

**Universitatea de Științele Vieții “Regele Mihai I” din Timișoara**

**Școala Doctorală IRVA**



**Ing. IACOB CORNELIU**

# **TEZĂ DE DOCTORAT**

**CERCETĂRI PRIVIND STABILITATEA UNOR CARACTERE  
DE PRODUCȚIE ȘI CALITATE LA FASOLEA DE GRĂDINĂ  
(REZUMAT)**

**Conducător Științific**

**Prof.univ.dr. SORIN CIULCA**

**Timișoara**

**2025**

## INTRODUCERE

Fasolea este considerată cea mai importantă leguminoasă alimentară pentru consumul uman direct atât în Europa și în întreaga lume și constituie o sursă esențială de proteine pentru peste 300 de milioane de oameni. Fasolea verde este o legumă extrem de nutritivă și funcțională, oferind o gamă largă de beneficii pentru sănătate. Conținut bogat de vitamine, minerale, fibre și antioxidanți contribuie la sănătatea cardiovasculară, la eficiența digestivă, la rezistența oaselor și la prevenirea bolilor. Combinația dintre conținutul scăzut de calorii, conținutul ridicat de fibre și activitatea antioxidantă puternică poziționează fasolea verde ca o componentă esențială a unei diete echilibrate și un aliment preventiv împotriva bolilor netransmisibile. Consumul regulat, combinat cu metode adecvate de gătire și depozitare, poate îmbunătăți semnificativ sănătatea generală.

Pe lângă contribuțiile sale nutriționale, fasolea joacă un rol semnificativ în securitatea alimentară și agricultura durabilă. Importanța fasolei pentru păstăi din perspectiva consumatorului și cultivatorului poate aduce beneficii mediului înconjurător în trei moduri principale. Fasolea verde poate promova biodiversitatea în sistemele agricole, oferind beneficii prin fixarea azotului care poate reduce aplicarea îngrășămintelor chimice. Soiurile urcătoare au capacitatea de a fixa 16-42 kg/ha de azot într-un sezon, în funcție de condițiile ecologice și tehnologice ale culturii.

Diversitatea fenotipică a păstăilor include în principal variații de culoare (culoarea și modelele păstăilor) și caracteristici asociate cu morfologia păstăilor (lungimea, lățimea, forma secțiunii transversale, curbura și forma ciocului păstăii). Pe lângă morfologia păstăilor, alte caracteristici ale păstăilor, cum ar fi conținutul de fibre insolubile, perioada de vegetație în care sunt conservate caracteristicile păstăilor, dimensiunea semințelor, rata de dezvoltare a semințelor și aroma, afectează, de asemenea, calitatea păstăilor de fasole verde și determină utilizarea lor ca legume proaspete sau alimente congelate/procesate.

Schimbările climatice reprezintă o provocare tot mai mare pentru producția de fasole din cauza frecvenței și intensității tot mai mari a stresului abiotic, în special a secetei și a temperaturilor ridicate. Productivitatea la fasolea de grădină este foarte sensibilă față de stresurile abiotice, cum sunt seceta, temperaturile extreme, salinitatea și deficiențele de nutrienți din sol. Aceste stresuri pot reduce cantitatea, calitatea și valoarea de piață a păstăilor. Ca atare, crearea de soiuri tolerante la stresul abiotic este un obiectiv major în programele de ameliorare a fasolei de grădină.

Germoplasma introgresată poate fi utilizată ca o punte pentru hibridarea între baze genetice diferite și este de o mare importanță pentru ameliorarea fasolei de grădină cu un producție, calitate și nivel de rezistență la boli superioare.

Genotipurile care mențin creșterea și alocarea resurselor necesare producției în condiții suboptimale sunt deosebit de valoroase atât pentru ameliorare cât și pentru cultivare în zona de interes. În acest sens este necesară evaluarea genotipurilor comparativă în condiții variabile de mediu pentru a stabili reacțiile fenotipice ale acestora și a evalua adaptabilitatea ca rezultat al interacțiunii genotip x mediu.

Pe fondul schimbărilor climatice actuale, posibilitatea de a obține producții de păstăi la fasole cu o calitate corespunzătoare cerințelor consumatorilor depinde și de influența interacțiunii dintre genotip și mediu asupra elementelor componente ale producției și calității acesteia. În acest sens este necesară evaluarea soiurilor de fasole în diferite condiții de cultură pentru identificarea soiurilor care manifestă o stabilitate corespunzătoare a producției și calității păstăilor.

Scopul acestui studiu a constat în evaluarea stabilității producției de păstăi și calității acesteia la un set de soiuri de fasole de grădină, în vederea identificării soiurilor care pot asigura producții constante, destinate atât utilizării în cultură cât și ca sursă potențială de gene în programele de ameliorare a acestei specii. În vederea îndeplinirii acestui scop, au fost vizate următoarele obiective:

- determinarea variabilității caracterelor componente ale producției de păstăi și însușirilor de calitate ale acesteia;
- estimarea efectelor interacțiunii dintre genotip și mediu asupra manifestării fenotipice a producției de păstăi, componentelor sale și însușirilor de calitate ale păstăilor;
- evaluarea componentelor fenotipice și genotipice pentru producția și calitatea păstăilor;
- analiza diversității dintre soiurile de fasole pentru caracterele de producție și calitate;
- stabilirea interrelațiilor dintre componentele producției de păstăi.

Teza de doctorat are o extensie de 135 pagini, cuprinde 97 tabele și 67 figuri, fiind organizată pe patru părți. În prima sunt prezentate informații privind problematica actuală și de perspectivă referitoare la ameliorarea producției și calității la fasolea de grădină. Partea a doua structurată pe două capitole cuprinde rezultatele cercetărilor proprii referitoare la stabilitatea unor caractere de producție și calitate la fasolea de grădină. În partea a treia sunt incluse concluzii generale și recomandări care evidențiază valoarea informațiilor obținute pentru cultura și ameliorarea la fasolea de grădină. În final sunt prezentate elementele de originalitate asociate rezultatelor obținute. Bibliografia este alcătuită din 247 referințe bibliografice.

## PROBLEMATICA ACTUALĂ ȘI DE PERSPECTIVĂ REFERITOARE LA AMELIORAREA STABILITĂȚII PRODUCȚIEI ȘI CALITĂȚII LA FASOLEA DE GRĂDINĂ

Obiectivele de ameliorare descriu caracteristicile care au capacitatea de a îmbunătăți cel mai mult productivitatea, calitatea, adaptabilitatea și profitabilitatea culturii fasolei pentru păstăi. Producția de păstăi este un caracter cantitativ complex, cu eritabilitate redusă, supusă influenței considerabile a unor diverse tipuri de condiții de mediu și variații ale acestora. Din cauza cerințelor suplimentare de calitate a păstăilor producția are un caracter mai complex în comparație cu fasolea pentru boabe. La fasolea pentru păstăi, producția, calitatea și stabilitatea acesteia sunt cele mai importante caracteristici economice, care depind în principal de arhitectura plantelor, caracterele păstăilor și rezistența la stresuri abiotice și biotice. Stabilitatea producției ar putea fi obținută prin încorporarea genelor de rezistență la stresuri biotice și abiotice și prin ameliorarea pentru o adaptare mai largă, adică o valoare minimă a interacțiunilor genotip  $\times$  mediu.

Caracterele plantei includ producția și elementele sale componente cum sunt: diametrul hipocotilului, tipul de creștere, înălțimea plantei, numărul și dimensiunea frunzelor, numărul de ramificații primare, lungimea internodală, zilele până la înflorire, durata înfloririi, numărul de noduri florifere, numărul de flori și păstăi per nod și per plantă, rata de umplere a păstăilor și indicele de recoltă.

Caracterele păstăii cuprind: lungimea, culoarea, lățimea păstăii (măsurată prin suturile ventrale și dorsale), grosimea (măsurată de la un perete lateral la altul), forma secțiunii transversale, liniaritatea (curbură), netezimea, rata de dezvoltare a semințelor, caracterul fibros al suturilor, conținutul de fibre din peretele păstăii, punctul de desprindere, forma și lungimea pintenului (rămășița stilului), culoarea și textura internă, aroma. Caracteristicile dimensiunii păstăilor, cum ar fi lungimea, grosimea și lățimea păstăii, manifestă un determinism cantitativ. În acest sens pe anumiți cromozomi au fost identificate numeroase QTL-uri pentru calitatea păstăii (*Pv01*, *Pv02*, *Pv03*, *Pv04* și *Pv07*) și producția de păstăi (*Pv08*, *Pv09*).

Calitatea superioară a păstăilor de fasole verde poate fi obținută prin culesul frecvent al păstăilor imature. Culesul păstăilor imature stimulează creșteri compensatorii ale producției de păstăi. Recoltarea de două ori a păstăilor a determinat o creștere cu 74 % a producției comparativ cu recoltarea unică. Soiurile cățărătoare cu creștere nedeterminată tind să înflorească pe o perioadă lungă de timp și răspund la culesul regulat prin dezvoltarea de noi păstăi. La soiurile oloage, pentru obținerea unor producții ridicate prin culesul repetat, se recomandă folosirea unor densități reduse, sub 50 plante/m<sup>2</sup>.

Culoarea păstăilor prezintă variații genetice în ceea ce privește nuanța, și intensitatea, luciul și uniformitatea acestuia. Majoritatea soiurilor de fasole verde au păstăi de culoare verde, dar pot avea și culoare galbenă sau violet/roșu. Nuanța de culoare verde, intensitatea și strălucirea acesteia variază de la verde deschis la verde închis. Păstăile cu culoarea galbenă sunt controlate de o genă majoră recesivă (*y*) care poate fi afectată de o genă modificatoare (*arg*) și eventual, de alți modificatori. Adăugarea genei *arg* determină o culoare aproape albă sau verde-argintie a păstăilor. Amelioratorii trebuie să selecteze păstăile pentru îngălbenirea timpurie, care dezvoltă o culoare aurie intensă în stadiul de păstăi fragede.

Netezimea și pulpa păstăii sunt influențate de fibra peretelui păstăii, ritmul de dezvoltare și dimensiunea semințelor. Fasolea de grădină are păstăi mai netede decât fasolea pentru boabe. Mărirea și forma semințelor afectează netezimea păstăii, deoarece semințele mari, ovale sau rotunde vor produce umflături pe suprafața păstăii. Selecția genotipurilor cu ritmuri mai lente de dezvoltare a semințelor și cu semințe mai mici, cilindrice poate crește netezimea păstăii.

Specia *P. acutifolius* cu adaptare naturală la medii aride, poate fi utilizată ca sursă de gene pentru toleranța la căldură și secetă. Această specie posedă diverse trăsături adaptive, inclusiv sisteme radiculare profunde care captează eficient apa din sol, permițându-i să reziste perioadelor prelungite de secetă. Plantele de *P. acutifolius* au, de asemenea, o cuticulă ceroasă pe frunze, reducând pierderea de apă prin transpirație, sporindu-le și mai mult rezistența în condiții aride.

O altă specie importantă în acest sens este *P. coccineus*: care are un sistem radicular viguros care îi asigură toleranța la temperaturi ridicate. Forme sălbatice și populații locale de fasole din America Centrală și Africa prezintă variabilitate pentru durata înfloritului, temperatura aparatului foliar și fertilitatea polenului în condiții de stres termic

Introgresia toleranței cheie la stresul abiotic de la formele de fasole din zone tropicale sensibile la fotoperioadă în linii fotoperiodice neutre care vor fi evaluate și utilizate în zone temperate va sporii diversitatea genetică și va permite piramidarea mecanismelor de toleranță la stres. Comportamentul formelor cu creștere nedeterminată poate crește stabilitatea producției în condiții de stres prin evitarea perioadelor scurte de stres în timpul dezvoltării reproductive, urmată de producerea de noi flori și păstăi. Maturizarea timpurie este un mijloc eficient de a evita stresul abiotic, deoarece este asociată cu o cerere totală redusă de resurse, însă un ciclu de cultură mai scurt reduce considerabil și producția.

Ameliorarea fasolei este condiționată și de biodiversitatea germoplasmei existente, astfel că sunt necesare activități direcționate spre utilizarea variabilității întâlnite în soiurile și populațiile locale și populațiile sălbatice ale diferitelor specii de *Phaseolus*; dezvoltarea și extinderea eforturilor de ameliorare pentru celelalte patru specii domestice de *Phaseolus*, inclusiv introducerea alelelor de la *P. vulgaris*; determinarea mecanismelor genetice, biochimice și moleculare care permit unor specii sălbatice de *Phaseolus* să reziste extremelor ecologice (căldură la *P. filiformis*, îngheț la *P. angustissimus* și salinitate la *P. macvaughii*) și stresului biotic. Pentru eficientizarea creării de noi soiuri de fasole verde care să satisfacă cerințele cultivatorilor și consumatorilor, sunt necesare acțiuni eficiente în programele de ameliorare, inclusiv introducerea și evaluarea de noi germoplasme, încrucișări între cei mai buni genitori disponibili, selecția precisă a plantelor și descendențelor valoroase.

