

LATVIJAS LAUKSAIMNIECĪBAS UNIVERSITĀTE  
LAUKSAIMNIECĪBAS FAKULTĀTE  
Augu bioloģijas un aizsardzības katedra

LATVIA UNIVERSITY OF AGRICULTURE  
DEPARTMENT OF PLANT BIOLOGY AND PROTECTION

**Mg.agr. Gunita Bimšteine**

***PHYTOPHTHORA INFESTANS* POPULĀCIJAS INVENTARIZĀCIJA UN  
PROGNOZĒŠANAS DATORMODEĻU OPTIMIZĀCIJA**

INVENTORY OF *PHYTOPHTHORA INFESTANS* POPULATION AND  
OPTIMIZATION OF THE PERFORMANCE OF THE DATORIZED FORECASTING  
MODELS

PROMOCIJAS DARBA KOPSAVILKUMS

Dr. agr. zinātniskā grāda iegūšanai

SUMMARY OF PH.D. THESIS

JELGAVA  
2005

**Promocijas darbs izstrādāts** Latvijas Lauksaimniecības universitātes Lauksaimniecības fakultātes Augu bioloģijas un aizsardzības katedrā un mācību un pētījumu saimniecībā 'Vecauce'.

**Research was done** at the Latvia University of Agriculture, Faculty of Agriculture, Department of Plant Biology and Protection and Research and Study farm „Vecauce”.

**Zinātniskā vadītāja / Scientific supervisor:**                   **Prof. Dr.habil. agr. Ināra Turka**

**Darba recenzenti:**

**Reviewers**

**Dr. agr. G. Bebre**

**Dr. agr. I. Krūmiņš**

**Dr. agr. D.Lapiņš**

**Promocijas darba aizstāvēšana** paredzēta Latvijas Lauksaimniecības universitātes Lauksaimniecības nozares Laukkopības apakšnozares promocijas padomes atklātā sēdē 2005. gada 25. novembrī plkst. 14<sup>00</sup>, LLU, Strazdu ielā 1, zālē (24. auditorijā), Jelgavā.

**The defence of thesis** in open session of the Promotion Board of Agricultural Sciences will be held on 25 November 2005 at 14<sup>00</sup> a.m. in auditorium 24, Strazdu street 1, Jelgava.

**Ar promocijas darbu var iepazīties** LLU Fundamentālajā bibliotēkā. Jelgavā, Lielā ielā 2.

**Atsauksmes lūdzu sūtīt** Lauksaimniecības zinātņu nozares Laukkopības apakšnozares promocijas padomes sekretārei Dr.agr. Maijai Ausmanei, Lielā iela 2, Jelgava, LV 3001, fakss: +371 3027238

**The thesis is available** at the Fundamental Library of the Latvia University of Agriculture, Liela str. 2., Jelgava.

**References please send** to Dr.agr. Maija Ausmane, the Secretary of the Promotion Board, Latvia University of Agriculture, Liela street 2, Jelgava, LV 3001, Latvia, fax: +371 3027238

## SATURS / CONTENT

SATURS / CONTENT	3
IEVADS	4
IZMĒĢINĀJUMU MATERIĀLI UN METODIKA	
Prognozēšanas datormodeļa NegFry adaptēšanas izmēģinājumu iekārtošana un metodika	6
Izmēģinājumu vērtēšanas shēma	8
Kartupeļu šķirņu jutības pret lakstu puvi lauka apstākļos izmēģinājuma iekārtošana	8
Laukuma zem slimības attīstības līknes (AUDPC) aprēķināšana	9
Slimības saskatāmās infekcijas izplatīšanās ātruma aprēķināšana	10
Oosporu sastopamības pētījumi	10
IZMĒĢINĀJUMU REZULTĀTI UN TO ANALĪZE	11
Prognozēšanas datormodeļa NegFry adaptēšanas izmēģinājumu rezultāti	11
Kartupeļu šķirņu jutības pret lakstu puvi lauka apstākļos novērtējums	20
Oosporu sastopamības pētījumi	24
SECINĀJUMI	26
PATEICĪBA	27
Zinātnisko publikāciju saraksts / Scientific publications	28
Ziņojumi zinātniskās konferencēs / Presentations in scientific conferences	29
INTRODUCTION	30
MATERIALS AND METHODS	32
The establishment of NegFry adaptation trials	32
Trial assessing scale	33
The establishment of observation trials	34
Calculation of Area under Disease Progress Curve (AUDPC)	35
Calculation of apparent infection rate	35
Investigation about occurrence of oospores	35
RESULTS	36
Results of NegFry adaptation trials	36
Estimation of potato varieties field resistance against late blight	38
Occurrence of oospores	40
CONCLUSIONS	41
ACKNOWLEDGEMENTS	42

## IEVADS

Kartupeļu (*Solanum tuberosum*) lakstu puve, kas inficē kartupeļu lapas un bumbuļus, ir viena no nozīmīgākajām slimībām šim kultūraugam. Pirmais gadījums par šīs slimības parādīšanos Eiropā ir dokumentēts 1845. gada jūnijā Beļģijā (De Bary, 1876). Tā paša gada beigās lakstu puve jau izplatījies pa visu kontinentu.

Mūsdienās lakstu puve ir izplatīta visos kontinentos un nodara ievērojamus zaudējumus gandrīz katru gadu. Slimību ierosina *Phytophthora infestans* Mont. de Bary, kas ir viens no visvairāk pētītajiem augu patogēniem (De Bary, 1876; Crosier, 1933; Fry and Mizubuti, 1998; Harrison, 1995; Gregory, 1983).

Kaut arī *P. infestans* ir patogēns, kurš ir pazīstams jau gandrīz 160 gadus, interese par to nemazinās. To var izskaidrot ar patogēna mainību, kuru veicina dzimumvairošanās process un oosporu veidošanās, patogēna migrāciju un ekonomiskajiem zaudējumiem, ko nodara lakstu puve.

*P. infestans* populācijas izmaiņas katrā valstī notiek nedaudz atšķirīgi, jo ir dažādi meteoroloģiskie apstākļi un nav vienāds audzēto kartupeļu šķirņu sortiments. Tomēr ir kļuvis skaidrs, ka patogēns kļūst agresīvāks, līdz ar to grūtāk ierobežojams.

Latvijā pētījumi saistībā ar lakstu puvi uzsākti 1924. gadā, kad Augu aizsardzības institūta Priekuļu nodaļā tika iekārtoti izmēģinājumi ar mērķi noteikt efektīvāko ķīmisko augu aizsardzības līdzekli lakstu puves ierobežošanai (Eglītis, 1938).

Arī 1980 – gados un līdz 1993. gadam Latvijā Vissavienības augu aizsardzības zinātniski pētnieciskā institūta Baltijas filiālē pētījumi turpinājās. Šajos pētījumos bez dažādu ķīmisko augu aizsardzības līdzekļu izmēģinājumiem uzmanība tika pievērsta arī Latvijā esošās *P. infestans* populācijas izpētei.

Visā pasaulē liela uzmanība tiek veltīta kartupeļu lakstu puves ierobežošanai. Ierobežošanu veic gan izvēloties veselu stādāmo materiālu, gan lietojot ievērojamu daudzumu dažādu fungicīdu. Pagaidām fungicīdu lietošana ir efektīvākais veids kā ierobežot šīs slimības attīstību un pasargāt kartupeļu lakstus un bumbuļus no inficēšanās.

Latvijā līdz šim kartupeļu lakstu puve galvenokārt tika ierobežota – smidzinājumus veicot tikai ar pieskares iedarbības preparātu, ik pēc 7 – 10 dienām, vai arī pirmos divus smidzinājumus veicot ar pieskares - sistēmas iedarbības un nākošos smidzinājumus ar pieskares iedarbības preparātiem. Abos gadījumos pirmais smidzinājums veikts laikā, kad kartupeļu laksti vagās sāk sakļauties.

Fungicīdu smidzinājumu skaits visās veģetācijas sezonās nav vienāds. Tas mainās atkarībā no meteoroloģiskajiem apstākļiem un kartupeļu audzēšanas tehnoloģijas konkrētajā valstī. Vidējais smidzinājumu skaits Eiropā variē no 8 līdz 16 smidzinājumiem, atkarībā no veģetācijas sezonas.

Pieaugot pieprasījumam pēc kvalitatīvākas un ekoloģiski tīras produkcijas, kā arī attīstoties informācijas tehnoloģijām, pieauga interese par datormodeļu izmantošanas iespējām slimības attīstības prognozēšanai.

Pēdējos 60 gados pasaulē plaši tiek strādāts pie datormodeļu izmantošanas lakstu puves attīstības prognozēšanai. Prognozēšana balstīta uz patogēna sekundārās infekcijas izplatīšanās atkarību no meteoroloģiskajiem apstākļiem. Datormodeļu lietošana ļauj samazināt fungicīdu smidzinājumu skaitu, izmantojot informāciju par konkrētās ģeogrāfiskās vietas meteoroloģiskajiem apstākļiem, audzēto kartupeļu šķirni un tās rezistenci pret lakstu puvi un lietoto fungicīdu iedarbības veidu.

Latvijā pētījumi saistībā ar lakstu puvi tiek turpināti ar mērķi samazināt fungicīdu smidzinājumu skaitu, pamatojoties uz datorizētām lēmumu pieņemšanas sistēmām. Viens no sistēmas elementiem ir arī datormodelis NegFry.

Darbs izstrādāts Latvijas Lauksaimniecības universitātes Lauksaimniecības fakultātes Augu bioloģijas un aizsardzības katedrā un Mācību un Pētījumu saimniecībā 'Vecauce' no 2000. līdz 2003. gadam.

Pētījuma **mērķis**: Samazināt fungicīdu smidzinājumu reižu skaitu lakstu puves ierobežošanai, pamatojoties uz datorizētām lēmumu pieņemšanas sistēmām, kurās galvenie parametri ir patogēna bioloģijas īpatnības Latvijas klimatiskajos apstākļos.

Mērķa sasniegšanai izvirzīti šādi **uzdevumi**:

- Analizēt un izvērtēt kartupeļu lakstu puves prognozēšanas datormodeļa NegFry adaptācijas izmēģinājuma datus.
- Precizēt kartupeļu šķirņu jutības pret lakstu puvi lauka apstākļos raksturojošos parametrus, lietošanai datormodelī.
- Veikt kartupeļu lakstu puves ierosinātāja *P. infestans* populācijas inventarizāciju Latvijā nosakot iespējamās bioloģijas izmaiņas un, tai skaitā, oosporu veidošanos.

**Pētījuma novitāte**:

Pētīta lakstu puves epidemioloģija un *Phytophthora infestans* populācijas izmaiņas Latvijas klimatiskajos un agrotehniskajos apstākļos.

Slimības attīstības dinamikas raksturošanai izmantoti parametri – AUDPC un saskatāmās infekcijas izplatīšanās ātrums.

Pirmoreiz laboratorijas izmēģinājumos pierādīta oosporu veidošanās Latvijā esošajā *Phytophthora infestans* populācijā.

Pirmo reizi Latvijā lakstu puves ierobežošanai lietots prognozēšanas datormodelis.

Pētījuma rezultāti atspoguļoti 10 zinātniskajās publikācijās un par tiem ziņots 9 konferencēs.

## IZMĒĢINĀJUMU MATERIĀLI UN METODIKA

Lauka izmēģinājumi tika veikti divās sadaļās – prognozēšanas datormodeļa NegFry adaptācija Latvijas apstākļos un kartupeļu šķirņu jutības pret lakstu puvi lauka apstākļos novērtēšana.

Izmēģinājumi saistībā ar datormodeļa NegFry adaptāciju iekārtoti Dānijas – Baltijas valstu un Polijas kopprojekta ietvaros „*Development and Implementation of an Internet based Decision Support Systems for Integrated Pest Management in Latvia 2000 – 2002*”. Projekts tapis pateicoties Dānijas valsts atbalstam, jo prognozēšanas datormodeļa ieviešanas un ekspluatācijas izdevumi ir pietiekami augsti. Lielākās izmaksas saistītas ar kvalitatīvu meteoroloģisko datu nodrošinājumu.

Latvijā prognozēšanas datormodeļa NegFry adaptēšanā iesaistītas vairākas institūcijas – Latvijas Lauksaimniecības Universitātes Augu bioloģijas un aizsardzības katedra, LLU Mācību un Pētījumu saimniecība „Vecauce”, Valsts Augu Aizsardzības centrs (tagad Latvijas Augu Aizsardzības pētniecības centrs), Stendes Selekcijas stacija, Valsts Augu Aizsardzības dienesta prognozēšanas un diagnostikas reģionālajās nodaļas Priekuļos, Bauskā, Aizkrauklē un Saldū. Dati no visām izmēģinājumu vietām katru gadu tika apkopoti vienotā atskaitē. Iegūtie rezultāti promocijas darbā ir analizēti plašāk.

Datormodeļa NegFry adaptēšanas izmēģinājumi veikti pēc vienotas shēmas – izmantojot sertificētu sēklas materiālu, ievērojot augu maiņu, izmantojot vienādas ķīmiskās grupas fungicīdus un to devas, izmantojot vienādas kartupeļu šķirnes, veicot patogēna attīstības uzskaites pēc vienota protokola (Hansen, 1998, 1999; Hansen and Lassen, 2000).

### Prognozēšanas datormodeļa NegFry adaptēšanas izmēģinājumu iekārtošana un metodika

Prognozēšanas datormodeļa NegFry adaptēšanas un salīdzināšanas izmēģinājumi MPS „Vecauce” veikti no 2000. līdz 2002. gadam. Šajā izmēģinājumā iekļautas divas kartupeļu šķirnes ‘Mutagenagrie’ un ‘Sante’. Šķirne ‘Mutagenagrie’ izmēģinājumā tika iekļauta tikai kā modeļa variants un arī lai veiktu nepieciešamo prognozi par lakstu puves attīstību šķirnei ‘Sante’. Izmēģinājums iekārtots četros atkārtojumos ar dažādu variantu skaitu (1. tabula). Lauciņa kopējā platība 33.6 m<sup>2</sup>. Uzskaites lauciņa lielums 14 m<sup>2</sup>, jo lakstu puves attīstības un ražas uzskaitē veikta divās vidējās vagās.

