De messis sorghi graniferi ratione mathematica per totum systema

Infra proponitur ratio mathematica totius systematis quo sorghum graniferum (milo) demetitur, adhibito apparatu messori anteriori lato, qui ex apparatu secatorio, volubro messis, cochlea rotante et canali alimentario constat. Deinde tractantur cylindrus rotans vel cylindrus trituratorius, cratis curva perforata, apparatus purgatorius et materia ad iterandam tractationem remissa. Eisdem signis constanter utemur et hanc seriem persequemur: seges stans → contactus volubri → sectio caulium → translatio in tabulato → canalis alimentarius → tritura et separatio → purgatio → reditus materiae → damna.

0) Variabiles fundamentales status et signa

0.1 Variabiles agri et segetis

Y = proventus granorum, kg m^{-2} (vel, conversione facta, bu ac^{-1}); M_g = humiditas granorum, ut proportio massae humidae expressa.

H = altitudo segetis stantis, m; d_h = diameter characteristicus paniculae, m; m_s = massa caulium per unitatem superficiei agri, kg m^{-2}; m_h = massa paniculae et partis superioris caulis per unitatem superficiei, kg m^{-2}; R_hs = m_h/m_s = ratio massae paniculae ad massam caulis quae in machinam ingrediuntur, pro genere apparatus messorii anterioris variabilis.

De motu machinae: v = velocitas progressionis super terram, m s^{-1}; W = latitudo sectionis effectiva, m; Q_in = fluxus massae totius materiae vegetabilis intrantis, kg s^{-1}; Q_g = fluxus massae granorum in machinam intrantium, kg s^{-1}.

De apparatu messori anteriori: R_r = radius volubri; ω_r = velocitas angularis eius; u_r = ω_r R_r = velocitas extremitatis volubri; λ = u_r/v = index volubri, sine dimensione. h_c = altitudo apparatus secatorii supra terram; u_a = velocitas superficiei cochleae rotantis.

De tritura: R_c = radius cylindri rotantis vel trituratorii; ω_c = velocitas angularis eius; u_c = ω_c R_c = velocitas extremitatis; c = intervallum characteristicum inter cylindrum et cratem curvam; E_t = energia triturae specifica, per unitatem massae, J kg^{-1}.

De purgatione: Q_air = fluxus aeris a ventilatore mechanico; U(x) = campus velocitatis aeris; V_t,g = velocitas terminalis grani; V_t,c = velocitas terminalis palearum levium; φ = proportio superficiei apertae cribri; L_s = longitudo cribri; W_s = latitudo eius.

De mensuris effectus: L_H = proportio granorum in apparatu anteriori amissorum, antequam canalem alimentarium attingant; L_T = proportio damnorum triturae et separationis (grana non separata vel postea propter dispositionem partium superiorum eiecta); L_C = proportio damnorum in purgatione (grana post tergum machinae eiecta). L = L_H + L_T + L_C, ratione approximata; quaestio damnorum inter se communium infra tractatur.

0.2 Status communis materiae intrantis (descriptio ab apparatu anteriori abstracta)

Status materiae quae canalem alimentarium intrat formali ratione definitur, remotis particularibus rationibus mechanicis apparatus messorii anterioris.

Definiatur:

$$S_{\text{intake}} = \{f_{\text{free}}, f_{\text{attached}}, \phi_{\text{MOG}}, \rho_{\text{mat}}, \sigma_{\text{particle}}\}$$

In qua definitione:

- f_free = proportio granorum iam solutorum ad ingressum canalis alimentarii.
- f_attached = proportio granorum quae adhuc paniculis adhaerent.
- φ_MOG = proportio materiae vegetabilis praeter grana (MOG), id est proportio massae non graniferae.
- ρ_mat = mensura vicaria densitatis strati materiae in canali alimentario.
- σ_particle = mensura vicaria magnitudinis effectivae particularum vel variationis earum proprietatum aerodynamicorum.

Quisque apparatus messorius anterior hanc relationem inter moderamina, statum segetis et statum ingressus constituit:

H_i(moderamina, status segetis) → S_intake

Partes posteriores machinae secundum statum S_intake agunt, non immediate secundum mecanismos apparatus anterioris.