## MATERIALE ȘI METODE

Materialul biologic a fost alcătuit din 20 de soiuri de fasole de gradina (oloaga) *Phaseolus vulgaris* L. var. *nanus* (L.), de origine genetică și ecologică diversă, diferențiate în ceea ce privește, dimensiunile forma și culoarea păstăilor. Pe baza valorilor temperaturilor medii și a precipitațiilor, se observă că anul 2022 a fost cel mai favorabil pentru cultura fasolei, iar anul 2024, caracterizat prin temperaturi mai ridicate în lunile iulie-august, asociate cu niveluri scăzute de precipitații, a fost considerat cel mai nefavorabil.

Din fiecare parcelă, cinci plante reprezentative au fost analizate pentru următoarele caracteristici: înălțimea plantelor (cm); lungimea, lățimea și grosimea păstăii în funcție de care s-a calculat volumul păstăii (cm<sup>3</sup>); greutatea păstăii (g); numărul de păstăi/plantă; producția de păstăi/plantă (g).

Din fiecare parcelă, au fost prelevate probe de păstăi de la plante reprezentative în vederea efectuării unor determinări referitoare la: fermitatea păstăii (kg/cm<sup>2</sup>), cu penetrometrul PCE – PTR 200; conținutului de zahăr (<sup>0</sup>Brix), cu refractometrul (DR 201- 95); conținutul de proteină (%), Nt\*6,25; conținutul de fosfor, potasiu, fier, zinc, calciu, mangan, magneziu (mg/g). Analizele chimice s-au realizat la Platforma Interdisciplinară de Cercetare din cadrul USV Timișoara.

Pentru compararea soiurilor și determinarea semnificației diferențelor dintre ele s-a utilizat analiza varianței și testul t pentru experiențe bifactoriale de tipul 3 x 20, în blocuri randomizate având anul ca factor principal și soiul ca factor secundar. În vederea stabilirii interacțiunii genotip x mediu și analizei stabilității componentelor producției s-a utilizat atât estimarea componentelor varianței conform modelului Eberhart și Russell cât și 12 indici statistici parametrici și neparametrici. Pentru reprezentarea grafică a însușirilor de producție la soiurile de fasole, s-a folosit analiza primelor două componente principale.

## CONTRIBUȚII PRIVIND STABILITATEA UNOR CARACTERE DE PRODUCȚIE LA FASOLEA DE GRĂDINĂ

Soiul de fasole a prezentat cea mai ridicată influență asupra variabilității taliei plantelor (39,38 %), având o contribuție importantă și asupra producției/plantă (21,62 %) și respectiv numărului de păstăi (17,51 %). Variațiile lungimii, volumului și greutatei păstăii la soiurile de fasole s-au datorat într-o măsură redusă (0,9-1,49 %) influenței genotipului.

Condițiile climatice din perioada studiului au manifestat cea mai ridicată contribuție asupra variației caracterelor de producție la soiurile de fasole. În acest sens talia plantelor a prezentat o stabilitate mai bună pe fondul unei influențe a condițiilor de mediu de 27,16 %, în timp ce lungimea și volumul păstăii au fost dependente într-o măsură de 83,27-90,2 % de favorabilitatea condițiilor climatice.

În cazul greutatei păstăii și înălțimii plantelor, soiurile de fasole au înregistrat o adaptare specifică mai pronunțată față de condițiile climatice din perioada studiului, asociată unor efecte ale interacțiunii soiuri x ani de 33,47-42,33 %. Variația volumului păstăii a prezentat o independență mai ridicată față de efectul interacțiunii dintre soiuri și ani (8,9 %).

Condițiile climatice din 2022 au fost mai favorabile pentru creșterea plantelor de fasole care au înregistrat o talie semnificativ superioară față de cele din perioada 2023-2024 înregistrând sporuri semnificative de 12,81-17,14 %. Soiurile Maxidor și Roquencourt prezintă o stabilitate mijlocie realizând o talie a plantelor inferioară mediei, care sugerează că aceste soiuri manifestă o bună adaptabilitate față de condițiile climatice mai puțin favorabile pentru creșterea plantelor.

La plantele soiurilor Plador, Doge și Contender stabilitatea medie a fost asociată cu valori mai ridicate ale taliei manifestând o bună adaptabilitate față de condiții de mediu, indiferent de favorabilitatea acestora. Soiul Marconi a prezentat cea mai ridicată adaptabilitate față de condițiile de mediu din perioada studiului realizând valori ale

înălțimii plantelor superioare mediei, mai ales în condiții nefavorabile. La soiurile Ileana, Voletta, Velodrom și Sondella, se observă o influență ridicată a interacțiunii genotip x mediu asupra creșterii plantelor.

Soiurile Contender, Voletta, Nassau și Roquencourt au valorificat la un nivel superior condițiile din perioada studiului realizând o lungime medie a păstăilor de 14,18-14,81 cm, superioară față de majoritatea celorlalte soiuri. Lungimea păstăii la Tytania prezintă o stabilitate statică ridicată corelată cu valori inferioare mediei generale, în timp ce la soiul Doge stabilitatea respectivă a permis realizarea unei valori superioare mediei. Lungimea păstăii la soiurile Contender și Voletta manifestă o interacțiune genotip x mediu ridicată, fiind specific adaptate la condiții favorabile pentru cultura fasolei.

Soiurile Processor și Merviglia din Venezia prezintă o stabilitatea mijlocie a lungimii păstăii și adaptabilitate la factorii de cultură mai puțin favorabili. La soiurile Roquencourt și Nassau lungimea păstăii a fost corelată cu reacția celorlalte soiuri față de condițiile din cei trei ani, înregistrând valori superioare mediei.

Condițiile climatice din perioada 2023-2024 au fost mai favorabile pentru dezvoltarea păstăilor de fasole care au înregistrat un volum semnificativ superior față de cele din 2022, cu cele mai ridicate valori medii la soiurile Plador și Nassau. Soiurile Ileana, Roquencourt și Sondella au prezentat valori reduse al volumului păstăii pe fondul unei adaptări scăzute față de condițiile mai puțin favorabile.

Soiurile Contender și Voletta au manifestat un volum al păstăilor proportional cu favorabilitatea condițiilor de mediu. Stabilitatea ridicată a soiurilor Domino și Processor a fost asociată cu valori inferioare mediei indiferent de favorabilitatea condițiilor de mediu, în timp ce volumul păstăilor la soiul Tytania a manifestat constant valori superioare mediei. La soiurile Nassau, Plador și Doge, se observă o influență ridicată a interacțiunii genotip x mediu asupra dezvoltării păstăilor, pe fondul unei adaptări specific față de condiții favorabile de mediu. Soiurile Velodrom, Wotter, Minidor, Berggold au realizat valori inferioare mediei și necorelate cu favorabilitatea condițiilor de mediu.

Soiul Marconi a valorificat la un nivel superior condițiile din perioada studiului realizând o greutate medie a păstăilor (10,93 g) mai mare cu peste 11,65 % față de restul soiurilor, fiind urmat de soiurile Nassau și Tytania cu valori de 9-9,5 g. Greutatea păstăii la Wotter, Processor și Ileana prezintă o stabilitate statică ridicată corelată cu valori inferioare mediei generale, în timp ce la soiul Maxidor stabilitatea respectivă a permis realizarea unei valori superioare mediei.

Masa păstăii la soiurile Aurie de Turda, Nassau și Doge manifestă o interacțiune genotip x mediu ridicată, fiind specific adaptate la condiții favorabile pentru cultura fasolei. Soiurile Roquencourt, Velodrom, Domino și Voletta prezintă o stabilitatea redusă a acestui caracter și valori inferioare mediei. La soiurile Contender și Super Nano Yellow greutatea păstăii a fost corelată cu favorabilitatea condițiilor de cultură.

Condițiile climatice din 2022 au fost mai favorabile pentru formarea și dezvoltarea păstăilor înregistrându-se un număr de păstăi/plantă semnificativ superior cu 40,48-45,64 % față de cele din perioada 2023-2024. Soiurile Doge, Voletta, Sondella, Plador și Ileana au realizat un număr mediu de aproximativ 25 păstăi/plantă prezentând sporuri de peste 17,5 % față de restul soiurilor.

Soiurile Berggold, Ileana, Velodrom și Wotter au prezentat valori ridicate al numărului de păstăi/plantă pe fondul unei adaptări specifice față de condițiile favorabile. Soiurile Meraviglia di Venezia, Nassau și Domino au realizat un număr de păstăi proportional cu favorabilitatea condițiilor de mediu.

Stabilitatea ridicată a soiurilor Doge și Processor a fost asociată cu valori superioare mediei indiferent de favorabilitatea condițiilor de mediu. La soiurile Maxidor și Contender, se observă o stabilitate mijlocie, pe fondul unui număr de păstăi apropiat mediei experienței. Soiurile Aurie de Turda, Roquencourt și Tytania au realizat valori inferioare mediei și corelate cu favorabilitatea condițiilor de mediu.

Soiurile Plador și Doge au valorificat la un nivel superior condițiile din perioada studiului realizând producții medii de 233-246 g superioare cu peste 31,4 % față de restul soiurilor. Condițiile climatice din anul 2022 au favorizat obținerea unor producții semnificativ mai mari cu 35,82-44,78 %, în timp ce în 2024 nivelurile atinse au fost mai mici decât în ceilalți ani.

În cazul soiului Sondella stabilitatea statică ridicată a fost asociată cu o producție peste media experienței, în timp ce la Roquencourt, Processor, și Velodrom stabilitatea ridicată este asociată cu valori sub medie. Soiurile Maxidor și Doge prezintă o bună stabilitate dinamică, atingând valori peste media generală a experienței și corelate cu favorabilitatea condițiilor de mediu. Soiurile Super Nano Yellow, Minidor, Berggold, Ileana și Voletta au manifestat o instabilitate ridicată a producției/plantă, fiind adaptate în mod specific la condiții favorabile de mediu. Soiurile Meraviglia din Venezia, Wotter și Domino prezintă o stabilitatea redusă și valori inferioare mediei

În cazul soiurilor Aurie de Turda și Maxidor numărul păstăilor a avut o influență considerabilă de 41-55 % asupra producției plantelor, asociată și cu o contribuție importantă a înălțimii plantelor și lungimii păstăii. La soiurile Marconi și Nassau influența majoră a numărului de păstăi s-a manifestat pe fondul unei contribuții reduse a taliei plantelor.

Producția de păstăi a soiului Berggold a fost influențată într-o măsură foarte ridicată (94,8 %) de talia plantelor, pe fondul unor contribuții reduse ale celorlalte caractere. Ca atare în cazul acestui soi în vederea obținerii unor producții superioare este necesară asigurarea unor condiții optime de creștere a taliei plantelor.

Volumul păstăii a manifestat cea mai ridicată influență (41-49 %) asupra producției soiurilor Sondella și Meraviglia di Venezia, în timp ce greutatea păstăii a avut o contribuție majoră (61-78 %) asupra producției soiurilor Plador și Wotter. La soiurile Voletta și Domino realizarea producției este dependentă în principal de influența înălțimii plantelor și greutății păstăii, în timp ce la soiul Doge se observă contribuții echilibrate de 11-30 % ale celor cinci caractere de producție.

O similaritate redusă asociată cu un nivel ridicat de diversitate fenotipică pentru caracterele studiate, a fost evidențiat între soiurile: Plador și Processor (51,11 %); Voletta și Marconi (46,26 %); Ileana și Marconi (46,13 %); Roquencourt și Plador (45,73 %); Plador și Velodrom (41,53 %), Marconi și Velodrom (40,63 %). Combinarea acestor soiuri care se diferențiază fenotipic pentru diferite caractere inclusiv forma și culoare păstăii, oferă o posibilitate ridicată de a obține hibrizi care să poseze combinații de gene valoroase pentru sporirea capacității de producție.

Valorile ridicate ale eritabilității (90,85-95,07 %) pentru lungimea și volumul păstăilor asociate cu faptul că variantele genotipice au fost superioare celor pentru interacțiunea genotip x mediu, sugerează că respectivele caractere la soiurile de fasole au o bază genetică considerabilă care asigură păstrarea performanțelor.

Expresia fenotipică a greutății păstăii este influențată într-o măsură importantă de către condițiile de mediu, astfel că posibilitatea de a obține progres genetic prin selecție este redusă. Eritabilitatea ridicată a producției/plantă atestă ipoteza că la nivelul soiurilor studiate există o variabilitate genetică considerabilă care poate asigura obținerea prin selecție a unor genotipuri valoroase.

