

Pētījumi par NPK bilanci zemnieku saimniecībās I. Jelgavas raj. Sesavas pagasta "Rudeņi" NPK Balance Studies in Farms of Latvia I. Farm "Rudeņi", Jelgava Region

Aldis Kārklīšs, Ināra Līpenīte

LLU Augsnes un agroķīmijas katedra, e-pasts: Aldis.Karklins@llu.lv
Department of Soil Sciences and Agrochemistry, LLU, e-mail: Aldis.Karklins@llu.lv

Abstract. Plant nutrient balances are considered as important agroenvironmental indicators characterizing the sustainability of farm activities. Routine calculations of balances using internationally recommended methods are planned for all commercial farms operating in vulnerable zones of Latvia. NPK balance calculation model applicable for Latvia's conditions has been developed, and its plausibility test was performed in a selected model farm within 1999-2003. NPK Soil surface and Farm-gate balances were calculated for each test year as well as average for a 5-year period. NPK input-output values, their structure as well as balances were analyzed and discussed. Within the 5-year period, NPK balances were positive for all nutrients and there was a comparatively good agreement between obtained values for Farm-gate and Soil surface calculation approach: 61.2 N, 22.8 P₂O₅ and 56.0 K₂O kg ha⁻¹ of sown area and 69.5, 18.6 and 51.3, respectively.

Key words: plant nutrient balance, NPK fluxes in agriculture, sustainable agriculture.

Ievads

Mūsdienās aizvien paplašinās augu barības elementu aprites pētījumu nozīme. Liekot akcentu uz lauksaimniecības ilgtspējīgas attīstības modeli, tiek uzsvērts, ka tas lielā mērā balstās uz pamatnostādni, ka augu barības elementu ienesi jābūt sabalansētai ar to iznesi. Līdz ar to augu barības elementu plūsmas pētījumiem lauksaimniecībā (un ekosistēmā kopumā) plaši pielieto balances metodes. Iegūtos rezultātus izmanto arī starptautiski, kā indikatoru, kas rāda, cik efektīvi un no vides viedokļa droši darbojas lauksaimnieciskā ražošana katrā konkrētā valstī (OECD, 2001). Piemēram, OECD¹ dalībvalstis balances atbilstoši vienotai metodikai rēķina ik gadus un iegūtie rezultāti tiek apkopoti un publicēti.

Augu barības elementu bilanču rādītāju iespējama pielietojums ir daudzpusīgs. Tos var izmantot mēslošanas līdzekļu lietošanas optimizācijai, augsnes īpašību izmaiņu prognozei, kā lauksaimnieciskās darbības intensitātes rādītāju un kā tās agroekoloģiskos indikatorus. Augu barības elementu balance var būt arī kritērijs, ko var izmantot valsts atbalsta, papildus nodokļu vai pat zināmu sodu sankciju noteikšanai. Šāda kārtība pastāv, piemēram, Dānijā, kur vides kvalitātei tiek piegriezta ļoti liela nozīme.

Augu barības elementu bilanci var rēķināt dažādi, taču lai iegūtu savstarpēji salīdzināmus rezultātus, nepieciešama zināma metodiska vienveidība. Tāpēc ir izstrādātas un starptautiskajā mērogā akceptētas

vairākas augu barības elementu bilances aprēķina metodes (Vermeulen et al., 1998; Isherwood, 1998; Igras et al., 2000, 2003; Urfi et al., 2003; Bujnovsky, 2003). Arī Latvijā bilances metode kā tāda ir tikusi un tiek plaši pielietota, izmantojot atšķirīgas to aprēķina shēmas un tādējādi arī iegūstot dažādus bilanču paveidus, kuru skaitliskās vērtības ir atšķirīgas, piemēram, kopējā, kopējā precizētā, aktīvā u.c. Lai aprēķināto bilanču rezultātus varētu savstarpēji salīdzināt un izmantot stāvokļa viennozīmīgam raksturojumam, kā arī noteiktu lēmumu pieņemšanai, aprēķina metodēm jābūt standartizētām. Tāpēc pēdējā desmitgadē starptautiskā mērogā ir panākta zināma vienošanās bilances aprēķiniem izmantot unificētas metodes. Plašāku pielietojumu ir guvušas divas metodes, kuras arī pamatā tiek izmantotas informācijas starptautiskajai apmaiņai, kā arī lauksaimniecības slodzes vidē novērtējumam. Tās ir PARCOM² ieteiktā, jeb tā sauktā **augu barības elementu balance saimniecības līmenī** un OECD ieteiktā, jeb **augu barības elementu balance lauka līmenī** (cit. no Oenema, 1999; Fotyma, 1999). Latvijai tagad kā Eiropas Savienības dalībvalstij, kā arī integrējoties citās starptautiskajās organizācijās, rodas nepieciešamība sakārtot normatīvo bāzi šo starptautiski atzīto metodiku pielietošanai, jo tās būs vienas no galvenajām metodēm lauksaimniecības radītās slodzes vidē novērtējumam. Šīs slodzes attiecas gan uz ūdenskrātuvju iespējamo piesārņojumu, gan arī nevēlamo vielu nokļūšanu atmosfērā, kas veido tā saucamo "siltumnīcas efektu".

¹ OECD – Ekonomiskās sadarbības un attīstības organizācija.

² PARCOM – Parīzes konvencija jūras piesārņojuma novēršanai.

Minētās starptautiskās augu barības elementu bilances aprēķina metodikas ir samērā specifiskas un Latvijā līdz šim nav pielietotas. Galvenās grūtības, ar ko jāsaistās, ir saistītas ar objektīvu uzskaites datu iegūvi gan ienesas, gan iznesas aprēķinam. Rutīnas aprēķinos parasti to veic, izmantojot normatīvos rādītājus, taču tādi ir jāveido, jāseko līdzi to objektivitātei un nepārtraukti jāaktualizē. Pētījumos izmanto gan tiešos mērījumus, gan arī normatīvos rādītājus. Pētniecībai ir jārada bāze, lai veiksmīgi varētu nodrošināt rutīnas aprēķinus. Papildus normatīvajiem rādītājiem arī izstrādātās bilances aprēķina metodes pirms to ieteikšanas izmantošanai masveidā (rutīnas aprēķiniem) ir jāpārbauda, vajadzības gadījumā veicot to precizēšanu un adaptāciju Latvijas apstākļiem. To vislabāk var izdarīt, izvēloties konkrētas, reāli darbojošās saimniecības, tā sauktās modeļsaimniecības (testa saimniecības), kuras ir vairāk vai mazāk raksturīgas kā Latvijā eksistējošās komerciāla rakstura saimniecības. Modeļsaimniecībās tiek veikta iespējami precīzāka NPK bilanci ietekmējošo faktoru uzskaitē. Iegūto informāciju pēc tam ar pietiekoši augstu precizitāti var attiecināt uz citām līdzīga profila un specializācijas saimniecībām Latvijā, kā arī izstrādāt modeli jebkuras saimniecības NPK bilances aprēķinam un iegūto rezultātu izvērtējumam.