1) Fundamenta capacitatis operandi et fluxus massae

1.1 Superficies per tempus demessa et influxus materiae vegetabilis

Superficies per unitatem temporis demessa:

$$\dot{A} = vW$$

Si B est massa totius materiae vegetabilis supra terram per unitatem superficiei (kg m^{-2}), tum:

$$Q_{in} = B\,vW$$

Fluxus massae granorum, pro mensura humida si ita sumitur:

$$Q_g = Y\,vW$$

Si fluxus massae siccae granorum quaeritur:

$$Q_{g,dm} = \left(1 - M_g\right) Y\,vW$$

1.2 Limites capacitatis

Simplex condicio capacitatis apparatus purgatorii vel cylindri ita exprimi potest:

$$Q_{in} \leq Q_{\max}(\omega_c, c, Q_{air}, \phi, \dots)$$

In usu autem Q_max habetur pro superficie mathematica ex observationibus constituta, cuius valor decrescit ubi materia humidior, viridior aut caulibus abundantior fit.

2) Mathematica apparatus messorii anterioris lati

In apparatu messori lato damna peculiaria in messe sorghi saepe maxime oriuntur ex ictibus volubri illatis, quibus grana e paniculis praemature excutiuntur, et ex materia de tabulato delapsa: paniculae aut grana soluta ante tabulatum vel sub eo cadere possunt.

2.1 Motus volubri: index et velocitas relativa ictus

Velocitas extremitatis volubri:

$$u_r = \omega_r R_r$$

Index volubri:

$$\lambda = \frac{u_r}{v}$$

Velocitas relativa primi contactus inter paniculam et dentem volubri, prima approximatione, sic aestimari potest:

$$v_{rel} \approx |u_r - v|$$

Haec est approximatio rudis, sed utilis ad aestimandum quomodo periculum excussionis granorum cum λ mutetur.

Si etiam angulus θ, quo dens volubri ad contactum accedit, in exemplari ponitur, tum:

$$v_{rel,n} \approx |u_r \cos\theta - v|$$

Hic v_rel,n est pars velocitatis ad superficiem normalis, quae onus impulsivum atque excussionem granorum movet.

2.2 Excussi grani probabilitas ut fractura materiae fragilis

Exemplum ad usum accommodatum: proportio granorum unoquoque contactu e panicula excussorum pendet ex impulsu ictus aut tensione mechanica, si limen ab humiditate dependens superatur.

Sit I impulsus unius contactus:

$$I \approx m_{eff}\, v_{rel,n}$$

Hic m_eff est massa effectiva inter se agente, ex dente volubri et parte paniculae proxima composita.

Ponatur limen impulsus $I_0(M_g)$, quod crescente humiditate augetur. Exemplar periculi aequabile hanc formam habere potest:

$$p_{sh} = \sigma\big(k\,[I - I_0(M_g)]\big)$$

Ubi $\sigma(z) = 1/(1 + e^{-z})$ est functio logistica; k gradum rapiditatis transitionis determinat.

Proportio damnorum e grano volubri excusso exspectanda:

$$L_{H,sh} \approx N_c\, p_{sh}\, f_{seed}$$

N_c = numerus exspectatus contactuum efficacium cuique paniculae illatorum, ex forma volubri et inclinatione vel procubitu segetis dependens; f_seed = proportio granorum quae unoquoque contactu excuti possunt, ex mensuris accommodanda.

2.3 Finis moderationis velocitatis volubri ad progressionem

Potius quam unus optimus valor λ statuatur, haec condicio limitans definiatur:

$$v_{rel,n} \le v_{crit}(M_g)$$

Aut, quod idem valet:

$$|\omega_r R_r \cos\theta - v| \le v_{crit}(M_g)$$

Ita exprimitur cur paniculae sicciores ictum leviorem requirant.

2.4 Altitudo apparatus secatorii et proportio contactus primum ad paniculam facti

Sit h_h altitudo paniculae supra terram. Si h_c, altitudo apparatus secatorii, nimis parva est respectu altitudinis paniculae, plures caules in machinam ingrediuntur, mutatis R_hs et onere apparatus purgatorii. Si contra nimis alta est, paniculae intactae relinqui possunt aut trahuntur.

