

УДК 633.521:631.172

ЕЛЕМЕНТИ ПРОГНОЗУВАННЯ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ ЯК ФАКТОРА ЗВОЛОЖЕННЯ ЛЬОНОСИРОВИНИ ПРИ ГОТУВАННІ ТРЕСТИ РОСЯНИМ МОЧІННЯМ

Лімонт А.С

Житомирський національний агроекологічний університет

Вивчені розподіли ймовірності випадання опадів та числа дощових і бездощових днів в льонозбиральний період. Досліджені прогностичні функції декадної кількості опадів залежно від кількості днів з опадами впродовж декади та тривалості дощових днів залежно від тривалості бездощових.

There was studied the distribution of the precipitation probability and the quantity of the rainy and non-rainy days during the flax harvesting period. There were examined the forecasting functions of the decadal precipitation amount depending upon the quantity of the days with rainfall during the decade and the duration of the rainy days depending upon the duration of the non-rainy days.

Постановка проблеми

Акад. П.М. Василенко [1] вказував, що для управління тим чи іншим процесом або явищем слід пізнати і розкрити причинно-наслідкові взаємозв'язки між факторами, які викликають ці процеси чи явища. Одним із технологічних процесів в льоносіючих підприємствах є приготування трести росяним мочінням. Оцінним показником ефективності такого процесу є питомі енергозатрати на виробництво сільськогосподарської продукції, які крім іншого визначаються агрометеорологічними умовами [2], що уможливають або ж унеможливають роботу засобів механізації та впливають на ріст і розвиток рослин [3]. Серед агрометеорологічних умов розрізняють атмосферні, основними з яких є температурний і світловий режими та опади, що дозволяють врахувати можливі ризики виробництва [3]. Визначення потреби в засобах механізації виробництва здійснюють з урахуванням коефіцієнта використання часу за метеоумовами, який розраховують як відношення кількості можливих днів роботи машинних агрегатів до загального числа календарних днів періоду [4]. При визначенні непогожих днів враховували суму атмосферних опадів і неробочими днями вважали дні з випаданням опадів понад 5 мм. У подальшому при розрахунках коефіцієнта використання часу за метеоумовами рекомендовано використовувати коефіцієнт зволоження, при визначенні якого враховують суми опадів і температур за декаду та кількість днів з опадами понад 1 мм. Стосовно Житомирської області у липні для першої, другої і третьої декад коефіцієнт використання часу за метеоумовами становить відповідно 0,94 та 0,77 і 0,76, а у серпні для першої декади – 0,77 та другої і третьої – 0,84 [5].

В період піднімання лляної трести за інформацією [6] приблизно 50% днів буває дощовими і якщо агротехнічний строк піднімання трести становить 15 календарних днів, то з них погожими буде всього 7...8. В зонах підвищеної вологості підбирачі трести можна ефективно використовувати не більше 15% календарного змінного часу [7].

В проблемі механізованого збирання льону-довгунця залишилася нез'ясованою низка

питань з оцінювання атмосферних опадів як фактора зволоження льоносировини при готуванні трести росяним мочінням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Вивчення тривалості льонозбиральних робіт в умовах Житомирської області свідчить [8, 9], що брання льону-довгунця, розстилання соломи, приготування трести росяним мочінням, її піднімання і транспортування до льонопереробних пунктів розпочинають у липні і завершують у серпні. Інколи завершення збиральних робіт розтягується і на більші строки. Вважають, що найбільш сприятливі умови для вилежування трести припадають на серпень і росяне мочіння проходить успішно за вологості середовища в межах 40...60%. Одним із факторів зволоження льоносировини (насіння, соломи і трести) є атмосферні опади.

Не дивлячись на багатівікове вирощування льону-довгунця та виробництво льонопродукції і її переробку, існує низка питань, що вимагають відповідного наукового узагальнення для подальшого розвитку льонарства. На теренах колишнього Радянського Союзу оцінюванням вологості льоносировини при збиранні льону-довгунця та її зволоженням під дією атмосферних опадів в різні роки займалися М.Н. Биков, М.М. Боярченкова, Т.П. Галімський, Є.І. Дударев, В.М. Климчук, Л.М. Клятис, Н.Г. Коренський, В.М. Любарський (З.А. Іонушас, А.П. Андрішюнас), Й.Й. Піуновський (К.Ф. Терпіловський, В.П. Клявіна), А.А. Шушкін, А.А. Ярошевич та ін. Визначено, що у початковий період вилежування щойновибраних і розстелених стебел відбувається їх відмирання, що супроводжується зниженням вологості соломи. За бездошової погоди за оцінками різних дослідників цей процес триває: 8 год [10], 1 добу [11], два дні [12], три дні [13], 3...4...6 діб [14 та ін.]. За дошової погоди тривалість підсихання соломи в стрічках становить: 71 год [10], а за [11] – 6...7 днів.