1. tabula

Salīdzināto variantu shēma, šķirnei ‘Sante’, LLU MPS „Vecauce”

N.p.k.	2000	2001	2002
1.	Kontrole	Kontrole	Kontrole
2.	Standartizētais variants	Standartizētais variants	Standartizētais variants
3.	Eksperta slēdziens	Eksperta slēdziens	Eksperta slēdziens
4.	NegFry datormodelis	NegFry datormodelis	NegFry datormodelis
5.	Modificētais NegFry datormodelis	Modificētais NegFry datormodelis	Modificētais NegFry datormodelis
6.	NegFry datormodelis + 7 DRV	NegFry datormodelis + HMS	

- Kontrole – bez fungicīdu lietošanas;
- Standartizētais variants - smidzinājumi veikti ar aizsargājošu pieskares iedarbības fungicīdu. Pirmais smidzinājums veikts kad kartupeļu laksti sāk sakļauties vagās. Nākošie smidzinājumi veikti ik pēc 7 – 10 dienām;
- NegFry datormodelis – smidzinājumi veikti ar aizsargājošu pieskares iedarbības fungicīdu. Smidzinājumi veikti saskaņā ar datormodeļa rekomendācijām, izmantojot Metpoles datus;
- Eksperta slēdziens – pirmie divi smidzinājumi veikti ar pieskares un sistēmas iedarbības fungicīdu. Nākošie smidzinājumi ar aizsargājošu pieskares iedarbības fungicīdu. Pirmo smidzinājumu veic, kad kartupeļu laksti sāk sakļauties vagās;
- Modificētais NegFry datormodelis – smidzinājumi tiek veikti ar aizsargājošu pieskares iedarbības fungicīdu. Pirmo smidzinājumu ar 1/2 devu veic, kad lakstu puves pirmie simptomi atrasti šķirnei ‘Mutagēnagrie’. Nākošos smidzinājumus veic saskaņā ar datormodeļa rekomendācijām, izmantojot Metpoles datus;
- NegFry datormodelis + 7 DRV – smidzinājumi tiek veikti ar pieskares iedarbības fungicīdu. Smidzinājumus veic saskaņā ar datormodeļa rekomendācijām, bet ņemot vērā modeļa prognozētās dienas riska vērtības (DRV), kuras piedāvā modelis, izmantojot Metpoles datus;
- NegFry datormodelis + HMS– smidzinājumi tiek veikti ar pieskares iedarbības fungicīdu saskaņā ar datormodeļa rekomendācijām, izmantojot stacionāras hidrometeoroloģiskās stacijas (HMS) datus.

Pārējās minētajās izmēģinājumu vietās izmantota viena kartupeļu šķirne ‘Sante’ un salīdzināto variantu skaits bija mazāks nekā Vecauces izmēģinājumā. Visās izmēģinājuma vietās visus izmēģinājuma gadus bija 3 varianti - kontroles variants un varianti, kuros smidzinājumi veikti pēc eksperta slēdziena un pēc NegFry datormodeļa rekomendācijām.

Kartupeļu lakstu puves ierobežošanai lietoti gan aizsargājoši pieskares iedarbības, gan sistēmas un pieskares jeb kombinētie fungicīdi, kas reģistrēti Latvijas Republikā reģistrēto augu aizsardzības līdzekļu sarakstā 1995. – 2005. gadam.

Slimības uzskaitē veikta divas reizes nedēļā pēc vienotas shēmas. Veģetācijas sezonas laikā veikta uzskaitē par lakstu puves pirmo simptomu parādīšanos, slimības attīstības dinamiku, slimības attīstības intensitāti sezonas beigās un ražas izmaiņām. Ražas uzskaitē ( $t\ ha^{-1}$ ) veikta atsevišķi pēc bumbuļu lieluma un aprēķinot arī inficēto bumbuļu procentuālo daudzumu.

Analizējot un salīdzinot slimības attīstības dinamiku, pielietojot dažādas kartupeļu lakstu puvi ierobežošanas metodes, aprēķināts saskatāmās infekcijas izplatīšanās ātrums (slimības attīstības ātrums) un tā izmaiņas pirms un pēc fungicīdu lietošanas. Kā arī salīdzināts laukums zem slimības attīstības līknes (AUDPC).

Izmēģinājumā iekļauto lakstu puves ierobežošanas metožu ekonomiskajai izvērtēšanai tika salīdzināts preču produkcijas iznākums, bumbuļu infekcijas radītie zaudējumi, kā arī ražas pieaugums no kartupeļu lakstu puves ierobežošanā katra ieguldītā lata. Vērtējumam izmantotas katra gada tirgus cenas (Bruto seguma aprēķins zemnieku saimniecībai 2000; 2001; 2002).

## Izmēginājumu vērtēšanas shēma

Kartupeļu lakstu puves uzskaitē dažādu lakstu puvi ierobežošanas metožu salīdzināšanai veikta pēc vienotas shēmas (Turka, Bankina, 1999; Fry, 1978; Dowley et.al., 1999), divas reizes nedēļā un pirms fungicīdu lietošanas. Pēdējais slimības novērtējums veikts pirms ražas novākšanas vai lakstu nopļaušanas.

Katrā uzskaites reizē reģistrēta kartupeļu attīstības fāze. Uzskaites lauciņos novērtēta slimības attīstība uz kartupeļu lapām katram augam atsevišķi. Slimības attīstību uz auga izsaka % (Cox and Large, 1960):

- 0 – vesels;
- 0,1 – tikai daži plankumi uz auga;
- 1 – ap 10 plankumu uz viena auga;
- 5 – ap 50 plankumiem uz viena auga vai inficēta viena pielape no katrām desmit;
- 10 – inficētas 4 pielapes no katrām 10, augam vēl saglabājusies normāla forma;
- 25 – gandrīz katra pielape inficēta, bet augam vēl saglabājas normāla forma. Pa gabalu lauciņš var izskatīties zaļš;
- 50 – gandrīz ½ lapu ir lakstu puves bojātas. Lauks pa gabalu izskatās zaļš ar brūniem plankumiem;
- 75 – gandrīz ¾ lapu ir lakstu puves bojātas. Lauks izskatās vairāk brūns nekā zaļš;
- 95 – tikai dažas lapiņas zaļas, bet stublāji vēl zaļi;
- 100 – visas lapas un stublāji inficēti, brūni gandrīz atmiruši.

Pēc lauciņu apskates un slimo augu uzskaites aprēķina slimības intensitāti pēc šādas formulas (Turka, Bankina, 1999):

$$R = \frac{\sum a * b}{N} \quad (1)$$

- $R$  – infekcijas intensitāte  
 $a * b$  – inficēto augu reizinājums ar atbilstošo infekcijas pakāpi  
 $N$  – kopējais pārbaudīto augu skaits.

## Kartupeļu šķirņu jutības pret lakstu puvi lauka apstākļos izmēginājuma iekārtošana

Izmēginājums iekārtots ar mērķi precizēt kartupeļu šķirņu jutības pret lakstu puvi lauka apstākļos raksturojošos parametrus un pēc šiem parametriem iedalīt šķirnes 9 ballu skalā. Šķirņu iedalījumam tiek lietoti tikai lauka izmēginājumos iegūtie dati. Jaunā skala raksturo kartupeļu šķirnes jutību pret lakstu puvi lauka apstākļos konkrētā valstī, neatkarīgi no selekcijas procesā apstiprinātās rezistences.

2001. gadā izmēginājumā tika iekļautas desmit kartupeļu šķirnes – Mutagēnagrie, Vineta, Sante, Folva, Sava, Red Star, Oleva, Danva, Asterix, Kuras. 2002. un 2003. gadā izmēginājums tika paplašināts un tajā iekļautas vēl sešpadsmit kartupeļu šķirnes – Impala, Rosara, Fresko, Columbo, Planta, Borodjanskij Rozovij, Latona, Zīle, Lasunok, Brasla, Bete, Vebeka, Raja, Magda, Unda, Saturna.

Izmēginājums iekārtots trīs atkārtojumos. Katrā atkārtojumā četras 6.0 m garas vagas. Attālums starp vagām 0.7 m, attālums starp bumbuļiem vagās 0.24 m.



Veģetācijas sezonas laikā veikta uzskaitē par lakstu puves pirmo simptomu parādīšanos, slimības attīstības dinamiku un slimības attīstības intensitāti sezonas beigās. Analizējot un salīdzinot slimības attīstības dinamiku dažādām kartupeļu šķirnēm tika aprēķināts saskatāmās infekcijas izplatīšanās ātrums un laukums zem slimības attīstības līknes (AUDPC) (2. tabula).

2. tabula

Jutības pret lakstu puvi lauka apstākļos iedalījuma kritēriji  
pēc 9 ballu skalas (Hansen, 2001)

Skala 1 – 9	Šķirnes AUDPC attiecība pret standarta šķirnes AUDPC	Saskatāmās infekcijas attīstības ātrums	
1	> 135	> 0.4	augsts
2	120 – 135	0.2 -0.4	vidējs
3	105 – 120	< 0.2	zems
4	90 – 105	> 0.4	augsts
5	75 – 90	0.2 -0.4	vidējs
6	60 – 75	< 0.2	zems
7	45 – 60	> 0.4	augsts
8	30 – 45	0.2 -0.4	vidējs
9	< 30	< 0.2	zems

Konkrētās šķirnes AUDPC attiecība pret standarta šķirni tiek aprēķināta pēc formulas(Hansen, 2001):

$$(konkrētās šķirnes AUDPC / standarta šķirnes AUDPC) * 100 \quad (2)$$

Papildus tiek analizēts arī lakstu puves pirmo simptomu parādīšanās laiks un slimības infekcijas intensitāte, kad standarta šķirnei (Sante) lakstu puves intensitāte pārsniedz 90 %.

### Laukuma zem slimības attīstības līknes (AUDPC) aprēķināšana

Dažādu lakstu puves ierobežošanas metožu salīdzināšanai tiek lietots laukums zem slimības attīstības līknes (AUDPC).

Aprēķinos izmantotā formula (Shaner and Finney, 1977; Fry, 1978; Flore-Gutierrez and Cadena-Hinijosa, 1996):

$$AUDPC = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{(X_{i+1} + X_i)}{2} \right] * [t_{i+1} - t_i] \quad (3)$$

- $X_i$  – lakstu puves infekcijas intensitāte konkrētā i-tajā uzskaites reizē  
 $t$  – laiks dienās no sadīgšanas konkrētā i-tajā uzskaites reizē  
 $n$  – kopējais uzskaites reižu skaits

## Slimības saskatāmās infekcijas izplatīšanās ātruma aprēķināšana

Lai salīdzinātu dažādu lakstu puves ierobežošanas metožu efektivitāti, tika aprēķinātas slimības saskatāmās infekcijas izplatīšanās ātruma ( $r$ ) izmaiņas. Aprēķinos tika pielietoti iepriekš lauka apskatēs iegūti dati par lakstu puves infekcijas intensitāti (Hughes, 2003):

$$r = \frac{1}{t2 - t1} * \left( \log \frac{X2}{1 - X2} - \log \frac{X1}{1 - X1} \right) \quad (4)$$

- $r$  – saskatāmās infekcijas izplatīšanās ātrums
- $t1$  – laiks dienās no sadīgšanas, pirms fungicīdu lietošanas vai kad parādās pirmie lakstu puves simptomi
- $t2$  – laiks dienās no sadīgšanas, pēc fungicīda garantētās lakstu aizsardzības vai kad veikts pēdējais slimības novērojums
- $X1$  – lakstu puves infekcijas intensitāte pirms fungicīdu lietošanas vai kad parādās pirmie lakstu puves simptomi
- $X2$  – lakstu puves infekcijas intensitāte pēc fungicīda garantētās lakstu aizsardzības vai kad veikts pēdējais slimības novērojums

## Oosporu sastopamības pētījumi

Laboratorijas izmēģinājumi veikti LLU Augu bioloģijas un aizsardzības katedras laboratorijā. Ar lakstu puvi inficēto lapu paraugi ievākti 2002. un 2004. gados vairākās Latvijas vietās. 2002. gadā paraugi ievākti gan no prognozēšanas datormodeļa NegFry novērtēšanas izmēģinājumiem Vecaucē un Priekulos, gan kartupeļu šķirņu jutības pret lakstu puvi lauka apstākļos novērtēšanas izmēģinājuma Vecaucē. 2003. gadā paraugi ievākti no kartupeļu šķirņu salīdzināšanas izmēģinājumiem Priekuļos, ražošanas laukiem Liepājas, Kuldīgas un Dobeles rajonos, bet 2004. gadā no izmēģinājumiem sertificētā bioloģiskā lauka – Vecaucē, ražošanas lauka Saldū un no mazdārziņiem Jelgavas rajonā.

Paraugiem tiek ievāktas inficētās kartupeļu lapas, uz kurām skaidri saskatāmas savstarpēji norobežotas divas vai vairākas lēzijas. Ievāktie lapu paraugi tiek ievietoti petri platēs (ar Ø 10 cm), kurās ielieti 20 ml destilēta ūdens. Petri plates tiek novietotas istabas temperatūrā. Pēc 2 – 4 nedēļām (atkarībā no parauga lieluma) mikroskopē ar palielinājumu 100 reizes.

## IZMĒGINĀJUMU REZULTĀTI UN TO ANALĪZE

### Prognozēšanas datormodeļa Negfry adaptēšanas izmēģinājumu rezultāti

**Kartupeļu lakstu puves pirmo simptomu parādīšanās pētījumu gados.** Kartupeļu lakstu puves pirmie simptomi katru gadu novēroti dažādos laikos. Slimības simptomu parādīšanās ir atkarīga gan no meteoroloģisko apstākļu ietekmes, gan no slimības ierobežošanas pasākumu efektivitātes.

Visagrāk MPS „Vecauce” lakstu puves pirmie slimības simptomi novēroti 2001. gadā (3. tabula).

Salīdzinot datormodeļa NegFry prognozes par iespējamo slimības pirmo simptomu parādīšanās laiku ar reālo slimības simptomu novērošanu, parādās tendence, ka datormodeļa prognozes ir pāragras. Tā kā fungicīdu smidzinājumi tika veikti saskaņā ar modeļa prognozēm, tad līdz reālam kartupeļu lakstu puves parādīšanās laikam, kartupeļu stādījumos jau tika veikti vairāki smidzinājumi.