LLU Augsnes un agroķīmijas katedra 1999.-2003. gadā, pielietojot vienveidīgu metodiku, kopumā apsekoja 6 zemnieku saimniecības, kuras izvietotas dažādos rajonos un ir dažāda lieluma, specializācijas un ar dažādu lauksaimnieciskās darbības intensitāti. Visas tās var apzīmēt kā komerciāla rakstura saimniecības, tas ir, tās ražoja preču produkciju realizācijai un no tās gūtie ienākumi tika ieguldīti ražošanas paplašināšanai un modernizācijai, kā arī veidoja būtisku ģimenes iztikas daļu. Turpmākajā rakstu sērijā tiks atspoguļoti un analizēti iegūtie rezultāti, kas var dot ieskatu par augu barības elementu plūsmas likumsakarībām līdzīga rakstura zemnieku saimniecībās Latvijā.

Materiāli un metodes

Augu barības elementu aprites pētījumiem un bilanču aprēķiniem nepieciešamās informācijas un datu vākšana veikta Jelgavas rajona Sesavas pagasta zemnieku saimniecībā "Rudeņi" laika posmā no 1999. līdz 2003. gadam. Saimniecības zemes kopplatība pētījumu periodā vidēji bija 387.5 ha, no kuriem aramzeme aizņēma 80.2%, ganības 4.8%, pļavas 8.5%, meži 1.9% un cita zeme 4.6%. Dominējošās augsnes brūnaugsnes, glejaugsnes un velēnu podzolaugsnes.

Saimniecība nodarbojās ar augkopības (pārsvarā graudaugi un cukurbietes) un lopkopības (liellopi) produkcijas ražošanu. Ganāmpulku veidoja slaucamās

govis, teles (6-24 mēn.) un teļi (līdz 6 mēn.) vidēji 74.8 DV (dzīvnieku vienības)³ gadā. Lopbarībai tika audzēti daudzgadīgie zālāji (tai skaitā tauriņzieži) un graudaugu-tauriņziežu mistri. Iegūtos un uzglabātos seklās kūts pakaišu kūtsmēslus izmantoja saimniecībā laukaugu mēslošanai. Lauksaimnieciskās ražošanas nodrošināšanai augu barības elementu krājumi tika papildināti ar iepirktiem minerālmēsliem, iepirkto lopbarību un barības piedevām, kā arī ar iepirkto sēklas materiālu. Pētījumu saimniecību var raksturot kā vidēja lieluma komerciāla rakstura saimniecību, kurā ir sabalansētas galvenās nozares augkopība un lopkopība. Saimniecība atrodas tā sauktajā Īpaši jutīgajā teritorijā, kas noteikta atbilstoši MK noteikumiem Nr. 531 ("Noteikumi par ūdens un augsnes aizsardzību no lauksaimnieciskās darbības izraisītā piesārņojuma ar nitrātiem", 18.12.2001.).

Pētījumu gaitā modeļsaimniecībā iegūta, apkopota un analizēta informācija par zemes izmantošanas veidiem un to augšņu raksturojumu, par ik gadus iepirktiem minerālmēsliem un organiskiem mēslošanas līdzekļiem, to sastāvu un pielietošanu, iepirkto sēklu un lopbarību, mājdzīvnieku skaitu un apriti, lopu turēšanas sistēmu un kūtsmēslu uzkrāšanu un uzglabāšanu, par kultūraugu mēslošanu un iegūto ražu, kā arī par realizētās augkopības un lopkopības produkcijas apjomu. Saimniecībā periodiski tika ievākti un analizēti kūtsmēslu paraugi, nosakot sausas un NPK saturu tajos. Saimniecībai pētījumu periodā (pa gadiem un pa visu pētniecības periodu) tika aprēķināti divi augu barības elementu bilanču veidi.

1. Lauka bilance⁴, (*Y*) kur uzskaites vienība bija saimniecības lauksaimniecībā izmantojamā zeme (LIZ), tas ir, zeme, no kuras ik gadu tika iegūta (ievākta) lauksaimniecības produkcija (ražā). Augu barības elementu ienesu veidoja ar saimniecībā uzkrātiem (un arī gada laikā pielietotajiem) organiskiem mēsliem (*A*), ar iepirktiem organiskiem mēsliem (*B*), minerālmēsliem (*C*), ar sēklas un stādāmo materiālu (*E*) augsnei ienestā NPK masa un bioloģiski saistītais slāpekļs (*D*), bet iznesu slāpekļs, fosfors un kālijs, kas tika saistīts kultūraugu ražā un novākts no lauka (*R*):

$$Y_l = (A + B + C + D + E) - R.$$

2. Saimniecības bilance⁵, kur uzskaites vienība bija visa saimniecība kopumā. Ienesu sastādīja NPK masa, kas nonāca saimniecībā ar iepirktajiem organiskiem mēsliem (*B*), ar minerālmēsliem (*C*), ar iepirkto sēklas un stādāmo materiālu, ar iepirktajiem mājdzīvniekiem (*F*), ar iepirkto lopbarību (*G*), un kā bioloģiski saistītais slāpekļs (*D*). Savukārt iznesu veidoja NPK, kas atstāja saimniecību, t.i., ar pārdoto augkopības

³ DV aprēķinātas, par kritēriju ņemot ar kūtsmēsliem izdalīto slāpekli gadā. Normatīvi ņemti no (Labas lauksaimniecības ..., 1999).

⁴ Angļu valodā – soil surface balance.

⁵ Angļu valodā – farm gate balance.

