

ATSKAITE
par ZM subsīdiju projektu
**Augu olbaltumvielu ražošanas produktivitātes un
ilgtspējības palielināšana Eiropā**

Projekta vadītāja

Ina Alsina
Dr. biol., prof.

Jelgava
2025

Projekta izpildītāji

Ina Alsiņa	Vadošā pētniece, Dr, biol.
Gunārs Lācis	Vadošais pētnieks, PhD
Laila Dubova	Pētniece, PhD
Tetiana Harbovska	Pētniece, PhD
Inta Dudare	Laborante
Elizabete Djakonova	Laborante
Ikars Melnalksnis	

Pētījums veikts projekta Increase ietvaros.



**INCREASE – Intelligent Collections of Food Legumes
Genetic Resources for European Agrofood Systems**

Satura rādītājs

IEVADS	4
1. Materiāls un metodika	7
1.1. Meteoroloģisko apstākļu raksturojums dārza pupiņu kultivēšanas laikā	7
1.2. Izmēģinājumā iekļautie genotipi	8
1.3. Audzēšanas apstākļu raksturojums	10
1.4. Genotipu raksturošanas metodika	12
1.5. Datu matemātiskā apstrāde	14
2. Rezultāti	15
2.1. Pupiņu raža un tās kvalitāte	15
2.2. 100 pupiņu sēklu masa	17
2.3. Kopproteīna saturs pupiņu sēklās	18
2.4. Klonu simbiozes efektivitātes novērtējums	18
2.5. Genotipu agrīnuma novērtējums	20
2.6. Kolekcijā esošo dārza pupiņu fenotipiskā radniecība un genotipu apraksti	21
3. Projekta koordinācija un zināšanu popularizēšana	25
SECINĀJUMI	26
IZMANTOTĀ LITERATŪRA	27

IEVADS

Dārza pupiņas (*Phaseolus vulgaris*) ir viens no nozīmīgākajiem pākšaugiem pasaulē, ko audzē gan tropu, gan mērenā klimata joslās. To izcelsme saistīta ar diviem izcelsmes centriem – Andu un Mezomerikas reģioniem, no kuriem pupiņas izplatījušās visā pasaulē. Šodien pupiņas audzē lielākajā daļā pasaules valstu, īpaši Latīņamerikā, Āfrikā un Āzijā, kur tās veido būtisku ikdienas uztura sastāvdaļu (Bellucci et al., 2023).

Pupiņu ražošana pasaulē ir ļoti nozīmīga. Vadošie ražotāji ir Brazīlija, Indija, Meksika, Ķīna un Amerikas Savienotās Valstis. Brazīlijas produkcija veido aptuveni 11–12 % no pasaules produkcijas (Ramadhani et al., 2024). 2023. gadā pasaulē ievākts vairāk nekā 28.5 miljonu tonnu pupiņu kopražas¹. Arī Eiropai pupiņas ir būtisks kultūraugs – tās audzē 163 tūkstošos hektāru, un kopražā 2023. gadā bija 342 tūkst. tonnu¹. Ražība pupiņām Eiropā ir vidēji 2.8 reizes augstāka nekā vidēji pārējā pasaulē¹. Pupiņu audzēšanu ievērojami atvieglo to izturība un spēja augt ļoti dažādos klimatiskajos un augsnes apstākļos. Kā tipiski pākšaugi tās veido simbiotiskas attiecības ar slāpekli saistošajām baktērijām, nodrošinot augsnes bagātināšanu un samazinot minerālmēslojuma nepieciešamību (Rendón-Anaya et al., 2017). Pateicoties šai īpašībai, pupiņas ir īpaši piemērotas mazintensīvai lauksaimniecībai un var nodrošināt ilgtspējīgas agroekosistēmas.

Dati par pupiņu audzēšanu Latvijā ir skopi. Pamatojoties uz statistikas pārvaldes datiem, 2024. gadā pupiņas audzētas 200 hektāru platībā un no tiem kopumā ievākts 300 t pupiņu sēklu². Diemžēl pupiņu ražība Latvijā ir teju trīs reizes zemāka nekā Eiropā vidēji (1. tabula).

1.tabula. Pupiņu sējplatības, kopražā un ražība Latvijā²

Parametrs	Gads				
	2020	2021	2022	2023	2024
Sējumu platība, tūkst. ha	0,6	0,2	0,1	0,3	0,2
Kopražā, tūkst. tonnu	1,9	0,2	0,2	0,2	0,3
Vidējā ražība, cnt no ha	32	13,7	12,6	5,7	18,6

Uzturvērtības ziņā pupiņas ir īpaši nozīmīgas, jo tajās ir daudz augu olbaltumvielu, šķiedrvielu, B grupas vitamīnu, minerālvīdu, it īpaši dzelzs un kālija. Tās ir viens no svarīgākajiem olbaltumvielu avotiem reģionos, kur piekļuve dzīvnieku izcelsmes produktiem ir ierobežota vai ekonomiski nepieejama. Pasaules Veselības organizācija un ANO Pārtikas un lauksaimniecības organizācija (FAO) pupiņas atzīst par vienu no būtiskākajiem kultūraugiem, kas palīdz mazināt pārtikas nedrošību, uzlabot uzturu un veicināt ilgtspējīgu lauksaimniecību. (Rebello et al., 2014). Parastās, jeb dārza pupiņas, ir plaši pielietojamas to ēdamo sauso sēklu dēļ, kas veido 90% no pupiņu kopražas. Raža tiek

¹ <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

² https://data.stat.gov.lv/pxweb/lv/OSP_PUB/START__NOZ__LA__LAG/LAG020/table/tableViewLayout1/

pārstrādāta, lai iegūtu sausās sēklas, pupiņas kā dārzeņus un konservētus produktus. Pākšaugiem ir būtiska loma proteīna nodrošināšanā cilvēka uzturā un dzīvnieku barībā, kā arī vides ilgtspējas veicināšanā. (Rebello et al., 2014).

Parastās pupiņas (*Phaseolus vulgaris* L.) ir viengadīgs *Fabaceae* dzimtas augs, kuru dzimtene ir Amerikas tropu reģioni. Parastās, jeb dārza pupiņas, ir diploīds viengadīgs augs ar genoma izmēru aptuveni 520 Mbp un pārsvarā ir pašapputes suga. Tās ir visnozīmīgākais sēklu pākšaugu tiešajam patēriņam visā pasaulē un visvairāk patērētais sēklu pākšaugu Eiropā, ar lielu sociālo un ekonomisko nozīmību. (Belluci et al., 2023)

Ģintī *Phaseolus* L. ir iekļautas 76 sugas, no kurām piecas ir domesticētas un mūsdienās kultivētas un patērētas: *Phaseolus vulgaris*, *Ph. coccineus*, *Ph. dumosus*, *Ph. acutifolius* un *Ph. lunatus*. Pupiņas visbiežāk audzē kā sēklas (sausās pupiņas) vai kā svaigu dārzeņi (zaļās jeb pākšu pupiņas). (Belluci et al., 2023)

Pasaules tirgū pupiņu pieprasījums turpina pieaugt, stimulējot jaunus pētījumus par izturīgākām un produktīvākām šķirnēm, kas spēj labāk adaptēties klimata pārmaiņu izraisītajam sausumam, karstumam un slimībām. Salīdzinot ar graudaugiem, pākšaugiem ir mazāka nepieciešamība pēc ūdens un slāpekļa mēslojuma. Simbiotiski saistītais slāpekļis palielina slāpekļa saturu lapās, veicina fotosintēzi un samazina lapu ūdens zudumus. (Ramadhani et al., 2024)

Pupiņas veicina vides ilgtspējību, jo tās piesaista atmosfēras slāpekli, uzlabo augsnes kvalitāti un ierobežo nezāles. (Rendón-Anaya et al., 2017). Pupiņu un gumiņbaktēriju simbioze ir salīdzinoši specifiska, un Latvijā pieņemtajā klasifikācijā dārza pupiņas inficē *Rhizobium phaseoli*. Diemžēl dārza pupiņu un gumiņbaktēriju simbiozes pētījumiem Latvijas apstākļos nav pievērsta pietiekama uzmanība (par šo tēmu LLA&LLU&LBTU izstrādāti tikai divi studentu noslēguma darbi).

Palielinot pākšaugu audzēšanu, Eiropa varētu nodrošināt pašpietiekamību proteīna apgādē un dažādot lauksaimniecisko ražošanu.

Projekta INCREASE mērķis ir uzlabot augu ģenētisko resursu ilgtspējīgu izmantošanu, uzlabojot četru svarīgu pārtikas pākšaugu ģenētisko resursu statusu: auna zirņu, **dārza pupiņu**, lēcu, lupīnu. Izstrādājot efektīvus un iedarbīgus saglabāšanas rīkus un metodes, ko varētu izmantot visa veida ģenētiskajiem resursiem, INCREASE mērķis ir veicināt agrobioloģisko daudzveidību un tās izmantošanu Eiropā un ārpus tās.

Mērķa realizācijai izvirzītie uzdevumi:

1. Pārtikas pākšaugu ģenētisko resursu datu pārvaldības un koplietošanas uzlabošana, izmantojot optimizētas datu bāzes un viegli pieejamus rīkus.
2. Liela apjoma augstas kvalitātes genotipisko un **fenotipisko datu iegūšana**.
3. **Inteliģentu kolekciju izstrāde ģenētisko resursu daudzveidības izpētei un inovatīvu saglabāšanas pārvaldības pieeju izstrāde, veicot līdzdalības sabiedrības zinātnes eksperimentu.**
4. Jaunu zināšanu attīstīšana, piemēram, gēnu atklāšana vai genoma prognozēšana, kas ir viegli pieejamas, izmantojot tīmekļa meklēšanas un vizualizācijas rīku.
5. **Labākās prakses izstrāde, pārbaude un izplatīšana ģenētisko resursu dinamiskai pārvaldībai Eiropas un ārpus Eiropas institūcijās un iniciatīvās.**
6. Decentralizētu informācijas tehnoloģiju pieeju izstrāde datu apmaiņai un ģenētisko resursu saglabāšanai.