Simplex exemplar proportionum materiae intrantis:

$$R_{hs} = R_{hs,0}\, g(h_c; h_h)$$

Ubi g(·) proportionem panicularum auget dum h_c elevatur, intra limites operandi; R_hs,0 est valor ad quem reliqui agri valores referuntur.

In opere, aucta h_c, Q_in minuitur dum Q_g idem manet; ita limites capacitatis partium posteriorum remittuntur.

3) Translatio in tabulato et canalis alimentarius: densitas strati et grana soluta

Definiatur f_free, proportio granorum ad ingressum canalis alimentarii iam solutorum, ut pars granorum quae, cum ad alimentatorem pervenerit, paniculis iam non adhaeret:

$$f_{free} = f_{free,0} + \Delta f_{reel}(\lambda, M_g) + \Delta f_{drop}(\text{platform})$$

Hoc interest, quia grana soluta in tritura atque purgatione aliter se habent.

Variabilis utilis ad onus apparatus purgatorii significandum est:

$$Q_{free} = f_{free}\, Q_g$$

Grana soluta onus purgationis augent, quamquam ad ea solvenda energia triturae iam non requiritur. Id prodesse aut obesse potest, secundum capacitatem apparatus purgatorii et dispositionem ventilatoris.

Massa strati per unitatem superficiei super catena alimentaria, qua periculum obstructionis aestimatur:

$$\rho_m \propto \frac{Q_{in}}{u_f W_f}$$

Ubi u_f est velocitas catenae alimentariae, W_f autem latitudo canalis alimentarii. Magno valore ρ_m cylindrus nimis oneratur et efficacia separationis minuitur.

4) Tritura et separatio: energia, probabilitas et damnum

4.1 Perfectio triturae ut functio energiae ad limitem accedentis

Definiatur energia triturae specifica, singulis unitatibus massae in trituram intrantis tradita:

$$E_t \approx \alpha\, u_c^2\, \Psi(c)\, \Phi(\rho_m)$$

Ubi u_c = ω_c R_c est velocitas extremitatis cylindri; Ψ(c) crescit cum intervallum c angustius fit, quia contactus multiplicantur; Φ(ρ_m) effectus densitatis strati repraesentat, quae contactus augere potest sed etiam pulvinum inter materias et inefficaciam efficere.

Deinde proportio granorum tritura solutorum hoc exemplari exprimitur:

$$\eta_{th} = 1 - \exp(-\beta E_t)$$

Proportio granorum nondum tritura solutorum:

$$1 - \eta_{th} = \exp(-\beta E_t)$$

4.2 Translatio necessitatis energiae ab apparatu anteriori ad cylindrum

Haec relatio brevis demonstrat quomodo fractura ante trituram, in apparatu messori anteriori facta, quantitatem energiae ad trituram necessariae mutet.

Definiatur:

$$E_{\text{required}} = E_{\text{base}} \cdot \left(1 - f_{\text{prefracture}}\right)$$

Ubi f_prefracture est proportio effectiva granorum ante trituram iam solutorum aut structura debilitatorum. Haec proportio:

- magna est in apparatu messori lato, propter grana ictibus volubri excussa;
- mediocris est in apparatu anteriori zeae, propter fracturam ex flexione ortam;
- parva est in apparatu sorghi proprio, quo paniculae sustentatae secantur.

Haec relatio exemplar accuratius perfectionis triturae non substituit: est nexus ad rationes quantitatum conferendas.

4.3 Damnum granorum (fissurae) ut periculum cum tritura certans

Ponatur probabilitas damni crescere cum velocitate extremitatis cylindri et cum intervallum c minuitur:

$$p_{dam} = \sigma\left(a\,[u_c - u_0] + b\,[c_0 - c] - d\,M_g\right)$$

Ita exprimitur celeritatem maiorem et intervallum angustiorem damnum augere, humiditatem autem maiorem periculum fissurarum ex fragilitate ortarum minuere, intra limites rationabiles.