З використанням інформації [15] на рис. 1 наведені деякі з метеоумов, що визнані досить сприятливими для росяного мочіння впродовж досліджуваного періоду вилежування соломи.

За дошової погоди вилежування свіжовибраної соломи проходить надто повільно і дуже нерівномірно, що призводить до значних втрат [16]. Найбільш сприятливими для росяного мочіння вважають умови, за яких сонячні дні чергуються з дошовими [17, 18].

Мета дослідження полягала у пізнанні погодних умов вилежування льонотрести, що здійснюється росяним мочінням розстеленої в стрічки соломи льону-довгунця при його машинному збиранні. *Завдання дослідження*: 1) охарактеризувати розподіл ймовірності випадання опадів при приготуванні трести росяним мочінням; 2) опрацювати і дослідити розподіли дошових і бездошових днів в одному з місяців приготування трести росяним мочінням; 3) з'ясувати взаємозалежності тривалості дошових і бездошових днів льонозбирального періоду; 4) зпрогнозувати черговість дошових і бездошових днів впродовж льонозбирального періоду; 5) дослідити декадну кількість опадів і число дошових днів впродовж декади та з'ясувати модельні рівняння регресії декадної кількості опадів на число дошових днів впродовж декади.

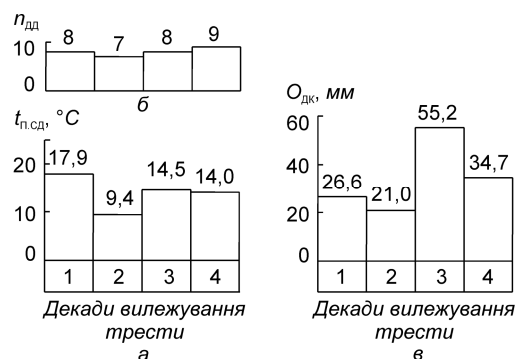


Рис. 1. Середньодобова температура повітря $t_{n,сд}$ (а), число дощових днів впродовж декади $n_{дд}$ (б) та декадна кількість опадів $O_{дк}$ (в), які вважають досить сприятливими для росяного мочіння (за даними [15])

Об'єкт і методика дослідження

Об'єктом дослідження були атмосферні опади впродовж льонозбирального періоду, що характеризують технологічний процес готування трести росяним мочінням. Вихідні дані для оцінювання атмосферних опадів вибирали із відповідних форм звітності Коростенської метеостанції за 43...46 років, починаючи від 1930 р.

Ймовірність випадання опадів $B_{оп}$ визначали за залежністю

$$P(B_{оп}) = n_{др} / n_{зр},$$

де $n_{др}$ – число дощових років, тобто років, в які певного числа відповідного місяця випадали опади, що у ймовірнісному тлумаченні визначає число випадків, які сприяють події $B_{оп}$; $n_{зр}$ – загальна кількість обстежених років (загальне число випадків).

В основу прогнозування атмосферних опадів в льонозбиральний період покладена праця [19]. Обробка зібраних і опрацьованих статистичних даних здійснена з використанням джерел [20, 21, 22, 23] та стандартних комп'ютерних програм.

Результати дослідження

В липні середнє арифметичне значення і середнє квадратичне відхилення ймовірності випадання опадів становили відповідно 0,43 і 0,074, а такі ж статистичні показники для серпня мали значення відповідно 0,39 і 0,064. З наведеного видно, що досліджувані показники були дещо вищими у липні у порівнянні із серпневими. Відмінність досліджуваних показників у розрізі місяців з'ясували з використанням t -критерію Стьюдента та F -критерію Фішера [21]. Розрахунковий (спостережуваний) t -критерій щодо оцінювання відмінності середніх арифметичних значень ймовірності випадання опадів у порівнюваних місяцях становив $t_p = 2,28$. Табличні значення t -критерію t_T за числа ступенів вільності $\nu = 60$ для відповідних рівнів довірчої ймовірності P такі:

$$t_T = \begin{cases} 2,00 \\ 2,66 \end{cases} \quad \text{при} \quad P = \begin{cases} 0,95 \\ 0,99 \end{cases}.$$

Оскільки спостережуваний t -критерій менший від табличного, що взятий для рівня довірчої ймовірності $P = 0,99$, то на цьому рівні довірчої ймовірності нульова гіпотеза про

відсутність істотних відмінностей між середніми арифметичними значеннями ймовірностей випадання опадів у липні і серпні не заперечується.