NPK ienesas struktūra 1999.-2003. g., % no kopējās
NPK input variables as a % from total plant nutrient coverage (1999-2003)

Ienesas veids / Input variables	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Ar saimniecībā uzkrātajiem organiskajiem mēsliem / Manure, in-farm production	15	8	14
Ar minerālmēsliem / Commercial fertilizers	73	90	85
Ar sēklu un stādāmo materiālu / By seed	2	2	1
N bioloģiskā fiksācija / Biological fixation	10	—	—

produkciju (K) un pārdoto lopkopības produkciju (L), kā arī NPK zudumi no lopkopības (Z):

$$Y_S = (B + C + D + E_i + F + G) - (K + L + Z).$$

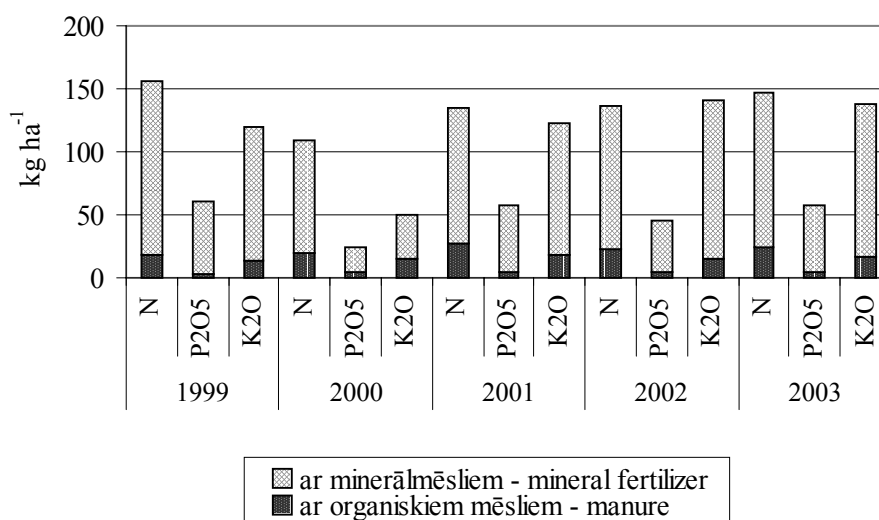
Aprēķini veikti, izmantojot LLU Augsnes un agroķīmijas katedrā izveidoto datorprogrammu (A. Kārklīšs, I. Līpenīte), kuras prototips aizgūts no Polijas Zemkopības institūta Pulawy izstrādes (Mariusz Fotyma un līdzautori). Programma ir veidota kā EXCEL darba burtnīcu kopums, kurā iestrādāti Latvijas augšņu klimatiskajiem apstākļiem atbilstošie normatīvie lielumi un kritēriji.

NPK bilancu programmas aprakstu, tajā lietotos algoritmus, izmantotos normatīvos lielumus un to pamatojumu var atrast zinātniskā darba pārskatā (Augu barības elementu ..., 2004).

Rezultāti un diskusija

Aprēķinot NPK **lauka bilanci**, slāpekļa, fosforā un kālija ienesu augsnē veidoja pielietoto minerālmēsli, saimniecībā uzkrāto un augsnē iestrādāto organisko mēsli, kā arī sēklas un stādāmā materiāla sastāvā esošie augu barības elementi. Tā kā saimniecībā tika audzēti

arī tauriņzieži, tad slāpekļa krājumi papildinājās ar bioloģiski saistīto slāpekli. Pētījumu periodā ienesas struktūra mainījās, taču vidēji piecos gados dominante augu apgādē ar galvenajiem barības elementiem (NPK) bija minerālmēsli (1. tabula un 1. att.). Kultūraugu mēslošanai vidēji gadā izlietoja 114.4 kg ha⁻¹ N, 44.9 kg ha⁻¹ P₂O₅ un 98.9 kg ha⁻¹ K₂O. Mēslojuma apjomi un NPK attiecība ievērojami atšķīrās 1999. un 2000. gadā, bet nostabilizējās turpmākajos gados. Tā, 1999. gadā slāpekļa ienesa sasniedza 137.6 kg ha⁻¹, bet 2000. gadā ar minerālmēsliem uz 1 ha sējplatības iestrādāja tikai 89.3 kg N, 20.7 kg P₂O₅ un 35.6 kg K₂O, veidojot vāji sabalansētu NPK attiecību (1.00:0.23:0.40), salīdzinājumam vēlākos gados tā bija ievērojami tuvāka audzēto kultūraugu vajadzībām 1.00:0.43:1.02. Modeļsaimniecībā lietotais minerālmēsli apjoms un galveno augu barības elementu attiecība tajos bija ievērojami atbilstošāka intensīvas ražošanas apstākļiem, nekā vidēji Latvijā. Tas rāda, ka komerciāla rakstura zemnieku saimniecībās arī mūsdienās minerālmēsli lietošana ir pietiekoši intensīva un uz tām nevar attiecināt tos vidējos rādītājus, kuri tiek atspoguļoti statistikas krājumos. Tas liek kritiski vērtēt daudzu autoru



1. att. NPK ienesa ar mēslojumu, 1999.-2003. g.

Fig. 1. NPK input by fertilizers, 1999-2003.

Tauriņziežu platības saimniecībā un to ražā uzkrātais slāpeklis
Legumes grown on a farm and N fixation

Rādītājs	1999	2000	2001	2002	2003
Tauriņziežu platība / Legumes, ha:	37.0	62.3	57.0	50.0	89.0
t.sk. āboliņš / incl. clover	0	0	30.0	40.0	0
lucerna / alfalfa	10.0	10.0	10.0	10.0	0
āboliņš-stiebrzāles / clover-grasses	17.0	17.0	17.0	0	58.0
tauriņziežu mistri / legumes mixtures	10.0	35.3	0	0	31.0
N tauriņziežu ražā / N in yield of legumes, kg ha ⁻¹ :	135	111	179	82	51
t.sk. bioloģiski saistītais N ¹ / incl. biologically fixed, kg ha ⁻¹	104	65	152	70	35

apgalvojumus gan par to, ka zemā mēslošanas līdzekļu lietošanas intensitāte veicina Latvijas augšņu vispārēju auglības pazemināšanos, gan arī, ka šī iemesla dēļ Latvijai nebūtu jāuztraucas par mēslošanas līdzekļu radīto slodzi vidē.