Projekts balstās uz sinerģisku un metodoloģisku integrāciju ar fokusu uz selekciju, menedžmentu un zināšanu izplatību. Projekts aptver visus Eiropas agroklimatiskos reģionus, vides un sociālekonomiskās iespējas, tādējādi palielinot pākšaugu produkcijas potenciālu Eiropā, veicinot pākšaugu iekļaušanu lauksaimniecības sistēmās, veicinot ilgtspējību attīstību globālo pārmaiņu kontekstā.

Latvijas partneri ir integrējušies projekta pētnieku grupā un fokusējas uz pupiņu ģenētisko daudzveidību un to ietekmējošo faktoru skaidrošanu.

Projekta darba uzdevumi

Pētījuma “Increase – Intelektuālas pārtikas pākšaugu ģenētisko resursu kolekcijas Eiropas lauksaimniecības pārtikas sistēmām” uzdevumi 2025. gadam

1. Veikt fenotipisko izvērtējumu 2024. gadā iegūtajiem kloniem, pašreiz ir nākuši kolekcijai klāt 4 jauni kloni, kuriem tiks veikta fenotipiskā izvērtēšana. Salīdzināšanai tiks sēti arī kolekcijā esošie kloni.
2. Papildināt atlasīto klonu kolekciju ar jauniem kloniem.
3. Noteikt katra klona simbiotiskās slāpekļa saistīšanas (BNF) efektivitāti, ražu un ražas (proteīna saturs) kvalitāti. Plānots pupiņu kolekciju audzēt divās vietās.
4. Iesaistīties projektā plānotajos pasākumos un informēt sabiedrību par rezultātiem.

Atskaitē iekļauta informācija par visos trīs projekta gados iegūtajiem rezultātiem.

Par Latvijā audzētajiem dārza pupiņu genotipiem top mājas lapa.

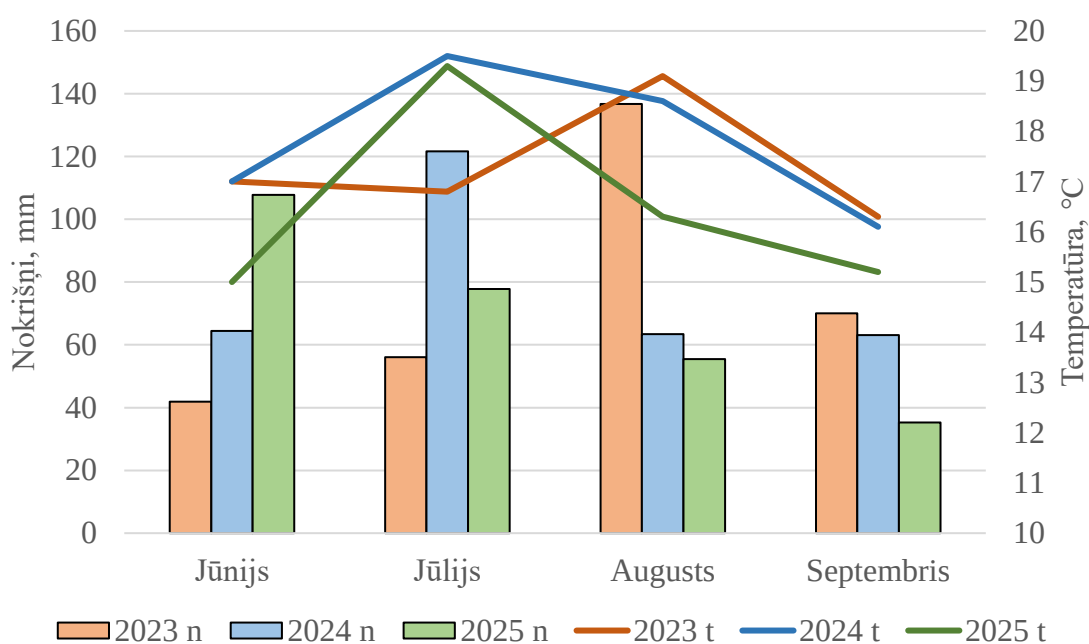
1. Materiāls un metodika

1.1. Meteoroloģisko apstākļu raksturojums dārza pupiņu kultivēšanas laikā

Dārza pupiņas ir siltumprasīgs augs, ar ļoti atšķirīgām augšanas iezīmēm. Vidēji krūmu pupiņām nepieciešams 90 dienu, bet kāršu pupiņām pat 250-300 dienu garš veģetācijas periods (Hobdari et al., 2024). Vidēji pupiņas, kuras ievāc pākšu patēriņam, var vākt 25-30 dienas pēc ziedēšanas, bet sēklām pēc 23-50 dienām (Hobdari et al., 2024). Pupiņu sēklu dīgšanai nepieciešamā temperatūra (bāzes temperatūra) ir 5,1–9,6 °C. Dzinumu pagarināšanās bāzes temperatūras bija par 3–6 °C augstākas nekā dīgšanas temperatūras (Raveneau et al., 2011).

Visos izmēģinājuma gados (2023., 2024. un 2025.) pupiņas sētas jūnija pirmajās dienās (izņēmums 2023. gads, projekta INCREASE paraugus saņēmām tikai jūnija beigās un, tos nekavējoties, iesējām).

2023. gads raksturojās ar samazinātu nokrišņu daudzumu jūnijā un jūlijā, bet būtiskiem nokrišņiem augustā. Jūlija mēnesis ir bijis salīdzinoši vēss, bet augusts vidēji bijis gandrīz par 2 °C siltāks (1. attēls).



1. attēls. Temperatūras un nokrišņu sadalījums pupiņu veģetācijas periodos
Apzīmējumi: t-temperatūra, n- nokrišņi

2024. gadā lielākais nokrišņu daudzums bijis jūlija mēnesī un jūlijs bijis arī šī veģetācijas perioda siltākais mēnesis.

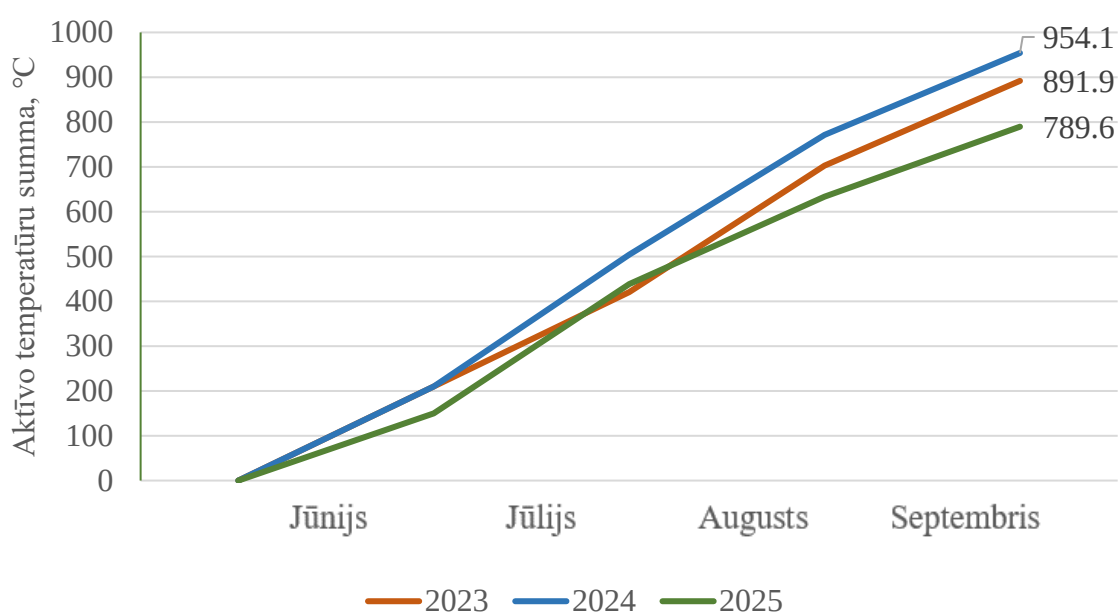
2025. gads raksturojās ar daudz un lietainām dienām. Visvairāk nokrišņu bijis jūnija mēnesī, tad nokrišņu daudzums pakāpeniski samazinājies, temperatūras ziņā pupiņu ontogēnei vispiemērotākais ir bijis jūlijs. (1. attēls).

Būtisks parametrs, kurš ietekmē augu augšanu un attīstību, ir aktīvo temperatūru summa. Aktīvo temperatūru summu aprēķina izmantojot 1. vienādojumu.

$$ATS = \sum_{i=1}^n (t_i - t_{bāze}) \quad (1)$$

Kur t_i – vidējā diennakts temperatūra konkrētajā dienā, °C
 $T_{bāze}$ – 10°C

Pēc literatūras datiem pupiņām sēklu dīģšanai vajag apmēram 50-100 °C dienas, dīģšanas - ziedēšanas fāzei 250-300 °C dienas, no ziedēšanas līdz ražas novākšanai 400-500 °C dienas, tātad summāri minimāla aktīvo temperatūru summa ir 700 °C dienas(rēķināts pēc Hobdari et al., 2024).



2. attēls. Aktīvo temperatūru summa pupiņu veģetācijas periodos

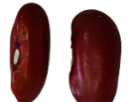
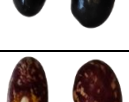
Pupiņu audzēšanai piemērotākais ir bijis 2024. gada veģetācijas periods, bet visnepiemērotākais 2025. gads, kad aktīvo temperatūru summa bija par 17.3% zemāka nekā iepriekšējā gadā (2. attēls). Aktīvo temperatūru summas visos gados ir bijušas pietiekamas dārza pupiņu kultivēšanai.

