of local populations and cultivars of meadow fescue from the Nordic and Baltic regions. Crop Science, 49, 200–210.

Foster J. W., Jones E. S., Kolliker R., Drayton M. C., Dupal M. P., Guthridge K. M. and Smith K. F. (2001): Application of DNA profiling to an outbreeding forage species. In: Henry, R.J. (ed): Plant genotyping: the DNA fingerprinting of plants. CAB International. 299-320.

Fuller M. P. and Eagles C. F. (1978): A seedling test for cold hardiness in *Lolium perenne* L. Journal of Agricultural Science, 91, 217-222.

Gardner C. O. (1963): Estimates of genetic parameters in cross-fertilizing plants and their implications in plant breeding. In Statistical Genetics and Plant Breeding, NAS-NCR Publ., 892: 225-252.

Ghesquiere A. and Beart J. (2006): Comparison between two breeding methods in perennial ryegrass: polycross versus F2. Proceedings of the XXVI EUCARPIA Fodder Crops and Amenity Grasses Section and XVI Medicago spp. Group joint Meeting, Perugia, Italy, 3-7 September, 100-101.

Goto M., Simada E. and Sugawara K. (1986): The relation between palatability and chemical composition of herbages cultivated in the shading condition. Buillten of the Faculty of Agriculture – Mie University (Japan), No. 72, 81-85.

Guo Y., Mizukami Y. and Yamada T. (2005): Genetic characterization of androgenic progeny derived from *Lolium perenne* x *Festuca pratensis* cultivars. New Phytologist, 166, 455-464.

Hall M. H., Stout R. C. and Deak A. (2005): Effect of initial harvest timing on cultivar yield in cool-season forage grass trials. Agronomy Journal, 97, 137-141.

Hallauer A. R. (1980): Relation of quantitative genetics to applied maize breeding. Rev. Brasil. Genet., 3: 207-233.

Hallauer A. R. (1985): Compendium of recurrent selection methods and their application. Crit. Rev. Plant Sci., 3 (1): 1-33.

Hallauer A. R. and Miranda J. B. (1981): Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State Univ., Press, Ames, USA.

Hand Melanie L., Cogan Noel O. I. and Forster John W. (2012): Molecular characterisation and interpretation of genetic diversity within globally distributed germplasm collections of tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) and meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.). Theoretical Applied Genetics, 124, 1127-1137.

Hayward M. D. and Vivero J. L. (1984): Selection for the yield in *Lolium perenne* L. II. Performance of spaced plants selections under competitive conditions. Euphytica 33, 787-800.

Havstad L. T. (1997): Utilization of regrowth for forage in seed stands of meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.). Proceedings of XVIII International Grassland Congress, Winnipeg, Manitoba, Saskatoon, Saskatchewan, Canada, 25-26.

Helgadóttir A. and Björnsson H. (1994): Cooperative breeding for the northern marginal areas. Euphytica, 77, 221-230.

Hiivola S.L., Huokuna E. and Rine S.L. (1974): The effect of heavy nitrogen fertilization on the quantity and quality of yield of meadow fescue and cocksfoot. Annales Agriculturae Fenniae, 13, 149-460.

Humphreys M. O. (1987): Utilization of genetic resources in breeding perennial ryegrass for pasture. In Tyler, B.F. Collection, characterization and utilization of genetic resources of temperate forage grass and clover, IBPGR, Rome, 61-65.

Humphreys M. O. (1989): Water-soluble carbohydrates in perennial ryegrass breeding. III. Relationship with herbage production digestibility and crude protein content. Grass and Forage Science, Vol. 44, (4), 423-431.

Humphreys M. O. and Eagles C. F. (1988): Assessment of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) for breeding. I. Freezing tolerance. *Euphytica* 38, 75-84.

Humphreys M. O., Turner L., Skøt L., Humphreys M., King I., Armsted I. and Wilkins P. (2003): The use of genetic markers in grass breeding. *Czech Journal Genetics Plant Breeding*, 39, 112-119.

Ignjatović S., Sokolović D., Jevtić G. i Vasić T. (2004): Uticaj starenja na hemijski sastav višegodišnjih trava. *Acta Ariculturae Serbica*, Vol. IX, 17, 325-329.

Kanapeckas J. (2006): Development of meadow fescue late breeding plant material based on local populations. *LLU Raksti* 16, (311), 25-29.