3. tabula / Table 3

Kartupeļu lakstu puves pirmo slimības simptomu parādīšanās,  
LLU MPS „Vecauce”

*First symptoms of potato late blight, LLU Research and Study farm „Vecauce”*

Šķirne / <i>Variety</i>	Izmēģinājumā / <i>On trial</i>	Datormodeļa NegFry prognoze / <i>Model recommendations</i>	+ / - , dienās / <i>+ / - days</i>
<b>2000</b>			
‘Mutagēnagrie’	24.07.	30.06.	24
‘Sante’	31.07.	02.07.	29
<b>2001</b>			
‘Mutagēnagrie’	06.07.	26.06.	10
‘Sante’	10.07.	02.07.	8
<b>2002</b>			
‘Mutagēnagrie’	12.07.	27.06.	15
‘Sante’	12.07.	27.06.	15

Analizējot un salīdzinot, kad parādās lakstu puve dažādos izmēģinājuma gados, jāsecina, ka datormodelis lakstu puves attīstībai labvēlīgākā gadā dod precīzākas prognozes. Taču lakstu puves attīstībai nelabvēlīgā gadā, prognoze ir pāragra, kas nebūt nesamazina kopējo fungicīdu smidzinājumu skaitu veģetācijas sezonā.

**Kartupeļu lakstu puves attīstības tendences.** Kartupeļu lakstu puves attīstības tendence lielā mērā ir atkarīga no meteoroloģiskajiem apstākļiem kartupeļu aktīvās augšanas laikā. Izmēģinājuma gadi šajā ziņā bija ļoti atšķirīgi. Lai salīdzinātu lakstu puves attīstības dinamiku pa izmēģinājuma gadiem un smidzinājuma variantiem, analizēta lakstu puves intensitāte veģetācijas sezonas beigās un aprēķināts AUDPC (4. un 5. tabula).

Analizētie dati parāda, ka lakstu puves attīstībai labvēlīgāks bijis 2001. gads. Lakstu puves intensitāte kontroles variantā abām izmēģinājumā iekļautajām šķirnēm sasniedza 100 %. Smidzinātajos variantos tā arī bija salīdzinoši augsta. 2001. gadā laukums zem slimības attīstības līknes bija vislielākais salīdzinot ar pārējiem

izmēģinājuma gadiem. Savstarpēji salīdzinot variantus, pie varbūtības 95 %, būtiskas atšķirības ir starp visiem variantiem.

4. tabula / Table 4

Lakstu puves intensitāte veģetācijas sezonas beigās un AUDPC izmaiņas, pielietojot dažādas ierobežošanas metodes, šķirnei 'Mutagēnagrie'

*Effect of different late blight control models on disease severity at the end of season and AUDPC, variety 'Mutagenagrie'*

Varianti / Treatments	2001.		2002.	
	Intensitāte / Severity, %	AUDPC	Intensitāte / Severity, %	AUDPC
Kontrole/ <i>Untreated</i>	100	1267.4	9	19.9
Standartizētais variants/ <i>Standard</i>	84	434.8	0.1	0.2
NegFry datormodeli/ <i>NegFry</i>	90	882.8	0.1	0.2
RS <sub>0.05</sub>	7.76	34.06	1.24	4.85

5. tabula / Table 5

Lakstu puves intensitāte veģetācijas sezonas beigās un AUDPC izmaiņas, pielietojot dažādas ierobežošanas metodes, šķirnei 'Sante'

*Effect of different late blight control models on disease severity at the end of season and AUDPC, variety 'Sante'*

Varianti / Treatments	2000.		2001.		2002.	
	Intensitāte / Severity, %	AUDPC	Intensitāte / Severity, %	AUDPC	Intensitāte / Severity, %	AUDPC
Kontrole / <i>Untreated</i>	50	610.4	100	1966.5	71	660.7
Standartizētais variants / <i>Standard</i>	25	138.7	70	749.6	2	16.7
Eksperta slēdziens / <i>Expert decision</i>	25	138.7	76	874.2	2	15.8
NegFry datormodelis / <i>NegFry</i>	30	212.9	70	759.7	2	13.5
Modificētai NegFry datormodelis / <i>Modified NegFry</i>	50	277.6	84	1099.0	4	37.5
NegFry datormodelis + 7 DRV / <i>NegFry 7 DRV</i>	27	155.2	-	-	-	-
NegFry datormodelis + HMS / <i>NegFry HMS</i>	-	-	73	730.9	-	-
RS <sub>0.05</sub>	14.11	77.61	14.99	280.47	16.74	172.91

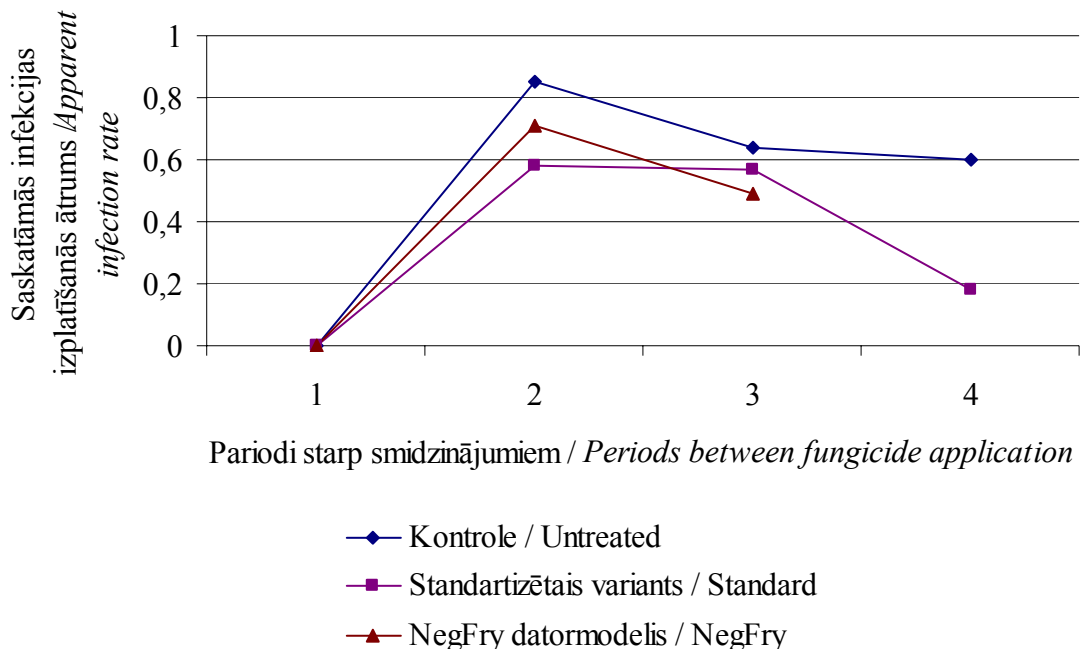
2002. gads, salīdzinot ar pārējiem izmēģinājuma gadiem, bija visnelabvēlīgākais lakstu puves attīstībai. Smidzinātajos variantos ne tikai slimības intensitāte veģetācijas

sezonas beigās, bet arī aprēķinātais AUDPC bija zems. Veicot datu matemātisko analīzi, pie varbūtības 95 %, būtiskas atšķirības ir starp kontroli un smidzinātajiem variantiem, bet starp dažādiem smidzinājuma variantiem nav būtisku atšķirību.

Salīdzinot Vecauces izmēģinājumā iegūtos AUDPC vidējos rādītājus ar pārējām izmēģinājuma vietām, starp rādītājiem ir būtiskas atšķirības ne tikai starp dažādiem variantiem, bet arī izmēģinājuma vietām. Visizteiktākās atšķirības starp AUDPC rādītāju vērojamas, salīdzinot kontroles variantus.

**Fungicīdu smidzinājumu ietekme uz saskatāmās infekcijas izplatīšanās ātrumu.** Slimības saskatāmās infekcijas izplatīšanās ātrums ( $r$ ) atkarībā no fungicīdu smidzinājuma veikšanas laika tiek aprēķināts pa periodiem, no vienas smidzināšanas reizes līdz otrai un arī periodā no pēdējās smidzināšanas līdz garantētajam fungicīdu aizsardzības perioda beigām.

Šķirnei 'Mutagēnagrie' fungicīdu ietekme uz lakstu puves izplatīšanās ātrumu vērojama tikai 2001. gadā (1.att.). Pārējos izmēģinājuma gados, kaut arī fungicīdi tika lietoti, to ietekme nav vērojama. Lakstu puves pirmie slimības simptomi novēroti laikā, kad fungicīdu lietošana jau bija pārtraukta.



1.att. Saskatāmās infekcijas izplatīšanās ātruma izmaiņas, 2001. gadā, šķirnei 'Mutagēnagrie'

Fig.1. Changes of apparent infection rate during growing season 2001, variety 'Mutagenagrie'

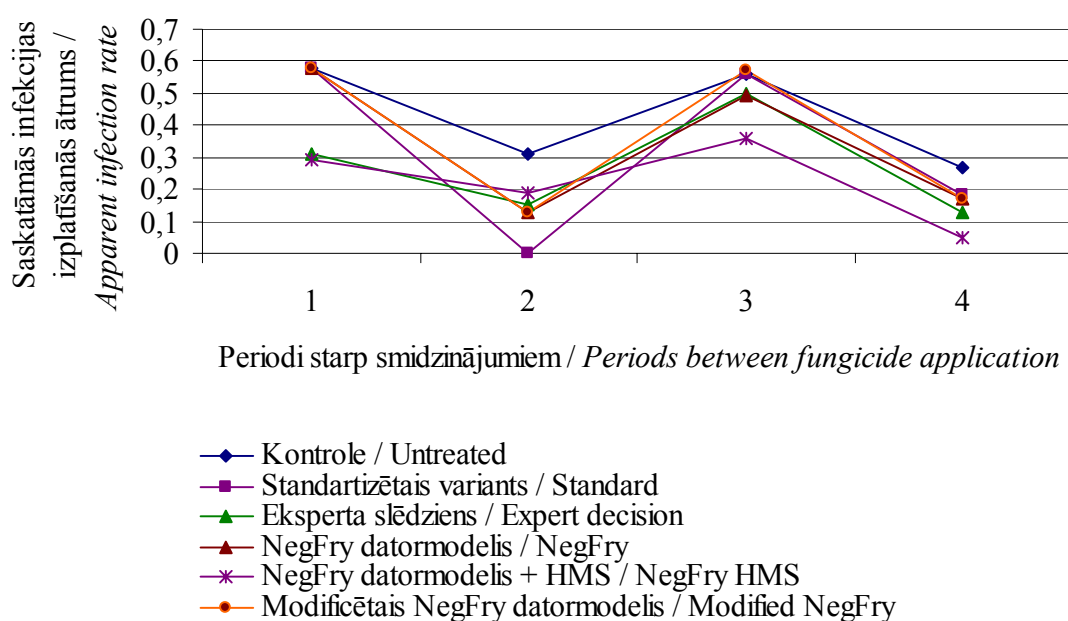
Lakstu puves saskatāmās infekcijas izplatīšanās ātruma izmaiņas visos variantos saglabā vienādas tendences. Sezonas sākumā, parādoties pirmajiem slimības simptomiem, izplatīšanās ātrums ir augsts, jo īsā laika periodā strauji palielinās slimības intensitāte. Toties sezonas beigās, kad ir samazinājies relatīvi veselo lapu skaits, slimības izplatīšanās ātrumam ir tendence strauji samazināties.

Šķirnei 'Sante' fungicīdu ietekme uz  $r$  novērota visus izmēģinājuma gadus, tiesa ne visos variantos. Visizteiktākā ietekme vērojama 2001. gadā, kad visos smidzinātajos variantos bija vienāds smidzinājumu skaits (4 reizes). Pārējos izmēģinājuma gados

fungicīdu ietekmei uz lakstu puves izplatīšanās ātrumu ir līdzīga kā šķirnei 'Mutagēnagrie' (1. att.).

Kā redzams 2. attēlā gan kontroles variantā, gan smidzinātajos variantos saglabājas vienādas lakstu puves izplatīšanās ātruma izmaiņas visas sezonas garumā. Novērotās tendences par izplatīšanās ātruma izmaiņām liecina par to, ka fungicīdu lietošanas ietekme konkrētajā gadā ir minimālas.

2001. gads pierāda, ka kartupeļu lakstu puves attīstībai labvēlīgā gadā, jebkura fungicīdu lietošanas metode tikai daļēji ietekmē slimības izplatīšanās ātrumu. Tādēļ ļoti svarīgi ir nenokavēt pirmo smidzinājumu, lai savlaicīgi pasargātu kartupeļu lakstus no iespējamās inficēšanās. Tomēr, ja inficēšanās jau ir notikusi, izvēlētajai ierobežošanas metodei nav nozīmes.



2.att. Saskatāmās infekcijas izplatīšanās ātruma izmaiņas, 2001. gadā, šķirnei 'Sante'

Fig. 2. Changes of apparent infection rate during growing season 2001, variety 'Sante'

Vecauces izmēģinājumā iegūtie dati, par lakstu puves saskatāmās infekcijas izplatīšanās ātruma izmaiņām atkarībā no ierobežošanas metodes, tika salīdzināti arī ar datiem, kas iegūti no citām izmēģinājumu vietām. Atšķirībā no Vecauces datiem, kas analizēti sīkāk, salīdzinājumam tika aprēķināts lakstu puves izplatīšanās ātrums vidēji sezonā, dažādās izmēģinājumu vietās, lietojot dažādas ierobežošanas metodes.

Matemātiski pierādās, ka lakstu puves attīstībai nelabvēlīgā gadā, lielākas saskatāmās infekcijas izplatīšanās ātruma atšķirības ir starp smidzinājumu variantiem nevis starp dažādām izmēģinājumu vietām. Savukārt lakstu puves attīstībai labvēlīgos apstākļos svarīgi ir vispār ierobežot lakstu puvi, neatkarīgi no izvēlētajām ierobežošanas metodes.

**Lakstu puves ierobežošanas metodes izvēles ietekme uz kartupeļu ražu un bumbuļu infekcijas pakāpi.** Visus izmēģinājuma gadus, ražas vākšanas laikā tika uzskaitīta kartupeļu raža ( $t\ ha^{-1}$ ). Salīdzinot izmēģinājuma gadus kopumā, visaugstākās kartupeļu ražas iegūtas 2000. gadā, bet viszemākās 2001. gadā. Smidzinātajos variantos ražas samazinājums ir 44 – 49 %, bet kontroles variantā pat par 55 %. Savukārt 2002. gadā iegūtās ražas ir augstākas par 2001. gadā iegūtajām (25 – 45 %), bet zemākas kā

2000. gadā (19 – 24 %). Analizējot katru gadu atsevišķi abām izmēģinājumā iekļautajām šķirnēm tomēr visus izmēģinājuma gadus saglabājas vienādas tendences, lietojot fungicīdus raža pieaug (6. tabula).