1.2. Izmēģinājumā iekļautie Latvijas pupiņu genotipi

Projekta pētījumā iekļauti 36 Latvijā audzēti genotipi, no tiem 28 genotipi ir *Phaseolus vulgaris*, bet astoņi genotipi pieder sugai *Ph. coccineus*. Paraugi iegūti no sešiem dārza pupiņu audzētājiem. 2023. un 2024. gadā no projekta INCREASE partneriem saņemti 12 genotipi, no kuriem šķirne, ‘Meccearly’ tiek izmantota kā viena no kontrolēm arī Latvijas genotipu salīdzināšanai. No Latvijas genotipiem LV1 līdz LV15 un LV20, LV21, LV22,

LV23 ir lobāmās (sēklu) pupiņas, genotipi LV0 (šķirne ‘Sundance’) un LV16 līdz LV19 ar pākstīm ēdamās pupiņas.

1. tabula. Eksperimentos izmantotie Latvijas pupiņu (*Phaseolus vulgaris*) genotipi

Genotips	Attēls	Genotips	Attēls	Genotips	Attēls
Sundance, LV00		LV9		LV16	
LV1		LV10		LV17	
LV2		LV11		LV18	
LV3		LV12		LV19	
LV4		LV13a		LV20	
LV5		LV13b		LV21	
LV6		LV13c		LV22	
LV7		LV14		LV23	
LV8		LV15		Meccearly	
Kāršu pupiņas					
LVk1		LVk2		LVk3	

Izmēģinājumos iekļauti arī astoņi daudziedu pupiņu *Phaseolus coccineus* genotipi (3. attēls). No tiem LV C1, LV C4 un LV C8 ir vienkāršainas pupiņas, attiecīgi baltas, tumši brūnas un melnas. LV C2 un LV C5 pamatkrāsa ir gaiši brūna (smilškrāsa) vai gaiši violeta ar retiem, nedaudz tumšākiem plankumiem. LV C3 un LV C7 pamatkrāsa ir līdzīga iepriekšējiem genotipiem, bet tās klāj daudz vairāk tumšu plankumu. LV C6 ir starpstāvoklis

starp LV C5 un LV C7. Šim genotipam plankumu ir mazāk, bet tie ir salīdzinoši lielāki (3. attēls).



3. attēls. Eksperimentos izmantotie Latvijas daudzziņu pupiņu genotipi

Eksperimentos izmantotās šķirnes

Kā kontrole izvēlēta *Ph. vulgaris* šķirne SUNDANCE F1, ražotājs Vilmorin Francija. Pēc ražotāja informācijas: Augstražīga krūmu pupiņu šķirne. Sviesta pupiņas ar dzeltenām 13-14 cm garām pākstīm, kuras var lietot gan pārstrādei, gan saldēšanai. Veģetācijas periods 70 dienas.

Arī LV18 - paraugs ir šķirne iespējams 'Ametist' vai 'Purple queen', kura vismaz 10 gadus ir ataudzēta no sava sēklas materiāla. Pēc ražotāja informācijas: agra ļoti ražīga šķirne ar violetām pākstīm, lavandzilas krāsas ziedīņiem. Krūma augstums līdz 60 cm. Bezšķiedru pākstis līdz 15 cm garas. Izmēģinājumā iekļauta sava atšķirīgā izskata dēļ.

Projekta "Increase – Intelektuālas pārtikas pākšaugu ģenētisko resursu kolekcijas Eiropas lauksaimniecības pārtikas sistēmām" ietvaros saņemta šķirne 'Meccearly', ko ražotājs raksturo kā vidēji vēlu šķirni, kas veido vidēji augstus augus ar taisnām purpursarkanām šķiedrainām pākstīm.

1.3. Audzēšanas apstākļu raksturojums

Izmēģinājumi iekārtoti:

- Latvijas Biozinātņu un Tehnoloģiju universitātes Lauksaimniecības un Pārtikas tehnoloģiju fakultātes izmēģinājumu laukumā Strazdu ielā 1, Jelgavā, koordinātes: 56°39'48.5"N 23°45'10.0"E. Audzēti visi genotipi. 2023. gadā visi LV genotipi audzēti uz lauka, Increase genotipi veģetācijas traukos. 2024. un 2025. gadā visi genotipi audzēti 5 L veģetācijas traukos (4. attēls). Augsnes raksturojums redzams 3. tabulā.



4.attēls. Izmēģinājumi Augsnes un augu zinātņu institūta izmēģinājuma laukumā.

- D/S Ziedonis, Tušķos Līvberzes pagasts, Jelgavas novadā, koordinātes: 56°39'48.5"N 23°45'10.0"E. Audzētas krūmu pupiņas un Increase projekta genotipi (5. att.). Augsnes raksturojumu skatīt 3. tabulā.



5.attēls. Izmēģinājumi d/s “Ziedonis” 2024. un 2025 gadā.

2023. un 2024. gadā visas pupiņu sēklas pirms sējas apstrādātas ar Lauksaimniecības un pārtikas tehnoloģijas fakultātes Gumiņbaktēriju kolekcijā esošo gumiņbaktēriju *Rhizobium phaseoli* celmu. 2025. gadā iekārtots izmēģinājums Veģetācijas trauku izmēģinājums strazdu ielas pētījumu laukumā, kur daļa no kolekcijā ietilpstošajiem augiem apstrādāti ar *Rh. phaseoli*, bet daļa nē. Inokulācijas efektivitāte novērtēta pēc hlorofila satura augu augšējās un apakšējās lapās, kas noteikts izmantojot portatīvo lapu spektrometru atLeaf.

3. tabula. Augsnes agroķīmiskais raksturojums (mg L⁻¹)

Parametri	Strazdi	Ziedonis
N	90	83
P	567	981
K	285	155
Ca	25850	10200
Mg	3490	1970
S	175	30
Fe	1645	675
Mn	185	105
Zn	9.5	180
Cu	6.5	33
Mo	0.04	0.04
B	1.3	1.9
pHKCl	7.48	6.52
EC mS cm ⁻¹	0.69	1.19

1.4. Genotipu raksturošanas metodika

Genotipu raksturošanai izmantota projekta INCREASE – Intelligent Collections of Food Legumes Genetic Resources for European Agrofood Systems ieteiktā metodika (<https://www.pulsesincrease.eu/experiment/instructions-and-tutorials>), kas aprakstīta projekta mājaslapā un publikācijā “Towards the Development, Maintenance, and Standardized Phenotypic Characterization of Single-Seed-Descent Genetic Resources for Common Bean” (Cortinovis et al., 2021).

- 1) Novērtēta sēklu dīgtspēja ceturtajā, septītajā un 10. dienā pēc sējas.
- 2) Noteikts vai dīgšana ir epigejiska vai hipogejiska.
- 3) Noteikta hipokotila pigmentācija ar trīs gradācijas klasēm:
 1. Violēta – purple,
 2. Sarkana (sārta) – red,
 3. Zaļa – green.
- 4) Novērtēta lapu forma:
 1. trīsstūrveida – triangular,
 2. apaļa – round,
 3. kvadrātveida – quadrangular.
- 5) Augu ziedēšanas laikā noteikts hlorofila saturs lapās, izvēloties pirmo pilnībā attīstījušos lapu sākot no auga apikālās daļas, izmantojot portatīvo hlorofila mērītāju atLeaf.

- 6) Konstatēts vai lapās sintezējas antociāni. Divas gradācijas klases, ir vai nav.
- 7) Novērtēts augšanas veids:
 1. Krūmu – bush,
 2. Kāršu – climbing.
- 8) Konstatēts vai stumbros sintezējas antociāni. Divas gradācijas klases, ir vai nav.
- 9) Noteikta ziedu krāsa (ziedi nofotografēti):
 1. Balta,
 2. Krēmkrāsas,
 3. Rozā,
 4. Violeta.
- 10) Izmērīts stumbra diametrs
- 11) Svaigām pākstīm novērtēts pāksts šķērsriezums, nofotografēts
- 12) Novērtēts svaigu pākšu liekums:
 1. Taisns,
 2. Viegli liekts,
 3. Liekts,
 4. Dubultliekts.
- 13) Augšanas tips. Divas gradācijas klases, determinants vai indeterminants
- 14) Novērtēta svaigu pākšu krāsa, nofotografēts
- 15) Novērtēta sausu pākšu krāsa, nofotografēts
 1. Gaišas – light,
 2. Tumšas – dark,
 3. Zaļgans – greenish.
 4. Raibs.
- 16) Novērtēta pāksts šķiedrainība:
 1. Šķiedru nav – strongly contracting,
 2. šķiedrains – leathery podded,
 3. izteikti šķiedrains – extensively shattering.
- 17) Sēklapvalka krāsojums – Seed coat pattern:
 1. Iztrūkst – absent,
 2. Plankumains – motled/spoted,
 3. Stīpains – striped,
 4. Dubults – bipartite,
 5. Ap nabiņu – around hilum,
 6. Cits – other.
- 18) Sēklas pamatkrāsa – Seed coat ground colours:
 1. Balta – white,
 2. Dzeltenīga – yellowish,
 3. Krēmkrāsas – cream,
 4. zaļgana – greenish,
 5. pelēcīga – greyish,
 6. brūngana – brownish,
 7. violēta – purple,
 8. melna – black,

9. sarkana – red,
 10. sārtā – pink,
 11. zilgana – blueish,
 12. cita – other.
- 19) Sekundārā krāsa – Seed coat secondary colours, skatīt iepriekšējo punktu.
- 20) Pupiņas forma – Seed shape:
1. Apaļas – round,
 2. Ovālas – oval,
 3. Kuboidālas cuboid
 4. Nierveida – kidney shaped.
- 21) Pupiņas nofotografētas.
- 22) Pupiņām noteikts garums, platums augstums, aprēķināts tilpums.
- 23) Noteikts pākšu skaits augam.
- 24) Noteikta sausu pākšu masa augam.
- 25) Noteikta pupiņu masa no auga.
- 26) Noteikta 100 pupiņu masa (piecos atkārtojumos).
- 27) Noteikta absolūtā sausne (LBTU Biotehnoloģiju zinātniskajā laboratorijā pēc ISO 6496:199)
- 28) Noteikts kopproteīna saturs (LBTU Biotehnoloģiju zinātniskajā laboratorijā pēc LVS EN ISO 5983-2:2009)
- 29) Novērtēta augu ražas agrinuma pakāpe, kur
1 – agrs, 2 – agrīns, 3 – vidēji agrs, 4 – vidēji vēls, 5 – vēlīns, 6 – vēls.

