

УДК 633.521:551.502.4:631.172

Лімонт А., канд. техн. наук (Житомир. нац. агроеколог. ун-т)

Вплив випадання і спадання роси на використання машин на збиранні льону-довгунця

Розглянуто динаміку випадання і спадання роси впродовж доби льонозбирального періоду. Охарактеризовано вплив відносної вологості і температури повітря на максимальну кількість роси впродовж доби та визначено тривалість спадання роси. Досліджено вологість соломи і трести залежно від максимальної кількості роси впродовж доби.

Ключові слова: роса, випадання, спад, тривалість, льон-довгунець, зволоження, збирання, машини, використання.

Суть проблеми. Готування рошенцевої льонотрести – найбільш екологічно безпечний і найменш енерговитратний спосіб обробляння лляної соломи та її збирання, що супроводжується випаданням рясних рос і високою вологістю повітря. Завдяки цьому створюються найбільш сприятливі умови для вилежування сировини [1]. Атмосферні опади у вигляді дощу і роси та вологе повітря, з одного боку сприяють вилежуванню соломи та трести, а з іншого – ускладнюють використання машин на збиранні трести. У цій статті передбачено висвітлити деякі з питань кількісного оцінювання роси в проблемі механізованого виробництва рошенцевої льонотрести.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В період збирання лляної трести [2] приблизно 50% днів

є дощовими, і якщо агротехнічний строк збирання трести становить 15 календарних днів, то з них погожими будуть всього 7–8. У зонах підвищеної вологості підбирачі трести можна ефективно використовувати не більше 15% календарного змінного часу і навіть у погожі дні через росу треста в стрічці має підвищену вологість, і її піднімати можна не раніше 10-ї години [3].

Якість рошенцевої льонотрести, яку реалізують на льонозаводи, має відповідати певним нормативним показникам, що регламентовані відповідним стандартом. Так, нормована вологість трести становить 19% за допустимої 25% [4], а в реальних умовах її підвищення стебла можуть мати відносну вологість 10–70% і більше [5]. За іншими джерелами [6], в Північно-Західному районі Росії, Прибалтиці і Білорусі абсолютна вологість

трести, що її піднімають, коливається в межах 15–123% за середнього значення 34%, і лише в 30% випадків вологість трести була в межах 25%.

Дослідження В.М. Любарського [7] і його співавторів свідчать, що за нормальної погоди впродовж доби вологість пров'яленої розстеленої в стрічку льоносоломи підвищується не більше ніж до 35%. Визнано доцільним пров'ялювати солому в стрічці до вологості, за якої підбирач в змозі працювати увесь день.

В.І. Смірнов та І.В. Баранов [8] вказують на можливість використання на збиранні трести підбирачів після спадання роси, а на збиранні трести вологістю 40,5–62,5% здійснювати сушіння упаковок льоносировини підігрітим повітрям.

Упаковки зібраної трести з вологістю до 35% можна збирати з поля і зберігати під навісом впродовж 12–16 діб без ризику зниження якості сировини [9]. Після вказаного терміну зберігання вологості трести її упаковок необхідно сушити. Тресту з вологістю 40–50% складувати не слід [9]. Дослідження [10] зволоження льоносировини під дією роси під час готування рошенцевої трести показали, що вологість 40–50% спостерігалася у верхньому шарі стрічок розстелених стебел соломи.

Росу, як природне явище, вивчала В.М. Карпенко [11, 12]. Кількість вологи, що випадає у вигляді роси, може становити 2–9% від суми опадів впродовж теплового періоду року. На більшій частині території України початок випадання роси весною співпадає з переходом температури повітря через позначку 5–6°C. В середньому впродовж доби випадає 0,1 мм роси, а в засушливих районах – 0,06–0,08 мм. В Білорусії і західній частині України середня річна кількість роси становить 4–6 мм і з північного заходу на південний схід європейської території колишнього Радянського Союзу зменшується до 2–3 мм [11]. Роси в Україні можуть випадати здебільшого від березня по листопад. Роса з'являється за відносної вологості повітря 60–80%. Найбільш активне росоутворення спостерігається в північній частині Волино-Подільської височини, де максимум рос здебільшого припадає на вересень. В Україні максимум днів з росою (приблизно 12) припадає на серпень і вересень. Середня кількість днів з росою впродовж року на території колишнього Радянського Союзу залежно від регіонів коливається в межах від 20 до 130 і більше днів [12].