4.4 Efficacia separationis et tempus commorationis

Separatio saepe ita se habet ut processus a tempore commorationis pendeat. Si t_res est tempus quo materia in regione separationis manet:

$$t_{res} \propto \frac{L_{sep}}{u_{ax}}$$

Ubi u_ax est velocitas qua materia secundum axem transfertur, L_sep autem longitudo regionis separationis.

Forma communis functionis quae ad limitem accedit:

$$\eta_{sep} = 1 - \exp(-k_s t_{res})$$

Tum damnum separationis, id est grana cum materia vegetabili praeter grana eiecta, sic approximari potest:

$$L_{T,sep} \approx \left(1 - \eta_{sep}\right)\left(1 - p_{dam}\right)\left(\eta_{th} Q_g\right)$$

Id est, secundum notionem exempli, grana tritura soluta, sed a reliqua materia non separata.

4.5 Quomodo genus apparatus anterioris hanc partem afficiat: apparatus messorius latus

Apparatus messorius latus saepe f_free auget, quoniam volubrum grana excutit. Inde energia E_t ad eundem Q_g necessaria minuitur, quia pauciora grana detrahenda restant; simul tamen onus apparatus purgatorii crescit, et periculum augetur ne grana soluta, ventilatore male moderato, eiciantur.

Una divisio utilis est:

$$Q_g = Q_{attached} + Q_{free}$$

Cum hac relatione:

$$Q_{free} = f_{free} Q_g, \quad Q_{attached} = \left(1 - f_{free}\right) Q_g$$

Ita energia triturae praecipue in Q_attached adhibenda est, dum apparatus purgatorius et Q_free et grana in tritura soluta tractare debet.

5) Apparatus purgatorius: aer, velocitas terminalis et capacitas separandi

5.1 Velocitas terminalis et condicio qua grana eiciuntur

Simplex condicio periculi eiectionis velocitatem aeris localem U cum velocitate terminali grani V_t,g comparat.

Pro particula in fluxu turbulento, velocitas terminalis more recepto ex aequilibrio vis resistentiae aeris aestimatur:

$$\frac{1}{2} \rho_{air} C_d A V_t^2 = mg$$

Ergo:

$$V_t = \sqrt{\frac{2mg}{\rho_{air} C_d A}}$$

Massa grani ad superficiem eius relata (m/A) maior est quam palearum levium; ideo V_t,g > V_t,c.

Exemplar simplex periculi eiectionis:

$$p_{carry} = \sigma\left(\gamma \left[U - V_{t,g}\right]\right)$$

Proportio damnorum in purgatione:

$$L_C \approx p_{\text{carry}} \frac{Q_g}{Q_{\text{in}}} \times (\text{factor oneris apparatus purgatorii})$$

5.2 Decrementum pressionis et regulae similitudinis ventilatoris

Potentia ventilatoris fere ita variatur:

$$P_{fan} \propto Q_{air}\, \Delta p$$

Et pro condicionibus operandi similibus leges similitudinis ventilatoris dant:

$$Q_{air} \propto n, \quad \Delta p \propto n^2, \quad P_{fan} \propto n^3$$

Ubi n est velocitas rotationis ventilatoris. Inde patet cur parvae mutationes numeri revolutionum per minutum (RPM) effectus multo maiores afferre possint.

5.3 Capacitas cribri ut limes fluxus per superficiem

Sit J_g fluxus granorum per unitatem superficiei cribri:

$$J_g = \frac{Q_g}{W_s L_s}$$

Si J_g capacitatem ex observationibus constitutam J_g,max excedit, quae ab φ, amplitudine vibrationis et proportione MOG pendet, materia ad iterandam tractationem remittitur vel grana foras eiciuntur, vel utrumque fit. Simplex ratio oneris nimii est:

$$\Omega = \frac{J_g}{J_{g,\max}(\phi, \mathrm{MOG})}$$

Proportio materiae remissae hoc modo crescere potest:

$$f_{tail} \approx 1 - \exp(-k_t(\Omega - 1)_+)$$

Ubi $(x)_+ = \max(x, 0)$.