1.5. Datu matemātiskā apstrāde

Iegūtajiem rezultātiem veikta datu matemātiskā apstrāde izmantojot divfaktoru dispersijas analīzi, korelācijas analīzi.

Lai samazinātu veģetācijas perioda un pētījumu vietas ietekmi, katrai izmēģinājuma vietai aprēķināts genotipa novērtējums (GN).

$$GN = \frac{X_i}{X_v} \quad (2)$$

kur X_i - pētāmā genotipa parametrs konkrētajā izmēģinājuma vietā

X_v - konkrētās vietas vidējais pētāmo genotipu parametru novērtējums.

Aprēķināta ražas stabilitāte.

$$GRS = \frac{GN_{max} - GN_{min}}{GN_{vid}} \quad (3)$$

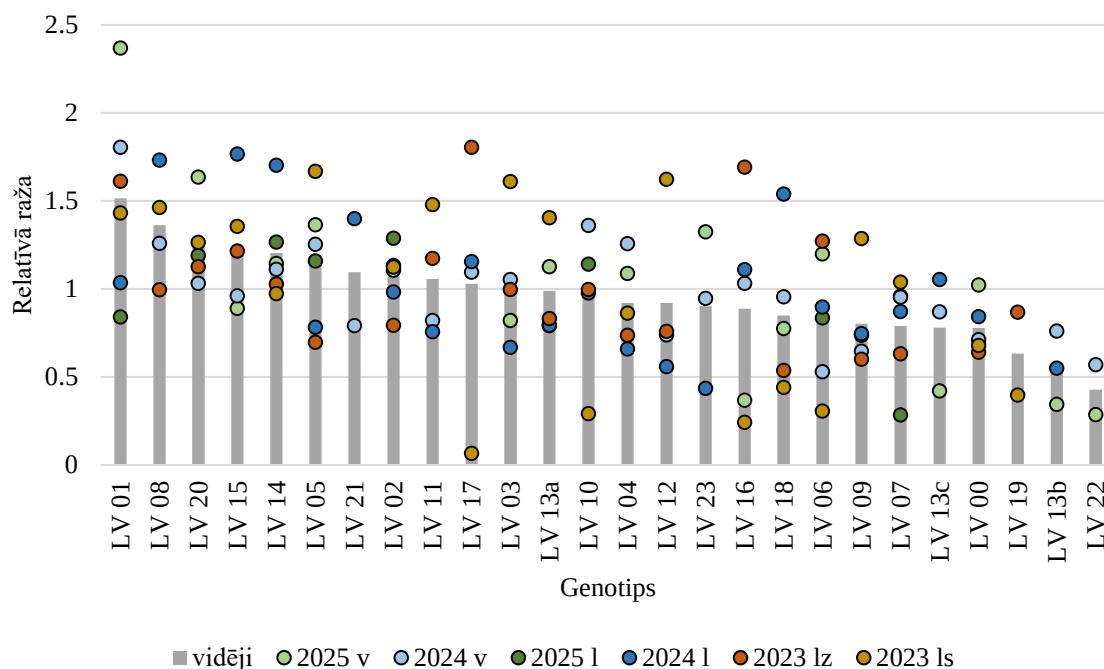
Aprēķināts katra genotipa ražas indekss (GRI)

$$GRI = \frac{GN}{GRS} \quad (4)$$

2. Rezultāti

2.1. Pupiņu raža un tās kvalitāte

Pupiņu raža pa gadiem bijusi svārstīga. Augstākās pupiņu ražas vidēji iegūtas pirmajā izmēģinājumu gadā, t.i. 2023. gadā. 2025. gadā no veģetācijas traukiem pupiņu raža bija gandrīz divas reizes zemāka nekā 2024. gadā. Lauka izmēģinājumos raža bijusi 2,2 reizes zemāka nekā 2024. gadā. Tas skaidrojams ar konkrētā gada meteoroloģiskajiem apstākļiem, Spānijas kailgliemežu invāziju un pupiņu sēklgraužu (*Acanthoscelides obtectus*) populācijas palielināšanos.

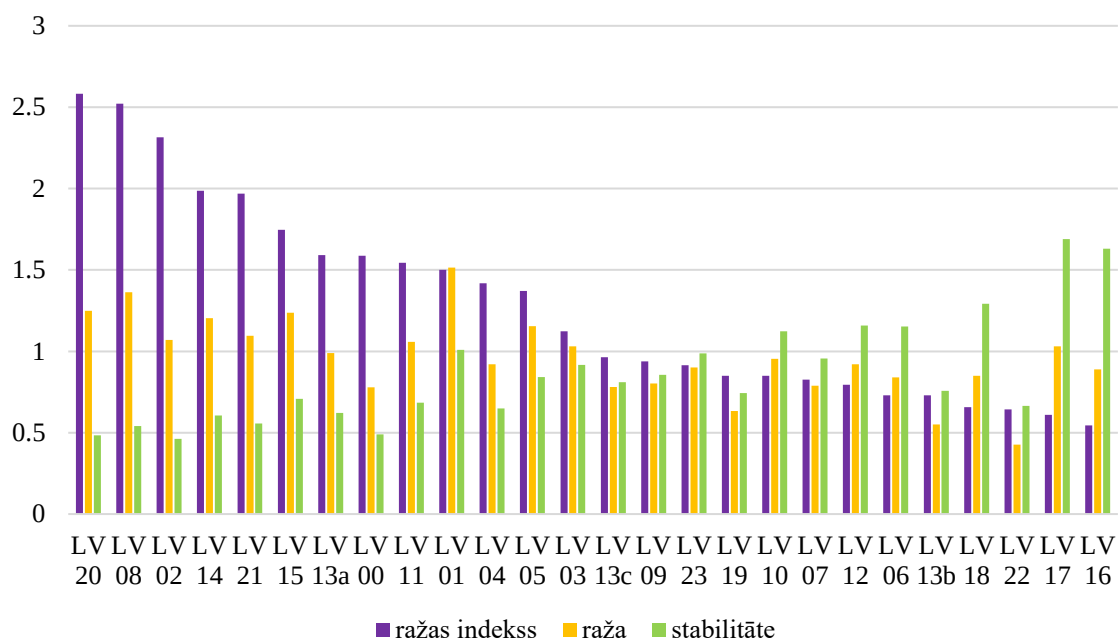


6.attēls. Relatīvā Latvijas krūmu pupiņu genotipu raža.

Apzīmējumi: v - veģetācijas trauki, l - lauka apstākļi, z - Ziedonis, s - Strazdi

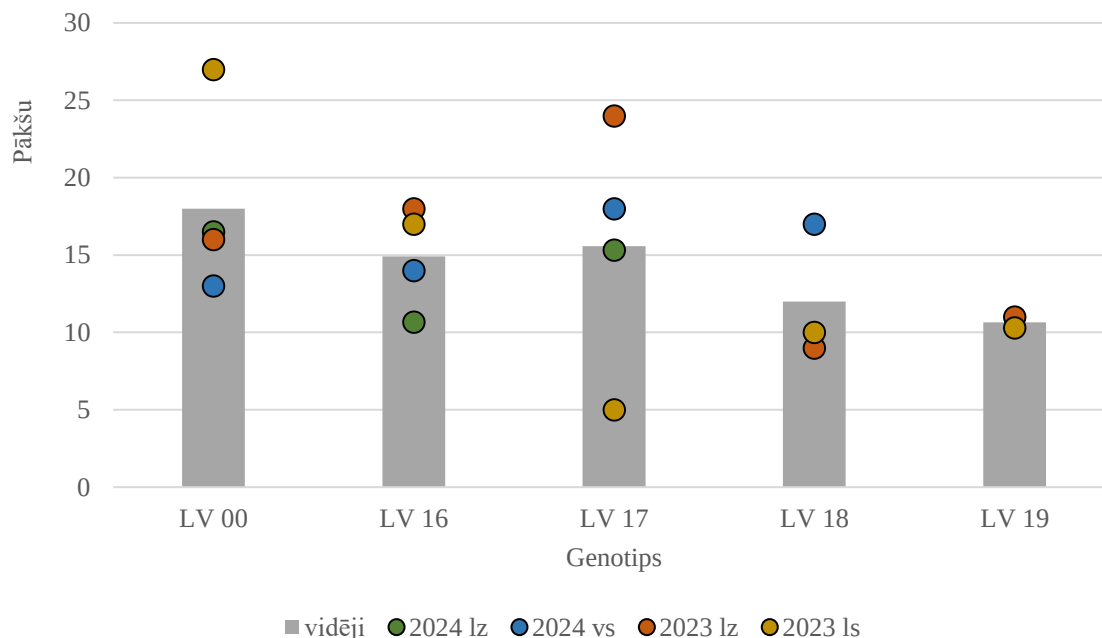
Lai samazinātu veģetācijas gada ietekmi, izmantota relatīvā raža, kas ļauj ranžēt pupiņu ražas konkrētajos audzēšanas apstākļos. Visaugstākā raža vidēji 3 gados iegūta no genotipa LV 01. ražīgi ir bijuši arī genotipi LV08, LV20, LV15, LV14, LV05, LV11 LV17 un LV03, kur šo genotipu ražība ir bijusi lielāka nekā vidēji eksperimentos izmantotajiem genotipiem. Attiecīgi zemākās ražas iegūtas no genotipiem LV22, LV13b un LV19. Arī kontroles šķirnes ‘Sundance’ raksturojas ar salīdzinoši zemu pupiņu sēklu ražu, bet to varētu skaidrot ar to, ka šī ir pākšu pupiņu šķirne un pākšu pupiņas raksturojas ar salīdzinoši sīkākām sēklām (6. attēls).

Būtisks genotipu raksturotājlīkums ir ražas stabilitāte – šajā gadījumā genotipa spēja neietekmēties no audzēšanas apstākļiem (aprēķins atšķiras no selekcijā pieņemtā, skat 3. vienādojumu metodikas daļā). Vismazākās ražas svārstības pa audzēšanas gadiem un audzēšanas vietām konstatētas genotipiem LV02, LV20, un kontroles šķirnei ‘Sundance’ (LV00). Turpretim ļoti lielas atšķirības iegūtajā ražā konstatētas pākšu pupiņu genotipiem LV17, LV16 un LV18 (7. attēls).