Kanapeckas J., Tarakanovas P. and Lemežiene N. (2005): Variability, heritability and correlations of genetic resources in meadow fescue. *Biologija*, No. 3, 10-14.

Kari M. and Rinne M. (2005): Performance of timothy in monoculture or in mixtures with meadow fescue in Finland. *Precedings of XX International Grassland Congress*, Dublin, Ireland, 419.

Kearsey M. J. and Pooni S. H. (1996): The genetical analysis of quantitative traits. Chapman & Hall, London, UK.

King J., Armstead I. P., Donison I. S., Thomas H. M., Jones R. N., Kearsey M. J., Roberts L. A., Thomas A., Morgan W. G. and King I. P. (2002): Physical and genetic mapping in the grasses *Lolium perenne* and *Festuca pratensis*. *Genetics*, 161, 315-324.

Koivisto J. M. (2003): Fibrebags vs. FibreCaps for acid and neutral detergent fibre analysis. *Reprod. Nutr. Dev.*, 43, 431-436.

Kölliker R. (1998): Genetic variability in *Festuca pratensis* Huds.: Effect of management on natural populations and comparison of cultivars to other species. A disertation submitted to the Swiss Federal Institute of Technology, Zurich.

Kölliker R., Stadelmann F. J., Reidy B. and Nösberger J. (1998): Fertilization and defoliation frequency affect genetic diversity of *Festuca pratensis* Huds. In permanent grasslands. *Molecular ecology*, 7, 1557-1567.

Kölliker R., Stadelmann F.J., Reidy B. and Nösberger J. (1999): Genetic variability of forage grass cultivars: A comparison of *Festuca pratensis* Huds., *Lolium perenne* L. and *Dactylis glomerata* L. *Euphytica* 106, 261-270.

Kosmala A., Zwierzykowski Z., Zwierzykowska E., Rapacz M., Joks W. and Humphreys M. (2003): Introgression Mapping for Genes of Abiotic Stress Resistance in *Lolium multiflorum* and *Festuca pratensis*. Czech Journal Genetic Plant Breeding, 39, 342-344.

Kosmala A., Zwierzykowski Z. and Zwierzykowska E. (2006): Chromosome pairing in triploid intergeneric hybrids of *Festuca pratensis* with *Lolium multiflorum*, revealed by GISH. Journal of Applied Genetics, Vol. 47, No. 3, 215-220.

Kuoppala K., Rinne M., Nousiainen J. and Huhtanen P. (2005): The effect of harvesting strategy of grasses silage on milk production. Precedings of XX International Grassland Congress, Dublin, Ireland, 484.

Lauriault L. M., Kirskey R. E. and Van Leeuwen D. M. (2005): Performance of perennial cool-season forage grasses in diverse soil moisture environments, southern high plains, USA. Crop Science, Vol. 45, No. 3, 909-915.

Lemežiene N., Kanapeckas J., Tarakanovas P. and Nekrošas S. (2004): Analysis of dry matter yield structure of forage grasses. Plant Soil Environmental, Vol. 50, No. 6, 277-282.

Lemežiene N. and Kanapeckas J. (2008): Selection efficiency of wild ecotypes for forage and turf grass breeding. Biologija, Vol. 54, No. 2, 125-128.

Leto J., Knežević M., Bošnjak K., Vranić M., Perčulija G., Kutnjak H. i Klišanić V. (2006): Produktivnost, kemijski sastavi održivost introduciranih kultivara trava u planinskom području. Mljekarstvo 56 (2), 139-156.

Lewis J. (1969): Fertile tiller production and seed yield in meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.). Journal of the British Grassland Society, Vol. 24, No. 1, 50-58.

Lugić Z. (1999): Genetička varijabilnost važnijih agronomskih svojstava selekcionisanih populacija crvene deteline (*Trifolium pratense* L.). Doktorska disertacija, Biološki fakultet, Beograd.

Lynch M. and Walsh B. (1998): Genetics and analysis of quantitative traits. Sinauer Associates, Massachusetts, USA

Majidi M. M., Mirlohi A. and Amini F. (2009): Genetic variation, heritability and correlations of agro-morphological traits in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). Euphytica, 167, 323-331.

Marburger J. E. and Wang R. R. C. (1988): Anther culture of some perennial triticeae. Plant Cell Reports, 7, 313-317.

