De messe sorghi graniferi et de apparatu anteriori zeae: 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 aut 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; $u_r = \omega_r R_r$ = velocitas extremitatis volubri; $\lambda = u_r/v$ = 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; $u_c = \omega_c R_c$ = 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.

n = numerus partium apparatus messorii, quarum singulae uni ordini serviunt et quae simul operantur (sine dimensione).

s_r = spatium inter ordines plantarum, m.

$W \approx n\, s_r$ = latitudo effectiva apparatus anterioris (hac relatione W, si prius latitudo totius apparatus plani adhibebatur, substituitur).

u_{ch} = velocitas catenae plantas colligentis, m s^{-1}.

u_{sr} = velocitas superficiei cylindrorum caules trahentium, m s^{-1}.

Δu_{sr} = differentia velocitatum horum cylindrorum, si talis differentia adhibetur, m s^{-1}.

g_{sr} = intervallum effectivum inter cylindros caules trahentes, m.

F_sr = vis effectiva qua cylindri caules deorsum trahunt, N.

τ_sr = momentum torsionis cylindrorum, pro singula parte quae uni ordini servit, N m.

σ_s = firmitas caulis sub tensione tractiva, Pa.

A_s = area sectionis transversae caulis, m^2.

h_snap = positio verticalis regionis ubi spica a caule avellitur, ad paniculam relata, m.

M_bend = momentum flexionis circa locum quo panicula cauli adhaeret, N m.

p_miss = probabilitas ut caulis vel panicula a parte apparatus uni ordini serviente non excipiatur, ob errorem dirigendi per ordines.

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 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

Si apparatus anterior zeae adhibetur, praecipuae causae damnorum in messe sorghi sunt: plantae quae a parte uni ordini serviente excipiuntur aut praetereuntur; disproportio inter tractum caulis deorsum et sustentationem paniculae; denique flexio aut laceratio in regione paniculae, unde grana excutiuntur.

2.1 Excipientia plantarum per ordines et directio (pro motu volubri substituta)

Simplex ratio efficaciae directionis et excipiendi plantarum:

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

Et latitudo effectiva demessa fit:

$$W \approx \eta_{cap}\, n\, s_r$$

Si probabilitas p_miss a velocitate machinae et tolerantia deviationis ab ordine dependere debet, haec forma utilis est:

$$p_{miss} = \sigma(a_0 + a_1(v - v_0) + a_2\, \delta_{row})$$

Hic δ_row est mensura deviationis transversae ab ordine (ordines sinuosi, plantae inclinatae, aut error gubernationis ab operatore factus); σ(·) est functio logistica, sicut in documento tuo.

2.2 Vehementia tractus deorsum (novus index praecipuus apparatus anterioris)

Definiatur ratio tractus ad firmitatem, sine dimensione:

$$\Pi_{pull} = \frac{F_{sr}}{\sigma_s A_s}$$

Interpretatio: ubi Π_pull circiter unitatem superat, caulis alicubi in itinere quo trahitur rumpi verisimilius est. In sorgho tale damnum saepe non apparet ut spica in regione ad hoc destinata rite avellatur, sed ut tensio circa paniculam oriatur et grana excutiantur.

Vis trahens ad motum et formam cylindrorum sic referri potest:

$$F_{\mathrm{sr}} \approx \kappa_F \frac{\tau_{\mathrm{sr}}}{r_{\mathrm{sr}}} \quad \text{et} \quad \tau_{\mathrm{sr}} \propto T_{\mathrm{drive}} f(g_{\mathrm{sr}}, \mathrm{superficie}, \mathrm{humiditate})$$

Hic superficies, humiditas, et intervallum g_sr sunt argumenta functionis f; T_drive est vis motrix qua cylindri aguntur.

Momentum torsionis τ_sr raro directe cognoscitur. Haec tamen relatio rationem magnitudinis praebet: vehementia cylindrorum caules trahentium re vera velocitate eorum, intervallo, forma superficiei, et statu segetis regitur.

Index motus ad vehementiam tractus significandam commodus est, loco ipsius vis:

$$\Lambda_{sr} = \frac{u_{sr}}{v}$$

Hic index ratione quidem similis est indici volubri λ; sed celeritatem tractus deorsum ad progressionem machinae relatam, non velocitatem ictus, moderatur.

2.3 Probabilitas excussionis granorum ex flexione aut laceratione (loco exemplaris ictuum volubri)

Loco impulsus quo dens volubri paniculam ferit, hic considerantur momentum flexionis et vis secans circa paniculam, quia pars paniculae supra regionem avulsionis caret sustentatione.

Mensura vicaria simplex momenti flexionis:

$$\hat{M}_{bend} \approx F_{sr}\, \breve{h}_{snap}$$

Hic h_snap augetur ubi locus effectivus avulsionis longius infra paniculam iacet, id est ubi longior pars sine sustentatione manet et maior fit brachium vectis.

Ponatur limen momenti M_0(M_g), quod crescente humiditate augetur. Tum:

$$p_{sh} = \sigma\big(k\,[\bar{M}_{bend} - M_0(M_g)]\big)$$

Proportio damnorum e granis excussis in apparatu anteriori exspectanda (eadem forma qua in exemplari volubri, sed alia causa):

$$\hat{L}_{H,sh} \approx N_{int}\, p_{sh}\, f_{seed}$$

N_int = numerus eventuum efficacium quibus in regione paniculae singulis caulibus per cylindros tractis tensio infertur; saepe prope unitatem est, sed procubitu segetis et iterata excipientia augetur.