Salīdzinot izmēģinājuma gadus, kas bija atšķirīgi pēc ietekmes uz lakstu puves attīstību, jāsecina, ka vislielākais inficēto bumbuļu daudzums (% no iegūtās ražas), bija 2000. gadā un 2001. gadā (6. tabula). Inficēto bumbuļu daudzums ir lielāks tieši smidzinātajos variantos, nevis kontroles variantā, kur lakstu puves attīstība notika straujāk un arī slimības intensitāte veģetācijas sezonas beigās bija lielāka. Salīdzinot bumbuļu infekcijas pakāpi pa izmēģinājuma gadiem kopumā, pie varbūtības 95 %, ne starp dažādajiem variantiem, ne izmēģinājuma gadiem nav vērojamas būtiskas atšķirības.

6. tabula / Table 6  
Iegūtā kartupeļu raža un bumbuļu infekcijas pakāpe, šķirnei ‘Sante’,  
LLU MPS „Vecauce”

*Effect of different late blight control models on tuber yield and tuber infection, variety ‘Sante’, LLU Research and Study farm „Vecauce”*

Varianti / Treatments	2000		2001		2002	
	Raža / Yield, t ha <sup>-1</sup>	Bumbuļu infekcija / Tuber infection, %	Raža / Yield, t ha <sup>-1</sup>	Bumbuļu infekcija / Tuber infection, %	Raža / Yield, t ha <sup>-1</sup>	Bumbuļu infekcija / Tuber infection, %
Kontrole / Untreated	54.50	0	24.60	0	44.41	0.2
Standartizētais variants / Standard	62.71	0.8	35.57	1.0	47.49	0.2
Eksperta slēdziens / Expert decision	62.96	0.8	32.35	0	49.90	0.1
NegFry datormodelis / NegFry	62.90	1.5	34.79	0.3	48.05	0
Modificētais NegFry datormodelis / Modified NegFry	61.70	0	31.93	1.5	48.42	0
NegFry datormodelis + 7 DRV / NegFry 7DRV	64.93	0.8	-	-	-	
NegFry datormodelis + HMS / NegFry HMS	-	-	38.66	0	-	
RS <sub>0,05</sub>	4.585	-	4.328	-	3.228	-

Salīdzinot kartupeļu ražas, kas iegūtas divos izmēģinājuma gados, dažādās izmēģinājuma vietās gan starp izmēģinājumu vietām (faktors A), gan smidzinājumu

variantiem (faktors B), vērojamas būtiskas atšķirības. Ne tikai Vecauces izmēģinājumā, bet arī pārējās izmēģinājumu vietās 2000. gadā iegūtās kartupeļu ražas ir augstākas kā 2001. gadā.

2000. gadā viszemākās ražas iegūtas Bauskas un Saldus izmēģinājumu laukos. Tomēr, jāsecina, ka tās ir tuvāk reālajām, Latvijā vidēji iegūtajām. Salīdzinot kontroli ar standartizēto variantu ražas pieaugums ir par 5 – 25 %, savukārt variantā, kur smidzinājumi veikti saskaņā ar NegFry datormodeļa rekomendācijām, ražas pieaugums ir 10 – 30 %. Pie varbūtības 95 %, izmēģinājumu vietai un izvēlētajai lakstu puves ierobežošanas metodei ir būtiska ietekme gan uz kartupeļu ražu, gan bumbuļu infekcijas pakāpi. Jāsecina, ka konkrētajai izmēģinājumu vietai ietekme uz ražu būs vērojama vienmēr, jo ne visur augsnes sastāvs ir vienāds.

Salīdzinot šos divus rādītājus varētu secināt, ka vislielākā bumbuļu infekcijas pakāpe ir gadījumos, kad lakstu puves intensitāte sezonas beigās ir intervālā starp 30 – 70 %. Pie šādas slimības intensitātes kartupeļu laksti vēl ir zaļi, kas savukārt veicina *P. infestans* sporulāciju un izplatību.

#### **Fungicīdu smidzinājumu skaita izmaiņas atkarībā no ierobežošanas metodes.**

Salīdzinot fungicīdu smidzinājumu skaitu pa izmēģinājuma gadiem šķirnei ‘Mutagenagrie’ (7. tabula), jāsecina, ka starp salīdzinātajiem smidzinājumu variantiem 2001. un 2002. gados ir vērojamas atšķirības. Analizējot vidējos rādītājus (pa trīs izmēģinājuma gadiem), izmantojot prognozēšanas datormodeli NegFry ir iespējams samazināt fungicīdu smidzinājumu skaitu par 21 %, salīdzinot ar standartizēto smidzinājumu variantu, kur smidzinājumi tiek uzsākti līdz ar kartupeļu lakstu sakļaušanos vagās un turpināti katras 7 – 10 dienas.

7. tabula / Table 7

Fungicīdu smidzinājumu skaits šķirnei ‘Mutagenagrie’, 2000 – 2002 gados

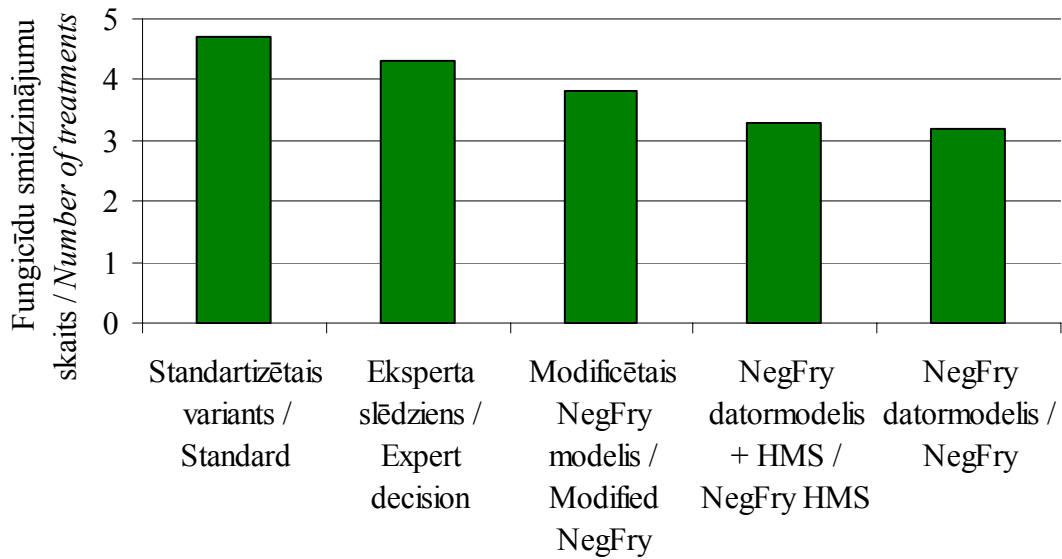
*The number of fungicide application, variety ‘Mutagenagrie’*

Varianti / <i>Treatments</i>	2000	2001	2002	Vidēji
Standartizētais variants / <i>Standard</i>	3	4	3	3.3
NegFry datormodelis / <i>NegFry</i>	3	3	2	2.6

Šķirnei ‘Sante’ katru izmēģinājuma gadu bija atšķirīgs variantu skaits. Aprēķinot vidēji, smidzinājumu skaitu pa gadiem un variantiem, datormodeļa NegFry pamat modeļa lietošana ļauj samazināt fungicīdu smidzinājumu skaitu par 32 %, salīdzinot ar standartizēto variantu, un par 26 %, salīdzinot ar variantu, kur smidzinājumi veikti saskaņā ar eksperta slēdzienu (3.attēls).

Arī modelis, kur prognozēm tiek izmantoti meteoroloģiskie dati no stacionārajām meteoroloģiskajām stacijām dod 30 % samazinājumu, salīdzinot ar standartizēto variantu. Variants, kur smidzinājumi tiek veikti balstoties uz eksperta slēdzienu dod tikai 9 % smidzinājumu samazinājumu, salīdzinot ar standartizēto variantu.





3.att. Fungicīdu smidzinājumu skaits vidēji pa smidzinājuma variantiem, no 2000. līdz 2002. gadam, šķirnei 'Sante'

*Fig.3. Average number of fungicide treatments during period 2000. – 2002, variety 'Sante'*

Kaut arī smidzinājuma skaita samazinājums ir vērojams, starp dažādajiem variantiem nav būtisku atšķirību. Arī konkrētajai izmēģinājumu vietai ir maza ietekme uz smidzinājumu skaitu.

**Dažādu lakstu puves ierobežošanas metožu ekonomiskais vērtējums.** Lai veiktu izmēģinājumā iekļauto lakstu puves ierobežošanas metožu ekonomisko izvērtēšanu, tika salīdzināts preču produkcijas iznākums, bumbuļu infekcijas radītie zaudējumi, kā arī ražas pieaugums no kartupeļu lakstu puves ierobežošanas katra ieguldītā lata.

Analizējot iegūto preču produkciju pa izmēģinājuma gadiem tā sastāda vidēji 88 – 98 % no kopējās kartupeļu ražas. Aprēķinot bumbuļu infekcijas radītos zudumus ( $t\ ha^{-1}$ ) ražas vākšanas laikā un radušos zaudējumus ( $Ls\ ha^{-1}$ ), tie ir atšķirīgi pa izmēģinājuma gadiem (8. tabula). Situāciju, ka kontroles variantā ne 2000. ne 2001. gadā nav novēroti ražas zudumi, var izskaidrot ar to, ka lakstu puves infekcija rezultātā kartupeļu lakstu infekcijas pakāpe strauji sasniedza 50 %.

8. tabula / *Table 8*

Bumbuļu infekcijas radītie ražas zudumi un zaudējumi, šķirne ‘Sante’,  
LLU MPS Vecauce

*Losses caused by tuber infection with late blight damages,  
LLU Research and Study farm „Vecauce”*

Varianti / <i>Treatments</i>	2000		2001		2002	
	Zudumi / <i>Losses</i> t ha <sup>-1</sup>	Zaudējumi / <i>Losses</i> Ls ha <sup>-1</sup>	Zudumi/ <i>Losses</i> t ha <sup>-1</sup>	Zaudējumi / <i>Losses</i> Ls ha <sup>-1</sup>	Zudumi/ <i>Losses</i> t ha <sup>-1</sup>	Zaudējumi / <i>Losses</i> Ls ha <sup>-1</sup>
Kontrole / <i>Untreated</i>	0	0	0	0	0.3	24
Standartizētais variants / <i>Standard</i>	1.3	104	3.0	240	0.4	32
Eksperta slēdziens / <i>Expert decision</i>	1.3	104	0	0	0.1	8
NegFry datormodelis / <i>NegFry</i>	2.5	200	1.0	80	0	0
Modificētais NegFry datormodelis / <i>Modified NegFry</i>	1.3	104	5.3	424	0	0
NegFry datormodelis + 7 DRV / <i>NegFry</i> <i>7DRV</i>	0	0	-	-	-	-
NegFry datormodelis + HMS / <i>NegFry</i> <i>HMS</i>	-	-	0	0	-	-

Izmantojot jebkuru no lakstu puves ierobežošanas metodēm, ir vērojams preču produkcijas pieaugums. Uzsākot NegFry datormodeļa adaptāciju Latvijā, galvenais mērķis bija samazināt fungicīdu smidzinājumu skaitu. Tomēr svarīgi ir samazināt ne tikai fungicīdu smidzinājumu skaitu, bet arī kopējo izlietojo fungicīdu daudzumu vienā veģetācijas sezonā.

Ražas pieaugums (t ha<sup>-1</sup>) uz katru latu, kas iztērēts lietojot fungicīdus ir vērojams katru gadu (9. tabula).

## Fungicīdu lietošanas izmaksas, LLU MPS 'Vecauce'

*Outlay of fungicide application with different potato late blight control models  
LLU Research and Study farm „Vecauce”*

Varianti / Treatments	2000		2001		2002	
	Fungicīdu lietošanas izmaksas / Outlay of fungicides application, Ls ha <sup>-1</sup>	Ražas pieaugums (t ha <sup>-1</sup> ) uz katru izlietoto Ls / Increase of yield (t ha <sup>-1</sup> ) on each Ls	Fungicīdu lietošanas izmaksas / Outlay of fungicides application, Ls ha <sup>-1</sup>	Ražas pieaugums (t ha <sup>-1</sup> ) uz katru izlietoto Ls / Increase of yield (t ha <sup>-1</sup> ) on each Ls	Fungicīdu lietošanas izmaksas / Outlay of fungicides application, Ls ha <sup>-1</sup>	Ražas pieaugums (t ha <sup>-1</sup> ) uz katru izlietoto Ls / Increase of yield (t ha <sup>-1</sup> ) on each Ls
Kontrole / Untreated	0	0	0	0	0	0
Standartizētais variants / Standard	92.75	0.08	95.63	0.06	107.02	0.05
Eksperta slēdziens / Ekspert decision	59.91	0.13	79.25	0.11	72.21	0.05
NegFry datormodelis / NegFry	50.79	0.13	72.85	0.08	96.32	0.04
Modificētais NegFry datormodelis / Modified NegFry	75.88	0.13	-	-	-	-
NegFry datormodelis + 7 DRV / NegFry 7DRV	-	-	79.25	0.12	-	-

Vidējais ražas pieaugums 2000. un 2001. gados svārstās no 0.06 – 0.14 t ha<sup>-1</sup> uz katru izlietoto latu. Naudas izteiksmē 1 Ls, kas iztērēts lakstu puves ierobežošanai, dod 4.8 – 11.2 Ls. Tas nozīmē, ka kopumā visos variantos fungicīdu lietošana atmaksājas, jo, no papildus iegūtās produkcijas atrēķinot bumbuļu infekcijas radītos zaudējumus, peļņa ir vērojama.

Analizējot fungicīdu lietošanas izmaksas dažādās izmēģinājumu vietās, vairumā gadījumu lielākas izmaksas vērojamas variantā, kur smidzinājumi veikti saskaņā ar eksperta slēdzienu. Tomēr ne vienmēr arī ražas pieaugums šajā variantā ir zemāks. Kaut arī NegFry modeļa variantā fungicīdu lietošanas izmaksas ir zemākas, pārreķinot kopējos ienākumus no katra iztērētā lata starpība starp abiem variantiem ir nebūtiska.

## **Kartupeļu šķirņu jutības pret lakstu puvi lauka apstākļos novērtējums**

Kartupeļu šķirņu jutības pret lakstu puvi novērtēšanas izmēģinājums iekārtots LLU mācību un pētījumu saimniecībā "Vecauce" no 2001. līdz 2003. gadam. Darba uzdevums ir precizēt kartupeļu šķirņu jutības pret lakstu puvi lauka apstākļos raksturojošos parametrus, lietošanai datormodeli.