5.4 Quomodo materia ex apparatu lato accepta moderationem purgationis mutet

Quoniam apparatus messorius latus Q_free, id est grana iam soluta, augere potest, fluxus granorum in primam apparatus purgatorii partem illatus crescere potest, etiamsi proventus totius agri idem manet. Inde J_g augetur et periculum materiae remittendae maius fit, nisi ventilator, apertura cribriorum aut fluxus materiae accommodantur.

6) Recirculatio materiae remissae ut causa damni multiplicati

Fluxus materiae ad iterandam tractationem remissae:

$$Q_{tail} = f_{tail}\, Q_g$$

Si haec materia iterum trituratur, energia addita ei adhibetur:

$$E_{t,eff} = E_t + n_{recirc}\, E_{recirc}$$

Ubi n_recirc cum Q_tail et cum ratione temporis commorationis congruenter variatur.

Periculum damni, crescentibus itineribus repetitis, augetur:

$$p_{dam,eff} = 1 - (1 - p_{dam})^{(1+n_{recirc})}$$

Sic perspicue in exemplum refertur cur nimia copia materiae ad tractationem remissae saepe fissuras granorum efficiat, etiam si prima moderatio cylindri non nimis vehemens erat.

7) Ratio omnium damnorum habita ratione partium inter se communium

Utilis partitio damnorum haec est:

$$L = L_H + (1 - L_H)\,[L_T + (1 - L_T)\,L_C]$$

Haec ratio impedit ne idem granum bis numeretur, quia damna posteriora tantum iis granis applicantur quae gradus priores superaverunt.

Hic L_H complectitur grana a volubro excussa, ea quae de tabulato delapsa sunt, et paniculas non sectas; L_T complectitur grana non triturata et grana post separationem ad tergum machinae amissa; L_C complectitur grana cum paleis levibus eiecta.

8) Quaesitio dispositionis optimae: imminutio sub condicionibus limitantibus

Moderatio machinae sic tractari potest ut damna exspectata minima sint, servatis condicionibus capacitatis atque qualitatis granorum.

Vector condicionum eligendarum (x):

$$\mathbf{x} = [v, \omega_r, h_c, \omega_c, c, Q_{\text{air}}\ \text{(vel RPM ventilatoris)}, \phi_{\text{top}}, \phi_{\text{bot}}, \ldots]$$

Finis quaerendus, exempli causa:

$$\min_{\mathbf{x}} \mathbb{E}[L(\mathbf{x}; M_g, Y, H, \text{segete procubita}, \ldots)] + \lambda_{\text{dam}} \mathbb{E}[p_{\text{dam, eff}}(\mathbf{x})]$$

Condiciones limitantes:

$$Q_{in}(\mathbf{x}) \le Q_{\max}(\mathbf{x})$$

impuritas exempli granorum(x) ≤ I_max

$$p_{carry}(\mathbf{x}) \le p_{carry,\max}$$

Et fines operandi in ipsa machina dati observentur.

Hoc imprimis attendendum est: in apparatu messori lato, ω_r et v, per indicem λ coniuncta, in priore parte systematis ponuntur et regionem condicionum posterioribus partibus possibilium mutant, maxime per f_free atque densitatem strati ρ_m.

9) Quae ex mensuris agri propriis accommodari maxime expediat

Si hoc exemplar non modo ad rationes illustrandas, sed ad eventus praedicendos adhiberi debet, hae saltem relationes ex mensuris constituendae sunt:

- Curva granorum ab apparatu anteriori excussorum: p_sh(λ, M_g), aut directe L_H,sh(λ, M_g).
- Curva perfectionis triturae: η_th(u_c, c, ρ_m, M_g).
- Curva eiectionis granorum: p_carry(U, M_g), una cum mensura vicaria qua RPM ventilatoris cum velocitate aeris effectiva U super cribra conectatur.
- Relatio reditus materiae: f_tail(Ω), et incrementum fissurarum granorum pro fluxu Q_tail.

Etiam ex mensuris agri parum accuratis, ut numero granorum in patinis collectorum et exemplo granorum e receptaculo machinae sumpto, hae relationes per functiones logisticas paucis parametris instructas aut per functiones exponentiales ad limitem accedentes aptari possunt.