Проте в наукових і виробничих виданнях та інших публікаціях з технології виробництва рошенцевої льонотрести обмаль інформації щодо кількісного оцінювання випадання і спадання роси в період льонозбирального процесу. Потребують подальших досліджень тривалість спадання роси для прогнозування добового режиму використання машин на виробництві і збиранні трести та з'ясування вологості соломи і трести залежно від кількості роси з використанням відповідних приладів.

Мета дослідження – з'ясувати фактори росоутворення і передумови добового режиму використання засобів механізації на збиранні рошенцевої льонотрести.

Завдання дослідження: 1) проаналізувати зміну кількості роси, що випадає і спадає впродовж окремої доби льонозбирального періоду під час готування і піднімання рошенцевої трести; 2) з'ясувати час початку випадання і завершення спадання роси з визначенням тривалості останнього залежно від максимальної кіль-

кості роси на початку її спадання; 3) дослідити максимальну кількість роси впродовж доби залежно від відносної вологості і температури повітря, що відповідають досліджуваній кількості роси; 4) оцінити взаємозв'язок відносної вологості і температури повітря, що визначають максимальну кількість роси впродовж однієї з діб готування рошенцевої льонотрести; 5) охарактеризувати зволоження соломи і трести в розстелених стрічках під дією роси при росяному мочінні першої і підніманні іншої; 6) опрацювати модельні рівняння регресії, що оцінюють кількісні зміни прийнятих залежних змінних.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виробництва рошенцевої льонотрести з визначенням і оцінюванням випадання і спадання роси впродовж окремої доби календарного періоду готування трести в регіонах можливого і традиційного вирощування льоно-довгунця.

Час випадання і спадання роси та її кількості і тривалості впродовж доби фіксували самописцем роси М-35, відносну вологість соломи і трести визначали термоважовим методом, а відносну вологість і температуру повітря вибирали з відповідних форм звітності Коростенської метеостанції. Обробка зібраних і опрацьованих експериментальних даних здійснена з використанням засад кореляційно-регресійного аналізу та стандартних комп'ютерних програм.

Результати досліджень. На рис. 1 наведено копії діаграм запису на спеціальній стрічці паперу, що додається до самописця роси М-35, її випадання і спадання впродовж двох окремих діб.

У верхній частині стрічки паперу по горизонталі вказані години доби зліва направо від 12-ї до 24-ї год і далі направо – від 1-ї до 13-ї год. По вертикалі на лекальних кривих, у верхньому обрізі яких вказані години доби, знизу вверх наведені цифри від 0,00 до 0,30, які визначають кількість роси у мм. Окрема поділка вертикальних шкал відповідає кількості роси 0,01 мм. З аналізу значної кількості діаграм випадання і

