De messe sorghi graniferi per apparatum capitibus sorghi sustentandis destinatum: ratio mathematica totius systematis

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 messis; 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 perforatam; 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 a genere apparatus anterioris 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 aerodynamicarum.

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 modos quibus apparatus anterior operatur.

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 anterioris ad capita sorghi colligenda destinati

In apparatu anteriori sorgho proprie destinato praecipuae rationes, quibus damna ante trituram regi possunt, hae sunt: paniculae per ordines recte excipiuntur, ante sectionem sustentantur, caulis infra paniculam certo modo secatur, vis deorsum trahens quam minima adhibetur, et energia ictuum in ingressu minuitur.

2.1 Ductus ordinum et exceptio panicularum

Definiantur hae quantitates:

n = numerus partium apparatus messorii, quarum singulae uni ordini serviunt.

s_r = spatium inter ordines segetis.

W ≈ n s_r = latitudo sectionis effectiva.

p_miss = probabilitas ut panicula canalem unius ordinis segetis non ingrediatur.

Proportio panicularum recte exceptarum:

$$\eta_{cap} = 1 - p_{miss}$$

Damnum ex paniculis non exceptis in apparatu anteriori:

$$L_{H,miss} \approx p_{miss}$$

Si apparatus sorghi recte ad ordines dirigitur, p_miss plerumque parvum est et a velocitate progressionis minus pendet quam in apparatu lato damnum ex inaequalitate velocitatum volubri et machinae.

2.2 Sustentatio paniculae et sectio moderata

Ponantur:

F_c = vis secandi in caulem applicata.

h_c = locus verticalis sectionis infra paniculam.

h_sup = locus verticalis sustentationis infra paniculam.

M_bend = momentum flexionis ad paniculam.

Si panicula dum secatur sustentatur:

$$M_{bend} \approx F_c \cdot \left(h_c - h_{sup}\right)$$

Quoniam in apparatu sorghi proprie destinato h_c ≈ h_sup (patina sub panicula eam ante sectionem sustinet):

M_bend → parvum

Ita periculum granorum excutiendorum minus a flexione quam ab ictu incisionis pendet:

$$p_{sh} = \sigma\left(k\left[F_c - F_0\left(M_g\right)\right]\right)$$

Ubi limen vis F_0(M_g) cum humiditate crescit.

Proportio damnorum ex granis excussis, quae in apparatu anteriori exspectatur:

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

In usu N_c ≈ 1; probabilitas p_sh plerumque parva est respectu eius quae in apparatu lato aut in apparatu anteriori zeae invenitur.

2.3 Index vehementiae ingressus

u_i = velocitas catenae quae segetem per ordines in apparatum inducit.

Definiatur:

$$\Lambda_{mh} = \frac{u_i}{v}$$

Condicio limitans:

$$|\Lambda_{mh} - 1| \leq \epsilon$$

Haec condicio significat celeritatem qua materia intrat cum velocitate progressionis machinae congruere debere, ne materia prorsum trahatur neve retrorsum abripiatur. Nimium discrimen velocitatum vim secantem in caule auget.

2.4 Altitudo apparatus secatorii et proportio contactus a panicula incipientis

Sit h_h altitudo paniculae supra terram. Si altitudo apparatus secatorii h_c respectu paniculae nimis parva est, plures caules in machinam recipiuntur, unde R_hs et onus apparatus purgatorii mutantur. Si nimis magna est, periculum est ne paniculae relinquantur in agro aut trahantur.

Simplex exemplar quo materia ingrediens in partes dividitur:

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

Ubi g(·) proportionem panicularum auget, si h_c attollitur, intra fines operandi; R_hs,0 autem est valor fundamentalis in agro observatus.

In usu h_c altius constituto Q_in decrescit, Q_g eodem manente; ita condiciones partes posteriores limitantes 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 paniculis non amplius adhaerent cum ad alimentatorem perveniunt:

$$f_{free} = f_{free,0} + \Delta f_{cut}\left(F_c, M_g\right)$$

Ubi:

$$\Delta f_{cut} = \sigma\left(c_0 + c_1\left(F_c - F_0\left(M_g\right)\right)\right)$$

Quoniam flexio ad minimum reducitur, plurima grana ante trituram soluta ex fragilitate panicularum tempore sectionis, non ex ictibus, oriuntur.

Ita:

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

In apparatu sorghi proprie destinato:

f_free ≪ f_free,apparatu lato (plerumque)

Grana iam soluta onus apparatus purgatorii augent, quamquam energiam triturae non requirunt; hoc utile aut damnosum esse potest, secundum capacitatem purgatorii et moderationem ventilatoris.

Dissimili modo ac in apparatu lato aut anteriori zeae:

- ratio massae paniculae ad caules R_hs quam maxima efficitur;
- quantitas caulium in machinam receptorum quam minima efficitur;

ita Q_in pro singula unitate Q_g minor est.

Ergo:

$$R_{hs} \uparrow$$

Et fluxus massae ingrediens adhuc ex eadem definitione constituitur:

$$Q_{in} = BvW$$

Sed proportio effectiva materiae vegetabilis praeter grana (MOG) minuitur.

Mensura vicaria densitatis strati:

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

Ubi u_f est velocitas catenae alimentariae et W_f latitudo canalis alimentarii. Si ρ_m magnum est, cylindrus nimio onere premitur et separatio minus efficax fit.

Pro eodem proventu granorum:

ρ_m,apparatu sorghi < ρ_m,apparatu lato < ρ_m,apparatu zeae

Hoc directe capacitatem residuam cylindri et efficaciam separationis auget.

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:

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

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 effectus apparatus anterioris ad trituram perveniant

Quoniam:

- f_free minor est;
- R_hs maior est;
- ρ_m minor est.

Energia triturae maxime in paniculas integras confertur:

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

Sed hic:

$$Q_{attached} \approx Q_g$$

Ita E_t necessaria paulo maior esse potest quam in apparatu lato, quoniam ante trituram fracturae pauciores fiunt.

Densitate tamen strati minore, separatio efficacior fit:

$$\Phi(\rho_m) \downarrow \Rightarrow \eta_{sep} \uparrow$$

Effectus universus:

- paulo maior necessitas energiae triturae;
- minora damna separationis;
- minus periculum apparatus purgatorii nimio onere premendi.

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 ≈ p_carry · (Q_g/Q_in) × (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 $(x)_+ = \max(x, 0)$.

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):

x = [v, u_i, h_c, ω_c, c, Q_air, φ_top, φ_bot, …]

Finis quaerendus, exempli causa:

$\min_x$ E[L(x; M_g, Y, H, segete procubita, …)] + λ_dam E[p_dam,eff(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 anteriori sorghi praecipuae variabiles priorum partium sunt ratio velocitatum ingressus Λ_sh, vis sectionis F_c, et directio per ordines (quae p_miss afficit).

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 ex sectione in apparatu anteriori excussorum: p_sh(F_c, M_g).
- Curva perfectionis triturae: η_th(u_c, c, ρ_m, M_g).
- Curva efficaciae excipiendi paniculas: p_miss(v, δ_row).
- Curva granorum per purgationem eiectorum: p_carry(U, M_g), addita mensura vicaria quae RPM ventilatoris cum velocitate aeris effectiva U in apparatu purgatorio coniungit.
- Relatio materiae remissae et oneris: f_tail(Ω).
- Incrementum fissurarum granorum secundum Q_tail.

Hae relationes etiam ex mensuris agri parum accuratis (numeratione panicularum atque exemplo granorum ex receptaculo sumpto) formis logisticis paucis parametris aut functionibus exponentialibus ad limitem accedentibus aptari possunt.