Marković J. (2009): Promene u strukturi lignina I hemijskog sastava lista I stabla nekih sorti lucerke (*Medicago sativa* L.) I crvene deteline (*Trifolium pratense* L.) u zavisnosti od faze razvića. Magistarska teza, Hemijski fakultet, Beograd.

Marković J., Štrbanović R., Terzić D., Pojić M., Vasić T. and Babić S. (2010): Relative feed value of alfalfa (*Medicago sativa* L.) and red clover (*Trifolium pratense* L.) at different stage of growth. XII International Symposium on Forage Crops of Republic of Serbia, 26-28. May, Kruševac-Serbia Biotechnology in Animal Husbandry, 26 (Spec. issue), Book 2, 469-474.

Martiniello P. (1998): Influence of agronomic factors on the relationship between forage production and seed yield in perennial forage grasses and legumes in a Mediterranean environment. Agronomie, 18, 591-601.

Mazzucato A. (1995): Italian germplasm of *Poa pratensis* L. I. Variability and mode of reproduction. Journal of genetics and breeding, 49, 111-118.

Michel V. V. (2001): Interactions between *Xanthomonas campestris* pv. *graminis* strains and meadow fescue and italian ryegrass cultivars. Plant Disease, Vol. 85, No. 5, 538-542.

Mittelman A. and Doring Buchweitz E. (2010): Half-sib progenies evaluation in velvet grass. Crop Breeding and Applied Biotechnology 10, 254-259.

Mišković B. (1986): Krmno bilje. Naučna knjiga, Beograd.

Nguyen, H. T. and Sleper, D. A. (1983): Theory and application of half-sib mating in forage grass breeding. Theoretical Applied Genetics, 64, 187-196.

Niemeläinen O., Jauhiainen L. and Miettinen E. (2001): Yield profile of tall fescue (*Festuca arundinacea*) in comparison with meadow fescue (*Festuca pratensis*) in Finland. Grass and Forage science, 56, 249-258.

Peeters A. (2004): Wild and sown grasses. Food and agriculture organization of the United Nations, Blackwell publishing, Rome.

Posselt U. K. (2000): Constraints in the selection of parents for synthetic cultivars. Proceedings of the 23th Meeting of the Fodder Crops and Amenity Grasses Section of EUCARPIA, Azores, Portugal, 34-39.

Radović, J. (2005): Genetička varijabilnost produktivnih svojstava i kvaliteta selekcionisane populacije lucerke (*Medicago sativa* L.). Doktorska disertacija, Biološki fakultet, Beograd.

Robinson H. F., Comstock R. E. and Harvey P. H. (1949): Estimates of heritability and the degree of dominance in corn. *Agronomy J.*, 41: 353-359.

Sokolović D. (2001): Genetička varijabilnost i selekciona vrednost autohtonih populacija engleskog ljlja (*Lolium perenne* L.). Magistarska teza, Poljoprivredni fakultet, Zemun - Beograd.

Sokolović D. (2006): Genetička dobit u procesu oplemenjivanja engleskog ljlja (*Lolium perenne* L.). Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Zemun – Beograd.

Sokolović D., Babić S., Radović J., Milenković J., Lugić Z., Andelković S. and Vasić T. (2012): Genetic variations of root characteristics and deep root production in perennial ryegrass cultivars contrasting in field persistency. In: S. Barth and D. Milbourne (eds.) *Breeding Strategies for Sustainable Forage and Turf Grass Improvement*, Springer, Ch 36, 275-281.

Sokolović D., Babić S., Radović J., Jevtić G. and Lugić Z. (2014): Improvement of drought tolerance of forage perennial ryegrass by breeding of root characteristics and deep root production. V Congress of Serbian Genetic Society, Belgrade, Serbia, 28. September – 02 October, 312.

Stošić M. (1988): Dinamika obrazovanja biomase ježevice i engleskog ljlja u nizijskom području Srbije. Zbornik radova VI jugoslovenskog Simpozijuma o krmnom bilju, 22-24.06., Osijek, 534-541.

Sugiyama S., Kataoka M., Takahashi N. and Gotoh K. (1985): The relationship between reproductive and vegetative growth in tall fescue (*Festuca arundinacea* Scherb.) and meadow fescue (*Festuca pratensis* Huds.). *Japanese Journal Grassland Science*, Vol. 31, No. 1, 16-25.