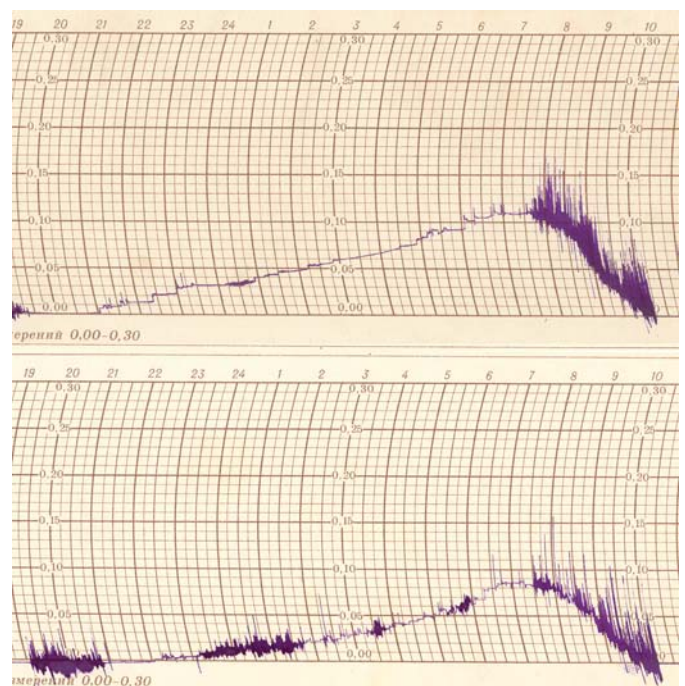


Рис. 1 – Діаграма випадання і спадання роси впродовж двох окремих діб льонозбирального періоду

спадання роси простежується, що початок випадання припадає на години 17.00-18.30; 20.30-22.30; 23.30; 0.30 і 3.30. Сягаючи максимальної кількості роси, ця кількість залишається незмінною впродовж близько 1,5 год, а потім роса починає спадати.

Максимум роси в серпні орієнтовно припадає на 6-у і 7-у год і може зрушитися до 8-ї год і 8.30. У жовтні максимум роси спостерігався о 9-й і 10-й год. Завершення спадання роси в окремі дні припадало на години в межах 9.00-10.00; 11.30 і 12.30.

За спостереженнями, тривалість спадання роси коливалася в межах 1,5-4,0 год. Експериментальні значення тривалості спадання роси залежно від її максимальної кількості впродовж доби наведені на рис. 2.

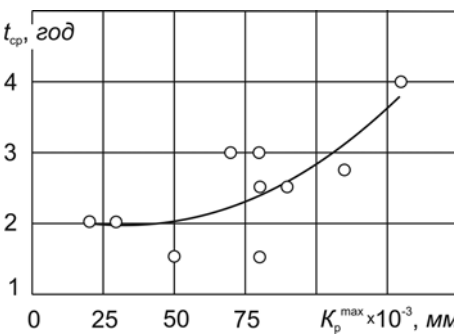


Рис. 2 – Зміна тривалості спадання роси $t_{\text{сп}}$ залежно від її максимальної кількості K_p^{\max} впродовж доби

експериментальних даних результативної ознаки за рівнянням експоненціальної залежності $y=1,522\exp(5,974x)$ забезпечила одержання R^2 -коефіцієнта, що дорівнює 0,411. У разі вирівнювання тих же експериментальних даних за рівнянням прямої вигляду $y=1,311+15,722x$ чисельне значення R^2 -коефіцієнта дорівнювало 0,477. Проте найкраще вирівнювання експериментальної тривалості спадання роси залежно від її максимальної кількості впродовж доби забезпечила апроксимація досліджуваної ознаки рівнянням увігнутої параболи другого порядку:

$$t_{\text{сп}} = 2,164 - 13,481 K_p^{\max} + 201,247 (K_p^{\max})^2 \quad \text{при } R^2 = 0,580, (1)$$

де $t_{\text{сп}}$ – тривалість спадання роси від максимального її значення до нуля впродовж доби, год; K_p^{\max} – максимальна кількість роси впродовж доби, мм; R^2 -коефіцієнт, що враховує міру наближення вирівняної за відповідною апроксимуючою залежністю досліджуваної результативної ознаки до її експериментальних значень.