#### **CONTRIBUȚII PRIVIND STABILITATEA UNOR ÎNSUȘIRI DE CALITATE LA FASOLEA DE GRĂDINĂ**

Condițiile climatice din perioada studiului au manifestat cea mai ridicată contribuție asupra variației conținutului de mangan (91,73 %) și magneziu (71,29 %), pe fondul unor influențe de 41,22-68,04 % pentru celelalte însușiri cu excepția conținutului de zahăr care a prezentat cea mai ridicată stabilitate.

Genotipul de fasole a înregistrat cea mai ridicată influență asupra variabilității conținutului de zahăr (48,06 %), având o contribuție importantă și asupra conținutului de proteină (34,17 %). Variațiile cantității de mangan, magneziu și calciu din păstaie s-au datorat într-o măsură redusă (3,28-9,6 %) influenței soiului.

În cazul conținutului de zahăr, soiurile de fasole au înregistrat o adaptare specifică mai pronunțată față de condițiile climatice din perioada studiului, asociată unor efecte ale interacțiunii soiuri x ani de 49,59 %. Variația conținutului de mangan din păstaie a prezentat o independență ridicată față de efectul interacțiunii dintre soiuri și ani (5 %).

Soiurile Roquencourt, Nassau, Meraviglia di Venezia și Plador au prezentat o fermitate a păstăilor semnificativ mai mare cu 7,88-22,79 % față de soiurile Aurie de Turda, Voletta, Velodrom, Domino și Roquencourt. Fermitatea păstăii la Super Nano Yellow și Processor prezintă o bună stabilitate statică corelată cu valori inferioare mediei generale, în timp ce la soiul Wotter stabilitatea respectivă a permis realizarea unei fermități superioare mediei. Fermitatea păstăii la soiurile Berggold, Meraviglia di Venezia, Sondella și Minidor manifestă o interacțiune genotip x mediu ridicată, pe fondul unei creșteri a fermității păstăii în condiții mai puțin favorabile acestei culturi.

Soiurile Domino, Processor și Velodrom prezintă o stabilitate mijlocie a fermității păstăii și adaptabilitate la factorii de cultură mai puțin favorabili care au avut un impact mai redus asupra acestui caracter. La soiurile Ileana și Doge fermitatea păstăii a fost corelată cu reacția celorlalte soiuri față de condițiile din cei trei ani, înregistrând valori superioare mediei.

La soiul Processor conținutul de zahăr al păstăii a prezentat sporuri semnificative de peste 0,41 °Brix față de 75 % dintre soiuri. De asemenea, soiurile Minidor și Voletta au acumulat o cantitate medie de zahăr de peste 6 °Brix și semnificativ superioară față de 70 % din soiuri.

Soiurile Nassau, Domino, Plador, Wotter au prezentat un conținut redus de zahăr în păstaie pe fondul unei adaptări scăzute față de condițiile favorabile acumulării zahărului. Soiul Roquencourt a acumulat o cantitate de zahăr în păstaie proportională cu reacția celorlalte soiuri față de favorabilitatea condițiilor de mediu.

Stabilitatea ridicată a soiului Aurie de Turda a fost asociată cu valori inferioare mediei indiferent de favorabilitatea condițiilor de mediu, în timp ce conținutul de zahăr al păstăilor la soiul Super Nano Yellow a manifestat constant valori apropiate mediei. La soiurile Processor, Ileana și Maxidor, se observă o influență ridicată a interacțiunii genotip x mediu asupra cantității de zahăr din păstaie, pe fondul unei adaptări specifice față de condiții de mediu favorabile acumulării zahărului.

Soiurile Roquencourt și Contender au realizat un conținut de zahăr inferior mediei și necorelat cu favorabilitatea condițiilor de mediu, în timp ce pe fondul unei reacții asemănătoare față de condițiile de mediu soiurile Berggold și Voletta au avut valori peste medie.

Soiurile Marconi, Roquencourt și Tytania au valorificat la un nivel superior condițiile din perioada studiului acumulând o cantitate de proteină în păstaie semnificativ mai mare cu peste 1,3 % față de restul soiurilor.

Conținutul de proteină al păstăii la Meraviglia di Venezia și Contender prezintă o bună stabilitate statică corelată cu valori inferioare mediei generale, în timp ce la soiurile Domino, Voletta, Tytania și Roquencourt stabilitatea respectivă a permis realizarea unui conținut de proteină superior mediei. Soiurile Nassau și Doge prezintă o stabilitate redusă a acestui caracter și valori inferioare mediei.

Acumularea proteinei în păstăile soiurilor Berggold și Super Nano Yellow manifestă o interacțiune genotip x mediu ridicată, fiind specific adaptate la condiții favorabile pentru acest caracter. La soiurile Minidor, Plador și Marconi conținutul de proteină din păstaie a fost corelat cu favorabilitatea condițiilor de cultură.

La soiurile Doge și Voletta conținutul de fosfor din păstaie a prezentat sporuri semnificative de peste 20,92 % față restul soiurilor, având în vedere că condițiile climatice din 2024 au fost mai favorabile pentru acumularea fosforului.

Soiurile Tytania, Minidor, Roquencourt, Ileana, Berggold, au prezentat valori ridicate ale conținutului de fosfor din păstaie pe fondul unei adaptări specifice față de condițiile favorabile acumulării acestui element. Soiurile Sondella, Voletta și Processor au realizat un conținut de fosfor proportional cu favorabilitatea condițiilor de mediu pentru acest caracter.

Stabilitatea bună a soiurilor Marconi și Wotter a fost asociată cu un conținut de fosfor inferior mediei indiferent de favorabilitatea condițiilor de mediu. La soiurile Nassau și Contender se observă o stabilitate mijlocie, pe fondul unei cantități de fosfor inferioară mediei experienței, în timp ce stabilitate mijlocie a soiurilor Aurie de Turda și Doge a fost corelată cu valori peste medie.

Soiul Aurie de Turda a valorificat la un nivel superior condițiile din perioada studiului acumulând o cantitate de potasiu în păstaie semnificativ mai mare cu peste 12 % față de restul soiurilor, în condițiile unei acumulări mai mari în 2024.

Conținutul de potasiu la soiurile Berggold, Maxidor, Plador, Voletta prezintă o bună stabilitate statică corelată cu valori inferioare mediei generale, în timp ce la soiurile Doge, Super Nano Yellow, Minidor, Sondella, Ileana, stabilitatea mijlocie a fost asociată cu o cantități de potasiu inferioară mediei.

Acumularea potasiului în păstăile soiurilor Aurie de Turda, Nassau, Velodrom, Contender, Processor manifestă o interacțiune genotip x mediu ridicată, fiind specific adaptate la condiții favorabile pentru acest caracter. La soiurile Meraviglia di Venezia și Tytania conținutul de potasiu din păstaie a fost corelat cu favorabilitatea condițiilor de cultură pentru acest caracter.

La soiul Tytania conținutul de fier din păstaie a prezentat sporuri semnificative de peste 35,28 % față de celelalte soiuri. Variația condițiilor climatice din perioada studiului a manifestat o influență ridicată asupra conținutului de fier din păstaie la 15 soiuri generând variații semnificative de la un an la altul, cu valorile cele mai mari în 2024 și cele mai reduse în 2022.

Soiurile Tytania, Super Nano Yellow și Voletta au valorificat la un nivel superior condițiile din perioada studiului acumulând o cantitate de zinc în păstaie semnificativ mai mare cu peste 25,1 % față de restul soiurilor. Condițiile climatice au avut cea mai ridicată influență asupra acumulării zincului în păstaie la soiul Plador urmat de alte 11 soiuri unde a generat diferențe semnificative de la un an la altul, cu valorile cele mai mari în 2024 și cele mai reduse în 2023.

La soiul Velodrom conținutul de calciu din păstaie a prezentat sporuri semnificative de peste 8,17 % față de majoritatea soiurilor. Conținutului de calciu din păstaie la 15 soiuri a înregistrat variații semnificative de la un an la altul, cu valorile cele mai mari în 2024 și cele mai reduse în 2022.

Soiurile Processor și Velodrom au valorificat la un nivel superior condițiile din perioada studiului acumulând o cantitate de mangan în păstaie semnificativ mai mare cu peste 13,08 % față de 75 % dintre soiuri. Condițiile de cultură au avut cea mai ridicată influență asupra acumulării manganului în păstaie la soiul Maxidor urmat de alte opt soiuri unde a generat diferențe semnificative de la un an la altul, cu valorile cele mai mari în 2024 și cele mai reduse în 2022.

La soiurile Berggold și Velodrom conținutul de magneziu din păstaie a prezentat sporuri semnificative de peste 8,11 % față de restul soiurilor. Conținutului de magneziu din păstaie a înregistrat variații semnificative de la un an la altul la soiurile Berggold, Minidor, Sondella, Voletta, Domino și Wotter, cu valorile cele mai mari în 2023 și cele mai reduse în 2022.

O similaritate redusă asociată cu un nivel ridicat de diversitate fenotipică pentru însușirile de calitate, a fost evidențiat între soiurile: Ileana și Tytania (35,12 %); Doge și Velodrom (32,77 %); Ileana și Marconi (46,13 %); Aurie de Turda și Berggold (31,92 %); Aurie de Turda și Voletta (30,92 %). Combinarea acestor soiuri care se

diferențează fenotipic pentru diferite însușiri ale păstăii, oferă o posibilitate ridicată de a obține hibrizi care să posedă combinații de gene valoroase pentru conținutului în diferiți compuși.

Valoarea ridicată a varianței interacțiunii pentru conținutul de potasiu, indică faptul că expresia fenotipică a acestui caracter este influențată într-o măsură importantă de către condițiile de mediu, astfel că posibilitatea de a obține progres genetic prin selecție este redusă. În cazul fermității păstăii se observă că manifestarea fenotipică este dependentă de o importantă bază genetică alături de o acțiune mai redusă a condițiilor de mediu.

Pentru conținutul de zahăr și potasiu se observă că exprimarea fenotipică a fost influențată într-o măsură mai redusă de către genotip pe fondul unei eritabilități de 41-48 %, indicând faptul că posibilitatea selecționării unor linii care să manifeste constant valori ridicate ale acestor caracter este mai redusă comparativ cu restul caracterelor.

Pentru conținutul de proteină se observă că soiul și condițiile climatice au prezentat cele mai echilibrate contribuții la realizarea fenotipului, pe fondul unei eritabilități relativ mari (63,98 %), care sugerează posibilitatea selecționării din materialul studiat a unor linii care să manifeste constant valori ridicate ale acestui caracter.

## CONTRIBUȚIILE PROPRII ALE AUTORULUI

Cercetările aferente acestei lucrări au permis obținerea de rezultate valoroase referitoare atât la componentele producției de păstăi și însușirile de calitate ale acestora pentru un sortiment divers de soiuri de fasole, cât și referitor la stabilitatea performanțelor soiurilor sub efectul interacțiunii cu condițiile de mediu din perioada studiului.

Soiurile cu păstaie lată de culoare galbenă Plador și Doge alături de soiul Nassau cu păstaie verde, s-au evidențiat prin nivelurile cele mai mari ale producției care a fost asociată cu o vigoare a plantelor, dimensiuni mari ale păstăilor și multe păstăi/plantă. Soiurile Plador și Doge au manifestat o bună stabilitate a producției de păstăi în timp ce soiul Nassau a prezentat o adaptare specifică pentru condiții favorabile de cultură.

Soiul Sondella cu păstaie galbenă subțire a prezentat o stabilitate ridicată a producției asociată cu valori superioare mediei, în timp ce soiul Volleta cu păstăi galbene subțiri alături de Super Nano Yellow cu păstăi galbene late au prezentat o adaptare specifică la condiții favorabile de cultură realizând producții eficiente.

Independent de condițiile de mediu din perioada studiului s-a observat că soiurile cu păstaie galbenă au avut producții cu 25-43 % mai ridicate decât soiurile cu păstăi de culoare verde, în timp ce soiurile cu păstăi galbene și late au realizat sporuri de producție de 15-30 % față de soiurile cu păstăi galbene și subțiri. De asemenea, variația condițiilor climatice a manifestat o influență mai ridicată asupra stabilității producției la soiurile cu păstaie de culoare verde.

Valorile ridicate ale eritabilității pentru lungimea și volumul păstăilor, sugerează că respectivele caractere la soiurile de fasole au o bază genetică considerabilă care asigură păstrarea performanțelor. Eritabilitatea ridicată a producției atestă ipoteza că la nivelul soiurilor studiate există o variabilitate genetică considerabilă care poate asigura obținerea prin selecție a unor genotipuri valoroase. În cazul numărului de păstăi se observă că manifestarea fenotipică este dependentă de o importantă bază genetică alături de acțiunea condițiilor de mediu.