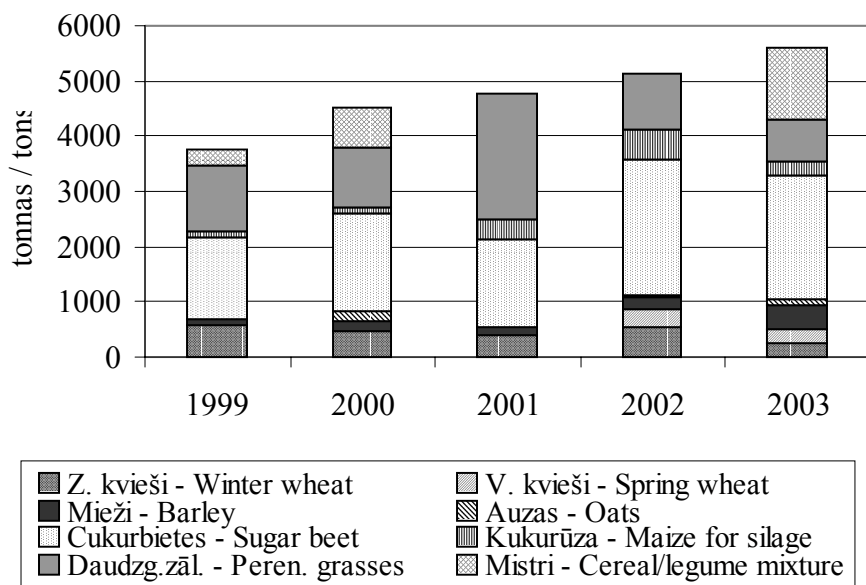
Otrā pēc nozīmes ir NPK ienesa ar organiskiem mēsliem, ko nodrošināja saimniecībā uzkrātie kūtsmēsli. Kūtsmēslu kustība ārpus saimniecības nenotika, tas ir, tie netika ne pirkti, ne arī pārdoti. Kopējā seklās kūts salmu pakaišu kūtsmēslu masa, kas vidēji gadā uzkrājās saimniecībā, bija 1385 t. No kopējā organiskos mēslus esošā slāpekļa masas vidēji 7499 kg N tika atšķēdināti kā izkliedes-iestrādes laikā radušies zudumi amonjaka veidā. Zudumu lielumi tika diferencēti atkarībā no kūtsmēslu pielietošanas un iestrādes laika un tehnoloģijas, un tie svārstījās no 300 līdz 800 kg, jeb 1.0-2.6 kg ha⁻¹ N. Ar uzkrātajiem organiskajiem mēsliem vidēji gadā uz 1 ha iestrādāja 22.4 kg N, 4.2 kg P₂O₅ un 15.6 kg K₂O. NPK masa pētījumu periodā pa gadiem kūtsmēslus nedaudz mainījās proporcionāli dzīvnieku vienību skaita pieaugumam no 0.16 līdz 0.23 DV ha⁻¹ (korelācijas koeficients r = 0.96), taču samērā maz ietekmēja kopējo ienesu ar mēslojumu. Tādējādi kopumā ar mēslojumu (organiskie + minerālmēsli) vidēji gadā augsnē iestrādāja 138.4 kg ha⁻¹ N, 50.3 kg ha⁻¹ P₂O₅ un 132.8 kg K₂O, kas veidoja NPK attiecību 1.00:0.36:0.83, kas agronomiski ir pieņemama, ņemot vērā augsnes auglības rādītājus un audzēto kultūraugu prasības.

Palielinoties mājlopu skaitam, saimniecībā paplašinājās arī zālāju, tai skaitā tauriņziežu platības (āboliņš, lucerna, āboliņa stiebrzāļu maisījums un tauriņziežu mistri). Līdz ar to būtisku slāpekļa ienesas daļu (vidēji 10%) veidoja bioloģiski saistītais slāpeklis. Tauriņziežu sējumu platības pētījumu gados un slāpekļa iznesu ar to ražu raksturo 2. tabulas dati. Taču tauriņziežu platības palielināšanās vēl nenodrošināja bioloģiski saistītā slāpekļa uzkrājumu pieaugumu. Svarīga loma ir audzēto tauriņziežu sortimentam un to spējai saistīt atmosfēras

slāpekli, kā arī iegūtās ražas lielumam. Bioloģiski fiksēto slāpekli ražošanas apstākļos tieši izmērīt praktiski nav iespējams. Tāpēc tika izmantots pieņēmums, ka, piemēram, no pākšaugu un daudzgadīgo zālāju (ja tauriņziežu īpatsvars >50%) ražā uzkrātās kopējās slāpekļa masas bioloģiski saistītais slāpeklis sastāda 85%, no zaļmēslojuma augu (lupīna, zirņi, seradella) masā esošā slāpekļa 50%, tauriņziežu mistriem 25%. Pamatojoties uz to, aprēķinātā bioloģiski saistītā slāpekļa masa pa gadiem diezgan ievērojami atšķiras. Tā 2001. gadā, kad zālāju struktūrā dominēja āboliņš un lucerna, simbiotiski saistītais slāpeklis bija 152 kg ha⁻¹, bet 2003. gadā āboliņa stiebrzāļu ražā un mistros saistījās tikai 35 kg ha⁻¹ slāpekļa. Vidēji uz 1 ha sējplatības bioloģiski saistītā slāpekļa masa saimniecībā sastādīja 15.4 kg.

Zināms daudzums augu barības elementu augsnē tika ienests arī ar sēklas un stādāmo materiālu. Ņemot vērā saimniecības sējumu platības, tajās ar izmantoto sēklu kopumā vidēji nonāca 838 kg N, 374 kg P₂O₅ un 247 kg K₂O, taču, pārrēķinot uz vienu hektāru, tas attiecīgi bija 2.7 kg N, 1.2 kg P₂O₅ un 0.8 kg K₂O.

Augu barības elementu iznesu no augsnes veidoja veģetācijas perioda laikā no augsnes un mēslošanas līdzekļiem kultūraugu ražā uzkrātā NPK masa. Saimniecība specializējusies cukurbiešu un graudaugu audzēšanā, bet nozīmīgu daļu aizņēma arī zālāju platības. Augkopības produkcijas kopējais apjoms piecu gadu laikā palielinājās no 3761 līdz 5618 tonnām (2. att.). Attiecīgi pieauga arī augu barības elementu iznesa ar novāktu ražu, taču šī sakarība nebija lineāra. Kopražas un kopējās iznesas korelācijas koeficients (r) slāpeklim bija 0.76, fosforam 0.71 un kālijam 0.82. To noteica dažādo kultūraugu ražas atšķirīgais ķīmiskais sastāvs un šo kultūraugu relatīvā masa kopražā. Kā redzams 3. attēlā, NPK iznesa no 1 ha bija diezgan stabila un sastādīja vidēji 84.6 kg N, 31.3 kg P₂O₅ un 65.5 kg K₂O. Vienīgi 2003. gadā šie skaitļi bija nedaudz zemāki, lai gan kopējais augkopības produkcijas ievākums



2. att. Augkopības produkcijas kopievākums saimniecībā (dabīgi mitrs).

Fig. 2. Crop production on a farm.

palielinājās. Tas skaidrojams gan ar graudaugu, kas raksturojas ar salīdzinoši augstu NPK saturu produkcijā, kopražas samazināšanos, gan arī ievērojamo papuves platību (103 ha), kas šajā gadā neveidoja augu barības elementu iznesi. NPK attiecība augu barības elementu iznesā vidēji bija 1.00:0.37:0.77, kas rāda nedaudz mazāku kālija daļu nekā ienesā ar mēslojumu.