Графічне подання залежності (1) наведено на рис. 2. З рисунка простежується, що із збільшенням максимальної кількості роси впродовж доби від 0,02 до 0,13 мм тривалість її спадання зростає з прискоренням. Проте дослідження рівняння (1) на екстремум показує, що мінімальна тривалість спадання роси в межах 2 год (1,94 год) може спостерігатися за максимальної кількості роси впродовж доби 0,033 мм. З подальшим підви-

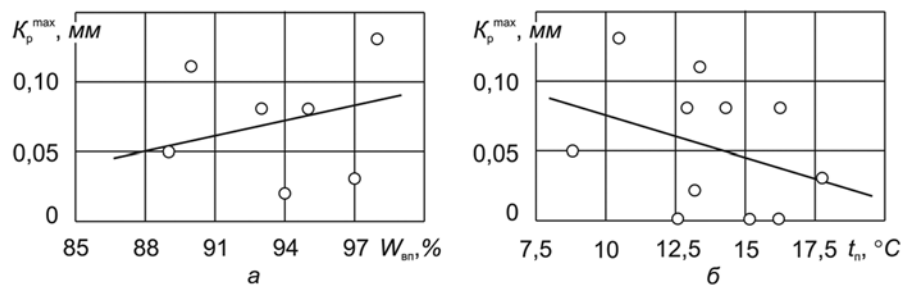


Рис. 3 – Вплив відносної вологості повітря $W_{\text{вп}}$ (а) і його температури $t_{\text{п}}$ (б) на зміну максимальної кількості роси K_p^{\max} впродовж доби

щенням тривалості її спадання починає зростати. Опосередковано у разі опису зростання тривалості спадання роси рівнянням прямої з додатним кутовим коефіцієнтом, що забезпечувала вірогідність апроксимації $R^2 = 0,477$, збільшення максимальної добової кількості роси на 0,1 мм супроводжується зростанням тривалості спадання роси дещо більше ніж на 1,5 год. Це слід враховувати під час організації використання засобів механізації на збиранні трести.

За даними спостережень упродовж серпня, вересня і жовтня з'ясовано зміну максимальної добової кількості роси залежно від відносної вологості і температури повітря (рис. 3).

Кількісне зростання максимальної добової кількості роси K_p^{\max} (мм) залежно від відносної вологості повітря $W_{\text{вп}}$ (%) при її зміні від 89 до 98% можна подати таким рівнянням прямолінійної регресії:

$$K_p^{\max} = -0,266 + 0,00360 W_{\text{вп}} \quad \text{при } r = 0,534. (2)$$

З підвищенням температури повітря $t_{\text{п}}$ ($^\circ\text{C}$) від 8,8 до 17,7 $^\circ\text{C}$ максимальна добова кількість роси має тенденцію до зменшення, яку можна подати рівнянням прямої лінійної регресії з від'ємним значенням кутового коефіцієнта:

$$K_p^{\max} = 0,136 - 0,0060708 t_{\text{п}} \quad \text{при } r = -0,342. (3)$$

В залежностях (2) і (3) r – коефіцієнт кореляції між максимальною добовою кількістю роси і відповідною факторіальною ознакою. За відповідних відносної вологості і температури повітря роса не випадала. Таке спостерігалось, наприклад, при $W_{\text{вп}} = 60\%$ і $t_{\text{п}} = 15,2^\circ\text{C}$, $W_{\text{вп}} = 72\%$ і $t_{\text{п}} = 16,2^\circ\text{C}$ та $W_{\text{вп}} = 77\%$ і $t_{\text{п}} = 12,6^\circ\text{C}$.

З'ясуємо взаємозв'язок між цими ознаками. Питання щодо визначення цього взаємозв'язку розв'яжемо шляхом кореляційно-регресійного аналізу. Коефіцієнт кореляції між досліджуваними ознаками мав від'ємне значення: мінус 0,194, що свідчить про слабкий кореляційний зв'язок між цими факторами роси. Визначено, що модельне рівняння регресії відносної вологості повітря $W_{\text{вп}}$ (%) на його температуру $t_{\text{п}}$ ($^\circ\text{C}$) має вигляд:

$$W_{\text{вп}} = 99,89 - 0,918 t_{\text{п}}, (4)$$

а температури повітря $t_{\text{п}}$ ($^\circ\text{C}$) на його відносну вологість $W_{\text{вп}}$:

$$t_{\text{п}} = 17,37 - 0,041 W_{\text{вп}}. (5)$$

За значеннями коефіцієнтів регресії рівнянь (4) і (5) перевіримо розрахунок коефіцієнта кореляції між $W_{\text{вп}}$ і $t_{\text{п}}$.