Combinarea soiurilor care se diferențiază marcant sub aspect fenotipic pentru diferite caractere de producție inclusiv forma și culoare păstăii, oferă o posibilitate ridicată de a obține hibrizi care să posedă combinații de gene valoroase pentru sporirea capacității de producție.

Soiurile Tytania, Velodrom și Roquencourt s-au evidențiat prin conținuturile cele mai mari de proteină, zinc, calciu, fier și mangan care au fost asociate cu valori medii ale celorlalte componente și o calitate culinară superioară datorată fermității reduse a păstăilor.

Soiurile cu păstaie galbenă Voletta, Berggold și Supe Nano Yellow au prezentat cele mai ridicate cantități de zahăr, magneziu și fosfor în păstaie, pe fondul unor cantități reduse de potasiu. Păstăile cu fermitate redusă de la soiurile Aurie de Turda, Domino și Wotter au avut un conținut superior de potasiu și valori reduse pentru conținutul de zahăr, fosfor și magneziu.

În cazul soiurilor Ileana, Doge, Maxidor și Sondella fermitatea ridicată a păstăii a fost corelată cu un conținut redus de zinc, calciu, proteină, fier și mangan. La soiurilor cu păstaie verde Contender și Nassau conținutul mare de potasiu a fost asociat cu o fermitate superioară mediei.

Conținutul de proteină al păstăii la Meraviglia di Venezia și Contender prezintă o bună stabilitate statică corelată cu valori inferioare mediei generale, în timp ce la soiurile Domino, Voletta, Tytania și Roquencourt stabilitatea respectivă a permis realizarea unui conținut de proteină superior mediei.

Acumularea proteinei în păstăile soiurilor Berggold și Super Nano Yellow manifestă o interacțiune genotip x mediu ridicată, fiind specific adaptate la condiții favorabile pentru acest caracter. La soiurile Minidor, Plador și Marconi conținutul de proteină din păstaie a fost corelat cu favorabilitatea condițiilor de cultură.

La soiurile Processor, Ileana și Maxidor, se observă o influență ridicată a interacțiunii genotip x mediu asupra cantității de zahăr din păstaie, pe fondul unei adaptări specifice față de condiții de mediu favorabile acumulării zahărului.

Stabilitatea ridicată a soiului Aurie de Turda a fost asociată cu valori inferioare mediei indiferent de favorabilitatea condițiilor de mediu, în timp ce conținutul de zahăr al păstăilor la soiul Supe Nano Yellow a manifestat constant valori apropiate mediei.

Pentru conținutul de proteină se observă că soiul și condițiile climatice au prezentat cele mai echilibrate contribuții la realizarea fenotipului, pe fondul unei eritabilități relativ mari, care sugerează posibilitatea selecționării din materialul studiat a unor linii care să manifeste constant valori ridicate ale acestui caracter.

#### ELEMENTE DE ORIGINALITATE

Pe fondul rezultatelor obținute, un prim aspect de originalitate al tezei constă în faptul că au fost evaluate 20 de soiuri de fasole de grădină cu origine genetică și ecologică diferită, obținându-se informații utile atât în ceea ce privește producția și calitatea păstăilor cât și pentru eventuala utilizarea a unora dintre soiuri în programele de ameliorare a fasolei de grădină.

Analiza efectelor interacțiunii genotip x mediu pentru caracterele de producție și calitate a păstăilor a permis obținerea de informații originale despre variabilitatea acestor caractere la soiurile de fasole sub influența variației condițiilor climatice și identificarea unor soiuri care pot asigura obținerea unor producții de păstăi superioare și constante.

Un alt aspect important cu caracter original a constat în complexitatea metodologiei de analiză a stabilității caracterelor de producție și calitate prin utilizarea a 12 indici parametrici și neparametrici de statistică univariată și multivariată.

Teza aduce contribuții originale referitoare la unele aspecte privind baza genetică a caracterelor de producție și calitate la sortimentul de soiuri studiat, care pot fi utilizate pentru adoptarea celor mai eficiente metodologii de ameliorare a fasolei de grădină.

**University of Life Sciences “King Mihai I” from Timisoara  
Doctoral School IRVA**



**Eng. IACOB CORNELIU**

# **PHD THESIS**

**RESEARCHES REGARDING THE STABILITY OF SOME  
YIELD AND QUALITY TRAITS IN SNAP BEAN**

**Scientific leader**

**Prof. dr. SORIN CIULCA**

**Timișoara**

**2025**

## INTRODUCTION

Common bean is considered the most important legume for direct human consumption both in Europe and worldwide and constitute an essential source of protein for over 300 million people. Snap bean is a highly nutritious and functional legume, offering a wide range of health benefits. Rich in vitamins, minerals, fiber and antioxidants, they contribute to cardiovascular health, digestive efficiency, bone strength and disease prevention. The combination of low calorie content, high fiber content and strong antioxidant activity positions snap bean as an essential component of a balanced diet and a preventive food against non-communicable diseases. Regular consumption, combined with appropriate cooking and storage methods, can significantly improve overall health.

In addition to their nutritional contributions, bean plays a significant role in food security and sustainable agriculture. The importance of bean for their pods from the consumer and grower perspectives can benefit the environment in three main ways. Green beans can promote biodiversity in agricultural systems, providing benefits through nitrogen fixation that can reduce the application of chemical fertilizers. Climbing varieties have the capacity to fix 16-42 kg/ha of nitrogen in a season, depending on the ecological and technological conditions of the crop.

Phenotypic diversity of pods mainly includes color variations (pod color and patterns) and traits associated with pod morphology (length, width, cross-sectional shape, curvature and pod beak shape). In addition to pod morphology, other pod traitistics, such as insoluble fiber content, the vegetation period during which pod traits are preserved, seed size, seed development rate and flavor, also affect the quality of snap bean pods and determine their use as fresh vegetables or frozen/processed foods.

Climate change poses a growing challenge to bean yield due to the increasing frequency and intensity of abiotic stresses, especially drought and high temperatures. Productivity in snap bean is highly sensitive to abiotic stresses, such as drought, extreme temperatures, salinity, and soil nutrient deficiencies. These stresses can reduce the quantity, quality, and market value of pods. As such, the development of abiotic stress-tolerant varieties is a major objective in snap bean breeding programs.

Introgressed germplasm can be used as a bridge for hybridization between different genetic bases and is of great importance for breeding snap bean with superior yield, quality and disease resistance. Genotypes that maintain growth and allocation of resources required for yield under suboptimal conditions are particularly valuable for both breeding and cultivation in the area of interest. In this regard, it is necessary to evaluate genotypes comparatively under variable environmental conditions to establish their phenotypic responses and to assess adaptability as a result of genotype x environment interaction.

Against the backdrop of current climate change, the possibility of obtaining snap bean pod yield with a quality that meets consumer requirements also depends on the influence of the interaction between genotype and environment on the component elements of yield and its quality. In this regard, it is necessary to evaluate bean varieties under different growing conditions to identify varieties that exhibit appropriate stability in pod yield and quality.

The aim of this study was to evaluate the stability of pod yield and its quality in a set of snap bean varieties, in order to identify varieties that can ensure constant yield, intended both for use in cultivation and as a potential source of genes in breeding programs of this species. In order to achieve this aim, the following objectives were aimed:

- determination of the variability of the component traits of pod yield and its quality attributes;
- estimation of the effects of the interaction between genotype and environment on the phenotypic manifestation of pod yield, its components and pod quality attributes;
  - evaluation of phenotypic and genotypic components for pod yield and quality;
  - analysis of the diversity between snap bean varieties for yield and quality traits;
  - establishment of interrelationships between the components of pod yield.

The doctoral thesis has an extension of 135 pages, includes 97 tables and 67 figures, and is organized into four parts. The first part presents information on current and prospective issues related to the improvement of yield and quality in snap bean. The second part, structured into two chapters, includes the results of own research related to the stability of some yield and quality traits in snap bean. The third part includes general conclusions and recommendations that highlight the value of the information obtained for the cultivation and improvement of snap bean. Finally, the elements of originality associated with the results obtained are presented. The bibliography consists of 247 bibliographical references.

## CURRENT AND PROSPECTIVE ISSUES RELATED TO IMPROVING STABILITY OF YIELD AND QUALITY IN SNAP BEAN

Breeding objectives describe the traits that have the potential to most improve the productivity, quality, adaptability and profitability of snap bean crop. Pod yield is a quantitatively complex trait with low heritability, subject to considerable influence from various types of environmental conditions and their variations. Due to the additional requirements for pod quality, yield is more complex compared to bean for dry grains. In snap bean, its yield, quality and stability are the most important economic traits, which mainly depend on plant architecture, pod traits and resistance to abiotic and biotic stresses. Stability of yield could be achieved by incorporating genes for resistance to biotic and abiotic stresses and by breeding for broader adaptation, i.e. a minimum value of genotype  $\times$  environment interactions.

Plant traits include yield and its component elements such as: hypocotyl diameter, growth type, plant height, number and size of leaves, number of primary branches, internode length, days to flowering, flowering duration, number of flowering nodes, number of flowers and pods per node and per plant, pod filling rate and harvest index.

Pod traits include: length, color, pod width (measured through ventral and dorsal sutures), thickness (measured from one side wall to the other), cross-sectional shape, linearity (curvature), smoothness, seed development rate, fibrous nature of sutures, fiber content of the pod wall, detachment point, shape and length of the spur (remnant of the style), internal color and texture, aroma. Pod size traits such as: pod length, thickness and width, exhibit quantitative determinism. In this regard, numerous QTLs for pod quality (Pv01, Pv02, Pv03, Pv04 and Pv07) and pod yield (Pv08, Pv09) have been identified on certain chromosomes.

Superior quality of snap bean pods can be achieved by frequent picking of immature pods. Picking immature pods stimulates compensatory increases in pod yield. Harvesting pods twice resulted in a 74% increase in yield compared to single picking. Indeterminate climbing varieties tend to flower over a long period and respond to regular picking by developing new pods. For trailing varieties, to achieve high yields through repeated picking, it is recommended to use low densities, below 50 plants/m<sup>2</sup>.

Pod color varies genetically in shade, intensity, sheen, and uniformity. Most green bean varieties have green pods, but they can also be yellow or purple/red. The shade, intensity, and sheen of the beans color vary from light green to dark green. Yellow pods are controlled by a major recessive gene (*y*) that can be affected by a modifier gene (*arg*) and possibly other modifiers. The addition of the *arg* gene results in an off-white or silver-green pod color. Breeders must select pods for early yellowing, which develops a deep golden color at the tender pod stage.

Pod smoothness and pulp are influenced by pod wall fiber, development rate, and seed size. Garden beans have smoother pods than bean beans. Seed size and shape affect pod smoothness, as large, oval, or round seeds will produce bumps on the pod surface. Selection for genotypes with slower seed development rates and smaller, cylindrical seeds can increase pod smoothness.

The species *P. acutifolius*, naturally adapted to arid environments, can be used as a source of genes for heat and drought tolerance. This species possesses various adaptive traits, including deep root systems that efficiently capture water from the soil, allowing it to withstand prolonged periods of drought. *P. acutifolius* plants also have a waxy cuticle on their leaves, reducing water loss through transpiration, further enhancing their resistance to arid conditions.

Another important species in this regard is *P. coccineus*: which has a vigorous root system that ensures its tolerance to high temperatures. Wild forms and local populations of beans from Central America and Africa show variability in flowering time, leaf temperature and pollen fertility under heat stress conditions.

Introgression of key abiotic stress tolerance from photoperiod-sensitive tropical bean forms into photoperiod-neutral lines to be evaluated and used in temperate zones will increase genetic diversity and allow for the pyramiding of stress tolerance mechanisms. The behavior of indeterminate growth forms may increase yield stability under stress conditions by avoiding short periods of stress during reproductive development, followed by the yield of new flowers and pods. Early maturation is an effective means of avoiding abiotic stress, as it is associated with a reduced overall demand for resources, but a shorter crop cycle also considerably reduces yield.

Bean breeding is also conditioned by the biodiversity of existing germplasm, so activities are needed aimed at utilizing the variability found in local and wild populations and varieties of different *Phaseolus* species; developing and expanding breeding efforts for the other four domesticated *Phaseolus* species, including the introduction of alleles from *P. vulgaris*; determining the genetic, biochemical and molecular mechanisms that allow some wild *Phaseolus* species to withstand ecological extremes (heat in *P. filiformis*, frost in *P. angustissimus* and salinity in *P. macvaughii*) and biotic stress. To streamline the creation of new green bean varieties that meet the requirements of growers and consumers, effective actions are needed in breeding programs, including the

introduction and evaluation of new germplasm, crosses between the best available parents, precise selection of valuable plants and progenies.