7. attēls. Latvijas krūmu pupiņu ražas stabilitāte un ražas indekss

Aprēķinot katra genotipa ražas indeksu (GRI), parametru, kurš liecina par genotipa kultivēšanas drošumu (4. vienādojums metodikas daļā), noskaidrots, ka trīs veģetācijas periodos un atšķirīgos audzēšanas apstākļos, audzēšanai var ieteikt genotipus LV20, LV08, LV02, LV14 un LV21 un LV15. No pākšu pupiņām stablākās ražas ieguves ziņā bija kontroles šķirne ‘Sundance’ (LV00) (7. attēls).



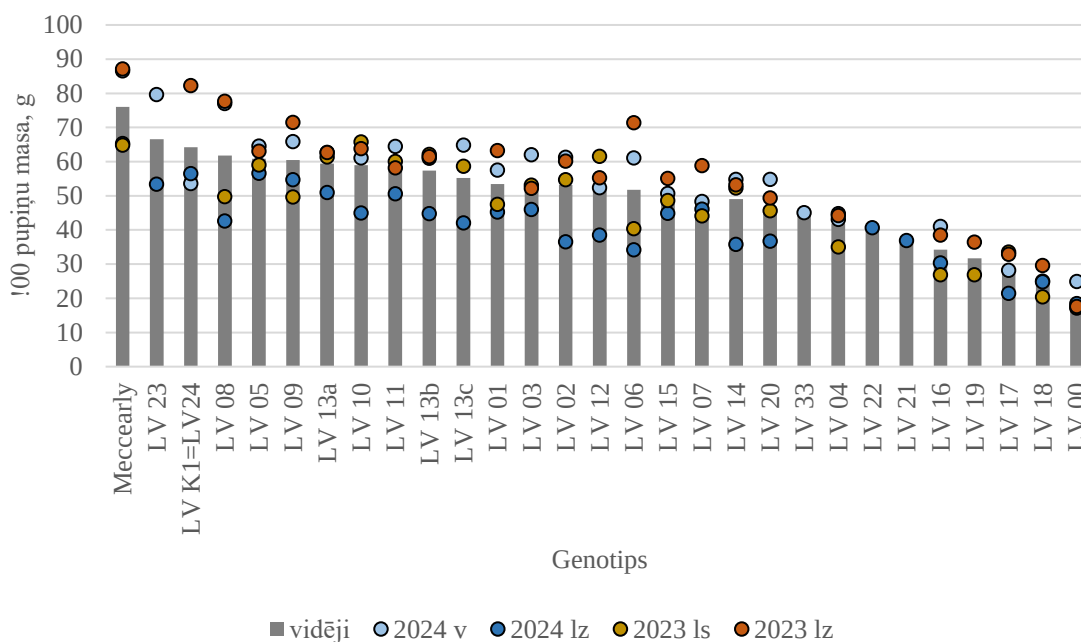
8. attēls. Latvijas ar pākstīm ēdamo pupiņu pākšu skaits no viena auga. Apzīmējumi: v - veģetācijas trauki, l - lauka apstākļi, z - Ziedonis, s - Strazdi

Izveidotajā pupiņu kolekcijā iekļauti pieci ar pākstīm ēdamo pupiņu genotipi. Noskaidrots, ka visvairāk pākstis iegūtas no komercšķirnes ‘Sundance’. Šķirne raksturojas arī ar salīdzinoši stabilu ražu. Vairāk nekā 15 pākstis vidēji no auga ir iegūtas arī no genotipa LV17 (8. attēls).

Projekta INCREASE ietvaros saņemto pupiņu ražība ir labāka nekā Latvijas genotipiem. Veģetācijas traukos audzētajām pupiņām pākšu raža bija 2,1 reizi augstāka nekā Latvijas krūmu pupiņām. Ražīgākais genotips veģetācijas traukos bija genotips IE (INCBN_09250), lauka apstākļos augstāko pākšu masu deva genotips IF (INCBN_03510) - 52,81 g no auga.

2.2. Simts pupiņu sēklu masa

Pēc literatūras datiem komerciālo šķirņu sēklu izmērs var atšķirties no 17 gramiem (*Phaseolus vulgaris*) līdz 100 gramiem uz 100 sēklām (*Phaseolus coccineus*) (Mamo et al., 2023).



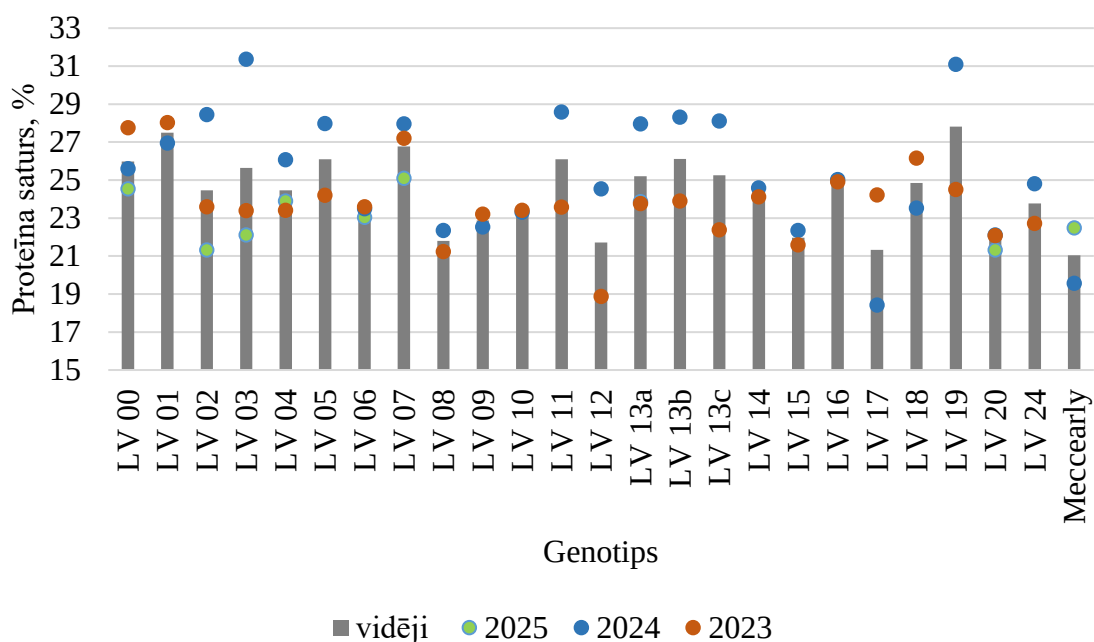
9. attēls. Simts pupiņu masa, g

Mūsu izmēģinājumos simts pupiņu sēklu masa variēja robežās no 134 g (genotipi LV C2 un LV C7, kas pieder pie daudziedu pupiņām) līdz 13.5 g projekta INCREASE genotips ID INCBN-01700. No parastajām (dārza) pupiņām lielākā 100 sēklu masa konstatēta šķirnei ‘Meccearly’ (86.6 g), kas izaugušas no 2024. gadā atsūtītajām sēklām. Arī vidēji trīs gados un dažādās audzēšanas vietās šķirne ‘Meccearly’ raksturojas ar vislielākajām sēklām. No Latvijas genotipiem lielas sēklas ir genotipam LV23 (krūmu pupiņa) un LVK1 (2023. un 2024. gadā bija apzīmēts kā LV24) - kāršu pupiņa, bet vismazākā 100 sēklu masa LV17, LV18 un LV00, kuras ir ar pākstīm ēdamās pupiņas (9. attēls).

2.3. Kopproteīna saturs pupiņu sēklās

Ramadhani ar līdzautoriem (2024) norāda, ka dārza pupiņas (*Phaseolus vulgaris*) satur 35% proteīna. Latvijas apstākļos audzētajās pupiņās augstākais proteīna saturs konstatēts 2024. gadā genotipam LV03 - 31.4 % (sēklu pupiņa) un no pākšu pupiņām genotipam LV19 (10. attēls).

Vidēji augstākais proteīna saturs ir pākšu pupiņu genotipam LV19 (27.8%). Vairāk par 26% proteīna satura arī genotipu LV01, LV05, LV07 un LV13b sēklas. Viszemākais proteīna saturs bijis šķirnei 'Meccerally' un genotipiem LV17, LV12, LV08 un LV20 (10.attēls).



10. attēls. Proteīna saturs pupiņās

Lai gan ir novērojama tendence, ka sīkākās pupiņās ir vairāk proteīna, tomēr datu matemātiskā apstrāde to neapstiprina (korelācijas koeficients -0.164).

Datu matemātiskā apstrāde pierāda citu likumsakarību - proteīna saturs korelē ar absolūto temperatūru summu (korelācijas koeficients 0.950).