Galvenie parametri, kas izmantoti aprēķinos, lai raksturotu kartupeļu šķirņu jutību ir AUDPC un saskatāmā infekcijas izplatīšanās ātrums. Papildus tiek analizēts arī lakstu puves pirmo simptomu parādīšanās laiks un slimības infekcijas intensitāte, kad standarta šķirnei lakstu puves intensitāte pārsniedz 90 %. Kaut arī izmēģinājumi kartupeļu šķirņu jutības pret lakstu puvi novērtēšanai izmēģinājumi tika iekārtoti laika posmā no 2001. gada līdz 2003. gadam turpmāk analizēti tiks tikai divi (2001. un 2002.) izmēģinājuma gadi. Iemesls tam ir tāds, ka 2003. gadā Vecaucē iekārtotajā izmēģinājumā kartupeļu lakstu puve vispār netika novērota.

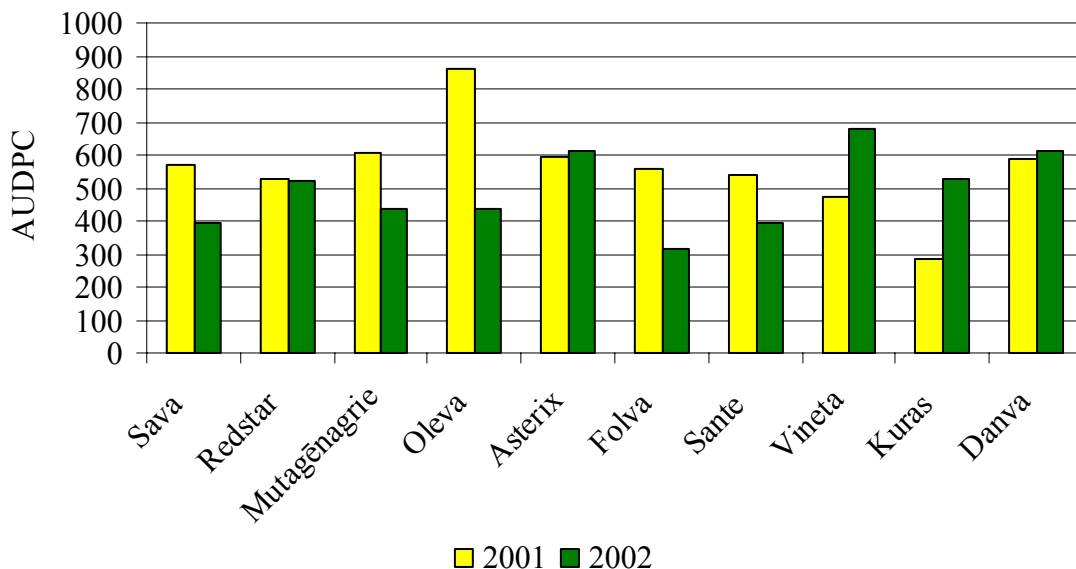
**Kartupeļu lakstu puves pirmo simptomu parādīšanās. 2001. gads** bija ļoti labvēlīgs kartupeļu lakstu puves attīstībai. Tas pierādījās arī kartupeļu šķirņu jutības pret lakstu puvi lauka apstākļos novērtēšanas izmēģinājumā. Kartupeļu lakstu puves pirmie slimības simptomi tika novēroti jau 30 dienas (6. jūlijā) pēc kartupeļu sadīgšanas šķirnei 'Sava'. Kartupeļi šajā laikā bija sākuši ziedēt (60 – 65 attīstības stadija). Arī šķirnei 'Mutagēnagrie' slimības simptomi tika novēroti šajā pašā datumā, tomēr, salīdzinot dienu skaitu no sadīgšanas, tas bija 10 dienas vēlāk kā šķirnei 'Sava'. Savukārt šķirnei 'Kuras' lakstu puves pirmie slimības simptomi tika novēroti 47 dienas (17. jūlijā) pēc sadīgšanas. Salīdzinot ar izvēlēto standarta šķirni 'Sante', lakstu puves pirmie simptomi tika novēroti agrāk šķirnēm – 'Sava', 'Redstar', 'Mutagēnagrie', 'Oleva', 'Asterix' un 'Folva'. Vēlāk kā standarta šķirnei slimības simptomi tika novēroti šķirnēm 'Vineta', 'Danva', un 'Kuras'.

**2002. gadā** situācija bija atšķirīga. Lakstu puves pirmie slimības simptomi parādījās 8. jūlijā (46 dienas pēc kartupeļu sadīgšanas), kad kartupeļi bija sasnieguši 70 – 75 attīstības stadiju (ogu veidošanās laiks). Analizējot visagrāk lakstu puves pirmie slimības simptomi tika novēroti šķirnei 'Rosara' (2 dienas agrāk kā standarta šķirnei 'Sante'). Pārējām šķirnēm slimības simptomi parādījās vēlāk. Tādām šķirnēm kā 'Lasunok' un 'Borodjanskij Rozovij' pat 16 – 17 dienas vēlāk kā 'Santei'.

Sakarā ar to, ka 2002 gadā analizēto kartupeļu šķirņu skaits bija lielāks, šķirņu inficēšanās periods arī bija ilgāks. Starpība no pirmo lakstu puves simptomu novērošanas brīža šķirnei 'Rosara' un šķirnei 'Borodjanskij Rozovij' bija 19 dienas.

Atšķirības lakstu puves pirmos simptomu parādīšanās laikā starp izmēģinājumu gadiem varētu skaidrot ar lielo inficēšanās risku 2001. gadā, kuru sekmēja labvēlīgi meteoroloģiskie apstākļi. Tomēr jāsecina, ka abos izmēģinājumu gados analizētajām šķirnēm inficēšanās periods bija vienāds (divas nedēļas).

**Kartupeļu lakstu puves attīstība pētījuma gados.** Analizējot divu gadu izmēģinājumu rezultātus, salīdzināmas ir tikai 10, abos izmēģinājuma gados iekļautās kartupeļu šķirnes. Kaut arī lakstu puves attīstībā pa izmēģinājuma gadiem vērojamas nelielas atšķirības, tomēr tās nav būtiskas. Lielāka ietekme ir audzēšanai izvēlētajai kartupeļu šķirnei (4. att.).



RS 0.05 = 144.41

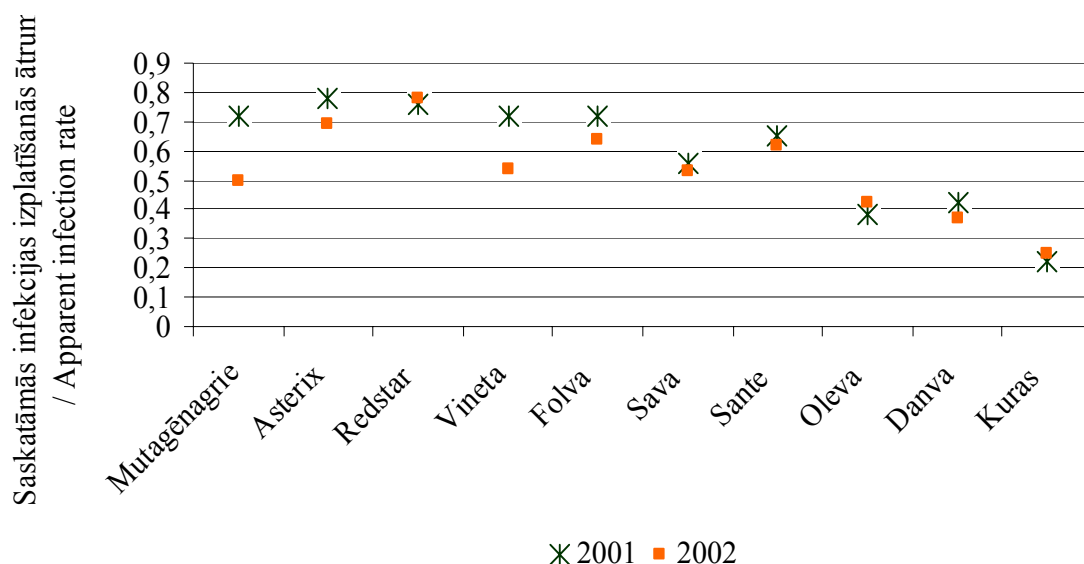
4.att. AUDPC rādītājs dažādām kartupeļu šķirnēm, 2001. un 2002. gadā

Fig.4. AUDPC of different potato varieties in the years 2001 and 2002

Matemātiski salīdzinot iegūtos rezultātus pierādīts, ka faktors B, kas šajā gadījumā ir izmēģinājuma gads būtiski neietekmē lakstu puves attīstību konkrētajai kartupeļu šķirnei. Savukārt faktora A (konkrētā kartupeļu šķirne) ietekme ir būtiska un  $F_{\text{fakt}} = 4.060 > F_{\text{krit}} = 2.124$ . Rezultāts pierāda to, ka kartupeļu lakstu puves attīstības tendences konkrētai šķirnei paliek nemainīgas, neatkarīgi no audzēšanas gada.

**Lakstu puves saskatāmās infekcijas izplatīšanās ātruma salīdzinājums.** Ne tikai fungicīdu lietošanai ir ietekme uz lakstu puves infekcijas izplatīšanās ātrumu, bet nozīme ir arī audzēšanai izvēlētajai šķirnei un konkrēti šīs šķirnes rezistences pakāpei pret konkrēto slimību un arī šķirnes jutībai pret slimību lauka apstākļos. Kā viens no šķirnes jutības pret lakstu puvi raksturojošiem rādītājiem tiek lietots slimības saskatāmās infekcijas izplatīšanās ātrums ( $r$ ).

Lai salīdzinātu abos izmēģinājuma gados iekļautās kartupeļu šķirnes, tika aprēķināts lakstu puves saskatāmās infekcijas izplatīšanās ātrums vidēji sezonā. Kā redzams 5. attēlā, visām minētajām šķirnēm saglabājas vienādas tendences. Būtiskākas atšķirības ir tikai šķirnei 'Mutagēnagrie' (starpība starp veģetācijas sezonām 0.22 slimības vienības) un šķirnei 'Vineta', kur situācija ir līdzīga (starpība 0.18 slimības vienības).



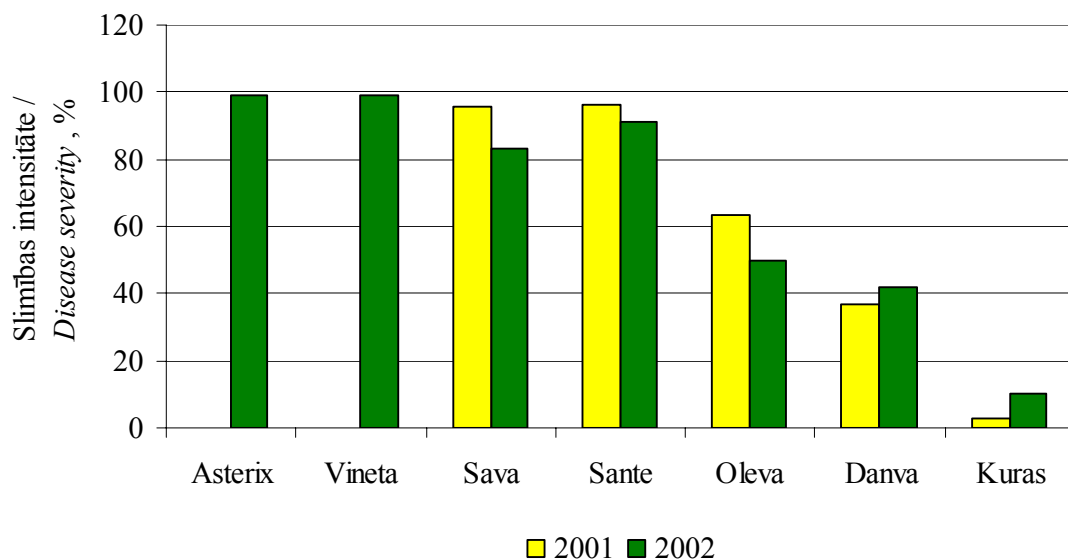
5.att. Saskatāmās infekcijas izplatīšanās ātrums vidēji sezonā, 2001. un 2002. gadā

*Fig.5. Apparent infection rate during the growing season 2001 and 2002*

Kaut arī 2001. gada un 2002. gada veģetācijas sezonas pēc meteoroloģiskajiem apstākļiem bija dažādas, tomēr lakstu puves infekcijas izplatīšanās ātrums dažādām šķirnēm paliek nemainīgs. Tas savā ziņā pierāda arī katras konkrētas šķirnes stabilitāti attiecībā pret lakstu puvi.

**Lakstu puves intensitāte veģetācijas sezonas beigās.** Lakstu puves intensitāte veģetācijas sezonas beigās raksturo kartupeļu šķirņu jutību pret lakstu puvi lauka apstākļos, bet šis rādītājs netiek ņemts vērā aprēķinot katras šķirnes lauka jutības pakāpi. Izmēģinājumā iekļautajām kartupeļu šķirnēm ir atšķirīgs veģetācijas sezonas garums, tādēļ salīdzinājumam par pamatu tiek ņemta standarta šķirnes ‘Sante’ lakstu puves intensitāte. Šķirņu lakstu puves intensitāte tiek salīdzināta laikā, kad standarta šķirnei tā pārsniegusi 90 %.

Divu gadu rezultātu salīdzinājums parāda, ka izmēģinājumā iekļautās šķirnes ir pietiekami stabilas attiecībā uz lakstu puves intensitāti sezonas beigās. Standarta šķirnei ‘Sante’ abus izmēģinājuma gadus lakstu puves intensitāte vairāk kā 90 % sasniedz jūlija beigās. Viszemākā slimības intensitāte šajā uzskaites reizē ir šķirnei ‘Kuras’.



6. att. Slimības intensitāte, kad šķirnei ‘Sante’ intensitāte ir > 90 %

Fig. 6. Disease severity when severity of variety ‘Sante’ is > 90 %  
Rs 0.05 = 12.80 (20001) Rs 0.05 = 16.29 (2002)

6. attēlā redzams, ka šķirnēm, kuras izmēģinājumā tika iekļautas abus gadus, starpības starp gadiem nav būtiskas. Būtiskas atšķirības ir tikai starp dažādažām šķirnēm. Lakstu puves intensitāte sezonas beigās ir atkarīga tieši no kartupeļu šķirnes, nevis audzēšanas gada. Protams, tas ir pie nosacījuma, ja lakstu puve vispār attīstās konkrētajā veģetācijas sezonā. 2003. gada veģetācijas sezona to apliecina, jo lakstu puves attīstībai nelabvēlīgā gadā, kad vispār nenotiek slimības attīstība, visas kartupeļu šķirnes varētu uzskatīt par izturīgām attiecībā pret lakstu puvi, kas būtu kļūdainas pieņēmums.

