

ДЕЙНЕКА С.М.
ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ГІДРОВИСІВУ НАСІННЯ

УДК 631.331.53

Дейнека С.М.,
ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ГІДРОВИСІВУ НАСІННЯ

Постановка проблеми. Україна знаходиться на шляху до вступу в Європейський Союз з відповідним відкриттям нових ринків. Наша держава має достатню кількість родючих земель (60% території), які не використовуються з максимальною вигодою. Експорт овочів має великий потенціал, тому що вітчизняна продукція є конкурентнішою за ціною. Але покупці з європейських країн бажають купувати екологічно чисту продукцію, яка буде відповідним чином сертифікована. Це займе певний час, який наші господарства повинні використати на удосконалення технологій вирощування овочів.

У технологічному процесі вирощування овочевих культур сівба займає провідне місце. Способи сівби, що застосовуються тепер, мало відповідають умовам нормального розвитку рослин. Велика різниця між польовою і лабораторною схожістю веде до перевитрат посівного матеріалу, до зрідженості посівів, нерівномірності появи сходів, до зниження врожайності.

Це завдання сівби вирішується за допомогою такого способу висіву, що ґрунтується на висіві насіння разом з водою або водним розчином, тобто, гідравлічного висіву насіння.

Засобом реалізації гідравлічного висіву є сівалка гідравлічна.

Мета. У статті розглянуто процес гідровисіву пророщеного насіння овочевих культур та теоретично досліджено механізм гідравлічних і аеродинамічних закономірностей фізичних явищ в процесі висіву пророщеного насіння овочевих культур. Наведено зв'язок між параметрами, що впливають на процес гідровисіву. Для наближення польової схожості до лабораторної, забезпечення появи дружніх сходів, прискорення їх появи, скорочення посівних норм запропоновано нову технологію сівби – висів пророщеного насіння.

Обґрунтування отриманих результатів. В основу конструкцій сівалок гідравлічних і висівних апаратів покладений принцип об'ємного дозування суспензії, яка складається із рідини і рівномірно розподіленого в ній насіння. Дозуючий пристрій, як правило, представляє собою поршневий насос або клапанні системи, які забезпечують порційну подачу суспензії по трубопроводах безпосередньо в ґрунт. В деяких конструкціях гідравлічних апаратів рідина застосовується тільки для транспортування насіння в ґрунт. Дозування насіння і рідини здійснюється роздільно, а змішування їх проводиться в ізольованій гідроемulsійній камері, звідки під тиском приготівана суспензія по спеціальному патрубку потрапляє в ґрунт.

Першими застосували гідровисів у 60-х роках англійці. Здійснивши ряд експериментів, вони створили сівалку, де у в'язкому середовищі (посівний гель) насіння рівномірно розподілялось, не опускаючись на дно. Сівалка такої конструкції була створена фірмою "Флуїд Дріллінг" (Великобританія) для теплиць.

Проте ця сівалка має суттєві недоліки, пов'язані з використанням коштовних посівних гелів для подачі насіння. Крім того, гель довго не зберігається. До нього не можна домішувати звичайні мінеральні добрива або засоби захисту рослин. подача посівної суміші здійснюється поршневими насосами, що не виключає травмування пророщеного насіння.

Автори В.Ф. Пащенко та інші [1] запропонували спосіб внесення насіння в ґрунт та пристрій для його реалізації, який транспортує насіння до сошника потоком рідини під тиском від гідронасоса .

Недолік – неспроможність пристрою висівати пророщене насіння.

Відомий також гідравлічний висівний апарат авторів М.Ф. Ольховського та С.В. Халімоненка [2-4], який включає цистерну з розміщеною в ній мішалкою, яка має вихідний отвір, обладнаний запірним пристроєм, встановленим в розподільній камері; регульовальну систему, яка встановлена в прямих кронштейнах з можливістю вертикального переміщення підпружиненої ємкості.

Недоліки сівалки – нестійкий регулюючий вплив на водонасінневу суміш. Цей висівний апарат незадовільно працює у відкритому ґрунті.

Проведений патентний пошук, огляд літературних джерел дозволив також виявити інші розробки гідросівалок. Проте, запропоновані конструкції через їх недосконалість не знайшли впровадження у виробництво через нерівномірність висіву та можливість травмування паростків.

Виходячи з аналізу недоліків та переваг існуючих конструкцій висівальних апаратів гідросівалок розробляється конструкція гідровисівального апарату для посіву пророщеного насіння овочевих культур.

Звернемо увагу на процес змішування гідронасінневої суміші та визначення основних параметрів, що зменшують ймовірність травмування паростків пророщеного насіння.