Šurlan-Momirović G., Rakonjac V., Prodanović S. i Živanović T. (2005): Genetika i oplemenjivanje biljaka. Praktikum. Poljoprivredni fakultet, Beograd.

Taški-Ajduković K., Sokolović D., Vujaković M., Babić S., Radović J., Mikić A. and Živković B. (2010): Isozyme polymorphism in prosperous genotypes of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). XII International Symposium on Forage Crops

of Republic of Serbia, 26-28. May, Kruševac-Serbia Biotechnology in Animal Husbandry, 26 (Spec. issue), Book 2, 151-157.

Tereel E. E. (1979): Chapter 3: Taxonomy, Morphology and Phylogeny. 31-39. In: Buckner, R.C. and Bush, L.P.(ed.): Tall fescue. Agronomy Monograph 20; ASA, CSSA and SSSA, Madison, Wisconsin, USA.

Tomić Z. i Popović J. (1996): Tetraploidna sorta italijanskog ljulja (*Lolium multiflorum* Lam.) Kruševački 29 tetra. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, sv. 26, 89-86.

Tomić Z. i Sokolović D.(2007): Oplemenjivanje višegodišnjih trava – metode, kriterijumi i rezultati u Srbiji. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, Vol. 44, br. 1, 51-69.

Ubi B. E., Kölliker R., Fujimori M. and Komatsu T. (2003): Genetic diversity in diploid cultivars of rhodesgrass determined on the basis of amplified fragment length polymorphism markers. Crop Science, 43, 1516-1522.

Vasić N. (1999): Komponente genetičke varijanse prinosa zrna i komponenti prinosa sintetičke populacije kukuruza 316P02 (*Zea mays* L.). Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.

Veronesi F. and Falcineli M. (1988): Evaluation of an Italian germplasm collection of *Festuca arundinacea* Scherb. through a multivariate analysis. Euphytica, 38, 211-220.

Vučković S. (2003): Proizvodnja semena značajnijih krmnih biljaka. Poljoprivredni fakultet, Beograd.

Wheeler J. L. and Corbet J. L. (1989): Criteria for breeding forages of improved feeding value, results of Delphy survey. Grass and Forage Science, 44, 77-83.

Yang B., Thorogood D., Armstead I. and Barth S. (2008): How far are we from unravelling self-incompatibility in grasses. New Phytologist, 178, 740-753.

Zhang Y., Mian M. A. R. and Bouton J. H. (2006): Recent Molecular and Genomic Studies on Stress Tolerance of Forage and Turf Grasses. Crop Science, 46, 497-511.

Zwierzykowski Z. (1980): Hybrid of *Lolium multiflorum* Lam. (2n=14) x *Festuca arundinacea* Scherb. (2n=42) and its allopolyploid derivatives II: Meiosis of F₁ hybrids and Co and C₁ allopolyploid derivatives. Genetica Polonica, Vol. 21, No 4, 395-407.

Prilog 1.

Izjava o autorstvu

Potpisani-a mr Snežana Ž. Babić
broj upisa 1325

Izjavljujem

da je doktorska disertacija pod naslovom

Genetička varijabilnost agronomskih osobina selekcionisanih populacija livadskog
vijuka (*Festuca pratensis* Huds.)

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da predložena disertacija u celini ni u delovima nije bila predložena za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova,
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršio/la autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

Potpis doktoranda

U Beogradu, 05.02.2015.

C. Babić

Prilog 2.

Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada

Ime i prezime autora mr. Snežana Ž. Babić

Broj upisa 1325

Studijski program Genetika i oplemenjivanje ratarskih i povrtarskih biljaka

Naslov rada Genetička varijabilnost agronomskih osobina selekcionisanih populacija livadskog vijuka (*Festuca pratensis* Huds.)

Mentor prof. Gordana Šurlan Momirović

Potpisani mr. Snežana Babić

izjavljujem da je štampana verzija mog doktorskog rada istovetna elektronskoj verziji koju sam predao/la za objavljivanje na portalu **Digitalnog repozitorijuma Univerziteta u Beogradu**.

Dozvoljavam da se objave moji lični podaci vezani za dobijanje akademskog zvanja doktora nauka, kao što su ime i prezime, godina i mesto rođenja i datum odbrane rada.