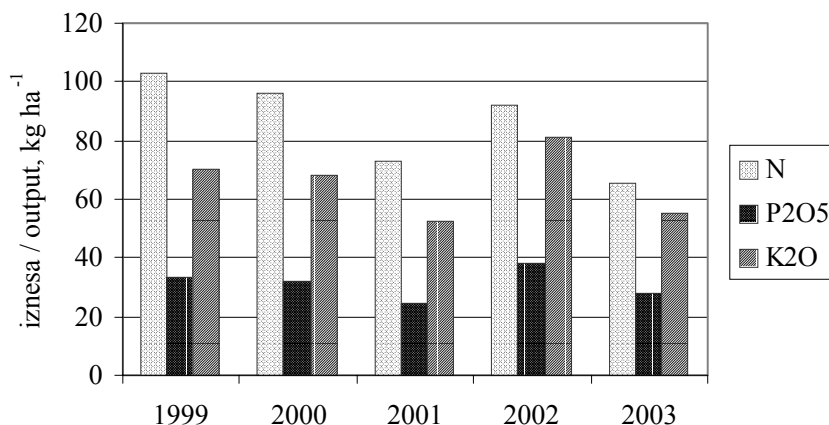
Iegūtie augu barības elementu ienesas un iznesas aprēķini deva iespēju noteikt NPK lauka bilanci saimniecības platībām, kur tika izmantots mēslojums un novākta kultūraugu raža (4. att.).

Rezultāti rāda, ka visos pētījuma gados saimniecības laukos bija pozitīva slāpekļa balance. Ar mēslojumu iestrādātā slāpekļa masa par 29.0 kg ha⁻¹ (2000. g.) līdz 93.0 kg ha⁻¹ (2003. g.) pārsniedza iznesu. Vidēji 5 gados slāpekļa lauka balance sastādīja +69.5 kg ha⁻¹, bet

bilances intensitāte, kas rāda šī augu barības elementa izmantošanas efektivitāti, 182%. Kā redzams, tad augsne iestrādātais slāpekļlis pilnībā netika izmantots ražas veidošanai.

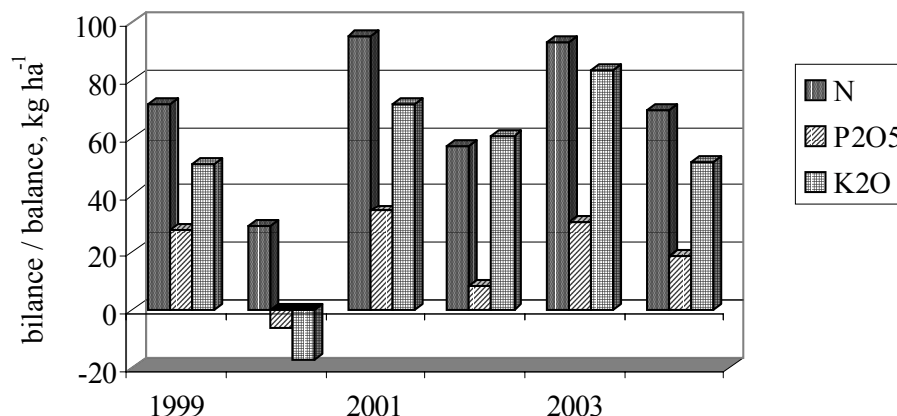
Fosfora balance vidēji pētījumu laikā bija pozitīva (+18.6 kg ha⁻¹), bet bilances intensitāte 159%. Tomēr atsevišķos gados fosfora iznesa pārsniedza tā ienesu. Lai gan fosfora izmantošanās efektivitāte bija augsta, kas vērtējama pozitīvi, tomēr, ņemot vērā saimniecības augšņu nodrošinājumu ar augiem izmantojamo fosforu, ilgstoši saglabājoties šādai mēslošanas intensitātei, varētu notikt augsnes fosfora rezervju un augsnes auglības samazināšanās.

Kālija balance saimniecības laukos ir pozitīva, pateicoties tam, ka ievērojams cukurbietu raža (lapās) uzkrātā kālija daudzums tika atgriezts augsne. Vidēji



3. att. Vidējā NPK iznesa ar kultūraugu ražu.

Fig. 3. NPK removal by crops' yield



4. att. NPK lauka balance.

Fig. 4. NPK Soil surface balance.

kālija ienesa ar mēslojumu par 51.3 kg ha^{-1} pārsniedza tā iznesu ar ražu. Negatīva kālija balance (-17.2 kg ha^{-1}) bija 2000. gadā, kad saimniecībā ar mēslojumu augsne iestrādāja tikai $50.9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$. Tā kā saimniecības augsnes visumā ir ar vidēju un augstu augiem izmantotajā kālija saturu, kāliju saturošs mēslojums būtu jālieto tā, lai nosegtu tā iznesu ar kultūraugu ražu.

Lauka balances rādītāju izmantošana par indikatoru vides risku izvērtēšanai ir samērā sarežģīts jautājums un pie pašreizējā izziņas līmeņa nevar tikt viennozīmīgi interpretēts. Loģiski varētu domāt, ka NPK pārpalikumam pēc kultūraugu novākšanas vajadzētu būt minimālam vai pat vienādam ar nulli. Taču tādu to izveidot (vai apzināti uz to tiekties) ir problemātiski un reāli to var darīt tikai auglīgās augsnēs ar augstu PK nodrošinājumu, jo augu apgādi ar barības elementiem ietekmē ne tikai to absolūtā masa augsnē, bet arī augu barošanas ietekmējošie faktori, kurus ļoti ierobežoti iespējams paredzēt un kontrolēt. Arī pat ļoti labvēlīgos apstākļos augi nespēs uzņemt un izmantot pilnībā visus ar mēslojumu augsnē ienestos barības elementus, tas ir, lietderības koeficients arī šajā sistēmā nekad nebūs absolūts. Tāpēc vājāk iekultivētās (mazāk auglīgās) augsnēs pieļaujama balances pozitīva vērtība, taču