Для досягнення достатньої інтенсивності перемішування швидкість газу в отворах перфорованого днища не повинна бути менше величини ω_0 , що відповідає початку режиму рівномірної роботи

$$\omega_0 = a \sqrt{\frac{g \cdot \rho_{ж}}{\zeta \cdot \rho_г} l}, \quad \text{м/с} \quad (1)$$

де a – коефіцієнт, що дорівнює 0,67 для сітчастих тарілок барботажних абсорберів;

g – прискорення сили тяжіння, м/с^2 ;

ζ – коефіцієнт опору;

$\rho_{ж}$ і $\rho_г$ – щільність рідини та газу, кг/м^3 ;

l – висота шару рідини над днищем, м .

Гідравлічний опір Δp змішувальної камери складається з опору Δp_1 перфорованого днища, опору Δp_2 стовпа рідини на днищі, що відповідає глибині барботажу, та опору Δp_3 , обумовленого поверхневим натягом рідини.

Таким чином

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 \quad (2)$$

Опір перфорованого днища

$$\Delta p_1 = \zeta \frac{\rho_г \omega_0^2}{2}, \quad \text{Н/м}^2 \quad (3)$$

де $\rho_г$ – щільність газу, кг/м^3 ;

ζ – коефіцієнт опору, що має наступні значення

$\varphi = 0,07-0,1 \dots \dots \dots 1,82$

$\varphi = 0,15-0,2 \dots \dots \dots 1,45$

φ – живий перетин отворів (відношення їх сумарної площини на днищі до площини поперечного перетину колони).

ДЕЙНЕКА С.М.
ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ГІДРОВІСІВУ НАСІННЯ

Опір стовпа рідини на днищі

$$\Delta p_2 = 1,3 g k \rho_{ж} (h_n + \Delta h), \text{ Н / м}^2 \quad (4)$$

де g – прискорення сили тяжіння, м / с^2 ;

k – відношення щільності піни до щільності чистої рідини (при розрахунках приймають $k = 0,5$);

$\rho_{ж}$ – щільність рідини, кг / м^3 ;

Δh – висота рівня рідини над зливним порогом (уловлювачем), м ;

h_n – висота зливного порога (уловлювача), м ;

Величина Δh визначається з урахуванням щільності піни

$$\Delta h = \left(\frac{V_{ж}}{1,85 \Pi k} \right)^{2/3}, \text{ м} \quad (5)$$

де $V_{ж}$ – об'ємна витрата рідини, $\text{м}^3 / \text{с}$;

Π – периметр уловлювача, м .

Опір, обумовлений силами поверхневого натягу

$$\Delta p = \frac{4\sigma}{d}, \text{ Н / м}^2 \quad (6)$$

де σ – поверхневий натяг, Н / м ;

d – діаметр отвору перфорації, м .

Під час перемішування водонасінневої суміші, щоб виключити травмування проростків, повинна виконуватись умова

$$F_{yo} < F_g \quad (7)$$

де F_{yo} – сила удару газового пухирця об пророщене насіння, Н ;

F_g – зусилля відриву проростка від насіння, Н .

Так як ударні сили занадто великі і за час удару змінюються в значних межах, то в якості міри взаємодії тіл розглядають не самі ударні сили, а їх імпульси.

$$S_{yo} = \int_0^{\tau} F_{yo} dt = F_{yo}^{cp} \tau, \text{ кг} \cdot \text{м / с} \quad (8)$$

В подальшому будемо розглядати швидкість на початку удару v , та в кінці удару u . Тоді запишемо теорему про зміну кількості руху точки при ударі

$$m(u - v) = \sum S_k \quad (9)$$

Для визначення швидкостей на початку удару розглянемо осідання пророщеного насіння в рідині та спливання газового пухирця.

В початковий момент часу швидкість осідання насіння $v = 0$. використаємо рівняння руху у вигляді

$$m \frac{dv}{dt} = G - F, \quad (10)$$

де m – маса пророщеного насіння з урахуванням приєднаної маси рідини;

$\frac{dv}{dt}$ – прискорення руху насіння;

G – вага насіння з врахуванням впливу архімедової сили;

F – сила лобового опору.

Швидкість рівномірного осідання тіла в рідині визначимо з рівняння (10), в якому для ділянки рівномірного руху $\frac{dv}{dt} = 0$

Вага насіння з урахуванням впливу архімедової сили

$$G = (\rho_n - \rho_p)g \frac{\pi d^3}{6}, \text{ Н} \quad (11)$$

де ρ_n і ρ_p – відповідно щільність насіння та рідини, $\text{кг}/\text{м}^3$;
 d – діаметр насіння, м.