**Kartupeļu šķirņu jutības pret lakstu puvi lauka apstākļos iedalījums pēc 9 ballu skalas.** Kartupeļu šķirņu jutības pret lakstu puvi novērtējuma 9 ballu skalas galvenā atšķirība no iepriekš lietotās kartupeļu šķirņu rezistences novērtējumu skalas ir tā, ka aprēķinos tiek izmantoti tikai lauka izmēģinājumos iegūtie rezultāti.

Aprēķinos tiek izmantoti šādi galvenie parametri - lakstu puves pirmo simptomu parādīšanās laiks katrai konkrētai kartupeļu šķirnei, AUDPC rādītājs, šķirnes AUDPC attiecība pret standarta šķirnes AUDPC un saskatāmās infekcijas izplatīšanās ātrums (r). AUDPC rādītājs un saskatāmās infekcijas izplatīšanās ātrums tika aprēķināts laika periodā no pirmo slimības simptomu novērošanas līdz lakstu puves intensitāte standarta šķirnei (‘Sante’) pārsniedza 90 %.

2001. gadā pēc veiktajiem aprēķiniem puse no izmēģinājumā iekļautajām šķirnēm tika novērtētas ar 4 ballēm – ‘Sante’, ‘Vineta’, ‘Folva’, ‘Red Star’ un ‘Asterix’. Viszemākais jutības vērtējums bija šķirnei ‘Mutagēnagrie’. Savukārt šķirne ‘Kuras’ tika novērtēta ar 9 ballēm.

2002. gada izmēģinājumos situācija ir atšķirīga no iepriekšējā gada. Šķirnēm – ‘Mutagēnagrie’, ‘Sante’, ‘Danva’ un ‘Kuras’ aprēķinātā jutības pakāpe pret lakstu puvi palikusi nemainīga. Šķirnei ‘Vineta’ jutības novērtējums lauka apstākļos mainījās no 4 ballēm 2001. gadā uz 1 balli 2002. gadā. Savukārt šķirnes ‘Oleva’ un ‘Sava’ parādīja lielāku izturību pret lakstu puvi, salīdzinot ar 2001. gadu. Atšķirības pa gadiem pierāda, ka šķirņu jutības vērtējums pret lakstu puvi lauka apstākļos nav stabils.

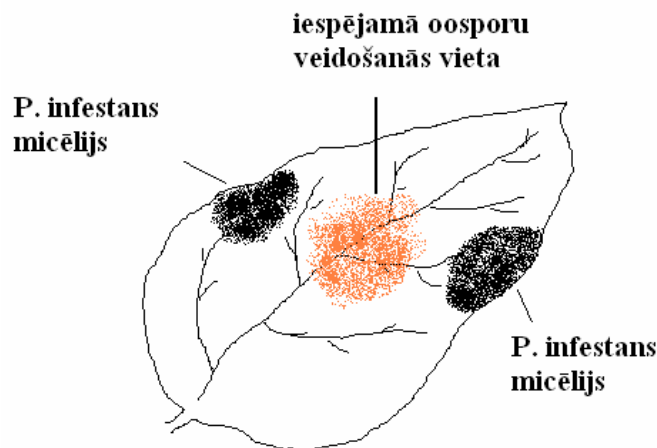
Divu gadu izmēģinājuma dati pierāda, ka ir kartupeļu šķirnes, kuras pēc to jutības pret lakstu puvi migrē no vienas ballu grupas uz otru. Tādēļ izmēģinājumi ir jāturpina un arī jāpaplašina, jo Latvijā audzēto kartupeļu šķirņu klāsts ir ļoti plašs. Prognozēšanas datormodeļu adaptācija un ieviešana tikai sekmēs šādu izmēģinājumu turpināšanu.

## Oosporu sastopamības pētījumi

Laboratorijas izmēģinājumi saistībā ar oosporu veidošanos veikti LLU Augu bioloģijas un aizsardzības katedras laboratorijā. Ar lakstu puvi inficēto lapu paraugi ievākti no 2002. līdz 2004. gadam dažādās Latvijas vietās.

Par to, ka arī Latvijā ir novērojama oosporu veidošanās, liecina jau tas, ka sākot ar 1980. gadu sākumu arvien biežāk tiek novērota lakstu puves stublāju forma. Stublāju formas parādīšanās un izplatība liecina par patogēna agresivitātes un virulences izmaiņām. Šī lakstu puves izpausmes forma ir grūtāk ierobežojama ar fungicīdiem. Tādēļ daudzi lakstu puves pētnieki uzskata, ka stublāju formas veidošanos ir veicinājis tieši dzimumvairošanās process, kura rezultātā veidojas oosporas.

Par oosporu iespējamo veidošanos liecina kartupeļu lapu paraugi uz kurām ir novērojamas divas vai vairākas lēzijas (7. attēls). Tomēr ne vienmēr, analizējot šādu paraugu, būs novērojamas oosporas. Oosporas veidosies gadījumā, ja katra no lēzijām saturēs dažādu genotipu micēlijus, viena A1 un otra A2. Taču gadījumā, ja abas lēzijas būs veidojušās no vienāda genotipa micēlija, oosporas neveidosies. Paraugiem derīgās kartupeļu lapas (ar divām vai vairākām lēzijām) novērojamas vairāk uz veģetācijas sezonas beigām, kad lakstu puves intensitāte pārsniedz 50 %.



7. att. Lakstu puves inficēta lapa ar divām lēzijām

*Fig. 7. Leaf infected by potato late blight (two spots)*

Ar lakstu puvi inficēti lapu paraugi tika ievākti dažādās Latvijas vietās (10. tabula).



## Ievākto paraugu analīze

*Test of collected samples*

Gads / Year	Ievākto paraugu skaits / Number of samples	Paraugu skaits, kuros atrastas oosporas / Number of samples with oospores	%
2002	79	74	94
2003	59	47	80
2004	77	57	74
<b>Kopā/ Total number</b>	<b>215</b>	<b>178</b>	<b>83</b>

Mazākais paraugu skaits (29 %), kuros ir novērotas oosporas, atzīmēts Vecaucē. Konkrētajā kartupeļu laukā tika iekārtoti izmēģinājumi saistībā ar bioloģisko kartupeļu audzēšanu. Pirms tam šajā laukā kartupeļi nav bijuši audzēti vismaz 30 gadus.

Promocijas darba izstrādes laikā gūtie rezultāti pierāda, ka oosporu veidošanās Latvijā esošajai *P. infestans* populācijai ir raksturīga. Tomēr pašreiz kopīgi ar kartupeļu audzētājiem un konsultantiem ir jāturpina pētījumi par to, kāda ir abu genotipu A1 un A2 procentuālā attiecība un cik liela ir A2 izplatība Latvijā.

Oosporu sastopamība nozīmē, ka kartupeļu audzētājiem lielāka uzmanība jāpievērš augu maiņai. Arī augu aizsardzības līdzekļu ražotāju un izplatītāju firmām ir svarīgi ņemt vērā šo faktoru, jo līdz šim lietotie fungicīdi nav efektīvi pret oosporām. Arī lakstu puves stublāju forma ir grūtāk ierobežojama.

## SECINĀJUMI

1. Datormodeļa NegFry izmantošana lakstu puves pirmo slimības simptomu prognozēšanai ir efektīva slimības attīstībai nelabvēlīgos gados. Kopumā šādos gados izmantojot NegFry datormodeli vai tā modifikācijas ir vērojams fungicīdu smidzinājuma skaita samazinājums par 20 – 40 %.
2. Analizējot vienas izmēģinājumu vietas datus par lakstu puves attīstību veģetācijas sezonas laikā un iegūto ražu, tā ir atkarīga no slimības ierobežošanas, bet nav atkarīga no konkrētās izvēlētās ierobežošanas metodes.
3. Fungicīdu smidzinājumu ietekme uz lakstu puves saskatāmās infekcijas attīstības ātrumu vērojama tikai gadījumos, kad reāli ir novēroti lakstu puves simptomi.
4. Bumbuļu infekcijas pakāpi ietekmē lakstu puves intensitāte veģetācijas sezonas beigās. Vislielākā inficēšanās novērojama, kad lakstu puves intensitāte sezonas beigās ir robežās no 30 – 70 %. Tas izskaidrojams ar to, ka pie šādas intensitātes patogēna sporulācija ir lielāka un bumbuļu inficēšanās risks pieaug.
5. Ekonomiski pierādīts, ka lakstu puves ierobežošana ir nozīmīgs process, bet izvēlētajai ierobežošanas metodei nav būtiskas nozīmes. Kamēr Latvijas kartupeļu audzētāji smidzināšanu veiks nevis skatoties no nepieciešamības, bet ekonomisku apsvērumu dēļ, NegFry datormodeļa izmantošanai nav nākotnes.
6. Kartupeļu šķirņu jutība pret lakstu puvi lauka apstākļos tiek noteikta izmantojot tikai lauka izmēģinājuma datus. Pēc pašreizējiem pētījumiem šķirnēm piemīt tendence migrēt no vienas ballu grupas uz otru, tomēr 9 – ballu jutības skalai būs būtiska nozīme, ja arvien plašāk Latvijā sāks pielietot prognozēšanas modeļus.
7. Ievāktajos kartupeļu lapu paraugos 83 % gadījumu veidojas oosporas. Oosporu veidošanās Latvijā esošajā *P. infestans* populācijā var sekmēt lakstu puves pirmos slimības simptomu agrāku parādīšanos un ietekmēt lakstu puves ierobežošanu veģetācijas perioda laikā. Pētījumi saistībā ar *P. infestans* populācijas struktūru Latvijā jāturpina, lai noteiktu genotipa A2 izplatību un abu genotipu A1 un A2 procentuālo attiecību.

## PATEICĪBA

Pateicos par praktisko palīdzību un atbalstu pētījumu veikšanai LLU MPS „Vecauce” direktora vietniecei zinātniskajā darbā asoc. prof. Zintai Gailei un agronomēm Anitai Čapus un Intai Zaikai.

Pateicība Dānijas – Baltijas valstu un Polijas kopprojektā „*Development and Implementation of an Internet based Decision Support Systems for Integrated Pest Management in Latvia 2000 – 2002*” iesaistītajiem partneriem Ilzei Priekulei no Valsts Augu Aizsardzības centra (tagad Latvijas Augu Aizsardzības pētniecības centra) un Stendes Selekcijas stacijas, Kārlim Bebrim un Ilvai Bebrei, Jānim Miglānam un Aigai Rādenai, Leonam Skrabānam, Antrai Žeivotei no Valsts Augu Aizsardzības dienesta prognozēšanas un diagnostikas reģionālajām nodaļām Priekuļos, Bauskā, Aizkrauklē un Saldū.

Liels paldies kolēģiem LF Augu bioloģijas un aizsardzības katedrā par morālo atbalstu un uzmuntrinājumu darba tapšanas gaitā.

Paldies Somijas Lauksaimniecība zinātnes centra Augu Aizsardzības departamenta kolektīvam un īpaši Dr. Asko Hannukkala par iespēju apgūt iemaņas un laboratorijas metodes *P. infestans* populācijas analīzei.

## Zinātnisko publikāciju saraksts / Scientific publications

1. Turka I., Bimšteine G., Gaile Z. Kartupeļu lakstu puves ierosinātāja *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary prognozēšanas pieredze izmantojot datormodeli NegFry Latvijas apstākļos // Agronomijas vēstis / LLMZA, LLU LF – 2001. Nr. 3., 40 – 46 lpp.
2. Bimšteine G. Kartupeļu lakstu puves prognozēšanas iespējas Latvijā. // LLU Starptautiskā doktorantu zinātniskā konference „Zinātne lauku attīstībai”, Jelgava, Latvija, 23.-25.maijs, 2001., 31 – 34 lpp.
3. Bimšteine G., Turka I. Kartupeļu lakstu puves ierobežošanas dažādu modeļu efektivitāte. // Agronomijas vēstis / LLMZA, LLU LF – 2002. Nr. 4., 35 – 39 lpp.
4. Bimšteine G. Changes of biology of potato late blight pathogen *Phytophthora infestans* in last years. Review // Proceedings of International scientific conference “Research for rural development 2002”, Jelgava, LUA, 2002., pp. 58 – 60
5. Koppel M., Hansen J.G., Lassen P., Turka I., Bimšteine G. and Valskyte A. Validation of NegFry decision support systems in Baltic countries in 1999 – 2002 // Proceedings of Seventh Workshop an European network for development of an integrated control strategy of potato late blight, Poznan, Poland, 2 – 6 October, 2002., pp. 47 – 57
6. Bimšteine G. Evaluation of potato varietie’s field resistance against *Phytophthora infestans* in Latvia // Proceedings of International scientific conference “Research for rural development 2003”, Jelgava, LUA, 2003., pp.25 – 29
7. Bimšteine G., Turka I. Interactions of development rate and dynamics of potato late blight control strategies // Proceedings of Eighth Workshop an European network for development of an integrated control strategy of potato late blight, Jersey, England – France, 31<sup>st</sup> March – 4<sup>th</sup> April, 2004., pp. 259 – 266
8. Turka I., Bimšteine G., Mihejeva L. Pārtikas kartupeļu audzēšanas ekonomiskie riski bioloģiskajās saimniecībās // LLU Raksti Nr.11 (306), 2004; 9 – 15 lpp.
9. Bimšteine G. Interaction between secondary infection of late blight and yield quality // Agronomijas vēstis (Latvian Journal of Agronomy) / LLMZA, LLU LF – 2004. Nr. 7.,129 – 133 lpp.
10. Bimšteine G. The economical benefit of potato late blight control. / Annales UMCS, Sec. E, 2004., pp. 663 – 669