2.4. Klonu simbiozes efektivitātes novērtējums

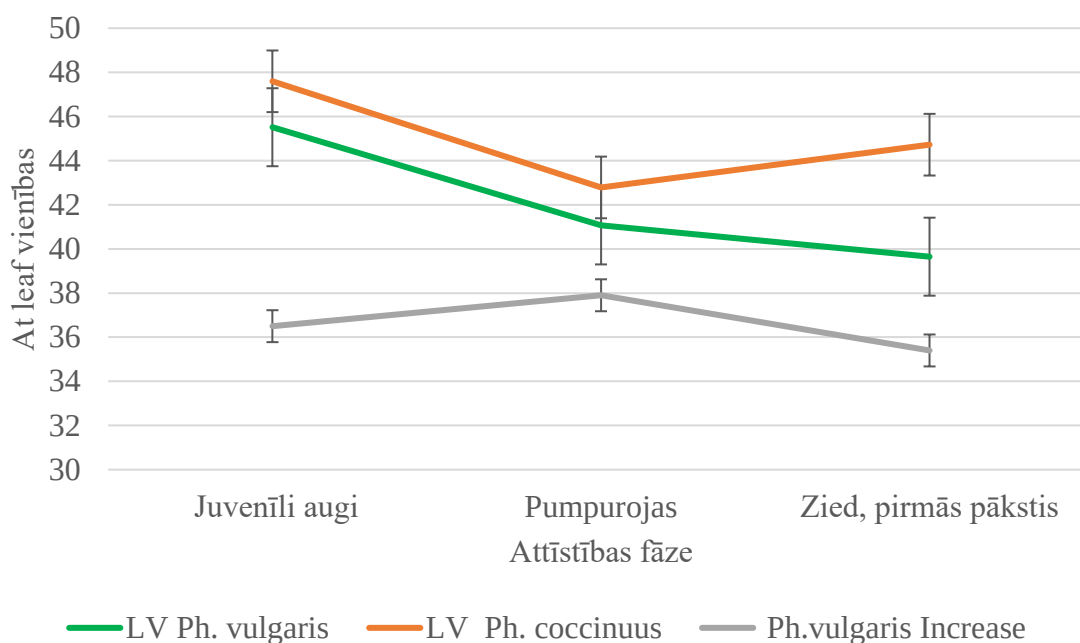
Kā simbiozes efektivitātes vērtējuma kritērijs izmantots hlorofila saturs pupiņu lapās. Hlorofila saturs noteikts ar portatīvo hlorofila mērītāju atLeaf. Ja mērījums ir mazāks par 40 vienībām, tas liecina, ka augu apgāde ar slāpekli nav pietiekama, tātad simbiotiskā sistēma nestrādā pietiekoši efektīvi. Hlorofila saturs pupiņu lapās variē gan atkarībā no audzētā genotipa, gan veģetācijas gada, gan pupiņu ontogēnēzes etapa.

Augstākais hlorofila saturs ir daudzziņu pupiņu lapās, kas liecina par efektīvāku simbiozes procesu un kā jau kāršu pupiņām lēnākiem novecošanās procesiem (11. attēls).

Toties projekta Increase ietvaros saņemtajiem genotipiem konstatēts būtiski zemāks hlorofila saturs lapās, kas varētu liecināt par augu nespēju pielāgoties Latvijas agroklimatiskajiem apstākļiem un iespējamu genotipu un gumiņbaktēriju nesaderību (11. attēls).

Salīdzinot hlorofilu saturu pupiņu vecajās un jaunajās lapās, konstatēts, ka augu apgāde ar simbiotisko slāpekli ir spējusi nodrošināt augu nepieciešamību pēc slāpekļa, jo nav konstatētas būtiskas atšķirības starp hlorofila saturu vecajās un jaunajās augu lapās. Latvijas genotipu augiem pārejot uz pumpurošanās fāzi, hlorofila saturs lapās būtiski krītas un parādās, ka zemāks hlorofila saturs ir augšējās lapās, kas liecina par slāpekļa nepietiekamību un simbiotiskās sistēmas nespēju nodrošināt augus ar šo elementu.

Pumpurošanās - ziedēšanas sākumā noskaidrots, ka normālu hlorofila daudzumu lapās spēj saglabāt kāršu pupiņas, kuras lielākoties ir daudzziēdu pupiņas (LV24 - LV33), turklāt lielākajai daļai no šiem genotipiem nenovēro krāsas atšķirības starp augšējām un apakšējām lapām. Joprojām saglabājas tendence, ka augšējās lapas satur mazāk hlorofila nekā apakšējās, kas liecina par simbiotiskās sistēmas darbības traucējumiem, kas varētu būt saistīti ar ierobežoto veģetācijas trauku tilpumu un iespējamo citu minerālelementu trūkumu substrātā.



11. attēls. Hlorofila saturs pupiņu lapās augu ontogēnēzē

Veicot datu matemātisko apstrādi noskaidrots, ka pupiņu genotipa ietekmes īpatsvars uz hlorofila saturu dārza pupiņu lapās ir gandrīz 50%, daudz mazāka ietekme ir daudzziēdu pupiņu genotipam, tikai 11.4 %, bet Projekta Increase ietvaros saņemtajiem augiem hlorofila saturu par 81% ietekmē pupiņu genotips. (4.tabula).

Daudz mazāka ietekme ir bijusi inokulācijai ar gumiņbaktērijām. Dārza pupiņām inokulācija devusi tikai 0.9 % efektu, bet Increase augiem 5.6 %, kas liecina, ka ne-Latvijas pupiņas atšķirīgi reaģējušas uz izmantoto gumiņbaktēriju celmu. Tas, ka mijiedarbība starp genotipu un gumiņbaktēriju celmu Latvijas genotipiem ir lielāka nekā 10% liecina, ka pastāv

iespējas atlasīt gumiņbaktēriju celmus, kuri varētu būt efektīvāki konkrētajam pupiņu genotipam (4. tabula).

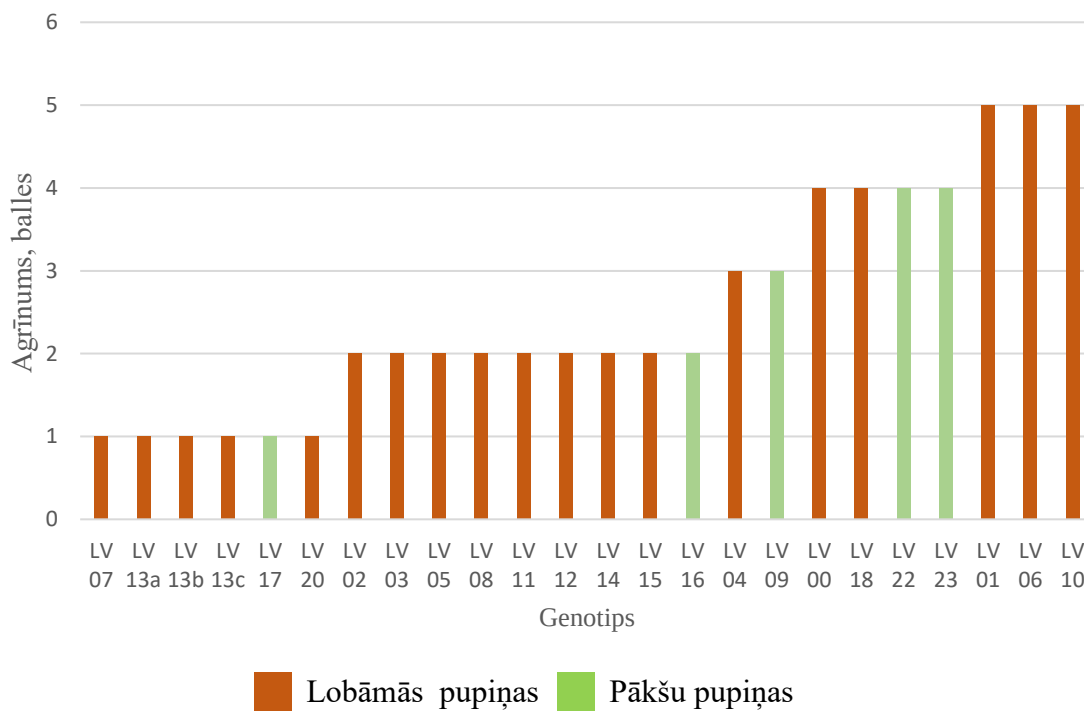
4. tabula. Genotipa un inokulācijas ietekme uz hlorofila saturu pupiņu lapās, %

	<i>Ph. vulgaris</i> LV	<i>Ph. coccineus</i> LV	<i>Ph. vulgaris</i> Increase
Genotips (G)	49.7	11.4	80.7
Inokulācija (I)	0.9	2.6	5.6
Mijiedarbība (GxI)	11.4	11.4	8.8

2.5. Genotipu agrīnuma vērtējums

Būtisks augu ontogēnēzes rādītājs ir agrīnums. Pupiņu šķirnes parasti tiek grupētas kā agrīnas vai vēlīnas, tomēr augšanas perioda ilguma diapazons dažādos reģionos vai dažādu augšanas gaitu šķirnēm, ir atšķirīgs. Atkarībā no augšanas un reģiona pupiņu šķirņu nogatavošanās ir no 60 līdz 300 dienām. Atšķirību nosaka ne tikai šķirne, bet arī vides faktori, īpaši dienas garums un temperatūra (Mamo et al, 2021).

Latvijas apstākļos agrākie pupiņu genotipi nogatavojas 90 dienu laikā. Lielākā daļa Latvijas krūmu pupiņu genotipu veģetācijas periods ir 90 - 110 dienas. Turpretim projekta INCREASE genotipiem līdz gatavām pākstīm ir vajadzīgas vismaz 130 dienas (12. attēls).



12. attēls. Pupiņu genotipu agrīnuma vērtējums.

Apzīmējumi: 1 – agrs, 2 – agrīns, 3 – vidēji agrs, 4 – vidēji vēls, 5 – vēlīns, 6 – vēls.

Agri genotipi ir LV07, visi trīs LV13 genotipi, LV17 un LV20, turpretim LV01, LV06 un LV10 jāuzskata par vēlīniem un gados ar agrām rudens salnām šie genotipi varētu nenogatavoties.