Перевірку щодо значущості відмінностей варіабельності порівнюваних сукупностей ймовірностей випадання опадів здійснили з використанням дисперсійного відношення (F -критерію Фішера). Розрахунки показали, що відношення вибірових дисперсій становить $F_p = 1,34$. Табличне значення F -критерію F_T за числа ступенів вільності більшої і меншої дисперсій $\nu_1 = \nu_2 = 30$ по рівню довірчої ймовірності $P = 0,95$ становить 1,8 [21]. Оскільки $F_p = 1,34 < F_T = 1,8$, то з ймовірністю 0,95 нульова гіпотеза не заперечується і відмінності між порівнюваними дисперсіями слід вважати недостовірними.

Отже, за t -критерієм і F -критерієм розподіли ймовірності випадання опадів в липні і серпні впродовж 44 років відрізнялися статистично незначущо. У подальшому досліджувані розподіли об'єднали і визначили основні статистичні показники ймовірності випадання опадів у липні і серпні. Розмах варіювання ймовірності випадання опадів коливався в межах 0,25...0,61. При цьому середнє арифметичне значення і середнє квадратичне відхилення ймовірності випадання опадів та коефіцієнт варіації розподілу становили відповідно 0,41 і 0,067 та 16,3%. Емпіричний розподіл ймовірності випадання опадів мав додатну асиметрію з показником плюс 0,20 та незначний від'ємний ексцес з показником мінус 0,02. Відношення показників асиметрії і ексцесу до своїх помилок становили відповідно 0,64 і 0,032, які свідчать, що досліджуваний розподіл слабкоасиметричний і слабкоексцесивний. Перевірку узгодженості емпіричного розподілу з нормальним законом здійснили з використанням χ^2 -критерію Пірсона. Розрахунки показали, що розрахунковий (спостережуваний) χ^2 -критерій дорівнює 0,37. За таблицями квантилів χ^2 -розподілу за числа ступенів вільності 1 критичний χ^2 -критерій на рівні значущості 0,05 дорівнює 3,8. Оскільки розрахунковий χ^2 -критерій не перевищує його критичне значення, то на прийнятому рівні значущості відсутні підстави для відхилення нульової гіпотези щодо розподілу ймовірності випадання опадів за нормальним законом. Полігон і нормальна крива досліджуваного розподілу наведені на рис. 2.

З рис. 2, а видно, що за багаторічними даними впродовж льонозбирального періоду, що охоплює липень і серпень, ймовірність випадання опадів у першому наближенні можна визначити як стаціонарний процес [23]. За розрахунками середнє арифметичне значення ймовірності випадання опадів становить 0,41. Як бачимо ця ймовірність немала, а отже можна прогнозувати, що льоносировина в процесі готування трести росяним мочінням буде зволожена, що сприятиме належному вилежуванню соломи.

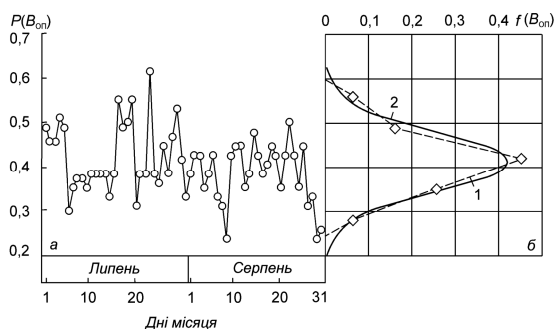


Рис. 2. Процес (а) зміни ймовірності випадання опадів впродовж льонозбирального періоду та (б) полігон (1) і нормальна крива (2) розподілу цієї ймовірності

Розмах варіювання числа дощових днів у серпні за 44-річними спостереженнями коливався в межах 3...21 за середнього арифметичного значення і середнього квадратичного відхилення відповідно 12 і 4 днів та коефіцієнта варіації 33,3%. Емпіричний розподіл числа дощових днів у серпні мав від'ємну асиметрію з показником мінус 0,017, а відношення цього показника до його помилки становило 0,046. Досліджуваний розподіл характеризувався і від'ємним ексцесом з показником мінус 0,76 з відношенням цього показника до його помилки 1,03.