Матимемо

$$r = \sqrt{0,918 \cdot 0,041} = 0,194,$$

що свідчить про вірогідність коефіцієнтів регресії рівнянь (4) і (5). Оскільки коефіцієнт регресії рівняння (4) більш ніж у 20 разів перевищує значення коефіцієнта регресії рівняння (5), то це свідчить про відсутність прямої лінійної функціональної залежності між $W_{\text{вп}}$ і t_n . У графічному поданні відповідне кореляційне поле і з'ясовані модельні лінії регресії однієї ознаки на іншу і навпаки наведені на рис. 4. З рисунка видно, що з підвищенням температури повітря його відносна вологість має тенденцію до зменшення, і відповідно збільшення відносної вологості повітря супроводжується зниженням його температури.

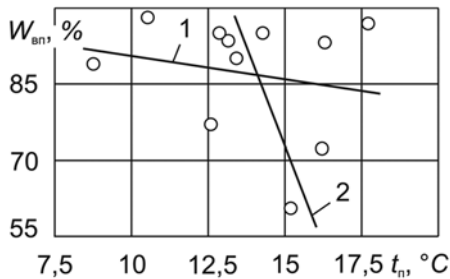


Рис. 4 – Взаємозалежність між відносною вологістю повітря $W_{\text{вп}}$ і його температурою t_n : 1 – модельна лінія регресії $W_{\text{вп}}$ на t_n ; 2 – модельна лінія регресії t_n на $W_{\text{вп}}$

За значенням коефіцієнта детермінації, що визначає силу впливу температури повітря на його відносну вологість і дорівнює 0,038, можна висловити припущення, що лише на 3,8% варіювання відносної вологості повітря лінійно пов'язане з варіюванням його температури, що супроводжує утворення максимальної добової кількості роси в період готування і збирання льонотрести.

Синхронне визначення максимальної добової кількості роси та відносної вологості соломи і трести з верхніх шарів їх стрічок дозволило одержати експериментальні значення цих ознак, які наведені на рис. 5.

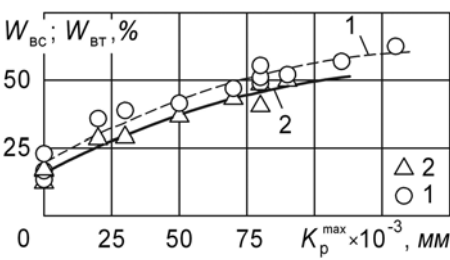


Рис. 5 – Зміна відносної вологості льонотрести $W_{\text{вс}}$ (1) і трести $W_{\text{вт}}$ (2) залежно від максимальної добової кількості роси K_p^{max}

В межах визначеної максимальної добової кількості роси 0-0,09 мм під час дослідження зволоження трести і 0-0,12 мм при дослідженні зволоження соломи здійснено вирівнювання експериментальних значень відносної вологості льонотрести за рівняннями прямих з додатним кутовим коефіцієнтом та криволінійними показовою, експоненціальною і поліномною другого порядку. За відповідним перетворенням факторіальної ознаки зроблено спробу апроксимації експериментальних значень $W_{\text{вс}}$ і $W_{\text{вт}}$ за гіперболічною зростаючою залежністю. Розрахунки показали, що за вирівнювання показовими і експоненціальними функціями R^2 -коефіцієнти становили для залежності $W_{\text{вс}} = f(K_p^{\text{max}}) - 0,792$ і залежності $W_{\text{вт}} = f(K_p^{\text{max}}) - 0,888$, а за вирівнювання гіперболічними залежностями – від-