Сила лобового опору визначиться у вигляді

$$F = c_x \frac{\pi d^2}{4} \rho_p \frac{v_0^2}{2}, \quad (12)$$

де v_0 – швидкість рівномірного руху насіння.

Прирівнявши праві частини рівнянь (11) і (12) та розв'язуючи отримане рівняння відносно швидкості, отримаємо:

$$u_0 = \sqrt{\frac{3gd(\rho_n - \rho_p)}{4\rho_p c_x}} \quad (13)$$

Розв'язання задачі спливання газового пухирця в рідині

Ця задача вирішується при наступних припущеннях:

- 1) газовий пухирець сферичний;
- 2) рідина в'язка, нерухома, безгранична;
- 3) враховується теплообмін між фазами;
- 4) інерція рідина, що оточує пухирець;
- 5) змінність коефіцієнта опору пухирця;
- 6) залежність теплофізичних властивостей газу від температури.

Система основних рівнянь даної задачі представлена наступним чином:

Рівняння руху пухирця

$$\frac{3\rho_{жс}}{8R} C_x v_z^2 + \frac{3\rho_{жс}\mu_{11}}{R} v_z \frac{dR}{dt} + \rho_{жс}\mu_{11} \frac{dv_z}{dt} + \frac{\partial P_{жс}}{\partial x} + \rho_z \frac{dv_z}{dt} = 0 \quad (14)$$

де $\rho_{жс}$ і ρ_z – щільність рідини та газу, $\text{кг}/\text{м}^3$;

R – радіус пухирця, м;

C_x – коефіцієнт опору;

v_z – швидкість спливання пухирця, м/с;

μ_{11} – коефіцієнт приєднаної маси.

Рівняння радіальної деформації пухирця

$$R \frac{d^2 R}{dt^2} + \frac{3}{2} \left(\frac{dR}{dt} \right)^2 + \frac{4\mu_{жс}}{\rho_{жс} R} = \frac{1}{\rho_{жс}} (P_{жс}^{сп} - P_{жс}^{\infty}); \quad (15)$$

де $P_{жс}^{сп}$ і $P_{жс}^{\infty}$ – тиск рідини відповідно на межах пухирця і на нескінченності;

$\mu_{жс}$ – коефіцієнт динамічної в'язкості рідини.

Рівняння енергії газу

$$-\beta_T (T_z - T_{жс}^{\infty}) 4\pi R^2 = C_v \frac{d}{dt} \left[g \frac{4}{3} \pi R^3 \rho_z (T_z + K^0) \right] + P_z A \frac{d}{dt} \left(\frac{4}{3} \pi R^3 \right) \quad (16)$$

де β_T – коефіцієнт теплового розширення;

T_z і $T_{жс}^{\infty}$ – відповідно температура газу в пухирці і температура рідини в нескінченності, $^{\circ}\text{C}$;

C_v – питома теплоємність при постійному об'ємі.

Рівняння стану газу

$$P_z = g B_z \rho_z (T_z + K^0) \quad (17)$$

де B_z – газова постійна.

ДЕЙНЕКА С.М.
ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ГІДРОВІСІВУ НАСІННЯ

Рівняння збереження маси газу в пухирці

$$\frac{4}{3}\pi R^3 \rho_z = \frac{4}{3}\pi R_0^3 \rho_{z0} = const; \quad (18)$$

де R_0 і ρ_{z0} – відповідно початкові (при $t=0$) значення радіуса пухирця і щільності газу.

Рівняння Лапласа

$$P_z = P_{жс} + \frac{2\sigma_{жс}}{R}, \quad (19)$$

де $\sigma_{жс}$ – коефіцієнт поверхневого на тяжіння рідини.

Рівняння розподілення тиску та температури рідини на нескінченності від пухирця

$$P_{жс}^\infty = P_h + g\rho_{жс}(h-x), \quad (20)$$

$$T_{жс}^\infty = T_{жс0} + \frac{T_h - T_{жс0}}{h}x + bx(h-x) + cx(h^2 - x^2), \quad (21)$$

де $\frac{dv_z}{dt} = v_z \frac{dv_z}{dx}$; $\frac{dR}{dt} = v_z \frac{dR}{dx}$; $\frac{d^2R}{dt^2} = v_z \frac{dv_z}{dx} \frac{dR}{dx} + v_z^2 \frac{d^2R}{dx^2}$.

h – глибина з якої спливає пухирець газу;

b і c – довільні постійні, що задають профіль температури відповідно висоти h

P_h і T_h – тиск і температура рідини на поверхні ($x = h$);

t – час;

x – координата ($0 \leq x \leq h$).