Перевірку узгодженості емпіричної кривої розподілу числа дощових днів у серпні з передбачуваним теоретичним (нормальним) розподілом здійснили з використанням критерію згоди акад. А.Н. Колмогорова [22]:

$$\lambda = D_{\max} \sqrt{n},$$

де D_{\max} – максимальна різниця між емпіричним і теоретичним інтегральним розподілами на межах статистичних груп; n – число випадків, тобто кількість аналізованих років.

За розрахунками виявилось, що $\lambda = 0,33$. Зазвичай вважають, що емпірична крива відповідає вибраному теоретичному закону, якщо ймовірність згоди перевищує 0,05 [22]. З використанням відповідних таблиць [22] отримали, що

$$P(\lambda) = \begin{cases} 1,00 & \text{при } \lambda = 0,30 \\ 0,9997 & \text{при } \lambda = 0,35. \end{cases}$$

Одержане значення $P(\lambda)$ достатньо високе і гіпотезу про підпорядкованість розподілу числа дощових днів у серпні нормальному закону слід визнати такою, що не протирічить експериментальним даним [23]. Полігон і нормальна крива розподілу числа дощових днів у серпні наведені на рис. 3.

Розмах варіювання числа бездощових днів у серпні становив 10...28 днів. Середнє арифметичне значення цієї кількості і середнє квадратичне відхилення та коефіцієнт варіації становили відповідно 18,8 і 4,3 днів та 22,9%. Емпіричний розподіл числа бездощових днів мав від'ємну асиметрію і ексцес з показниками відповідно мінус 0,18 і мінус 0,98. Відношення цих показників до своїх помилок становили 0,49 для асиметрії і 1,33 для ексцесу, що є ознакою незначного відхилення від нормального закону. Перевірка узгодженості між емпіричним розподілом і передбачуваним нормальним за критерієм згоди акад. А.Н. Колмогорова показала, що цей критерій для досліджуваного розподілу становив 0,44. За відповідною таблицею [22] $P(0,40) = 0,9972$ і $P(0,45) = 0,9874$. Вказані ймовірності свідчать про значну міру узгодженості між емпіричним і теоретичним розподілами і підтверджують правдоподібність гіпотези про нормальний розподіл кількості бездощових днів в серпні [23]. Полігон і нормальна крива розподілу числа бездощових днів наведені на рис. 3. Отже, за здійсненими дослідження число дощових днів коливається у менших межах, ніж число бездощових. У середньому число дощових днів за місяць становить 12, а бездощових – 19. Мінливість числа дощових днів за коефіцієнтом варіації перевищує аналогічний показник числа бездощових днів на 10,4%.

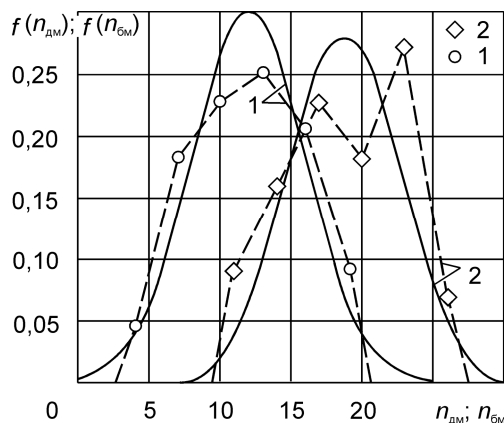


Рис. 3. Полігони (пунктирні лінії) і нормальні криві (суцільні лінії) розподілів числа дощових $n_{\text{дм}}$ (1) і бездощових $n_{\text{бд}}$ (2) днів у серпні місяці

Статистичними дослідженнями зміни тривалості дощових днів залежно від тривалості бездощових та зміни тривалості бездощових днів залежно від тривалості дощових виявлено, що із збільшенням в обох випадках факторіальної ознаки результативна ознака зменшується. Здійснено вирівнювання експериментальних даних рівняннями прямих з від'ємними кутовими коефіцієнтами та криволінійними залежностями – степеневою, логарифмічної і експоненціальною. Ступінь наближення апроксимуючих функцій до експериментальних даних оцінювали з використанням R^2 -коефіцієнта. Найкраще наближення до експериментальних даних при оцінюванні вирівнювання зміни тривалості дощових днів $D_{\text{дд}}$ залежно від тривалості бездощових $D_{\text{бд}}$ забезпечує апроксимація експоненціальною функцією вигляду

$$D_{\text{дд}} = 3,0745 \exp(-0,0568 D_{\text{бд}}) \quad \text{при} \quad R^2 = 0,858, \quad (1)$$