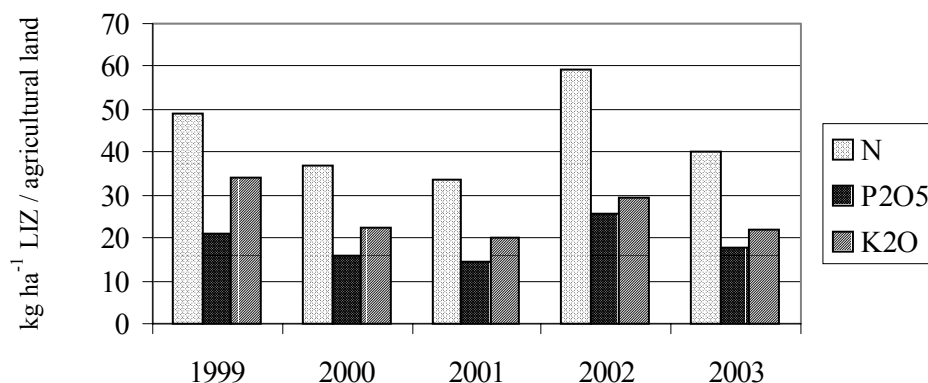
acīmredzot eksistē robeža, aiz kuras sāk pieaugt vides piesārņojuma risks. Šajā publikācijā autori neņemas apgalvot, kādai šai riska robežai būtu jābūt pētītajā saimniecībā. Savulaik A. Beināre uzskatīja, ka, vadoties no Latvijas augšņu klimatiskajiem apstākļiem un lai racionāli izmantotu mēslojumu un nepieļautu vides piesārņošanu, slāpekļa ienesa ar mēslošanas līdzekļiem varētu pārsniegt iznesu ar ražu par 100-120%, fosforam par 160-200% un kālijam par 120-150%, taču šie lielumi tika iegūti, izmantojot atšķirīgu aprēķina metodi (tā saukto kopējo NPK balances aprēķinu).

Atšķirībā no lauka balances **NPK saimniecības balance** neņem vērā augu barības elementu apriti saimniecības iekšienē, bet rāda starpību starp NPK ienesu saimniecībā un iznesu no tās, tādējādi dodot priekšstatu par saimnieciskās darbības resursu un saražotās produkcijas sabalansētību un ietekmi uz vidi. Tā kā saimniecība pētījumu laikā neiepirkta mājdzīvniekus, kā arī organiskos mēslus, tad augu barības elementu ienesu saimniecībā veidoja tikai NPK iepirktajos minerālmēslos, iepirktajā lopbarībā un iepirktajā sēklā, kā arī atmosfēras slāpeklis, ko saistīja tauriņzieži (3. tab.). Galveno NPK masu ienesā (vidēji 80%) veidoja minerālmēsli. Taču pētījumu gados saimniecībā būtiski

3. tabula / Table 3

NPK kopējā ienesa saimniecībā un ienesas struktūrelementi, kg, vidēji 5 gados
NPK input variables, kg, average for a 5-year period

Ienesa / Input	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Ar minerālmēsliem / Mineral fertilizers	35302	13493	30472
Ar iepirkto lopbarību / Purchased feedstuffs	3249	2829	1001
Ar iepirkto sēklu / Purchased seed	511	226	147
N bioloģiski saistītais / Biologically fixed N	4628	—	—
Kopā / Total	43690	16548	31620
Uz 1 ha LIZ / Per 1 ha of agricultural land	119.0	45.1	86.1



5. att. NPK iznesa ar realizēto augkopības produkciju.

Fig. 5. NPK output by crops' products.

palielinājās iepirktais lopbarības daudzums. Ja 1999. gadā lopbarība praktiski netika pirktā, tad 2003. gadā lopbarībā esošais slāpekļis kopējā ienesā jau sastādīja 16.0%, fosfors 29.8% un kālijs 6.0%. Pa gadiem mainīgs bija arī ar iepirkto sēklas materiālu nonākošais NPK daudzums, jo saimniecībā sēklai izmantoja arī pašu izaudzēto produkciju. Vidēji gadā saimniecībā ienākošā NPK masa uz 1 ha lauksaimniecībā izmantojamās zemes bija 119 kg N, 45.1 kg P₂O₅ un 86.1 kg K₂O.

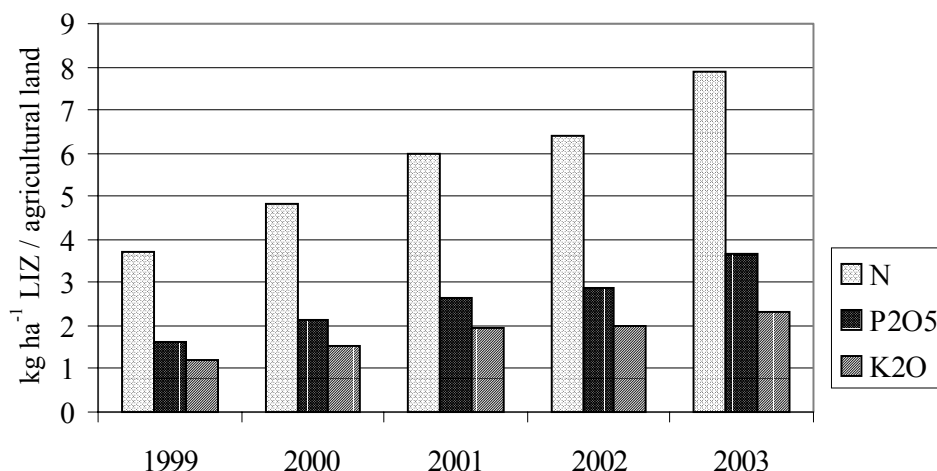
Iznesu no saimniecības veidoja realizētā augkopības un lopkopības produkcija. No iegūtās augkopības produkcijas vidēji gadā tika pārdotas 535 t kviešu, 114 t miežu un 25 t auzu graudu, 1909 t cukurbiešu un atsevišķos gados arī salmi, bet no lopkopības 365 t piena un 8.2 t liellopu gaļas. Augu barības elementu iznesu galvenokārt veidoja pārdotajā ražas daļā esošie NPK krājumi (5. att.). Tā kā realizētā produkcija pārsvarā bija graudi, tad iznesā, salīdzinot ar ražu kopumā, bija mazāks kālija īpatsvars: lielāko iznesas daļu veidoja slāpekļis vidēji 44 kg ha⁻¹, bet mazāk kālijs 25.4 kg ha⁻¹ un fosfors 19 kg ha⁻¹. Rezultātā no tā NPK daudzuma, kas ienāca saimniecībā ar minerālmēsliem realizētajā produkcijā aizgāja tikai daļa

apmēram 46% N, 52% P₂O₅ un 31% K₂O.