повідно 0,727 і 0,960. Найкраще узгодження експериментальних значень відносної вологості льонотрести залежно від K_p^{max} з прогнозованими гіпотетичними спостерігалось за апроксимації $W_{\text{вс}}$ і $W_{\text{вт}}$ залежно від K_p^{max} поліномами другого порядку, які мають вигляд: для оцінювання зміни відносної вологості соломи

$$W_{\text{вс}} = 19,556 + 554,195 K_p^{\text{max}} - 1859,0009 (K_p^{\text{max}})^2 \text{ при } R^2 = 0,949 \quad (6)$$

і для оцінювання зміни відносної вологості трести

$$W_{\text{вт}} = 15,767 + 516,356 K_p^{\text{max}} - 1785,175 (K_p^{\text{max}})^2 \text{ при } R^2 = 0,961. \quad (7)$$

Криві зміни $W_{\text{вс}}$ і $W_{\text{вт}}$ залежно від K_p^{max} , що побудовані за рівняннями (6) і (7), наведені на рис. 5. З рисунка видно, що в межах досліджуваної зміни K_p^{max} значення відносної вологості соломи і трести зростають, але за спадаючої інтенсивності. З наведених графіків і рівнянь (6) і (7) можна судити, що за відсутності роси, тобто шляхом сорбції солома і треста можуть зволожуватися до вологості відповідно 19,5 і 15,8%. Проте апроксимація відносної вологості соломи і трести рівняннями прямих відповідно

$$W_{\text{вс}} = 22,27 + 343,24 K_p^{\text{max}} \text{ при } R^2 = 0,911 \quad (8)$$

і

$$W_{\text{вт}} = 16,83 + 365,18 K_p^{\text{max}} \text{ при } R^2 = 0,951 \quad (9)$$

показує, що за відсутності роси вологість соломи може становити 22,3%, а трести – 16,8%. За кутовими коефіцієнтами рівнянь (8) і (9) можна прогнозувати, що з підвищенням кількості роси на 0,01 мм вологість соломи може зростати на 3,4%, а трести – на 3,6% (тобто, майже в однакових межах).

З урахуванням зміни вологості льонотрести в її стрічках впродовж днів, в які випадає роса [13], та збережаності трести підвищеної вологості [9], а також використання засобів механізації, збирання цієї льонотрести можливо розпочинати після спадання роси і продовжувати протягом світлового періоду доби за умови витримування тривалості робочої зміни в межах 7 год із обідньою перервою в 1 год [14].

Висновки. Визначено час початку випадання і завершення випадання та спадання роси і максимальну її добову кількість в період готування і збирання рошенцевої льонотрести. Тривалість спадання роси змінюється залежно від її максимальної добової кількості за експоненціальною залежністю від мінімального значення 1,5 год до максимального – 4 год за максимальної добової кількості роси 0,13 мм. Максимальна добова кількість роси із зміною відносної вологості повітря від 89 до 98% зростає, а температури повітря спадає від 8,8 до 17,7 °C за прямолінійними залежностями з коефіцієнтами кореляції відповідно плюс 0,534 і мінус 0,342. Між відносною вологістю і температурою повітря, що визначають максимальну добову кількість роси, виявлено слабкий кореляційний зв'язок з коефіцієнтом кореляції мінус 0,194. Знайдені модельні рівняння регресії відносної вологості повітря на його температуру і навпаки. Із збільшенням максимальної добової кількості роси вологість соломи і трести в їх стрічках зростає за поліномними кривими другого порядку і вологість соломи дещо перевищує вологість трести.

Враховуючи результати досліджень, надано рекомендації щодо організації використання машинних агрегатів на збиранні рошенцевої льонотрести.

Напрямок подальших досліджень, на нашу думку, слід зосередити на пізнанні умов формування рулонів трести під час їх пакування прес-підбирачами з різними пресувальними камерами та на дослідженні продуктивності засобів механізації для збирання льоносорівини.