а при оцінюванні вирівнювання залежності $D_{\text{бд}} = f(D_{\text{дд}})$ – логарифмічною функцією вигляду

$$D_{\text{бд}} = 4,2942 - 1,2414 \ln D_{\text{дд}} \quad \text{при} \quad R^2 = 0,942. \quad (2)$$

Якщо ж досліджувані зміни апроксимувати прямолінійними лініями з від'ємними кутовими коефіцієнтами, то модельне рівняння прямолінійної регресії тривалості дощових днів $D_{\text{дд}}$ на тривалість бездощових $D_{\text{бд}}$ має вигляд:

$$D_{\text{дд}} = 2,968 - 0,119 D_{\text{бд}} \quad \text{при} \quad R^2 = 0,812, \quad (3)$$

а тривалості бездощових днів $D_{\text{бд}}$ на тривалість дощових $D_{\text{дд}}$:

$$D_{\text{бд}} = 3,967 - 0,285 D_{\text{дд}} \quad \text{при} \quad R^2 = 0,933. \quad (4)$$

Графічне подання рівнянь (1) і (3) та (2) і (4) засвідчило, що відповідні лінії регресії розташовані в межах помилок певних рівнянь. Тому для зручності практичних розрахунків з

проектування організації збиральних робіт аналізовані зміни пропоновано описувати рівняннями прямих (3) і (4). За першим членом рівняння (3) можна прогнозувати, що у серпні найбільш ймовірні можливі дощі упродовж трьох днів підряд. Далі за першим членом рівняння (4) прогнозувати, що почасовий інтервал між двома випаданнями опадів може становити в середньому чотири дні.

Прогнозування зміни декадної кількості опадів $O_{\text{дек}}$ (мм) залежно від числа дощових днів в декаду $n_{\text{дд}}$ здійснено на підставі спостережень впродовж 1930...1975 рр. за статистичної вибірки, що включала 131 пару досліджуваних ознак. У разі вирівнювання експериментальних даних зростаючими функціями логарифмічною, прямолінійною і степеневою R^2 -коефіцієнти дорівнювали відповідно 0,534 та 0,718 і 0,891. Проте найкраще вирівнювання забезпечила апроксимація зміни $O_{\text{дек}}$ залежно від $n_{\text{дд}}$ прогностичною експоненціальною функцією вигляду:

$$O_{\text{дек}} = 7,3225 \exp(0,2656 n_{\text{дд}}) \quad \text{при} \quad R^2 = 0,927. \quad (5)$$

Вивчення експериментальних даних і рівняння (5) засвідчують, що з підвищенням числа дощових днів в декаду понад 5 декадна кількість опадів різко зростає. Із збільшенням числа дощових днів від 1 до 10 (у десять разів) декадна кількість опадів зростає від 7,2 до 135,9 мм (у 18,9 раза).

Висновки

Розподіл ймовірності випадання опадів в льонозбиральний період описується нормальним законом із середнім арифметичним значенням і середнім квадратичним відхиленням та коефіцієнтом варіації відповідно 0,41 і 0,067 та 16,3%. Число дощових днів у серпні коливається в межах 3...21 за середнього арифметичного значення, середнього квадратичного відхилення і коефіцієнта варіації відповідно 12 і 4 днів та 33,3%. Зміну тривалості дощових днів залежно від тривалості бездощових і навпаки допустимо описати модельними рівняннями прямолінійної регресії. У серпні найбільш ймовірні дощі упродовж трьох днів підряд, а почасовий інтервал між двома випаданнями опадів можна прогнозувати як такий, що становить чотири дні. Декадна кількість опадів у льонозбиральний період залежно від числа дощових днів впродовж декади коливається на підставі узагальнень від 7,2 до 135,9 мм. Характер виявленої залежності описується експоненціальною функцією за R^2 -коефіцієнта, що дорівнює 0,927. Виявлені закони розподілу оцінних показників атмосферних опадів та з'ясовані модельні рівняння регресії, що визначають відповідні кількісні зміни цих опадів, слід розглядати як прогностичні функції для планування організації росяного мочіння соломи та використання машинних агрегатів в технологічному процесі готування рошенцевої льонотрести.