Для чисельного вирішення задачі про спливання газового пухирця у в'язкій рідині систему рівнянь (14) – (21) слід привести до зручного для інтегрування виду

$$\frac{dv_z}{dx} = - \left\{ \frac{3\rho_{жс}C_x v_z^2}{8R_0} + \frac{3\rho_{жс}\mu_{11}v_z\theta}{R} - g\rho_{жс} \right\} / v_z \left[\rho_{жс}\mu_{11} + \frac{P_z}{gB_z(T_z + K^0)} \right]; \quad (21)$$

$$\frac{dT_z}{dx} = - \left\{ \frac{\lambda_{жс}(T_z - T_{жс}^\infty)}{2R} \left[1.3 \left(\frac{\mu_{жс}C_{жс}g}{\lambda_{жс}} \right)^{0.15} + 0.66 \left(\frac{2v_z R \rho_{жс}}{\mu_{жс}} \right)^{0.5} \left(\frac{\mu_{жс}C_{жс}g}{\mu_{жс}} \right)^{0.31} \right] + P_z A v_z \theta \right\} / \frac{P_z C_v R v_z}{3B_z(T_z + K^0)}$$

$$\frac{d\theta}{dx} = \left\{ \frac{1}{\rho_{жс}} \left[P_z - \frac{2\sigma_{жс}}{R} - P_h - g(h-x) \right] - \left(R v_z \frac{dv_z}{dx} + \frac{4\mu_{жс}v_z}{R\rho_{жс}} \right) \theta - \frac{3}{2}(v_z\theta)^2 \right\} / R v_z^2 \quad (23)$$

$$\frac{dR}{dx} = \theta \quad (24)$$

$$\frac{dT_{жс}^\infty}{dx} = \frac{T_h - T_{жс0}}{h} + b(h-2x) + C(h^2 - 3x^2); \quad (25)$$

$$P_z = \left(\frac{R_0}{R} \right)^3 \frac{P_{z0}(T_z + K^0)}{(T_{z0} + K^0)} \quad (26)$$

Чисельне рішення системи звичайних диференціальних рівнянь (21) – (26) було отримане по неявній схемі (метод Ейлера – Коші) з використанням ірраціонального процесу:

$$\bar{y}_k^s = \bar{y}_{k-1} + \frac{\tau_k}{2} \left[\bar{f}(x, \bar{y}_{k-1}) + \bar{f}(x, \bar{y}_k^{s-1}) \right], \quad (27)$$

де \bar{y} – вектор невідомих;

s – номер ітерації;

τ_k – крок інтегрування;

\bar{f} – вектор правих частин (21) – (26) .

Висновки. Під час аналізу літературних джерел та конструктивних рішень гідросівалок з гідровисіваючими апаратами у вигляді поршневих або шестерінчастих насосів встановлено, що вони не в змозі висівати пророщене насіння без травмування паростків, що не виключає і використання лопатевих мішалок. Також великою проблемою є підтримування рівномірного висіву для конструкцій з використанням самопливного способу виливу гідро насінневої суміші.

На основі вивчення технології процесу гідровисіву та перемішування водонасінневої суміші встановлений аналітичний зв'язок між параметрами змішувальної камери та тиском повітря витрати гідросуміші в залежності від вихідного отвору та швидкості руху агрегату.

Список літератури

1. А.с. № 8740 Україна, МКИ4 А 01 С 7/04. Спосіб внесення насіння в ґрунт та пристрій та пристрій для його здійснення / В.Ф. Пашенко та інші / Україна /. - №3886596/SU; Заявл. 21.02.85; Опубл. 30.09.96. Бюл. №3 “Промислова власність”. 1996. – с. 3.1.11.
2. А.с. № 13999А Україна, МКИ5 А 01 С 7/00. Гідравлічний висіваючий апарат./ М.Ф. Ольховський та інші /Україна/. - №93111494; Заявл.03.05.93. Опубл.25.04.97. Бюл. №3 “Промислова власність”. 1996.
3. Ольховський М.Ф. Заполін В.М. Гідравлічна сівалка // Матеріали науково – технічної конференції / Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві. Тез.докл. – К:Глеваха, 1997. – 108 с.
4. Ольховський М.Ф., Вітанов А.Д. Гидравлическому высеву достойное место в овощеводстве Украины // Овощеводство и бахчеводство. – 2001. – Вып. 45. –с. 283.
5. Вітанов А.Д., Зеленин Ю.Д. Способ повышения продуктивности огурца. // Овощеводство и бахчеводство. – 2001. – Вып. 46. – с. 283.
6. Ольховский Н.Ф., Витанов А.Д. Гидравлический высев овощных культур в ресурсозберегающих технологиях // Информационный листок ХАРПНТЭИ. – Харьков . – 2001. - №3.