2.6. Kolekcijā esošo dārza pupiņu fenotipiskā radniecība un genotipu apraksti

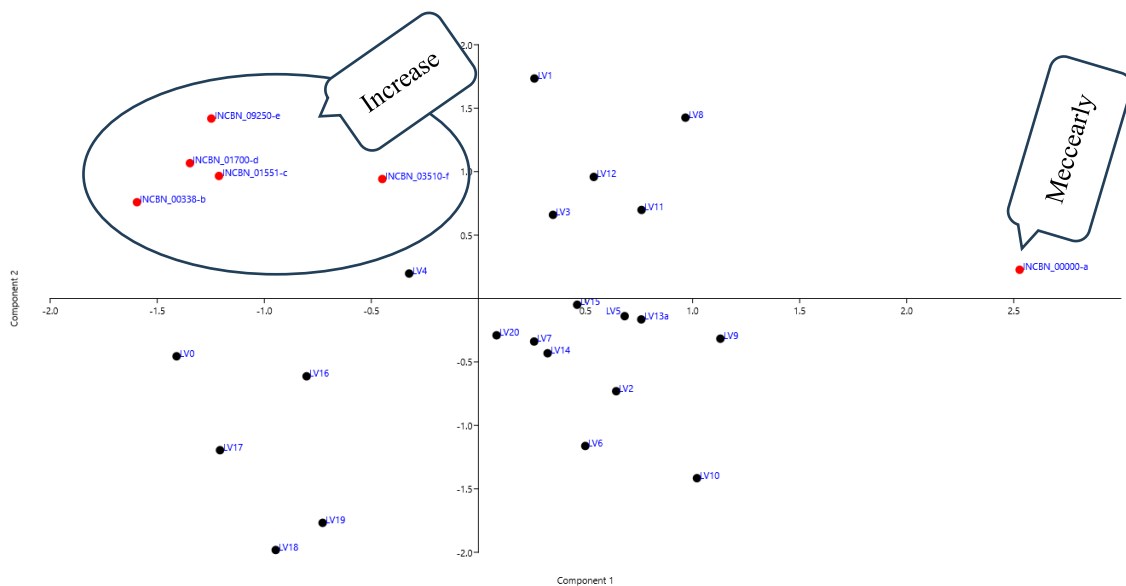
Kolekcijā esošajiem pupiņu paraugiem veikta principiālo komponentu analīze (PCA), izmantojot vērtēšanā iegūtos datus. Analīzes rezultātā iezīmējas trīs genotipu grupas un atsevišķi šķirni ‘Meccearly’ (13. un 14. attēli). Pilnīgāka pupiņu ģenētiskā materiāla izvērtēšana dota publikācijā Lācis et al., 2025.

Šķirne ‘Meccearly’ izceļas ar ievērojami lielāku pupiņu izmēru un masu salīdzinājumā ar visiem pārējiem genotipiem: vidējais pupiņas tilpums ir 676.88 mm³ (pārējo paraugu vidējais tilpums ir 340.54 mm³), un vidējā 100 pupu masa ir 86.7 g (pret 46.79 g pārējiem paraugiem).

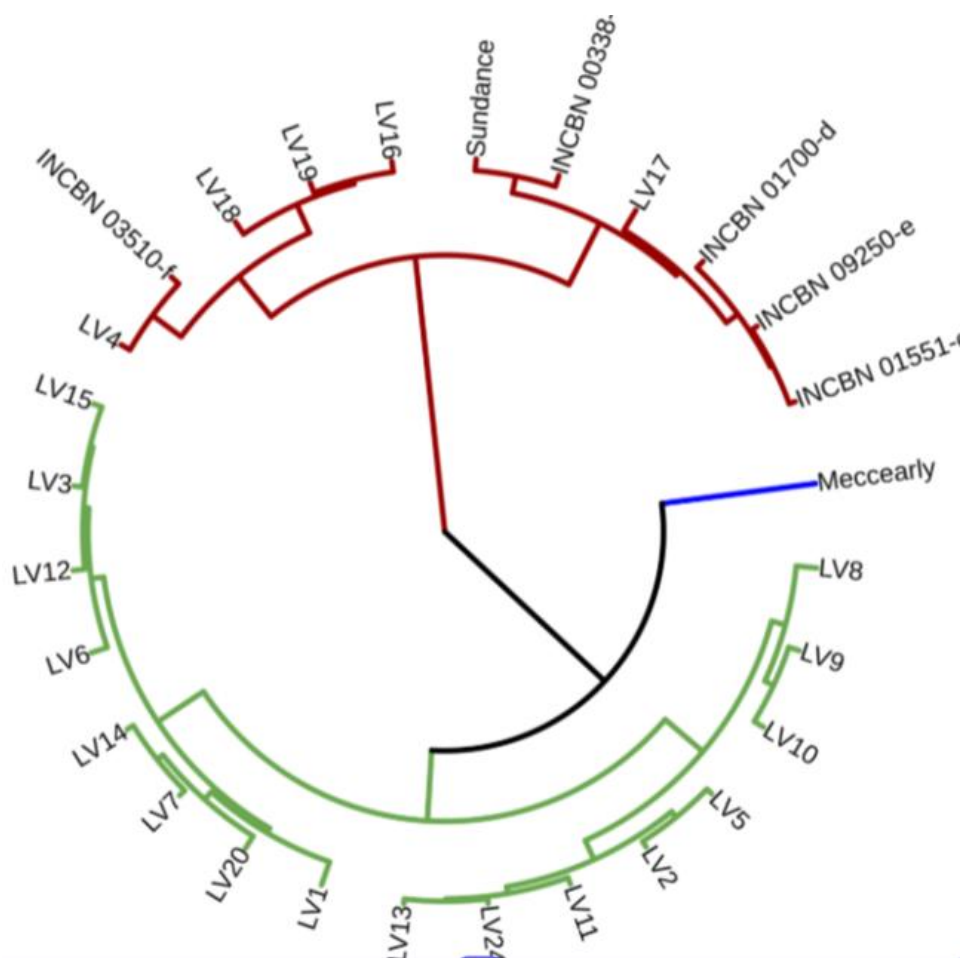
Lielāko paraugu grupu (17 genotipi) veido Latvijas izcelsmes gēnu bankas materiāls. Otra grupa, kurā ietilpst genotipi LV00, LV16, LV17, LV18 un LV19, ir pākšu pupiņas, kurām, likumsakarīgi ir mazāka 100 pupu masa, pupiņu tilpums un citi parametri nekā pirmajai grupai.

Atsevišķu paraugu grupu veido references genotipi no Increase projekta. Šie genotipi atšķiras no Latvijas izcelsmes paraugiem ar relatīvi mazākām pupām, bet lielāku pupu proteīna saturu.

Interesanti, ka datu matemātiskā apstrāde pēc fenotipiskajām pazīmēm tuvāk projekta Increase paraugiem novietosi Latvijā audzēto balto krūmu pupiņu LV04 (13. un 14. attēli).



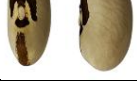
13. attēls. Dārza pupiņu (*Phaseolus vulgaris* L.) genotipu principiālo komponentu analīze

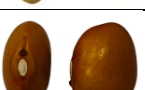


14. attēls Dārza pupiņu (*Phaseolus vulgaris* L.) kolekcijas paraugu fenotipiskā radniecība

Fenotipiskais Latvijas vietējo dārza pupiņu (5. tabula) un projekta INCREASE genotipu novērtējums parādīja augu materiāla daudzveidību, īpaši adaptācijai nozīmīgajās pazīmēs. Tas norāda uz labāku vietējā materiāla pielāgoties spēju, kā arī daudzveidību, ko būtu nepieciešams saglabāt šī kultūrauga turpmākai izmantošanai. Šis novērtējums veido pamatu Latvijas vietējo parasto pupu ģenētisko resursu saglabāšanas stratēģijas izstrādei.

5. tabula. Dārza pupiņu (*Phaseolus vulgaris* L.), kas glabājas Latvijas Biozinātņu un tehnoloģiju universitātes kolekcijā, genotipu apraksts

Genotips	Apraksts	Attēls
Meccearly	Agrīna šķirne. Krūmu pupiņa ar taisnām, raibām, šķiedrainām pākstīm.	
Sundance	Vidēji agra šķirne. Krūmu pupiņa, augi ar taisnām dzeltenām pākstīm, bez šķiedrām	
LV01	Vidēji vēls genotips. Krūmu pupiņa ar taisnām, dzeltenīgām šķiedrainām pākstīm.	
LV02	Vidēji agrs genotips. Krūmu pupiņa ar taisnām, dzeltenīgām šķiedrainām pākstīm	
LV03	Vidēji agrs genotips. Krūmu pupiņa ar taisnām, dzeltenīgām, šķiedrainām pākstīm	
LV04	Vidēji agrs genotips. Krūmu pupiņa ar taisnām, zaļganām, šķiedrainām pākstīm	
LV05	Vidēji agrs genotips. Krūmu pupiņa ar taisnām, zaļganām, šķiedrainām pākstīm.	
LV06	Vēlīns genotips. Krūmu pupiņa ar taisnām, zaļganām, šķiedrainām pākstīm.	
LV07	Agrs genotips. Krūmu pupiņa ar taisnām, zaļganām, šķiedrainām pākstīm.	
LV08	Vidēji agrs genotips. Krūmu pupiņa ar taisnām, raibām, šķiedrainām pākstīm.	
LV09	Agrīns genotips. Krūmu pupiņa ar taisnām, zaļganām, šķiedrainām pākstīm.	
LV10	Vēlīns genotips. Krūmu pupiņa ar taisnām, zaļganām, šķiedrainām pākstīm.	
LV11	Vidēji agrs genotips. Krūmu pupiņa ar taisnām, dzeltenīgām, šķiedrainām pākstīm.	
LV12	Vidēji agrs genotips. Krūmu pupiņa ar taisnām, dzeltenīgām, šķiedrainām pākstīm.	
LV13a	Agrs genotips. Krūmu pupiņa ar taisnām, dzeltenīgām, šķiedrainām pākstīm.	