Realizētā piena un gaļas daudzums ir salīdzinoši neliels, līdz ar to tas kopējā NPK iznesā no saimniecības veidoja visai nelielu daļu apmēram 10% (6. att.). Ar pienu un gaļu vismazāk iznesa kāliju vidēji gadā uz 1 ha LIZ tikai 1.8 kg, fosforu 2.6 kg un slāpekli 5.8 kg. Šie NPK daudzumi bija pat mazāki par saimniecībā ienākošo daudzumu ar iepirkto lopbarību, kas attiecīgi bija 2.7 kg K₂O, 7.7 kg P₂O₅ un 8.8 kg N.

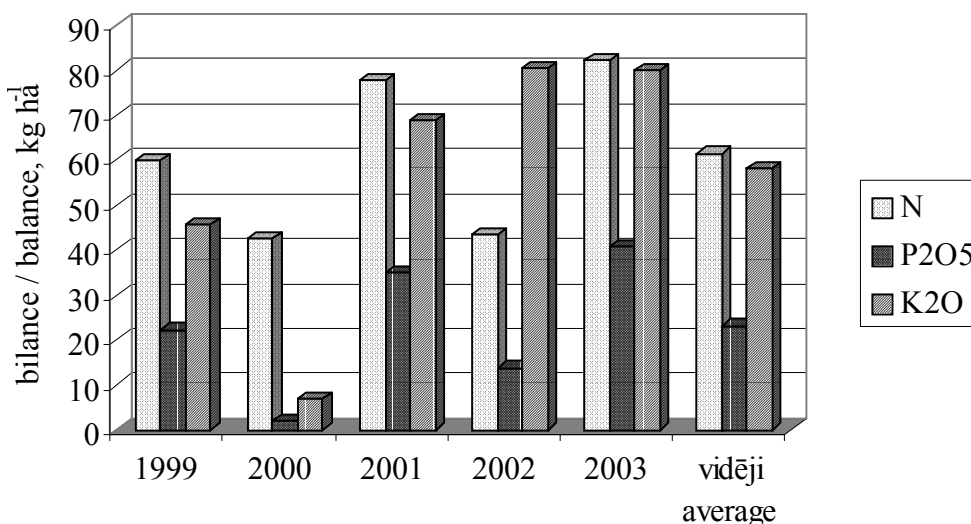
NPK saimniecības bilances aprēķinos iznesas sadaļā ņēma vērā arī šo augu barības elementu zudumus no lopkopības, kas radās kūtsmēsļu uzkrāšanas un uzglabāšanas laikā. Saimniecībā pētījumu periodā zudumu apjoms mainījās atkarībā no lopu skaita ($r = 1.0$). Tā, piemēram, slāpekļa zudumi 1999. gadā bija 1791 kg, bet 2003. gadā 3519 kg, t.i. vidēji 35.5 kg N uz vienu dzīvnieku vienību. Vidēji gadā NPK zudumi no lopkopības veidoja 2773 kg N, 69.6 kg P₂O₅ un 257 kg K₂O, kas, pārrēķinot uz 1 ha lauksaimniecībā izmantojamās zemes, bija attiecīgi 7.6, 0.2 un 0.7 kg.

Apkopotie dati par augu barības elementu ienesi saimniecībā un iznesi no tās dod iespēju analizēt NPK



6. att. NPK iznesa ar realizēto lopkopības produkciju.

Fig. 6. NPK output by animal products.



7. att. NPK saimniecības balance.

Fig. 7. NPK Farm gate balance.

apriti saimniecībā kopumā. Kā redzams 7. attēlā, NPK saimniecības balance visā pētījumu periodā bija pozitīva vidēji gadā slāpeklim 61.2, fosforam 22.8 un kālijam 56 kg ha⁻¹ LIZ. Tas nozīmē, ka augu barības elementi vairāk tika ienesīti ar iepirktajiem materiāliem, nekā, pārveidojot lauksaimnieciskās produkcijas veidā, iznesti ārpus saimniecības robežām. Tomēr pa gadiem vērojamas NPK pārpalikuma masas svārstības. Tā, 2000. gadā fosfora un kālija balance bija tuva nullei, jo ienesa ar iepirkto mēslojumu un sēklas materiālu šiem augu barības elementiem bija zema, turpretī realizētās produkcijas daudzums bija pat lielāks nekā, piemēram, 2001. gadā, kad savukārt PK ienesu būtiski palielināja iepirktais lopbarības īpatsvars.

Iegūtie rezultāti rāda, ka saimniecības iekšienē nebija sabalansēta augu barības elementu aprīte un to plūsma uz un no saimniecības. Iespējams, ka apriti varētu koriģēt, izanalizējot, kādā veidā un attiecībās notika iegūtās augkopības produkcijas sadale tālākajos izmantošanas veidos realizācijai, lopbarībai un sēklai. Tāpat jānoskaidro, cik pamatota augkopības-lopkopības tipa saimniecībā bija lopbarības iepirkšana, cik efektīva tās izmantošana, kādam būtu bijis jābūt realizētās produkcijas apjomam saimniecībai, lai neveidotos kāda augu barības elementu pārpalikums, lai tie efektīvi tiktu izmantoti ne tikai lauka, bet arī saimniecības līmenī. Šie jautājumi ietilpst turpmāko pētījumu programmā, tāpat kā konkrētu kritēriju izstrāde un pamatojums, kas būtu izmantojami citu, līdzīgas specializācijas saimniecību NPK bilanču izvērtējumam, sevišķi no agroekoloģiskā viedokļa.

Tuvākos gados augu barības elementu bilances būs jāreķina ik gadus lielam skaitam zemnieku saimniecību, kuras atrodas MK noteiktajās īpaši jutīgajās teritorijās. Tāpēc ir vajadzīga metodika relatīvi vienkārša, lai to var izpildīt, bet tai pašā laikā atbilstoša likumdošanā

minētajiem kritērijiem. Bez tam ir jābūt modelim rezultātu interpretācijai un to izmantošanai lēmumu pieņemšanā, kas skar gan saimniecisko darbību, gan attiecas uz vides sakārtošanu un aizsardzību. Šis jautājums vēl joprojām ir aktuāls ne tikai Latvijai, bet arī tām valstīm, kuras ievērojami ātrāk ieviesa ES Nitrātu direktīvas prasības un jau uzkrājušas zināmu pieredzi NPK bilanču rutīnas aprēķinam. Vēl aizvien šajās zemēs notiek intensīvi pētījumi un diskusijas par atbilstošākajiem bilanču aprēķinu rezultātu interpretācijas modeļiem (Neeteson, 2000; Schroder et al., 2001; Solveig, 2001; Grignani et al., 2001).