## MATERIALS AND METHODS

The biological material consisted of 20 varieties of snap bean (bush) *Phaseolus vulgaris* L. var. *nanus* L., of diverse genetic and ecological origin, differentiated in terms of pod size, shape and color. Based on the values of average temperatures and precipitation, it is observed that the year 2022 was the most favorable for bean cultivation, and the year 2024, characterized by higher temperatures in July-August, associated with low levels of precipitation, was considered the most unfavorable.

From each plot, five representative plants were analyzed for the following traits: plant height (cm); length, width and thickness of the pod based on which the pod volume was calculated (cm<sup>3</sup>); pod weight (g); number of pods/plant; pod yield/plant (g).

From each plot, pod samples were taken from representative plants in order to carry out determinations regarding: pod firmness (kg/cm<sup>2</sup>), with the PCE – PTR 200 penetrometer; sugar content (<sup>0</sup>Brix), with the refractometer (DR 201- 95); protein content (%), Nt\*6.25; phosphorus, potassium, iron, zinc, calcium, manganese, magnesium content (mg/g). Chemical analyses were performed at the Interdisciplinary Research Platform of USV Timișoara.

To compare the varieties and determine the significance of the differences between them, analysis of variance and t-test for two factors experiments of the type 3 x 20 were used, in randomized blocks with year as the main factor and variety as a secondary factor. In order to establish the genotype x environment interaction and analyze the stability of the yield components, both the estimation of the variance components according to the Eberhart and Russell model and 12 parametric and non-parametric statistical indices were used. For the graphical representation of the yield traits of bean varieties, the analysis of the first two principal components was used.

## CONTRIBUTIONS REGARDING THE STABILITY OF SOME YIELD TRAITS IN SNAP BEAN

The bean variety had the highest influence on plant height variability (39.38%), also having an important contribution on yield/plant (21.62%) and pod number (17.51%). Variations in pod length, volume and weight in bean varieties were due to a small extent (0.9-1.49%) to the influence of genotype.

The climatic conditions during the study period showed the highest contribution to the variation of yield traits in bean varieties. In this regard, plant height showed better stability against the background of an influence of environmental conditions of 27.16%, while pod length and volume were dependent to an extent of 83.27-90.2% on the favorability of climatic conditions.

In the case of pod weight and plant height, bean varieties recorded a more pronounced specific adaptation to the climatic conditions of the study period, associated with varieties x year's interaction effects of 33.47-42.33%. Pod volume variation presented a higher independence from the interaction effect between varieties and years (8.9%).

The climatic conditions in 2022 were more favorable for the growth of bean plants, which recorded a significantly higher height compared to those in the period 2023-2024, recording significant increases of 12.81-17.14%. The Maxidor and Roquencourt varieties show medium stability, achieving a plant height below average, which suggests that these varieties exhibit good adaptability to less favorable climatic conditions for plant growth.

In the plants of the Plador, Doge and Contender varieties, average stability was associated with higher values of height, showing good adaptability to environmental conditions, regardless of their favorability. The Marconi variety presented the highest adaptability to environmental conditions during the study period, achieving plant height values above average, especially in unfavorable conditions. In the Ileana, Voletta, Velodrom and Sondella varieties, a high influence of the genotype x environment interaction on plant growth is observed.

The varieties Contender, Voletta, Nassau and Roquencourt made the most of the conditions during the study period, achieving an average pod length of 14.18-14.81 cm, higher than most other varieties. Pod length in Tytania shows high static stability correlated with values lower than the general average, while in the Doge variety this stability allowed achieving a value higher than the average. Pod length in the varieties Contender and Voletta shows a high genotype x environment interaction, being specifically adapted to favorable conditions for bean cultivation.

The Processor and Merviglia di Venezia varieties show average pod length stability and adaptability to less favorable cultural factors. In the Roquencourt and Nassau varieties, pod length was correlated with the reaction of the other varieties to the conditions in the three years, registering values above the average.

The climatic conditions in the period 2023-2024 were more favorable for the development of bean pods, which recorded a significantly higher volume than in 2022, with the highest average values for the Plador and Nassau varieties. The Ileana, Roquencourt and Sondella varieties presented low pod volume values due to low adaptation to the less favorable conditions.

The varieties Contender and Voletta showed a pod volume proportional to the favorableness of the environmental conditions. The high stability of the varieties Domino and Processor was associated with values below the average regardless of the favorableness of the environmental conditions, while the pod volume of the Tytania variety consistently showed values above the average. In the varieties Nassau, Plador and Doge, a high influence of the genotype x environment interaction on the development of the pods is observed, against the background of a specific adaptation to favorable environmental conditions. The varieties Velodrom, Wotter, Minidor, Berggold achieved values below the average and uncorrelated with the favorableness of the environmental conditions.

The Marconi variety capitalized on the conditions during the study period at a higher level, achieving an average pod weight (10.93 g) higher by over 11.65% compared to the rest of the varieties, followed by the Nassau and Tytania varieties with values of 9-9.5 g. The pod weight of Wotter, Processor and Ileana presents a high static stability correlated with values lower than the general average, while in the Maxidor variety, the respective stability allowed the achievement of a value above the average.

Pod weight in the varieties Aurie de Turda, Nassau and Doge shows a high genotype x environment interaction, being specifically adapted to favorable conditions for bean cultivation. The varieties Roquencourt, Velodrom, Domino and Voletta show a reduced stability of this trait and values lower than the average. In the varieties Contender and Super Nano Yellow, pod weight was correlated with the favorableness of the cultivation conditions.

The climatic conditions in 2022 were more favorable for the formation and development of pods, recording a significantly higher number of pods/plant by 40.48-45.64% compared to those in the period 2023-2024. The Doge, Voletta, Sondella, Plador and Ileana varieties achieved an average number of approximately 25 pods/plant, showing increases of over 17.5% compared to the rest of the varieties.

The varieties Berggold, Ileana, Velodrom and Wotter presented high values of the number of pods/plant due to a specific adaptation to favorable conditions. The varieties Meraviglia di Venezia, Nassau and Domino achieved a number of pods proportional to the favorableness of the environmental conditions.

The high stability of the Doge and Processor varieties was associated with values above the average regardless of the favorableness of the environmental conditions. In the Maxidor and Contender varieties, an average stability is observed, against the background of a number of pods close to the average of the experience. The Aurie de Turda, Roquencourt and Tytania varieties achieved values below the average and correlated with the favorableness of the environmental conditions.

The Plador and Doge varieties made the most of the conditions during the study period, achieving average yields of 233-246 g, over 31.4% higher than the rest of the varieties. The climatic conditions in 2022 favored obtaining significantly higher yields by 35.82-44.78%, while in 2024 the levels reached were lower than in other years.

In the case of the Sondella variety, high static stability was associated with a yield above the average of the experience, while in Roquencourt, Processor, and Vellodrom high stability is associated with values below the average. The Maxidor and Doge varieties show good dynamic stability, reaching values above the general average of the experience and correlated with the favorability of environmental conditions. The Super Nano Yellow, Minidor, Berggold, Ileana and Voletta varieties showed high instability of yield/plant, being specifically adapted to favorable environmental conditions. The Meraviglia di Venezia, Wotter and Domino varieties show reduced stability and values below the average.

In the case of the Aurie de Turda and Maxidor varieties, the number of pods had a considerable influence of 41-55% on plant yield, associated with an important contribution of plant height and pod length. In the Marconi and Nassau varieties, the major influence of the number of pods was manifested against a background of a reduced contribution of plant height.

The pod yield of the Berggold variety was influenced to a very high extent (94.8%) by the plant height, with low contributions from the other traits. As such, in the case of this variety, in order to obtain higher yields, it is necessary to ensure optimal conditions for the growth of the plant height.

Pod volume had the highest influence (41-49%) on the yield of Sondella and Meraviglia di Venezia varieties, while pod weight had a major contribution (61-78%) on the yield of Plador and Wotter varieties. In the Voletta and Domino varieties, the yield is mainly dependent on the influence of plant height and pod weight, while in the Doge variety; balanced contributions of 11-30% of the five yield traits are observed.

A low similarity associated with a high level of phenotypic diversity for the studied traits was highlighted between the varieties: Plador and Processor (51.11 %); Voletta and Marconi (46.26 %); Ileana and Marconi (46.13 %); Roquencourt and Plador (45.73 %); Plador and Velodrom (41.53 %), Marconi and Velodrom (40.63 %). Combining these varieties that differ phenotypically for different traits, including pod shape and color, offers a high possibility of obtaining hybrids that possess valuable gene combinations for increasing yield capacity.

The high heritability values (90.85-95.07%) for pod length and volume associated with the fact that genotypic variances were superior to those for the genotype x environment interaction, suggest that these traits in bean varieties have a considerable genetic basis that ensures the preservation of performance.

The phenotypic expression of pod weight is significantly influenced by environmental conditions, so the possibility of achieving genetic progress through selection is reduced. The high heritability of yield/plant attests to the hypothesis that there is considerable genetic variability among the studied varieties that can ensure the selection of valuable genotypes.

### **CONTRIBUTIONS REGARDING THE STABILITY OF SOME QUALITY TRAITS IN SNAP BEAN**

The climatic conditions during the study period showed the highest contribution to the variation of manganese content (91.73 %) and magnesium (71.29 %), against the background of influences of 41.22-68.04 % for the other traits except for sugar content which showed the highest stability.

The snap bean genotype recorded the highest influence on the variability of sugar content (48.06 %), having an important contribution also on protein content (34.17 %). The variations in the amount of manganese, magnesium and calcium in the pods were due to a small extent (3.28-9.6 %) to the influence of the variety.

In the case of sugar content, bean varieties recorded a more pronounced specific adaptation to the climatic conditions of the study period, associated with 49.59% variety x year interaction effects. The variation of manganese content in pods presented a high independence from the effect of the interaction between varieties and years (5%).

The varieties Roquencourt, Nassau, Meraviglia di Venezia and Plador showed significantly higher pod firmness by 7.88-22.79% compared to the varieties Aurie de Turda, Voletta, Velodrom, Domino and Roquencourt. Pod firmness in Super Nano Yellow and Processor shows good static stability correlated with values lower than the general average, while in the variety Wotter this stability allowed the achievement of firmness above the average. Pod firmness in the varieties Berggold, Meraviglia di Venezia, Sondella and Minidor shows a high genotype x environment interaction, against the background of an increase in pod firmness in less favorable conditions for this crop.

The Domino, Processor and Velodrom varieties show medium stability of pod firmness and adaptability to less favorable cultural factors that had a lower impact on this trait. In the Ileana and Doge varieties, pod firmness was correlated with the reaction of the other varieties to the conditions in the three years, registering values above the average.

In the Processor variety, the sugar content of the pod showed significant increases of over 0.41 °Brix compared to 75% of the varieties. Also, the Minidor and Voletta varieties accumulated an average amount of sugar of over 6 °Brix and significantly higher than 70% of the varieties.

The Nassau, Domino, Plador, Wotter varieties showed a low sugar content in the pods due to a low adaptation to the conditions favorable to the accumulation of sugar. The Roquencourt variety accumulated an amount of sugar in the pods proportional to the reaction of the other varieties to the favorable environmental conditions.

The high stability of the Aurie de Turda variety was associated with values below the average regardless of the favorableness of the environmental conditions, while the sugar content of the pods of the Supe Nano Yellow variety constantly showed values close to the average. In the Processor, Ileana and Maxidor varieties, a high influence of the genotype x environment interaction on the amount of sugar in the pods is observed, due to a specific adaptation to environmental conditions favorable to sugar accumulation.

The Roquencourt and Contender varieties achieved a sugar content below average and uncorrelated with the favorability of environmental conditions, while against the background of a similar reaction to environmental conditions, the Berggold and Voletta varieties had above average values.

The Marconi, Roquencourt and Tytania varieties made the most of the conditions during the study period, accumulating a significantly higher amount of protein in the pods by over 1.3% compared to the rest of the varieties. The protein content of the pod in Meraviglia di Venezia and Contender shows good static stability correlated with values below the general average, while in the Domino, Voletta, Tytania and Roquencourt varieties this stability allowed the achievement of protein content above the average. The Nassau and Doge varieties show a reduced stability of this trait and values below the average.

The protein accumulation in the pods of Berggold and Super Nano Yellow varieties shows a high genotype x environment interaction, being specifically adapted to favorable conditions for this trait. In the Minidor, Plador and Marconi varieties, the protein content in the pods was correlated with the favorability of the cultivation conditions.

In the Doge and Voletta varieties, the phosphorus content in the pods showed significant increases of over 20.92% compared to the rest of the varieties, given that the climatic conditions in 2024 were more favorable for the accumulation of phosphorus.