Ovi lični podaci mogu se objaviti na mrežnim stranicama digitalne biblioteke, u elektronskom katalogu i u publikacijama Univerziteta u Beogradu.

Potpis doktoranda

U Beogradu, 05.02.2015.

C. Babić

Prilog 3.

Izjava o korišćenju

Ovlašćujem Univerzitetsku biblioteku „Svetozar Marković“ da u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu unese moju doktorsku disertaciju pod naslovom:

Genetička varijabilnost agronomskih osobina selekcionisanih populacija livadskog vijuka (*Festuca pratensis* Huds.)

koja je moje autorsko delo.

Disertaciju sa svim prilogima predao/la sam u elektronskom formatu pogodnom za trajno arhiviranje.

Moju doktorsku disertaciju pohranjenu u Digitalni repozitorijum Univerziteta u Beogradu mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (Creative Commons) za koju sam se odlučio/la.

1. Autorstvo

2. Autorstvo - nekomercijalno

3. Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade

4. Autorstvo – nekomercijalno – deliti pod istim uslovima

5. Autorstvo – bez prerade

6. Autorstvo – deliti pod istim uslovima

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci, kratak opis licenci dat je na poleđini lista).

Potpis doktoranda

U Beogradu, 05.02.2015.

C. Gašević

1. **Autorstvo** - Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence, čak i u komercijalne svrhe. Ovo je najslobodnija od svih licenci.
2. **Autorstvo – nekomercijalno.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
3. **Autorstvo - nekomercijalno – bez prerade.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela. U odnosu na sve ostale licence, ovom licencom se ograničava najveći obim prava korišćenja dela.
4. **Autorstvo - nekomercijalno – deliti pod istim uslovima.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca ne dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada.
5. **Autorstvo – bez prerade.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, bez promena, preoblikovanja ili upotrebe dela u svom delu, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela.
6. **Autorstvo - deliti pod istim uslovima.** Dozvoljavate umnožavanje, distribuciju i javno saopštavanje dela, i prerade, ako se navede ime autora na način određen od strane autora ili davaoca licence i ako se prerada distribuira pod istom ili sličnom licencom. Ova licenca dozvoljava komercijalnu upotrebu dela i prerada. Slična je softverskim licencama, odnosno licencama otvorenog koda.

Biografija

Snežana Babić je rođena 28.01.1977. u Svileuvi, opština Koceljeva. Završila je srednju poljoprivrednu školu, smer opšti, u Koceljevi. Diplomirala je na Agronomskom fakultetu u Čačku, 2001. odbranivši diplomski rad na temu “Efekat primene različitih doza azotnog đubrenja na komponente prinosa i sadržaj nitrata kod kupusa” 28.12.2001. sa ocenom 10,00.

Od 01.12.2004. zaposlena je u Institutu za krmno bilje, kao istraživač pripravnik u oblasti selekcije i oplemenjivanja višegodišnjih krmnih trava, kao i na proučavanju genetičkih resursa i proširenju oplemenjivačke kolekcije višegodišnjih trava..

Poslediplomske studije upisala je na Poljoprivrednom fakultetu u Zemunu 23.12.2004. na grupi Genetika i oplemenjivanje ratarskih i povrtarskih biljaka. Magistarski rad pod nazivom „Genetička varijabilnost populacija i sorti livadskog vijuka (*Festuca pratensis* Huds.)“ odbranila je 23.12.2009. godine.

Do sada je samostalno ili u saradnji sa kolegama, u naučnim časopisima, kao i na međunarodnim i domaćim naučnim skupovima koji se bave problematikom krmnog bilja i oplemenjivanja objavila 50 bibliografskih jedinica. Kao praktičan rezultat oplemenjivačkog rada ima kao koautor priznate tri sorte višegodišnjih trava.

Svoje rezultate mr Snežana Babić uglavnom je ostvarila angažovanjem na projektima Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, sada Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja. U ciklusu istraživanja 2011-2014, Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja angažovana je na projektu TR 31057 “Poboljšanje genetičkog potencijala i tehnologije proizvodnje krmnog bolja u funkciji održivog razvoja stočarstva” u okviru kog je urađena ova doktorska disertacija.

Govori engleski jezik. Udata je i ima dvoje dece.