Список літератури

1. Сивцов А.Н. Первичная обработка льна / А.Н. Сивцов, С.Е. Чесноков. – Костромское книжное изд-во, 1954. – 94 с.
2. Соснов В.И. О механизации подъема тресты / В.И. Соснов // Лен и конопля. – 1978. – № 7. – С. 28-30.
3. Разработка и испытания комплекса машин для полумеханизированного подъема и погрузки льняной тресты / М.И. Шрейдер, Н.Н. Быков, В.Е. Логинов [и др.] – Тр. Всесоюз. ордена Трудового Красного Знамени НИИ льна: экономика, механизация льноводства, первичная обработка льна. – Торжок, 1972. – Вып. 10. – С. 74-79.
4. Фоменко Л.Д. Индустриальная технология производства льносырья / Л.Д. Фоменко, А.В. Струков. – Л.: Агропромиздат, Ленингр. отд-ие, 1987. – 104 с.
5. Соснов В.И. Исследование естественной (полевой) сушки льняной тресты / В.И. Соснов – Тр. Всесоюз. ордена Трудового Красного Знамени НИИ льна: экономика, механизация льноводства, первичная обработка льна. – Торжок, 1974. – Вып. 12. – С. 195-199.
6. Быков Н.Н. Обоснование и разработка машин для подъема тресты при комбайновом способе уборки льна в зонах с повышенной влажностью / Н.Н. Быков, В.И. Сизов // Тр. Всесоюз. ордена Трудового Красного Знамени НИИ льна: экономика, механизация льноводства, первичная обработка льна. – Торжок, 1972. – Вып. 10. – С. 148-154.
7. Любарский В.М. Оптимальный срок проявлявания льносолемы в ленте / В.М. Любарский, З.А. Ионушас, А.П. Андришюнас // Лен и конопля. – 1975. – № 8. – С. 30-32.
8. Смирнов В.И. Опыт использования подборщиков тресты / В.И. Смирнов, И.В. Баранов // Лен и конопля. – 1975. – № 8. – С. 29-30.

9. Моторина Р.И. Хранение тресты повышенной влажности / Р.И. Моторина, Н.С. Кузнецова // Лен и конопля. – 1976. – № 8. – С. 35-36.

10. Лімонт А. Щільність розстелених стрічок льоносолони і її зволоження рососою при готуванні рошенцевої трести / А. Лімонт // Техніка і технології АПК. – 2014. – № 1 (52). – С. 23-27.

11. Карпенко В.Н. Росы в СССР: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. геогр. наук: спец. 11.00.09 «Метеорология, климатология и агрометеорология» / В.Н. Карпенко. – Л., 1973. – 17 с.

12. Карпенко В.Н. Распределение среднего числа дней с росой на территории СССР / В.Н. Карпенко // Микроклиматология / ордена Трудового Красного Знамени Главная Геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова: тр. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – Вып. 306. – С. 114-120.

13. Лімонт А.С. Кількість роси і вологість льоносолони за готування рошенцевої трести / А.С. Лімонт // Вісн. аграр. науки. – 2013. – № 7. – С. 52-55.

14. Лімонт А.С. Організаційно-технологічні фактори і використання льонозбиральних комбайнових агрегатів / А.С. Лімонт // Вісн. Житомир. нац. агроєколог. ун-ту. – Житомир: ЖНАЕУ, 2013. – Вип. 1 (36), Т. 1. – С. 215-227.

Аннотация. Приведена динамика выпадания и спада росы в течение суток льноуборочного периода. Охарактеризовано влияние относительной влажности и температуры воздуха на максимальное количество росы в течение суток и определена продолжительность спада росы. Исследована влажность соломы и тресты в зависимости от максимального количества росы в течение суток.

Summary. The paper presents the dynamics of the falling and falling down of dew in the daily period of the harvesting time. The author characterizes the effects of the relative humidity and air temperature on the maximum dew quantity in the daily period and determines the duration of the dew falling down. The author also investigates the humidity of straw and rotten straw depending on the maximum dew quantity during the day.

Стаття надійшла до редакції 7 лютого 2013 р.