The varieties Tytania, Minidor, Roquencourt, Ileana, Berggold, presented high values of phosphorus content in the pods due to a specific adaptation to the conditions favorable to the accumulation of this element. The varieties Sondella, Voletta and Processor achieved a phosphorus content proportional to the favorability of the environmental conditions for this trait.

Good stability of Marconi and Wotter varieties was associated with a lower than average phosphorus content regardless of the favorable environmental conditions. Nassau and Contender varieties showed average stability, against a background of a lower than average phosphorus content, while average stability of Aurie de Turda and Doge varieties was correlated with above average values.

The Aurie de Turda variety capitalized on the conditions during the study period at a higher level, accumulating a significantly higher amount of potassium in pods by over 12% compared to the rest of the varieties, in conditions of greater accumulation in 2024.

The potassium content of the Berggold, Maxidor, Plador, Voletta varieties shows good static stability correlated with values lower than the general average, while in the Doge, Super Nano Yellow, Minidor, Sondella, Ileana varieties, medium stability was associated with lower than average potassium amounts.

Potassium accumulation in the pods of the varieties Aurie de Turda, Nassau, Velodrom, Contender, Processor shows a high genotype x environment interaction, being specifically adapted to favorable conditions for this trait. In the varieties Meraviglia di Venezia and Tytania, the potassium content in the pods was correlated with the favorability of the growing conditions for this trait.

In the Tytania variety, the iron content in the pods showed significant increases of over 35.28% compared to the other varieties. The variation in climatic conditions during the study period had a high influence on the iron content in the pods of 15 varieties, generating significant variations from one year to another, with the highest values in 2024 and the lowest in 2022.

The varieties Tytania, Super Nano Yellow and Voletta capitalized on the conditions during the study period at a higher level, accumulating a significantly higher amount of zinc in pods by over 25.1% compared to the rest of the varieties. Climatic conditions had the highest influence on the accumulation of zinc in pods in the Plador variety, followed by 11 other varieties where it generated significant differences from one year to another, with the highest values in 2024 and the lowest in 2023.

In the Velodrom variety, the calcium content in the pods showed significant increases of over 8.17% compared to most varieties. The calcium content in the pods of 15 varieties recorded significant variations from one year to another, with the highest values in 2024 and the lowest in 2022.

The Processor and Velodrom varieties capitalized on the conditions during the study period to a higher level, accumulating a significantly higher amount of manganese in pods by over 13.08% compared to 75% of the varieties. Cultivation conditions had the highest influence on the accumulation of manganese in pods in the Maxidor variety, followed by eight other varieties where it generated significant differences from one year to another, with the highest values in 2024 and the lowest in 2022.

In the Berggold and Velodrom varieties, the magnesium content in the pods showed significant increases of over 8.11% compared to the rest of the varieties. The magnesium content in the pods recorded significant variations from one year to another in the Berggold, Minidor, Sondella, Voletta, Domino and Wotter varieties, with the highest values in 2023 and the lowest in 2022.

A low similarity associated with a high level of phenotypic diversity for quality traits was highlighted between the varieties: Ileana and Tytania (35.12 %); Doge and Velodrom (32.77 %); Ileana and Marconi (46.13 %); Aurie de Turda and Berggold (31.92 %); Aurie de Turda and Voletta (30.92 %). Combining these varieties that differ phenotypically for different pod traits offers a high possibility of obtaining hybrids that possess valuable gene combinations for the content of different compounds.

The high value of the interaction variance for potassium content indicates that the phenotypic expression of this trait is influenced to an important extent by environmental conditions, so the possibility of obtaining genetic progress through selection is reduced. In the case of pod firmness, it is observed that the phenotypic manifestation is dependent on an important genetic basis along with a reduced action of environmental conditions.

For sugar and potassium content, it is observed that the phenotypic expression was influenced to a lesser extent by the genotype, given a heritability of 41-48%, indicating that the possibility of selecting lines that consistently exhibit high values of these traits is lower compared to the rest of the traits.

For protein content, it is observed that the variety and climatic conditions presented the most balanced contributions to achieving the phenotype, against the background of a relatively high heritability (63.98%), which suggests the possibility of selecting from the studied material lines that consistently exhibit high values of this trait.

### AUTHOR'S OWN CONTRIBUTIONS

The research related to this work allowed obtaining valuable results regarding both the components of pod yield and their quality attributes for a diverse assortment of bean varieties, as well as regarding the stability of the varieties' performances under the effect of interaction with the environmental conditions during the study period.

The varieties with wide yellow pods Plador and Doge, along with the green-pod Nassau variety, were highlighted by the highest levels of yield which was associated with plant vigor, large pod sizes and many pods/plant. The Plador and Doge varieties showed good stability of pod yield while the Nassau variety presented a specific adaptation to favorable growing conditions.

The Sondella variety with thin yellow pods showed high yield stability associated with above-average values, while the Volleta variety with thin yellow pods along with Super Nano Yellow with wide yellow pods showed a specific adaptation to favorable cultivation conditions, achieving efficient yield.

Independently of the environmental conditions during the study period, it was observed that the varieties with yellow pods had 25-43% higher yield than the varieties with green pods, while the varieties with yellow and wide pods achieved yield increases of 15-30% compared to the varieties with yellow and thin pods. Also, the variation in climatic conditions showed a higher influence on the yield stability of the varieties with green pods.

The high heritability values for pod length and volume suggest that these traits in bean varieties have a considerable genetic basis that ensures the preservation of performance. The high heritability of yield attests to the hypothesis that at the level of the studied varieties there is a considerable genetic variability that can ensure the selection of valuable genotypes. In the case of pod number, it is observed that the phenotypic manifestation is dependent on an important genetic basis along with the action of environmental conditions.

Combining varieties that differ markedly in phenotypic aspect for different yield traits including pod shape and color, offers a high possibility of obtaining hybrids that possess valuable gene combinations for increasing yield capacity. The varieties Tytania, Velodrom and Roquencourt stood out for the highest contents of protein, zinc, calcium, iron and manganese which were associated with average values of the other components and a superior culinary quality due to the reduced firmness of the pods.

The yellow-pod varieties Voletta, Berggold and Supe Nano Yellow presented the highest amounts of sugar, magnesium and phosphorus in the pods, against a background of low amounts of potassium. The pods with reduced firmness from the varieties Aurie de Turda, Domino and Wotter had a higher potassium content and low values for sugar, phosphorus and magnesium content.

In the case of the Ileana, Doge, Maxidor and Sondella varieties, high pod firmness was correlated with low zinc, calcium, protein, iron and manganese content. In the green pod varieties Contender and Nassau, high potassium content was associated with above-average firmness.

The protein content of the pod in Meraviglia di Venezia and Contender shows good static stability correlated with values lower than the general average, while in the Domino, Voletta, Tytania and Roquencourt varieties, this stability allowed for a protein content above average.

Protein accumulation in the pods of Berggold and Super Nano Yellow varieties shows a high genotype x environment interaction, being specifically adapted to favorable conditions for this trait. In the Minidor, Plador and Marconi varieties, the protein content in the pods was correlated with the favorability of the growing conditions.

In the Processor, Ileana and Maxidor varieties, a high influence of the genotype x environment interaction on the amount of sugar in the pods is observed, against the background of a specific adaptation to environmental conditions favorable to the accumulation of sugar. The high stability of the Aurie de Turda variety was associated with values lower than the average regardless of the favorableness of the environmental conditions, while the sugar content of the pods in the Supe Nano Yellow variety constantly showed values close to the average.

For the protein content, it is observed that the variety and the climatic conditions presented the most balanced contributions to the achievement of the phenotype, against the background of a relatively high heritability, which suggests the possibility of selecting from the studied material lines that constantly show high values of this trait.

### ELEMENTS OF ORIGINALITY

Based on the obtained results, a first aspect of originality of the thesis consists in the fact that 20 snap bean varieties with different genetic and ecological origins were evaluated, obtaining useful information both in terms of pod production and quality and for the possible use of some of the varieties in snap bean breeding programs.

The analysis of the effects of the genotype x environment interaction for pod yield and quality traits allowed obtaining original information about the variability of these traits in bean varieties under the influence of varying climatic conditions and the identification of varieties that can ensure the obtaining of superior and constant pod yield.

Another important aspect of originality consisted in the complexity of the methodology for analyzing the stability of yield and quality traits by using 12 parametric and non-parametric indices of univariate and multivariate statistics.

The thesis brings original contributions regarding some aspects regarding the genetic basis of yield and quality traits in the studied assortment of varieties, which can be used to adopt the most efficient methodologies for improving snap bean.

**University of Life Sciences “King Mihai I” from Timisoara  
Doctoral School IRVA**



**Eng. IACOB CORNELIU**

# **PHD THESIS**

**RESEARCHES REGARDING THE STABILITY OF SOME  
YIELD AND QUALITY TRAITS IN SNAP BEAN**

**Scientific leader**

**Prof. dr. SORIN CIULCA**

**Timișoara**

**2025**

## INTRODUCTION

Common bean is considered the most important legume for direct human consumption both in Europe and worldwide and constitute an essential source of protein for over 300 million people. Snap bean is a highly nutritious and functional legume, offering a wide range of health benefits. Rich in vitamins, minerals, fiber and antioxidants, they contribute to cardiovascular health, digestive efficiency, bone strength and disease prevention. The combination of low calorie content, high fiber content and strong antioxidant activity positions snap bean as an essential component of a balanced diet and a preventive food against non-communicable diseases. Regular consumption, combined with appropriate cooking and storage methods, can significantly improve overall health.

In addition to their nutritional contributions, bean plays a significant role in food security and sustainable agriculture. The importance of bean for their pods from the consumer and grower perspectives can benefit the environment in three main ways. Green beans can promote biodiversity in agricultural systems, providing benefits through nitrogen fixation that can reduce the application of chemical fertilizers. Climbing varieties have the capacity to fix 16-42 kg/ha of nitrogen in a season, depending on the ecological and technological conditions of the crop.

Phenotypic diversity of pods mainly includes color variations (pod color and patterns) and traits associated with pod morphology (length, width, cross-sectional shape, curvature and pod beak shape). In addition to pod morphology, other pod traitistics, such as insoluble fiber content, the vegetation period during which pod traits are preserved, seed size, seed development rate and flavor, also affect the quality of snap bean pods and determine their use as fresh vegetables or frozen/processed foods.

Climate change poses a growing challenge to bean yield due to the increasing frequency and intensity of abiotic stresses, especially drought and high temperatures. Productivity in snap bean is highly sensitive to abiotic stresses, such as drought, extreme temperatures, salinity, and soil nutrient deficiencies. These stresses can reduce the quantity, quality, and market value of pods. As such, the development of abiotic stress-tolerant varieties is a major objective in snap bean breeding programs.

Introgressed germplasm can be used as a bridge for hybridization between different genetic bases and is of great importance for breeding snap bean with superior yield, quality and disease resistance. Genotypes that maintain growth and allocation of resources required for yield under suboptimal conditions are particularly valuable for both breeding and cultivation in the area of interest. In this regard, it is necessary to evaluate genotypes comparatively under variable environmental conditions to establish their phenotypic responses and to assess adaptability as a result of genotype x environment interaction.

Against the backdrop of current climate change, the possibility of obtaining snap bean pod yield with a quality that meets consumer requirements also depends on the influence of the interaction between genotype and environment on the component elements of yield and its quality. In this regard, it is necessary to evaluate bean varieties under different growing conditions to identify varieties that exhibit appropriate stability in pod yield and quality.

The aim of this study was to evaluate the stability of pod yield and its quality in a set of snap bean varieties, in order to identify varieties that can ensure constant yield, intended both for use in cultivation and as a potential source of genes in breeding programs of this species. In order to achieve this aim, the following objectives were aimed:

- determination of the variability of the component traits of pod yield and its quality attributes;
- estimation of the effects of the interaction between genotype and environment on the phenotypic manifestation of pod yield, its components and pod quality attributes;
  - evaluation of phenotypic and genotypic components for pod yield and quality;
  - analysis of the diversity between snap bean varieties for yield and quality traits;
  - establishment of interrelationships between the components of pod yield.

The doctoral thesis has an extension of 135 pages, includes 97 tables and 67 figures, and is organized into four parts. The first part presents information on current and prospective issues related to the improvement of yield and quality in snap bean. The second part, structured into two chapters, includes the results of own research related to the stability of some yield and quality traits in snap bean. The third part includes general conclusions and recommendations that highlight the value of the information obtained for the cultivation and improvement of snap bean. Finally, the elements of originality associated with the results obtained are presented. The bibliography consists of 247 bibliographical references.