## Ziņojumi zinātniskās konferencēs / Presentations in scientific conferences

1. LLMZA un LLU Lauksaimniecības fakultātes zinātniskā konference, Jelgava, 8. - 9. februāris, 2001. Stenda ziņojums: Turka I., Bimšteine G., Gaile Z. „Integrētās augu aizsardzības iespējas kartupeļu stādījumos”.
2. LLU Starptautiskā doktorantu zinātniskā konference „Zinātne lauku attīstībai”, Jelgava, Latvija, 23.-25.maijs, 2001. Referāts: „Probability of forecasting potato late blight in Latvia”.
3. LLU Starptautiskā doktorantu zinātniskā konference, Jelgava, Latvija, 22. – 23. maijs, 2002. Referāts: “Changes of biology of potato late blight pathogen *Phytophthora infestans* in last years”.
4. Seventh Workshop an European network for development of an integrated control strategy of potato late blight, Poznan, Poland, 2 – 6 October, 2002. Referāts: „Epidemic and control of potato late blight in 2002 in Latvia”.
5. Seventh Workshop an European network for development of an integrated control strategy of potato late blight, Poznan, Poland, 2 – 6 October, 2002. Referāts: Koppel M., Hansen J.G., Lassen P., Turka I., Bimsteine G. and Valskyte A. „Validation of NegFry decision support systems in Baltic countries in 1999 – 2002”.
6. LLU Starptautiskā doktorantu zinātniskā konference, Jelgava, Latvija, 21. – 24. maijs, 2003. Referāts: “Evaluation of potato varietie’s field resistance against *Phytophthora infestans* in Latvia”.
7. NJF’s 22<sup>nd</sup> Congress Nordic Agriculture in Global perspective, July 1 – 4, Turku, Finland, 2003. Referāts: Turka I., Bimsteine G. “Decision support systems in Latvia with future trends to coordinate monitoring systems in the Baltic countries”.
8. Eighth Workshop an European network for development of an integrated control strategy of potato late blight, Jersey, England – France, 31<sup>st</sup> March – 4<sup>th</sup> April, 2004. Referāts: Turka I., Bimsteine G. “Epidemic and control of potato late blight in 2003 in Latvia”.
9. Eighth Workshop an European network for development of an integrated control strategy of potato late blight, Jersey, England – France, 31<sup>st</sup> March – 4<sup>th</sup> April, 2004. Referāts: Bimsteine G., Turka I. “Interaction of development rate and dynamics of potato late blight”.
10. LUA, “Epidemiology facets of harmful organisms in cropping systems”, Jelgava, Latvia, 26 – 28 August, 2004. Stenda ziņojums: “Interaction between secondary infection of late blight and yield quality”.
11. Agricultural University in Lublin, “Agronomical practices in the formation of environment and the quality of food”, Lublin, Poland, 27 – 28 September, 2004. Stenda ziņojums: “The economical benefit of potato late blight control”.

## INTRODUCTION

Late blight of potato (*Solanum tuberosum* L.), caused by infection of leaves, stems and tubers is the most important potato disease. The first report about potato late blight comes from Belgium in June 1845 and after then disease rapidly was spreading.

At this moment potato late blight is outspread in all continents and is infecting potatoes almost every year. The potato late blight caused by *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary is one of the most investigated plant pathogens.

*P. infestans* has been studied for more than 160 years and till now plant pathologists are interesting about this pathogen. It can be explained with changes of pathogen biology, occurrence of sexual reproduction, migration and economical significance.

The changes of pathogen population depend on country meteorological conditions and differences in list of potato varieties in a particular country. Occurrence of sexual reproduction increase the genotypic diversity of *P. infestans* so that it can adapt more readily to adversity, for example, by becoming tolerant to fungicides or overcoming host resistance.

Investigations about potato late blight in Latvia were started in 1924 in Priekuli. The aim of experiment was to estimate different fungicides used for potato late blight control. During the period 1980 – 1993, investigations were continued in Baltic filiation of the Union Plant Protection and Research Institute. In this period the more attention was paid to study of *P. infestans* population occurring in Latvia.

Potato late blight control has been the subject of a large number of investigations. The disease can be successfully controlled by a combination of sanitary measures, resistant varieties and fungicide application. The fungicide applications have shown the effective results to protect potato foliage and tubers from late blight, on this moment.

Standardized technology has been mainly used for potato late blight control in Latvia. The first field treatment was made during the row closing. The regular fungicide treatments were made each 7 to 14 days, using only protective fungicides or first two times systemic and subsequent treatment with protective fungicides.

The number of treatments is different and it depends on growing season. The changes of number of treatments can be explained with meteorological conditions and used growing technologies in each country. The average numbers of treatments in one growing season vary from 8 to 16 in European countries.

During the last 60 years computerized programs have been developed for forecasting periods of appearing of first symptoms of potato late blight and for scheduling applications of fungicides. All programs depend on the fact that late blight is favored by meteorological conditions (moderate temperature and abundant moisture). The meteorological situation in the country, variety, the degree of resistance of the variety to late blight and effectiveness of fungicides are to be taken into account for making forecast.

The Decision Support Systems in Latvia are used with one target – to reduce number of fungicide treatments in one season. The use of NegFry model, which is on of DDS model started in Latvia in 1998.

Research was done at the Latvia University of Agriculture, Faculty of Agriculture, Department of Plant Biology and Protection and Research and Study farm „Vecauce” during 2000 – 2003.

**The aim of investigation:**

To use computer based Decision Support Systems for reduced number of fungicide treatments for potato late blight control, considering pathogen population structure and weather conditions in Latvia.

Following **tasks** were appointed:

- To evaluate results from adaptation trials of late blight prognosis model NegFry.
- To clarify potato varieties degree of field resistance to late blight for using in potato late blight forecasting models.
- To manage population inventory of *P. infestans* and determine formation frequency of oospores in Latvia.

**Novelty of investigation:**

- Epidemiology and changes of *Phytophthora infestans* population were investigated in Latvian agroecological and agrotechnical conditions.
- AUDPC (Area under Disease Progress Curve) and apparent infection rate were used for characterization of potato late blight development.
- For the first time in Latvia formation of *P. infestans* oospores was established in the laboratory.
- The computer based prognosis model was used.

The investigations are published in 10 scientific articles and reported in 9 scientific conferences.

## MATERIALS AND METHODS

The field trials consist of two parts - adaptation trials of late blight prognosis model NegFry in Latvian conditions and observation trials for evaluation of potato varieties degree of field resistance to late blight.

The decision support system NegFry was adapted in Latvia in the framework of the Danish – Baltic countries and Poland project „*Development and Implementation of an Internet based Decision Support Systems for Integrated Pest Management in Latvia 2000 – 2002*”. The project was possible with support from Danish government, because the star of new technologies is expensive process, especially using of quality meteorological information.

Institutions involved in the project in Latvia: Latvia University of Agriculture (LLU) - Department of Plant Biology and protection and Research and Study farm „Vecauce”, Latvian State Plant Protection Centre (at present Latvian Plant Protection Research centre), Stende Plant Breeding and Experimental Station, Latvian State Plant Protection Service Units of Prognosis and Diagnostics at Priekuli, Bauska, Aizkraukle and Saldus. The results from all trials were summarized at the end of growing season and totally analyzed at the PhD work.

The investigations for adaptation NegFry were based on the earlier agreed trial guidelines and certified seed material, the same fungicides and potato varieties were used in all places. Disease assessments were made according the guidelines (Hansen, 1998, 1999; Hansen and Lassen, 2000).

### The establishment of NegFry adaptation trials

The field trials were conducted in the period 2000 – 2002 in the LLU, Research and Study farm „Vecauce”. The two varieties – ‘Mutagenagrie’ and ‘Sante’ were used. The variety ‘Mutagenagrie’ was used only for model and for forecasting the appearance of first late blight symptoms. The experiment was established into four replications, but number of variants was different. Each replicate occupied 33.6 m<sup>2</sup> but disease and yield assessment were made only in 14 m<sup>2</sup> (two middle rows)

Table 1

Experimental design, variety ‘Sante’, LLU Research and Study farm „Vecauce”

Number	2000	2001	2002
1.	Untreated	Untreated	Untreated
2.	Standard	Standard	Standard
3.	Expert decision	Expert decision	Expert decision
4.	NegFry	NegFry	NegFry
5.	Modified NegFry	Modified NegFry	Modified NegFry
6.	NegFry + 7 DRV	NegFry + HMS	

- Untreated – without fungicide treatment;
- Standard – treatment with contact fungicides every 7 – 10 days. First treatment during the row closing;
- NegFry – according to NegFry with use of meteorological data from Hardy Metpole. Treatment with contact fungicides;



- Expert decision – two first treatments with systemic and subsequent treatments with contact fungicides. First treatment during the row closing;
- Modified NegFry – according to NegFry with use of meteorological data from Hardy Metpole. Treatments with contact fungicides. First treatment with half dose at the time of infection of untreated susceptible variety ‘Mutagenagrie’ and then continued using a full dose;
- NegFry + 7 DRV – according to NegFry + prognosis of Day Risk Value. Use of meteorological data from Hardy Metpole. Treatments with contact fungicides;
- NegFry + HMS – according to NegFry with use of meteorological data from Ordinary meteorological stations. Treatment with contact fungicides.

Only one variety ‘Sante’ was used in other trial fields. Number of variants was different. Untreated, Expert decision and NegFry were tested in all growing seasons in all trials.

Disease assessment was started during the row closing. Appearance of first symptoms, disease development during the season, disease severity at the end of season, and yield were compared and analyzed. Yield assessment ( $t\ ha^{-1}$ ) and tuber infection (%) were done during the harvesting.

The changes of disease apparent infection rate ( $r$ ) were calculated during growing season with different potato late blight control. Disease assessment were made before fungicide application and after guaranteed time of fungicide effect. The Area under Disease Progress Curve (AUDPC) was compared for analyses in different treatment variants.

The losses ( $Ls\ ha^{-1}$ ) caused by tuber infection with late blight damages, outlay of fungicide application ( $Ls\ ha^{-1}$ ) with different potato late blight control models and increase of yield ( $t\ ha^{-1}$ ) were calculated.

### **Trial assessing scale**

Disease assessment was started during the row closing. Disease assessment were made before fungicide application and after guaranteed time of fungicide effect. The last observation was made before harvesting (Turka, Bankina, 1999; Fry, 1978; Dowley et.al., 1999).

Foliage assessment key (%) (Cox and Large, 1960):

- 0 – healthy plant;
- 0.1 – several spots on a plant;
- 1 – up to 10 spots on a plant;
- 5 - up to 50 spots on a plant or 1 leaflet in 10 affected;
- 10 – up to 4 leaflet in 10 affected. Plant sill retaining normal form;
- 25 – nearly every leaflet with spots. Plant sill retaining normal form. Plot looks green although every plant is affected.
- 50 – every plant affected and about half of leaf area destroyed by blight; plots look green flecked with brown;
- 75 – about three – quarters of the leaf area destroyed by blight, plots look predominantly green or brown;
- 95 – only a few leaflets green, but stems green;
- 100 – all leaves dead, stems dead or dying.

Disease severity calculated (Turka, Bankina, 1999):

$$R = \frac{\sum a * b}{N} \quad (1)$$

$R$  – disease severity  
 $a * b$  – number of infected plants multiply with assessment key  
 $N$  – total number of plants.

### The establishment of observation trials

The aims of our research were to evaluate and classify potato varieties according field resistance against late blight using 9 – grade scale. Only field observation data were used for classification. The necessary for observation trials was development and implementation of Decision Support System NegFry.

10 potato varieties - Mutagenagrie, Vineta, Sante, Folva, Sava, Red Star, Oleva, Danva, Asterix, Kuras were tested in the year 2001. The trial was enlarged with 16 varieties - Impala, Rosara, Fresko, Columbo, Planta, Borodjanskij Rozovij, Latona, Zīle, Lasunok, Brasla, Bete, Vebeka, Raja, Magda, Unda, Saturna in the years 2002 and 2003. Sante was chosen as a reference variety.

The experiment was established into three replications. Each plot occupied four 6.0 m long rows, the distance between rows – 0.7 m. Space between tubers in the row 0.24 m. The experiment was carried out under natural conditions without fungicide applications.

Disease assessment was made two times a week and started during the row closing. Appearance of first symptoms, disease development during the season, and disease severity at the end of season were compared and analyzed.

The changes of disease apparent infection rate ( $r$ ) and Area under Disease Progress Curve (AUDPC) were calculated and classified during growing season for each variety (Table 2).

Table 2

Classification of varieties according AUDPC and apparent infection rate  
(Hansen, 2001)

Grade 1 – 9	Variety AUDPC proportion to reference variety AUDPC	Apparent infection rate	
1	> 135	> 0.4	high
2	120 – 135	0.2 -0.4	medium
3	105 – 120	< 0.2	low
4	90 – 105	> 0.4	high
5	75 – 90	0.2 -0.4	medium
6	60 – 75	< 0.2	low
7	45 – 60	> 0.4	high
8	30 – 45	0.2 -0.4	medium
9	< 30	< 0.2	low

The variety AUDPC proportion to reference variety AUDPC calculated (Hansen, 2001):

$$(variety\ AUDPC / reference\ variety\ AUDPC) * 100 \quad (2)$$

The field resistance against *P. infestans* in the potato varieties was determined using the AUDPC, disease severity when the reference variety was more than 90 %. For calculation of AUDPC using: delay of appearance of the first symptoms, apparent infection rate and final disease severity.

### Calculation of Area under Disease Progress Curve (AUDPC)

The Area under Disease Progress Curve (AUDPC) was calculated as described by Shaner and Finney (1977), Fry (1978) and Flore-Gutierrez and Caden-Hinijosa (1996):

$$AUDPC = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{(X_{i+1} + X_i)}{2} \right] * [t_{i+1} - t_i] \quad (3)$$

- $X_i$  – disease severity at the  $i$ th observation
- $t$  – time in days after first infection appeared in the field
- $n$  – total number of observations

### Calculation of apparent infection rate

The apparent infection rate was calculated as described by Hughes (2003):

$$r = \frac{1}{t_2 - t_1} * \left( \log \frac{X_2}{1 - X_2} - \log \frac{X_1}{1 - X_1} \right) \quad (4)$$

- $r$  – apparent infection rate
- $t_1$  – time (days from germination) before fungicide application or observation of first late blight symptoms
- $t_2$  – time (days from germination) after guaranteed time of fungicide effect or last disease assessment
- $X_1$  – disease severity before fungicide application or observation of first late blight symptoms
- $X_2$  – disease severity after guaranteed time of fungicide effect or at last disease assessment

### Investigations about occurrence of oospores

Laboratory experiments were carry out at LLU Department of Plant Biology and Protection during the period 2002 – 2004. The samples were collected in different places in Latvia. In the year 2002, the samples were collected from NegFry adaptation trials in Vecauce and from observation trials in Vecauce and Priekuli. In the years 2003

and 2004, the samples were collected from observation trials in Priekuli and from conventional fields in region of Liepaja, Kuldiga, Saldus and Dobeles, from home gardens in Jelgava and from organic field in Vecauce.