2.4 Descriptio damnorum in apparatu anteriori zeae (loco rationis de lapsu e tabulato)

Damna omnia apparatus anterioris nunc ita dividuntur:

$$L_H = L_{H,miss} + \big(1 - L_{H,miss}\big)\,\hat{}\,\big[L_{H,sh} + L_{H,drop}\big]$$

Ubi:

L_H,miss ≈ p_miss significat plantas a partibus uni ordini servientibus non exceptas, propter errores directionis per ordines.

L_H,sh ex exemplari momenti flexionis supra posito sumitur.

L_H,drop complectitur paniculas aut grana quae tractu solvuntur et sub tabulatum decidunt; haec saepe cum Π_pull et M_g coniunguntur.

Simplex forma coniuncta ad damna e lapsu aestimanda:

$$\hat{L}_{H,drop} = \sigma\big(\hat{b}_0 + b_1\big(\hat{\Pi}_{pull} - \hat{1}\big) + b_2(v - v_0) - b_3 M_g\big)$$

2.5 Fines moderationis apparatus anterioris zeae (loco condicionis inter volubrum et progressionem)

Loco velocitatis v_rel,n limitandae, causa tractus aut flexionis intra fines cohibetur:

$$M_{\text{bend}} \le M_{\text{crit}}(M_g) \quad \text{aut} \quad \Pi_{\text{pull}} \le \Pi_{\text{crit}}(M_g)$$

In usu hoc significat: quo sicciores fragilioresque paniculae fiunt, eo magis cavendum est ne modus trahendi et avellendi flexionem nimiam circa paniculas efficiat.

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:

$$f_{free} = f_{free,0} + \Delta f_{sr}\left(\Pi_{pull}, M_g, h_{snap}\right) + \Delta f_{miss}(p_{miss})$$

Unum exemplar aequabile aptum ad usum:

$$\Delta f_{sr} = \sigma\left(c_0 + c_1\left(\Pi_{pull} - 1\right) + c_2\frac{h_{snap}}{H} - c_3 M_g\right)$$

Et:

$$\Delta f_{miss} \approx \xi\, p_{miss}$$

Ubi ξ significat quantum ex plantis non exceptis in grana soluta convertatur, potius quam in paniculas integras in agro relictas.

Tum eadem manet definitio variabilis oneris apparatus purgatorii:

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

Mensura vicaria densitatis strati eadem forma servatur:

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

Sed effectus partis prioris notandus est: apparatus anteriores zeae plerumque Q_in augent, eodem Q_g manente, quoniam R_hs minor est (plures caules in machinam recipiuntur). Itaque ρ_m plerumque augetur etiam antequam moderatio cylindri rotantis mutetur.

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 zeae

Apparatus anterior zeae statum materiae intrantis tribus rationibus inter se coniunctis mutare solet:

Maior proportio materiae vegetabilis praeter grana (MOG) ad singulas unitates granorum, ob copiam caulium: Q_in augetur, Q_g eodem manente; ρ_m crescit, atque spatium quod ad separationem efficacem superest minuitur.

Grana iam soluta, vi mechanica ob disproportiones tractus et flexionis effecta: f_free augetur per Δf_sr(Π_pull, M_g, h_snap).

Maior varietas magnitudinum particularum (fragmenta et paniculae partim integrae): proprietates aerodynamicae granorum et palearum levium magis inter se congruunt, unde in purgatione difficilius discernuntur.

Divisio inter grana adhaerentia et iam soluta adhuc valet:

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

Sed effectus alius est:

Quoniam Q_in, ob maius onus caulium, crescit, capacitas apparatus purgatorii et tempus commorationis necessarium ad separationem magis operationem limitant, etiamsi Q_free magnum est.

Quoniam fragmenta plura fiunt, eadem ventilatoris moderatione grana facilius eici possunt: varietas velocitatum terminalium effectivarum V_t augetur, quamquam rationes mathematicae velocitatis terminalis non mutantur.

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):

Decision vector: $\mathbf{x} = [v,\ u_{sr},\ g_{sr},\ (\Delta u_{sr}),\ \omega_c,\ c,\ Q_{air},\ \phi_{top},\ \phi_{bot}, \dots]$

Finis quaerendus, exempli causa:

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

Condiciones limitantes:

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

$$\text{impuritas exempli granorum}(x) \le I_{\max}$$

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

Et fines operandi in ipsa machina dati observentur.

Loco sententiae de effectu praecipuo indici volubri in condicionibus operandi possibilibus ponatur haec sententia:

Hoc imprimis attendendum est: in apparatu anteriori zeae vehementia tractus et flexionis atque efficacia excipiendi plantarum per ordines in prioribus partibus systematis ponuntur et regionem condicionum posterioribus partibus possibilium mutant, praecipue per Q_in, ρ_m et f_free. Inter variabiles dominantes sunt Π_pull, Λ_sr = u_sr/v et p_miss.

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 e paniculis excussorum aut iam solutorum in apparatu zeae: p_sh(M_bend, M_g) vel L_H,sh(Π_pull, M_g, h_snap).
- Curva plantarum per ordines exceptarum: p_miss(v, δ_row).
- Curva perfectionis triturae: η_th(u_c, c, ρ_m, M_g).
- 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.