Nepieciešams apzināt esošo normatīvo bāzi, kas vajadzīga šādu aprēķinu veikšanai un interpretācijai. Tās izveidei un aktualizācijai ir būtiska nozīme, lai iegūtie rezultāti būtu objektīvi un lai uz tiem balstītie lēmumi tiešām reāli atspoguļotu patieso situāciju. Nepamatoti lēmumi tikai kavēs sabalansētu lauksaimniecības attīstību un nenesīs arī labumu vides sakārtošanā, vai arī notuēs tās patieso degradāciju. Normatīvās bāzes nepilnības pētījumu periodā tika apzinātas un ir izteikti konkrēti priekšlikumi atbilstošu pētījumu finansēšanai, lai, piemēram, Latvijā uzsāktu slāpekļa savienojumu emisiju pētījumus gan no organiskajiem mēsliem to uzkrāšanas un pielietošanas laikā, gan arī no augsnes. Tāpat jāpalielina atbilstoša rakstura mēslošanas lauku izmēģinājumu skaits, lai precizētu normatīvus, kas nepieciešami augu barošanās optimizācijai.

Secinājumi

Latvijas apstākļiem adoptēta augu barības elementu bilanču aprēķina metodika, kas pārbaudīta reāli eksistējošas komerciāla rakstura zemnieku saimniecības apstākļos. Noskaidrota bilances ietekmējošo faktoru nozīme gala rezultāta veidošanā. Pētījumu periodā saimniecībā "Rudeņi" vairāk par 80% no kopējās NPK

ienesas veidoja minerālmēsli, kas praktiski nosedza NPK iznesu ar izaudzēto kultūraugu ražu. Slāpekļa papildu ienesa ar organiskajiem mēsliem un bioloģiski saistītais slāpekļis radīja N pārpalikumu augsnei. NPK lauka bilance vidēji piecos gados bija $+69.5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, $+18.6 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ un $+51.3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$. Saimniecībā ienākošā augu barības elementu masa pārsniedza to iznesi ar realizēto augkopības un lopkopības produkciju. NPK saimniecības bilance slāpeklim bija $+61.2 \text{ kg}$, fosforam $+22.8 \text{ kg}$ un kālijam $+56.0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ LIZ}$.

Literatūra

1. *Augu barības elementu aprites pētījumi un mēslošanas līdzekļu optimizācija atbilstoši Labas Lauksaimniecības Prakses principiem.* (2004) Pārskats par LZP zinātnisko pētniecības projektu 01.07.65. Latvijas Lauksaimniecības universitāte. Tēmas vad. A. Kārklīšs. Jelgava, 131 lpp.

2. Fotyma, M., Fotyma, E. (1999) Balance of nitrogen in the soilfertilizercrop system. In: *Nitrogen cycle and balance in Polish agriculture. Conference Proceedings, December 1-2, 1998, Falenty.* IMUZ, 90-95.

3. Grignani, C., Bassanino, M., Zavattaro, L., Barberis, E. (2001) Farm indexes to evaluate the fertilization management at farm level. In: *Element balances as a sustainability tool. Proceedings of the Workshop in Uppsala, March 1617, 2001.* JTI Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering, 87-89.

4. Igras, J., Fotyma, M., Kopinski, J. (2000) Phosphorus balance in Polish agriculture. In: *Potassium and phosphorus: Fertilisation effect on soils and crops. Proceedings of the Regional IPI workshop, October 2324, 2000, Lithuania.* Dotnuva-Akademija, 43-49.

5. Isherwood, K. F. (1998) Good fertilizer practice and balanced fertilization: A global overview. In: *Codes of Good Fertilizer Practice and Balanced Fertilization. Proceedings of the 11th International Symposium, September 2730, 1998, Pulawy.* CIEC, HELCOM, IUNG, IPI, IMPHOS, PFS, FAL, 157-170.

6. Labas lauksaimniecības prakses nosacījumi Latvijā. (1999) Jelgava, 103 lpp.

7. Neeteson, J. J. (2000) Nitrogen and phosphorus management on Dutch dairy farms: legislation and strategies employed to meet the regulations. *Biology and Fertility of Soils*, V. 30, Nos 56, pp. 566-572.

8. *OECD National Soil Surface Nutrient Balances: Explanatory notes.* March, 2001, OECD secretary, 19 pp.

9. Oenema, O. (1999) Nitrogen cycling and losses in agricultural systems; identification of sustainability indicators. In: *Nitrogen cycle and balance in Polish agriculture. Conference Proceedings, December 12, 1998, Falenty.* IMUZ, 25-43.

10. Schroder, J.J., Neeteson, J.J. (2001) Potential and limitations of wholefarm nutrient balances. In: *Element balances as a sustainability tool. Proceedings of the Workshop in Uppsala, March 1617, 2001.* JTI Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering, 65-66.

11. Schroder, J.J., Van Asperen, P., Van Dougen, G.J.M., Wijnands, F.G. (1996) Nutrient surpluses on integrated arable farms. *European Journal of Agronomy*, V. 5, pp. 181-191.

12. Solveig, D. (2001) Nitrogen and phosphorus balances in arable land and agricultural sector in Sweden. In: *Element balances as a sustainability tool. Proceedings of the Workshop in Uppsala, March 1617, 2001.* JTI Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering, 77-78.

13. Urfi, P., Sardi, K., Polgar, P., Bacsi, Zs., Somogyi, T. (2003) Development of environmental farm gate nutrient balances in mixed farms. In: *Fertilisers in context with resource management in agriculture.* (Ed. by: E. Schnug, J. Nagy, T. Nemeth, Z. Kovacs, T. DovenyiNagy.) *Proceedings of the 14th International Symposium of Fertilizers held at Faculty of Agriculture, University of Debrecen on 2225 June, 2003 in Debrecen, Hungary*, V. 1, pp. 329-336.

14. Van Beek, C.L., Brouwer, L., Oenema, O. (2003) The use of farm gate balances and soil surface balances as estimator for nitrogen leaching to surface water. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, V. 67, No. 3, pp. 233-244.

15. Vermeulen, S. E., Steen, I., Schnug, E. (1998) Nutrient balances at the farm level. In: *Codes of Good Fertilizer Practice and Balanced Fertilization. Proceedings of the 11th International Symposium, September 2730, 1998, Pulawy.* CIEC, HELCOM, IUNG, IPI, IMPHOS, PFS, FAL, 108-123.

Pateicība

Pētījums veikts ar LZP grantu tēmas Nr. 01. 0765 un Eiropas Komisijas finansētā projekta PL 950231 INCOCOPERNICUS atbalstu. Pateicība saimniecības īpašniekiem par atsaucību pētījumu veikšanā.