Genotips	Apraksts	Attēls
LV13b	Agrs genotips. Krūmu pupiņa ar taisnām, dzeltenīgām, šķiedrainām pākstīm.	
LV13c	Agrs genotips. Krūmu pupiņa ar taisnām, dzeltenīgām, šķiedrainām pākstīm.	
LV14	Vidēji agrs genotips. Krūmu pupiņa ar taisnām, raibām, šķiedrainām pākstīm.	
LV15	Vidēji agrs genotips. Krūmu pupiņa ar taisnām, dzeltenīgām, šķiedrainām pākstīm.	
LV16	Vidēji agrs genotips. Krūmu pupiņa ar taisnām, zaļganām, pākstīm bez šķiedrām.	
LV17	Agrs genotips. Krūmu pupiņa ar taisnām, dzeltenīgām, pākstīm bez šķiedrām.	
LV18	Vidēji vēls genotips. Krūmu pupiņa ar taisnām, violetām pākstīm bez šķiedrām. Visticamāk, šķirne 'Ametist' vai 'Purple queen'.	
LV19	Vidēji vēls genotips. Krūmu pupiņa ar taisnām, raibām, pākstīm bez šķiedrām.	
LV20	Agrs genotips. Zviedru izcelsmes, audzēta Latvijā jau vairāk nekā 10 gadus. Krūmu pupiņa ar taisnām, dzeltenīgām, šķiedrainām, pākstīm.	
LV21	Vidēji vēls genotips. Krūmu pupiņa ar taisnām, zaļganām, šķiedrainām, pākstīm.	
LV22	Vēlīns genotips. Krūmu pupiņa ar taisnām, zaļganām, šķiedrainām, pākstīm.	
LV23	Vēlīns genotips. Krūmu pupiņa ar taisnām, dzeltenīgām, šķiedrainām, pākstīm.	
LV k1 =LV24	Vidēji agrs genotips. Kāršu pupiņa ar taisnām dzeltenām, šķiedrainām pākstīm.	
LV k2	Vēls genotips. Kāršu pupiņa ar taisnām, zaļām, šķiedrainām pākstīm. Pupiņas nelielas, apaļas, tumši sarkanā krāsā.	
LV k3	Vēls genotips. Kāršu pupiņa ar taisnām, zaļām, šķiedrainām pākstīm. Pupiņas nelielas, apaļas, melnā krāsā.	

3. Projekta koordinācija un zināšanu popularizēšana

Publicēts:

- Lācis, G.; Jagtap, S.; Dubova, L.; Harbovska, T.; Udalovs, D.; Ziediņa, L.; Alsina, I. Phenotypic Variability of Local Latvian Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and Its Position Within European Germplasm. Int. J. Plant Biol. 2025, 16, 59. <https://doi.org/10.3390/ijpb16020059>
- T. Harbovska, I. Alsina, L. Dubova, G. Lācis (2025) Genetic resources of common beans as the basis for the sustainable vegetable protein production - vēl nav informācijas par izdevumu.

Par projekta rezultātiem ziņots:

- 1) Bukarestē Eiropas dārzkopju kongresā (12.05.2024 - 17.05.2024) Gunars Lacis, Ina Alsina, Shreya Jagtap, Laila Dubova, Tetiana Harbovska "Evaluation of garden bean genotypes grown in Latvia"
- 2) Zinātniski praktiskā konference "LĪDZSVAROTA LAUKSAIMNIECĪBA 2024", 22.-23.02.2024., LBTU, Jelgava, Latvijā audzēto dārza pupiņu genotipu vērtējums. I. Alsina, L. Dubova, T. Harbovska, G. Lācis, S. Jagtap, V. Remese, L. Ziediņa
- 3) 82. Latvijas Universitātes starptautiskā zinātniskā konference, Augu Bioloģijas sekcija, 2024. gada 1. februārī. Alsina I., Lācis G., Jagtap S., Dubova L., Harbovska T. Latvijā audzētu dārza pupiņu (*Phaseolus vulgaris*) izvērtējums
- 4) Innovative developments of youth in modern vegetable growing, October 08, 2025, Генофонд квасолі як основа сталості виробництва рослинного білка /T. Harbovska, I. Alsina, L. Dubova, G. Lācis

Publicētas tēzes:

- Alsina I., L. Dubova L., Harbovska T., Lācis G., Jagtap S., Remese V., Ziediņa L. Latvijā Latvijā audzēto dārza pupiņu genotipu vērtējums. Līdzsvarota lauksaimniecība: zinātniski praktiskās konferences tēzes. Jelgava: LBTU, 2024. 38. lpp
- Lacis, G., Alsina, I., Jagtap, S., Dubova L., Harbovska, (2024) Evaluation of garden bean genotypes grown in Latvia European Horticulture Congress, Symposium 08: Genetic Resources In Horticulture: Screening, Propagation, Use, And Conservation, 12-16 May, 2024, Bucharest, Romania, P81. https://ehc.usamv.ro/wp-content/uploads/2024/05/S08_Book-of-abstracts_04.pdf
- T. Harbovska, I. Alsina, L. Dubova, G. Lācis (2025) Генофонд квасолі як основа сталості виробництва рослинного білка- vēl nav informācijas par izdevumu.

SECINĀJUMI

Iegūts dārza pupiņu (*Phaseolus vulgaris*) sēklu materiāls no sešiem pupiņu audzētājiem. Projekta pētījumā iekļauti 36 Latvijā audzēti genotipi, no tiem 28 genotipi ir *Phaseolus vulgaris*, bet astoņi genotipi pieder sugai *Ph. coccineus*.

Pupiņu ražu būtiski ietekmēja audzēšanas perioda klimatiskie apstākļi. Vidēji ražīgākie bijuši genotipi LV01, LV08 un LV20. Vismazākās ražības svārstības novērots genotipiem LV02 un LV20. Kā kultivēšanai “drošākos” genotipus var ieteikt LV20, LV08 un LV02.

No pākšu pupiņā augstāko ražību uzrādīja genotips LV17, bet šis genotips raksturojas ar lielām ražas svārstībām dažādos audzēšanas apstākļos.

Rupjākās pupiņas (lielākā 100 pupiņu masa) no Latvijas dārza pupiņu genotipiem bijusi LV23, LV08 un kāršu pupiņai LV K1.

Proteīna saturs pupiņu sēklās variēja robežās no 18,4 % līdz 31,4%. Augstākais proteīna saturs vidēji bijis genotipiem LV19, LV01 un LV07. Augstāks proteīna saturs bija Latvijas krūmu lobāmo pupiņu genotipiem. Nav novērojama korelācija starp sēklu masu un proteīna saturu tajās. Gados ar augstākām aktīvajām temperatūrām novēro augstāku proteīna saturu pupiņu sēklās.

Augstākais hlorofila saturs ir daudzziēdu pupiņu lapās, tas būtiski nesamazinās arī augu ontoģenēzes laikā. Latvijas pupiņas spēj izveidot pietiekoši efektīvu simbiotisko sistēmu, lai nodrošinātu sevi ar atmosfēras slāpekli, tomēr datu matemātiskā apstrāde liecina, ka būtiska ir baktēriju un augu mijiedarbība, kas liecina, ka ir iespējams piemeklēt celmus, kuri ir konkrētajam genotipam efektīvāki. Projekta ietvaros saņemtajām pupiņām hlorofilu saturs ir būtiski zemāks, kas varētu liecināt par mazefektīvas simbiozes pastāvēšanu.

No Latvijas apstākļos audzētajiem genotipiem lielākā daļa raksturojas ar agru vai agrīnu sēklu nogatavošanās laiku.

Fenotipiskais Latvijas vietējo dārza pupiņu genotipu novērtējums parādīja augu materiāla daudzveidību, īpaši adaptācijai nozīmīgajās pazīmēs. Tas norāda uz labāku vietējā materiāla pielāgoties spēju, kā arī uz daudzveidību, ko nepieciešams saglabāt šī kultūrauga turpmākai izmantošanai.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. Bellucci E., Benazzo A., Xu C., Bitocchi E., Rodriguez M., Alseikh S., Di Vittori V., Gioia T., Neumann K., Cortinovis G., Frascarelli G., Murube E, Trucchi E., Nanni L., Ariani A, Logozzo G, Shin J.H., Liu C, Jiang L., Ferreira J.J., Campa A, Attene G., Morrell P.L., Bertorelle G., Papa R. (2023) Selection and adaptive introgression guided the complex evolutionary history of the European common bean *Nature Communications* 14:1908, doi: 10.1038/s41467-023-37332-z
2. Cortinovis G., Oppermann M., Neumann K., Graner A., Gioia T., Marsella M., Alseikh S., Fernie A.R., Papa R., Bellucci E., et al. Towards the Development, Maintenance, and Standardized Phenotypic Characterization of Single-Seed-Descent Genetic Resources for Common Bean. *Curr. Protoc.* 2021;1:e133. doi: 10.1002/cpz1.133.
3. Hobdari V., Jani S., Elezi F.(2024) Characterization and evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* l.) Accessions stored in the Albanian genetic bank. International scientific journal "Mechanization in agriculture & conserving of the resources", issue 2, 71-75
4. Lācis, G.; Jagtap, S.; Dubova, L.; Harbovska, T.; Udalovs, D.; Ziedīņa, L.; Alsīņa, I. Phenotypic Variability of Local Latvian Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and Its Position Within European Germplasm. *Int. J. Plant Biol.* 2025, 16, 59.
5. Pipan B., Sinkovič L., Neji M., Meglič V., Susek K., Kroc M., Bellucci E., Bitocchi E., Papa R. (2025). Application of non-destructive MARVIN and NIR seed screening of pre-breeding material: A case study on common bean (*Phaseolus vulgaris*), white lupin (*Lupinus albus*) and Andean lupin (*L. mutabilis*). *Seed Science and Technology*, 53, 1, 51-72. <https://doi.org/10.15258/sst.2025.53.1.06>
6. Ramadhani AM, Nassary EK, Rwehumbiza FB, Massawe BHJ and Nchimbi-Msolla S (2024) Impact of mulching treatments on growth, yields, and economics of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Eastern Tanzania. *Front. Sustain. Food Syst.* 8:1455206.
7. Raveneau MP, Coste F, Moreau-Valancogne P, Lejeune-Hénaut I, Durr C. Pea and bean germination and seedling responses to temperature and water potential. *Seed Science Research.* 2011;21(3):205-213. doi:10.1017/S096025851100006
8. Rebello, C. J., Greenway, F. L., & Finley, J. W. (2014). Whole grains and pulses: A comparison of the nutritional and health benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(29), 7029–7049. <https://doi.org/10.1021/jf500932z>
9. Rendón-Anaya, M., Montero-Vargas, J.M., Saburido-Álvarez, S. *et al.* Genomic history of the origin and domestication of common bean unveils its closest sister species. *Genome Biol* 18, 60 (2017). <https://doi.org/10.1186/s13059-017-1190-6>