## CURRENT AND PROSPECTIVE ISSUES RELATED TO IMPROVING STABILITY OF YIELD AND QUALITY IN SNAP BEAN

Breeding objectives describe the traits that have the potential to most improve the productivity, quality, adaptability and profitability of snap bean crop. Pod yield is a quantitatively complex trait with low heritability, subject to considerable influence from various types of environmental conditions and their variations. Due to the additional requirements for pod quality, yield is more complex compared to bean for dry grains. In snap bean, its yield, quality and stability are the most important economic traits, which mainly depend on plant architecture, pod traits and resistance to abiotic and biotic stresses. Stability of yield could be achieved by incorporating genes for resistance to biotic and abiotic stresses and by breeding for broader adaptation, i.e. a minimum value of genotype  $\times$  environment interactions.

Plant traits include yield and its component elements such as: hypocotyl diameter, growth type, plant height, number and size of leaves, number of primary branches, internode length, days to flowering, flowering duration, number of flowering nodes, number of flowers and pods per node and per plant, pod filling rate and harvest index.

Pod traits include: length, color, pod width (measured through ventral and dorsal sutures), thickness (measured from one side wall to the other), cross-sectional shape, linearity (curvature), smoothness, seed development rate, fibrous nature of sutures, fiber content of the pod wall, detachment point, shape and length of the spur (remnant of the style), internal color and texture, aroma. Pod size traits such as: pod length, thickness and width, exhibit quantitative determinism. In this regard, numerous QTLs for pod quality (Pv01, Pv02, Pv03, Pv04 and Pv07) and pod yield (Pv08, Pv09) have been identified on certain chromosomes.

Superior quality of snap bean pods can be achieved by frequent picking of immature pods. Picking immature pods stimulates compensatory increases in pod yield. Harvesting pods twice resulted in a 74% increase in yield compared to single picking. Indeterminate climbing varieties tend to flower over a long period and respond to regular picking by developing new pods. For trailing varieties, to achieve high yields through repeated picking, it is recommended to use low densities, below 50 plants/m<sup>2</sup>.

Pod color varies genetically in shade, intensity, sheen, and uniformity. Most green bean varieties have green pods, but they can also be yellow or purple/red. The shade, intensity, and sheen of the beans color vary from light green to dark green. Yellow pods are controlled by a major recessive gene (*y*) that can be affected by a modifier gene (*arg*) and possibly other modifiers. The addition of the *arg* gene results in an off-white or silver-green pod color. Breeders must select pods for early yellowing, which develops a deep golden color at the tender pod stage.

Pod smoothness and pulp are influenced by pod wall fiber, development rate, and seed size. Garden beans have smoother pods than bean beans. Seed size and shape affect pod smoothness, as large, oval, or round seeds will produce bumps on the pod surface. Selection for genotypes with slower seed development rates and smaller, cylindrical seeds can increase pod smoothness.

The species *P. acutifolius*, naturally adapted to arid environments, can be used as a source of genes for heat and drought tolerance. This species possesses various adaptive traits, including deep root systems that efficiently capture water from the soil, allowing it to withstand prolonged periods of drought. *P. acutifolius* plants also have a waxy cuticle on their leaves, reducing water loss through transpiration, further enhancing their resistance to arid conditions.

Another important species in this regard is *P. coccineus*: which has a vigorous root system that ensures its tolerance to high temperatures. Wild forms and local populations of beans from Central America and Africa show variability in flowering time, leaf temperature and pollen fertility under heat stress conditions.

Introgression of key abiotic stress tolerance from photoperiod-sensitive tropical bean forms into photoperiod-neutral lines to be evaluated and used in temperate zones will increase genetic diversity and allow for the pyramiding of stress tolerance mechanisms. The behavior of indeterminate growth forms may increase yield stability under stress conditions by avoiding short periods of stress during reproductive development, followed by the yield of new flowers and pods. Early maturation is an effective means of avoiding abiotic stress, as it is associated with a reduced overall demand for resources, but a shorter crop cycle also considerably reduces yield.

Bean breeding is also conditioned by the biodiversity of existing germplasm, so activities are needed aimed at utilizing the variability found in local and wild populations and varieties of different *Phaseolus* species; developing and expanding breeding efforts for the other four domesticated *Phaseolus* species, including the introduction of alleles from *P. vulgaris*; determining the genetic, biochemical and molecular mechanisms that allow some wild *Phaseolus* species to withstand ecological extremes (heat in *P. filiformis*, frost in *P. angustissimus* and salinity in *P. macvaughii*) and biotic stress. To streamline the creation of new green bean varieties that meet the requirements of growers and consumers, effective actions are needed in breeding programs, including the

introduction and evaluation of new germplasm, crosses between the best available parents, precise selection of valuable plants and progenies.

## MATERIALS AND METHODS

The biological material consisted of 20 varieties of snap bean (bush) *Phaseolus vulgaris* L. var. *nanus* L., of diverse genetic and ecological origin, differentiated in terms of pod size, shape and color. Based on the values of average temperatures and precipitation, it is observed that the year 2022 was the most favorable for bean cultivation, and the year 2024, characterized by higher temperatures in July-August, associated with low levels of precipitation, was considered the most unfavorable.

From each plot, five representative plants were analyzed for the following traits: plant height (cm); length, width and thickness of the pod based on which the pod volume was calculated (cm<sup>3</sup>); pod weight (g); number of pods/plant; pod yield/plant (g).

From each plot, pod samples were taken from representative plants in order to carry out determinations regarding: pod firmness (kg/cm<sup>2</sup>), with the PCE – PTR 200 penetrometer; sugar content (<sup>0</sup>Brix), with the refractometer (DR 201- 95); protein content (%), Nt\*6.25; phosphorus, potassium, iron, zinc, calcium, manganese, magnesium content (mg/g). Chemical analyses were performed at the Interdisciplinary Research Platform of USV Timișoara.

To compare the varieties and determine the significance of the differences between them, analysis of variance and t-test for two factors experiments of the type 3 x 20 were used, in randomized blocks with year as the main factor and variety as a secondary factor. In order to establish the genotype x environment interaction and analyze the stability of the yield components, both the estimation of the variance components according to the Eberhart and Russell model and 12 parametric and non-parametric statistical indices were used. For the graphical representation of the yield traits of bean varieties, the analysis of the first two principal components was used.

## CONTRIBUTIONS REGARDING THE STABILITY OF SOME YIELD TRAITS IN SNAP BEAN

The bean variety had the highest influence on plant height variability (39.38%), also having an important contribution on yield/plant (21.62%) and pod number (17.51%). Variations in pod length, volume and weight in bean varieties were due to a small extent (0.9-1.49%) to the influence of genotype.

The climatic conditions during the study period showed the highest contribution to the variation of yield traits in bean varieties. In this regard, plant height showed better stability against the background of an influence of environmental conditions of 27.16%, while pod length and volume were dependent to an extent of 83.27-90.2% on the favorability of climatic conditions.

In the case of pod weight and plant height, bean varieties recorded a more pronounced specific adaptation to the climatic conditions of the study period, associated with varieties x year's interaction effects of 33.47-42.33%. Pod volume variation presented a higher independence from the interaction effect between varieties and years (8.9%).

The climatic conditions in 2022 were more favorable for the growth of bean plants, which recorded a significantly higher height compared to those in the period 2023-2024, recording significant increases of 12.81-17.14%. The Maxidor and Roquencourt varieties show medium stability, achieving a plant height below average, which suggests that these varieties exhibit good adaptability to less favorable climatic conditions for plant growth.

In the plants of the Plador, Doge and Contender varieties, average stability was associated with higher values of height, showing good adaptability to environmental conditions, regardless of their favorability. The Marconi variety presented the highest adaptability to environmental conditions during the study period, achieving plant height values above average, especially in unfavorable conditions. In the Ileana, Voletta, Velodrom and Sondella varieties, a high influence of the genotype x environment interaction on plant growth is observed.

The varieties Contender, Voletta, Nassau and Roquencourt made the most of the conditions during the study period, achieving an average pod length of 14.18-14.81 cm, higher than most other varieties. Pod length in Tytania shows high static stability correlated with values lower than the general average, while in the Doge variety this stability allowed achieving a value higher than the average. Pod length in the varieties Contender and Voletta shows a high genotype x environment interaction, being specifically adapted to favorable conditions for bean cultivation.

The Processor and Merviglia di Venezia varieties show average pod length stability and adaptability to less favorable cultural factors. In the Roquencourt and Nassau varieties, pod length was correlated with the reaction of the other varieties to the conditions in the three years, registering values above the average.

The climatic conditions in the period 2023-2024 were more favorable for the development of bean pods, which recorded a significantly higher volume than in 2022, with the highest average values for the Plador and Nassau varieties. The Ileana, Roquencourt and Sondella varieties presented low pod volume values due to low adaptation to the less favorable conditions.

The varieties Contender and Voletta showed a pod volume proportional to the favorableness of the environmental conditions. The high stability of the varieties Domino and Processor was associated with values below the average regardless of the favorableness of the environmental conditions, while the pod volume of the Tytania variety consistently showed values above the average. In the varieties Nassau, Plador and Doge, a high influence of the genotype x environment interaction on the development of the pods is observed, against the background of a specific adaptation to favorable environmental conditions. The varieties Velodrom, Wotter, Minidor, Berggold achieved values below the average and uncorrelated with the favorableness of the environmental conditions.

The Marconi variety capitalized on the conditions during the study period at a higher level, achieving an average pod weight (10.93 g) higher by over 11.65% compared to the rest of the varieties, followed by the Nassau and Tytania varieties with values of 9-9.5 g. The pod weight of Wotter, Processor and Ileana presents a high static stability correlated with values lower than the general average, while in the Maxidor variety, the respective stability allowed the achievement of a value above the average.

Pod weight in the varieties Aurie de Turda, Nassau and Doge shows a high genotype x environment interaction, being specifically adapted to favorable conditions for bean cultivation. The varieties Roquencourt, Velodrom, Domino and Voletta show a reduced stability of this trait and values lower than the average. In the varieties Contender and Super Nano Yellow, pod weight was correlated with the favorableness of the cultivation conditions.

The climatic conditions in 2022 were more favorable for the formation and development of pods, recording a significantly higher number of pods/plant by 40.48-45.64% compared to those in the period 2023-2024. The Doge, Voletta, Sondella, Plador and Ileana varieties achieved an average number of approximately 25 pods/plant, showing increases of over 17.5% compared to the rest of the varieties.

The varieties Berggold, Ileana, Velodrom and Wotter presented high values of the number of pods/plant due to a specific adaptation to favorable conditions. The varieties Meraviglia di Venezia, Nassau and Domino achieved a number of pods proportional to the favorableness of the environmental conditions.

The high stability of the Doge and Processor varieties was associated with values above the average regardless of the favorableness of the environmental conditions. In the Maxidor and Contender varieties, an average stability is observed, against the background of a number of pods close to the average of the experience. The Aurie de Turda, Roquencourt and Tytania varieties achieved values below the average and correlated with the favorableness of the environmental conditions.

The Plador and Doge varieties made the most of the conditions during the study period, achieving average yields of 233-246 g, over 31.4% higher than the rest of the varieties. The climatic conditions in 2022 favored obtaining significantly higher yields by 35.82-44.78%, while in 2024 the levels reached were lower than in other years.

In the case of the Sondella variety, high static stability was associated with a yield above the average of the experience, while in Roquencourt, Processor, and Vellodrom high stability is associated with values below the average. The Maxidor and Doge varieties show good dynamic stability, reaching values above the general average of the experience and correlated with the favorability of environmental conditions. The Super Nano Yellow, Minidor, Berggold, Ileana and Voletta varieties showed high instability of yield/plant, being specifically adapted to favorable environmental conditions. The Meraviglia dn Venezia, Wotter and Domino varieties show reduced stability and values below the average

In the case of the Aurie de Turda and Maxidor varieties, the number of pods had a considerable influence of 41-55% on plant yield, associated with an important contribution of plant height and pod length. In the Marconi and Nassau varieties, the major influence of the number of pods was manifested against a background of a reduced contribution of plant height.

The pod yield of the Berggold variety was influenced to a very high extent (94.8%) by the plant height, with low contributions from the other traits. As such, in the case of this variety, in order to obtain higher yields, it is necessary to ensure optimal conditions for the growth of the plant height.

Pod volume had the highest influence (41-49%) on the yield of Sondella and Meraviglia di Venezia varieties, while pod weight had a major contribution (61-78%) on the yield of Plador and Wotter varieties. In the Voletta and Domino varieties, the yield is mainly dependent on the influence of plant height and pod weight, while in the Doge variety; balanced contributions of 11-30% of the five yield traits are observed.

A low similarity associated with a high level of phenotypic diversity for the studied traits was highlighted between the varieties: Plador and Processor (51.11 %); Voletta and Marconi (46.26 %); Ileana and Marconi (46.13 %); Roquencourt and Plador (45.73 %); Plador and Velodrom (41.53 %), Marconi and Velodrom (40.63 %). Combining these varieties that differ phenotypically for different traits, including pod shape and color, offers a high possibility of obtaining hybrids that possess valuable gene combinations for increasing yield capacity.