Potato leaves with two or more late blight spots were sampled. The leaf samples were incubated on Petri – dishes (with Ø 10 cm) in distilled water at least for 2 or 4 weeks. After that samples were put on microscope slide and examined under 10 x 10 magnifications.

## RESULTS

### Results of NegFry adaptation trials

**Observations of first symptoms of potato late blight.** The observations of first symptoms of potato late blight depend on meteorological conditions and from effectiveness of used control strategy. The time of appearing first symptoms is different from year to year.

In the year 2001, the potato late blight was observed earlier than in other growing seasons (Table 3). The model prognosis about appearing of first symptoms is not exact. To compare with real situation it was one week or one month earlier. Fungicide treatments were done according model recommendations and it was untimely.

To analyze different growing seasons, the model prognosis is more accurate in growing seasons which are favorable for potato late blight development.

**Tendencies of development of potato late blight.** Potato late blight disease development depends on weather conditions in growing season. The years were different during the investigations. The disease severity at the end of season and AUDPC were analyzed for comparing influence of different potato late blight control systems on diseases development (Tables 4 and 5).

The results show that the most favorable conditions for late blight development were in the year 2001. The disease severity was significantly lower during the growing seasons 2000 and 2002. Statistically there are significant differences between results obtained in the seasons and between untreated and treated with fungicides variants, but no significant differences between different control strategies are observed in each certain year.

The calculated AUDPC show similar situations. The AUDPC was lower in the growing season 2002. In the years 2000 and 2002 statistically there are significant differences between untreated and treated variants, but not significant differences are observed between used control strategies.

To compare results from Vecauce with other trials the situation is similar. Significant differences were observed only between untreated and treated variants. When comparing all growing seasons more differences were observed in untreated variants. That means that late blight development depends on field location, too.

**The influence of fungicide application on apparent infection rate.** The changes of disease apparent infection rate ( $r$ ) were calculated during growing season with different potato late blight control. Disease assessment were made before fungicide application and after guaranteed time of fungicide effect.

For variety 'Mutagenagrie' the effect of fungicide application on late blight apparent infection rate was observed only in the year 2001 (Fig. 1). In other years the influence was not significant or not observed at all because disease progress was observed after guaranteed time of fungicide application. To compare untreated and treated with fungicides variants there were not observed significant differences. The infection rate was observed higher in the beginning of growing season but during the season it was observed decreasing. It could be explained with reduction of the amount of relatively healthy potato leaves.

For variety 'Sante' the effect of fungicide application was observed every year but not in all variants. Significant changes of apparent infection rate were observed in the year 2001 (Fig. 2). During growing season almost all fungicide treatments influenced the late blight apparent infection rate and it was lower than in untreated variant. There were not differences found when compared different control strategies. In other growing seasons the situation was similar with variety 'Mutagenagrie' – infection rate was higher in the beginning of growing season but during the season it was observed decreasing.

During growing season all analyzed control strategies influenced the disease apparent infection rate, but there were no significant differences observed in each certain year. It is significant to make fungicide application timely before appearing of late blight first symptoms.

Results from trials in Vecauce were compared with results obtained from other trials. In this case the apparent infection rate was calculated for all growing season. To compare all growing seasons, the more effective fungicide influence on apparent infection rate was favorable for late blight development years. Statistically significant differences were not found between trial locations.

**The influence of fungicide application on potato yield and tuber infection.** The tuber yield varied between growing seasons. The 3 - year results show that higher potato yield ( $t\ ha^{-1}$ ) was produced in growing season 2000 but lowest in the growing season 2001. The increase of yield was 44 – 49 % in variants treated with fungicides, but 55 % in untreated variants. In the year 2002, the potato yield was higher than in 2001 (25 – 45 %), but lower than in the year 2000 (19 – 24 %). The increase of yield demonstrated that under weather conditions not favorable for the development of potato late blight, it was possible to get significantly higher yields (Table 6).

Statistically there are significant differences between untreated and treated with fungicides variants, but no significant differences are observed between different control strategies.

The higher tuber infection was detected in the years 2000 and 2001 (% from tuber yield) (Table 6). Tuber infection often was observed in variants treated with fungicides but not in untreated variant because potato foliage was faster infected by late blight and tuber infection did not occur. Statistically there are no significant differences between results.

To compare results (potato yield and tuber infection) of two growing seasons from all trials significant differences were observed between different variants and between different trial locations. Not only in Vecauce, but also in other trial places the tuber yield was higher in the year 2000. The increase was 5 – 25 % compare to standard variant and 10 – 30 % compare Negfry variant with untreated variant.

The higher tuber infection was observed in cases when late blight severity at the end of the season varied between 30 – 70 %. The potato foliage was still green and that was favorable for development and sporulation of *P. infestans*.

**Number of fungicide applications.** Considering number of treatments there were found differences between used control strategies, except the year 2000 for variety ‘Mutagenagrie’ (Table 7). In the year 2000 number of treatments was the same in all treated variants. Decrease of number of fungicide treatments was observed in variants where applications were recommended by NegFry. Average reduction of number of treatments (21 %) was observed.

In trials with variety ‘Sante’ there were more treated with fungicides variants. To compare standard variant with treated variants, in all there was achieved reduction in fungicide use. NegFry reduced the number of applications by 32 %, NegFry with HMS by 30 % and expert decision - only by 9 % (Fig. 3). The decrease was 26 % to compare NegFry variant with that where fungicide application was done after expert recommendations. Statistically significant differences are not found between treated with fungicides variants.

**The economical estimation of different control strategies.** The economical estimation of used late blight control strategies depends on the quantitative increase in the yield and its effect on tuber quality. The average commodity products were 88 – 98 % from potato yield. The losses caused by tuber infection with potato late blight were different in experimental years (Table 8). In the years 2000 and 2001 the losses were no observed in untreated variants. It can be explained with very fast disease development on potato foliage during growing season.

The use of computer based model NegFry not only reduced fungicide application but also total amount of fungicides  $1 \text{ ha}^{-1}$ . The reduction in total fungicide amount could be explained with the use of only protective fungicides.

Each LVL spent for fungicide application gave an increase in the tuber yield ( $\text{t ha}^{-1}$ ) (Table 9). In the growing seasons 2000 and 2001, the increase was between  $0.06 - 0.14 \text{ t ha}^{-1}$ . Each LVL spent for fungicide application gave  $4.8 - 11.2 \text{ LVL}$ .

The outlay of fungicide applications was higher in variant with expert decision, but increase of yield was not always lower than that in other treated variants. Statistically significant differences are not observed between treated with computer based NegFry model and variant with expert decision.

## **Estimation of potato varieties field resistance against late blight**

Field trials were carried out in the years 2000 – 2003 during implementation of Danish decision support system NegFry in Latvia University of Agriculture Study and Research farm “Vecauce”. The aim of investigations was to define parameters for classification of potato varieties field resistance to late blight according 9 grade scale.

Apparent infection rate and AUDPC were used for calculations. Appearance of first potato late blight symptoms was used in addition.

Only two years 2001 and 2002 were analyzed, because in the year 2003 potato late blight was not observed in this region.

**Observations of first symptoms of potato late blight.** The year 2001 was very favourable for development of potato late blight and first symptoms were observed only 30 days (July 6) after potato germination in variety ‘Sava’. In variety ‘Mutagenagrie’ the first late blight symptoms were found in the same day, but it was 40 days after

germinations of this variety. In variety 'Kuras' the first symptoms were observed 47 days (July 17) after germination. To compare with reference variety 'Sante', first late blight symptoms were observed earlier in varieties 'Sava', 'Redstar', 'Mutagenagrie', 'Oleva', 'Asterix' un 'Folva' but later in varieties 'Vineta', 'Danva', un 'Kuras'.

In the year 2002 the situation was different. First late blight symptoms were observed on July 8 (46 days after potato germination) in variety 'Rosara' and two days later in reference variety 'Sante'. In others varieties first disease symptoms were found later than in 'Sante'. The varieties infection period was longer and took more than two weeks.

To compare varieties included in the experiment, in both experimental years differences in time between appearing of first symptoms were two weeks.

**Development of potato late blight.** Only 10 varieties included in the experiment in both experimental years were analyzed. Statistically significant differences are not observed between late blight developments in the years 2001 and 2002. Significant differences were established between different varieties (Figure 4).

Results showed that tendencies of development of potato late blight for one variety did not depend on growing season.

**Changes of apparent infection rate.** The apparent infection rate is one of the parameters for characterization of variety field resistance to late blight.

The changes of disease apparent infection rate ( $r$ ) were calculated during growing season. Disease assessment were made two times a week and started during the row closing. The all analyzed varieties showed the similar tendency in both experimental years (Figure 5). The significant differences were observed in variety 'Mutagenagrie' (difference between growing seasons 0.22) and in variety 'Vineta' (difference between growing seasons 0.18).

Although the weather conditions in growing seasons 2001 and 2002 were variable the apparent infection rate were constant for some of the varieties. That demonstrates stability of varieties to late blight infection.

**Potato late blight severity at the end of season.** Disease severity at the end of season is one of the parameters characterizing the potato field resistance, but it's not used for calculations of field resistance degree. The vegetation season was not the same for all varieties. The disease severity for reference variety 'Sante' was more than 90 % and it was analyzed.

Two year results show that varieties included in the experiment were stable concerning disease severity at the end of season. Late blight severity exceeding 90 % was observed at the end of July in reference variety. The lowest disease severity was in 'Kuras'.

All analyzed varieties showed the similar tendency in both experimental years (Figure 6). The significant differences were observed between varieties, but not between years. That means, that the varieties influence on disease development is more effective if the growing season is favourable for late blight development.

**Classifications of potato varieties according 9 - grade scale.** Only field observation results were used in classification of potato varieties according 9 - grade scale. Appearance of first late blight symptoms, apparent infection rate and the variety AUDPC proportion to reference variety AUDPC were used for calculations.

The variety AUDPC was calculated during the period from appearance of first disease symptoms to disease severity exceeding 90 % in reference variety 'Sante'.

In the year 2001 varieties - 'Sante', 'Vineta', 'Folva', 'Red Star' un 'Asterix' were classified in grade 4. Only one variety - 'Kuras' was classified in grade 9.

In the year 2002, situation was different. Varieties 'Mutagenagrie', 'Sante', 'Danva' un 'Kuras' were constant in both evaluation years. 'Vineta' was less susceptible to late blight (grade 1) while 'Oleva' and 'Sava' were more susceptible in 2002 than in 2001.

The results were indicative that differences could be explained with variability in weather conditions. The varieties are not stable and can migrate from one grade to another. Further evaluation trials are needed to obtain omnifarious results, including more varieties. The validations of computer based models are stimulating the investigations about potato field resistance.

## Occurrence of oospores

Laboratory trials on occurrence of oospores in Latvia were realized in LLU Department of Plant Biology and Protection during the period 2002 – 2004. The potato leaf samples were collected in different regions of Latvia.

The first signal about formation of oospores was got in 1980ies. The reason was observation of late blight on stems. Stem form of potato late blight indicated about changes of pathogen aggressiveness and virulence. The control of this form is more difficult. The sexual reproduction and formation of oospores could be one of the reasons of appearing of stem form so often.

Potato leaves with two or more spots are the samples where oospores could be found (Figure 7). Formation of oospores depends on representing of opposite mating types. If each of spots develops from opposite mating type (A1 and A2) the formation of oospore will be possible. Formation of oospores will not be occurring if the spots develop from the same A1 or A2 mating types. More potato leaves with two spots were observed at the end of growing season when disease severity exceeded 50 %.

In the year 2002 the samples were collected from NegFry adaptation trials in Vecauce and Priekuli and potato varieties observation trials in Vecauce. In the year 2003 the samples were taken from potato varieties observation trials in Priekuli and from conventional fields in regions of Liepaja, Kuldiga and Dobeles. In the year 2004 the samples were taken from certified organic field in Vecauce, from home gardens in Jelgava and conventional field in Saldus (Table 10).

The lowest oospores formation rate was fixed in organic field in Vecauce, only 29 %. The potatoes were not growing in this field for a very long period.

Results of samples test demonstrated that formation of oospores take place in *P. population* in Latvia. The further research is needed to estimate ratio between mating types A1 and A2.

The occurrence of oospores means that plant rotation is one of the significant measures for potato late blight control and usage of fungicide may not be so effective.



## CONCLUSIONS

1. The using of computer based model NegFry for forecasting appearance of first disease symptoms was effective only growing seasons not favorable for late blight development. The reduction of number of fungicide treatment was 20 – 40 %.
2. Results about late blight development during growing season and tuber yield show that statistically there are significant differences between untreated and treated with fungicides variants, but no significant differences between different control strategies.
3. During growing season all analyzed control strategies influenced the disease apparent infection rate, but there were no significant differences observed in each certain year. The primary is to make fungicide application timely before appearing of late blight first symptoms.
4. Tuber infection often was observed in variants treated with fungicides but not in untreated variant because potato foliage faster was infected by late blight and tuber infection not occur. Statistically there are no significant differences between results.
5. The potato late blight control is economically significant, but no differences between used control strategies. The future of computer based model NegFry using in Latvia is still unclear because model application is expensive.
6. Only field observation results were used in classification of potato varieties according 9 – grade scale. The varieties are not stable and can migrate from one grade to another however the estimation of potato field resistance will be important factor if the using of computer based models will be developed in Latvia.
7. The average oospores formation rate was 83 % of samples. Results of samples test demonstrated that formation of oospores take place in *P. population* in Latvia. The further researches are needed to estimate ratio between mating types A1 and A2.

## ACKNOWLEDGEMENTS

I am very thankful to Dr. Zinta Gaile and agronomists Anita Čapus and Inta Zaika for the practical help and support in organizing experiments in LLU Research and Study farm “Vecauce”.

I am thankful to the partners in a Danish – Baltic states and Poland project „*Development and Implementation of an Internet based Decision Support Systems for Integrated Pest Management in Latvia 2000 – 2002*”, to I. Priekule from Latvian State Plant Protection Centre (at present Latvian Plant Protection Research centre) and Stende Breeding and Experimental Station, K. Bebrim, I. Bebrei, J. Miglānam, A. Rādenai, L. Skrabānam, A. Žeivotei from Latvian State Plant Protection Service Units of Prognosis and Diagnostic at Priekuli, Bauska, Aizkraukle and Saldus.

I wish to thank my colleagues in the Department of Plant Biology and Protection for their support and encourage during the PhD studies.

Thanks to the staff of Department of Plant Protection in Agricultural Research centre in Finland and especially to Dr. Asko Hannukkala for possibilities to acquire laboratory methods for inventory of *P. infestans* population.