The high heritability values (90.85-95.07%) for pod length and volume associated with the fact that genotypic variances were superior to those for the genotype x environment interaction, suggest that these traits in bean varieties have a considerable genetic basis that ensures the preservation of performance.

The phenotypic expression of pod weight is significantly influenced by environmental conditions, so the possibility of achieving genetic progress through selection is reduced. The high heritability of yield/plant attests to the hypothesis that there is considerable genetic variability among the studied varieties that can ensure the selection of valuable genotypes.

### **CONTRIBUTIONS REGARDING THE STABILITY OF SOME QUALITY TRAITS IN SNAP BEAN**

The climatic conditions during the study period showed the highest contribution to the variation of manganese content (91.73 %) and magnesium (71.29 %), against the background of influences of 41.22-68.04 % for the other traits except for sugar content which showed the highest stability.

The snap bean genotype recorded the highest influence on the variability of sugar content (48.06 %), having an important contribution also on protein content (34.17 %). The variations in the amount of manganese, magnesium and calcium in the pods were due to a small extent (3.28-9.6 %) to the influence of the variety.

In the case of sugar content, bean varieties recorded a more pronounced specific adaptation to the climatic conditions of the study period, associated with 49.59% variety x year interaction effects. The variation of manganese content in pods presented a high independence from the effect of the interaction between varieties and years (5%).

The varieties Roquencourt, Nassau, Meraviglia di Venezia and Plador showed significantly higher pod firmness by 7.88-22.79% compared to the varieties Aurie de Turda, Voletta, Velodrom, Domino and Roquencourt. Pod firmness in Super Nano Yellow and Processor shows good static stability correlated with values lower than the general average, while in the variety Wotter this stability allowed the achievement of firmness above the average. Pod firmness in the varieties Berggold, Meraviglia di Venezia, Sondella and Minidor shows a high genotype x environment interaction, against the background of an increase in pod firmness in less favorable conditions for this crop.

The Domino, Processor and Velodrom varieties show medium stability of pod firmness and adaptability to less favorable cultural factors that had a lower impact on this trait. In the Ileana and Doge varieties, pod firmness was correlated with the reaction of the other varieties to the conditions in the three years, registering values above the average.

In the Processor variety, the sugar content of the pod showed significant increases of over 0.41 °Brix compared to 75% of the varieties. Also, the Minidor and Voletta varieties accumulated an average amount of sugar of over 6 °Brix and significantly higher than 70% of the varieties.

The Nassau, Domino, Plador, Wotter varieties showed a low sugar content in the pods due to a low adaptation to the conditions favorable to the accumulation of sugar. The Roquencourt variety accumulated an amount of sugar in the pods proportional to the reaction of the other varieties to the favorable environmental conditions.

The high stability of the Aurie de Turda variety was associated with values below the average regardless of the favorableness of the environmental conditions, while the sugar content of the pods of the Supe Nano Yellow variety constantly showed values close to the average. In the Processor, Ileana and Maxidor varieties, a high influence of the genotype x environment interaction on the amount of sugar in the pods is observed, due to a specific adaptation to environmental conditions favorable to sugar accumulation.

The Roquencourt and Contender varieties achieved a sugar content below average and uncorrelated with the favorability of environmental conditions, while against the background of a similar reaction to environmental conditions, the Berggold and Voletta varieties had above average values.

The Marconi, Roquencourt and Tytania varieties made the most of the conditions during the study period, accumulating a significantly higher amount of protein in the pods by over 1.3% compared to the rest of the varieties. The protein content of the pod in Meraviglia di Venezia and Contender shows good static stability correlated with values below the general average, while in the Domino, Voletta, Tytania and Roquencourt varieties this stability allowed the achievement of protein content above the average. The Nassau and Doge varieties show a reduced stability of this trait and values below the average.

The protein accumulation in the pods of Berggold and Super Nano Yellow varieties shows a high genotype x environment interaction, being specifically adapted to favorable conditions for this trait. In the Minidor, Plador and Marconi varieties, the protein content in the pods was correlated with the favorability of the cultivation conditions.

In the Doge and Voletta varieties, the phosphorus content in the pods showed significant increases of over 20.92% compared to the rest of the varieties, given that the climatic conditions in 2024 were more favorable for the accumulation of phosphorus.

The varieties Tytania, Minidor, Roquencourt, Ileana, Berggold, presented high values of phosphorus content in the pods due to a specific adaptation to the conditions favorable to the accumulation of this element. The varieties Sondella, Voletta and Processor achieved a phosphorus content proportional to the favorability of the environmental conditions for this trait.

Good stability of Marconi and Wotter varieties was associated with a lower than average phosphorus content regardless of the favorable environmental conditions. Nassau and Contender varieties showed average stability, against a background of a lower than average phosphorus content, while average stability of Aurie de Turda and Doge varieties was correlated with above average values.

The Aurie de Turda variety capitalized on the conditions during the study period at a higher level, accumulating a significantly higher amount of potassium in pods by over 12% compared to the rest of the varieties, in conditions of greater accumulation in 2024.

The potassium content of the Berggold, Maxidor, Plador, Voletta varieties shows good static stability correlated with values lower than the general average, while in the Doge, Super Nano Yellow, Minidor, Sondella, Ileana varieties, medium stability was associated with lower than average potassium amounts.

Potassium accumulation in the pods of the varieties Aurie de Turda, Nassau, Velodrom, Contender, Processor shows a high genotype x environment interaction, being specifically adapted to favorable conditions for this trait. In the varieties Meraviglia di Venezia and Tytania, the potassium content in the pods was correlated with the favorability of the growing conditions for this trait.

In the Tytania variety, the iron content in the pods showed significant increases of over 35.28% compared to the other varieties. The variation in climatic conditions during the study period had a high influence on the iron content in the pods of 15 varieties, generating significant variations from one year to another, with the highest values in 2024 and the lowest in 2022.

The varieties Tytania, Super Nano Yellow and Voletta capitalized on the conditions during the study period at a higher level, accumulating a significantly higher amount of zinc in pods by over 25.1% compared to the rest of the varieties. Climatic conditions had the highest influence on the accumulation of zinc in pods in the Plador variety, followed by 11 other varieties where it generated significant differences from one year to another, with the highest values in 2024 and the lowest in 2023.

In the Velodrom variety, the calcium content in the pods showed significant increases of over 8.17% compared to most varieties. The calcium content in the pods of 15 varieties recorded significant variations from one year to another, with the highest values in 2024 and the lowest in 2022.

The Processor and Velodrom varieties capitalized on the conditions during the study period to a higher level, accumulating a significantly higher amount of manganese in pods by over 13.08% compared to 75% of the varieties. Cultivation conditions had the highest influence on the accumulation of manganese in pods in the Maxidor variety, followed by eight other varieties where it generated significant differences from one year to another, with the highest values in 2024 and the lowest in 2022.

In the Berggold and Velodrom varieties, the magnesium content in the pods showed significant increases of over 8.11% compared to the rest of the varieties. The magnesium content in the pods recorded significant variations from one year to another in the Berggold, Minidor, Sondella, Voletta, Domino and Wotter varieties, with the highest values in 2023 and the lowest in 2022.

A low similarity associated with a high level of phenotypic diversity for quality traits was highlighted between the varieties: Ileana and Tytania (35.12 %); Doge and Velodrom (32.77 %); Ileana and Marconi (46.13 %); Aurie de Turda and Berggold (31.92 %); Aurie de Turda and Voletta (30.92 %). Combining these varieties that differ phenotypically for different pod traits offers a high possibility of obtaining hybrids that possess valuable gene combinations for the content of different compounds.

The high value of the interaction variance for potassium content indicates that the phenotypic expression of this trait is influenced to an important extent by environmental conditions, so the possibility of obtaining genetic progress through selection is reduced. In the case of pod firmness, it is observed that the phenotypic manifestation is dependent on an important genetic basis along with a reduced action of environmental conditions.

For sugar and potassium content, it is observed that the phenotypic expression was influenced to a lesser extent by the genotype, given a heritability of 41-48%, indicating that the possibility of selecting lines that consistently exhibit high values of these traits is lower compared to the rest of the traits.

For protein content, it is observed that the variety and climatic conditions presented the most balanced contributions to achieving the phenotype, against the background of a relatively high heritability (63.98%), which suggests the possibility of selecting from the studied material lines that consistently exhibit high values of this trait.

### AUTHOR'S OWN CONTRIBUTIONS

The research related to this work allowed obtaining valuable results regarding both the components of pod yield and their quality attributes for a diverse assortment of bean varieties, as well as regarding the stability of the varieties' performances under the effect of interaction with the environmental conditions during the study period.

The varieties with wide yellow pods Plador and Doge, along with the green-pod Nassau variety, were highlighted by the highest levels of yield which was associated with plant vigor, large pod sizes and many pods/plant. The Plador and Doge varieties showed good stability of pod yield while the Nassau variety presented a specific adaptation to favorable growing conditions.

The Sondella variety with thin yellow pods showed high yield stability associated with above-average values, while the Volleta variety with thin yellow pods along with Super Nano Yellow with wide yellow pods showed a specific adaptation to favorable cultivation conditions, achieving efficient yield.

Independently of the environmental conditions during the study period, it was observed that the varieties with yellow pods had 25-43% higher yield than the varieties with green pods, while the varieties with yellow and wide pods achieved yield increases of 15-30% compared to the varieties with yellow and thin pods. Also, the variation in climatic conditions showed a higher influence on the yield stability of the varieties with green pods.

The high heritability values for pod length and volume suggest that these traits in bean varieties have a considerable genetic basis that ensures the preservation of performance. The high heritability of yield attests to the hypothesis that at the level of the studied varieties there is a considerable genetic variability that can ensure the selection of valuable genotypes. In the case of pod number, it is observed that the phenotypic manifestation is dependent on an important genetic basis along with the action of environmental conditions.

Combining varieties that differ markedly in phenotypic aspect for different yield traits including pod shape and color, offers a high possibility of obtaining hybrids that possess valuable gene combinations for increasing yield capacity. The varieties Tytania, Velodrom and Roquencourt stood out for the highest contents of protein, zinc, calcium, iron and manganese which were associated with average values of the other components and a superior culinary quality due to the reduced firmness of the pods.

The yellow-pod varieties Voletta, Berggold and Supe Nano Yellow presented the highest amounts of sugar, magnesium and phosphorus in the pods, against a background of low amounts of potassium. The pods with reduced firmness from the varieties Aurie de Turda, Domino and Wotter had a higher potassium content and low values for sugar, phosphorus and magnesium content.

In the case of the Ileana, Doge, Maxidor and Sondella varieties, high pod firmness was correlated with low zinc, calcium, protein, iron and manganese content. In the green pod varieties Contender and Nassau, high potassium content was associated with above-average firmness.

The protein content of the pod in Meraviglia di Venezia and Contender shows good static stability correlated with values lower than the general average, while in the Domino, Voletta, Tytania and Roquencourt varieties, this stability allowed for a protein content above average.

Protein accumulation in the pods of Berggold and Super Nano Yellow varieties shows a high genotype x environment interaction, being specifically adapted to favorable conditions for this trait. In the Minidor, Plador and Marconi varieties, the protein content in the pods was correlated with the favorability of the growing conditions.

In the Processor, Ileana and Maxidor varieties, a high influence of the genotype x environment interaction on the amount of sugar in the pods is observed, against the background of a specific adaptation to environmental conditions favorable to the accumulation of sugar. The high stability of the Aurie de Turda variety was associated with values lower than the average regardless of the favorableness of the environmental conditions, while the sugar content of the pods in the Supe Nano Yellow variety constantly showed values close to the average.

For the protein content, it is observed that the variety and the climatic conditions presented the most balanced contributions to the achievement of the phenotype, against the background of a relatively high heritability, which suggests the possibility of selecting from the studied material lines that constantly show high values of this trait.

### **ELEMENTS OF ORIGINALITY**

Based on the obtained results, a first aspect of originality of the thesis consists in the fact that 20 snap bean varieties with different genetic and ecological origins were evaluated, obtaining useful information both in terms of pod production and quality and for the possible use of some of the varieties in snap bean breeding programs.

The analysis of the effects of the genotype x environment interaction for pod yield and quality traits allowed obtaining original information about the variability of these traits in bean varieties under the influence of varying climatic conditions and the identification of varieties that can ensure the obtaining of superior and constant pod yield.

Another important aspect of originality consisted in the complexity of the methodology for analyzing the stability of yield and quality traits by using 12 parametric and non-parametric indices of univariate and multivariate statistics.

The thesis brings original contributions regarding some aspects regarding the genetic basis of yield and quality traits in the studied assortment of varieties, which can be used to adopt the most efficient methodologies for improving snap bean.