Напрямок подальших розвідок на нашу думку слід спрямувати на дослідження ефективності використання прес-підбирачів на формуванні рулонів льонотрести.

Література

1. Василенко П.М. *Современные математические методы и их применение в земледельческой механике* / П.М. Василенко // *Земледельческая механика: сб. тр.; под ред. В.А. Желиговского.* – М.: Машиностроение, 1968. – Т. 10. – С. 374 – 389.
2. Сидорчук О.В. *Науково-інженерні проблеми рільництва та системні засади їх вирішення* / О.В. Сидорчук // *Вісн. аграр. науки.* – 2010. – № 5. – С. 31 – 35.

3. Сидорчук О.В. Системно-технологічний підхід до створення адаптованих механізованих технологій вирощування сої / О.В. Сидорчук, В.С. Паламарчук, О.В. Макаручук // *Механізація та електрифікація с. г.: міжвідомчий тематичний наук. зб. – Глеваха, 2009. – Вип. 93. – С. 434 – 441.*
4. Программа и методика проведения работы по теме нархозплана № 7173 «Разработка технологии сельскохозяйственных процессов и системы машин на 1970 – 1980 гг. на основе использования принципов поточности производства и универсализации техники» / [Ю.Н. Попов, Е.А. Коган, В.М. Бейлис и др.]. – М.: Всесоюз. НИИ механизации с. х. (ВИМ), 1965. – 236 с.
5. Губко В.Р. Використання системи машин у рослинництві / Губко В.Р., Діденко М.К., Фінн Е.А. – К.: Урожай, 1977. – 279 с.
6. Соснов В.И. О механизации подъема тресты / В.И. Соснов // *Лен и конопля. – 1978. – № 7. – С. 28 – 30.*
7. 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.*
8. Лімонт А.С. Про технологію збирання льону-довгуця в центральному Поліссі України / А.С. Лімонт // *Механізація і електрифікація с. г. – К.: Урожай, 1974. – Вип. 28. – С. 99 – 107.*
9. Дынин Ф.М. Эффективность различных технологий обработки льняной соломы / Ф.М. Дынин // *Вопросы технологии промышленности дубяных волокон: Центр. НИИ промышленности дубяных волокон (ЦНИИЛВ): науч.-исследовательские тр. – М., 1975. – Т. 30. – С. 3 – 21.*
10. Любарский В.М. Оптимальный срок проявлявания льносоломы в ленте / В.М. Любарский, З.А. Ионушас, А.П. Андришюнас // *Лен и конопля. – 1975. – № 8. – С. 30 – 32.*
11. Квятіс Л.М. Результати досліджень технології роздільного збирання льону / Л.М. Квятіс // *Вісн. с.-г. науки. – 1962. – № 8. – С. 27 – 31.*
12. Ярошевич А.А. Пути совершенствования технологий и систем машин для комплексной механизации работ в льноводстве / А.А. Ярошевич // *Состояние и перспективы механизации с.-х. производства БССР: ЦНИИМЭСХ Нечерноземной зоны СССР: под ред. М.М. Совернева. – Минск: Урожай, 1967. – С. 168 – 187.*
13. Галимский Т.П. Экспериментально-теоретическое обоснование возможности сушки льна в ленте / Т.П. Галимский // *Белорусский ин-т механизации с.х.: сб. науч. тр. аспирантов. – Минск: Ураджай, 1965. – С. 17 – 23.*
14. Боярченкова М.М. Эффективность оборачивания тресты / М.М. Боярченкова, Н.Н. Быков // *Лен и конопля. – 1974. – № 9. – С. 30 – 31.*
15. Шушкин А. Опыты со стланьем льна / А. Шушкин // *Тр. льняной опытной станции акад. крупного соц. с. х. им. К.А. Тимирязева. – М.: Новый агроном, 1930. – Вып. 6. – С. 284 – 294.*
16. Дударев Е.И. О расстиле свежесвытербленного льна / Е.И. Дударев // *Лен и конопля. – 1959. – № 7. – С. 26 – 27.*
17. Коренский Н.Г. Исследование сушки льна, толщины расстила и переворачивания соломки при вылежке на льнице в условиях Белорусской ССР: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. с.-х. наук: спец. 06.538 «Растениеводство» / Н.Г. Коренский. – Жодино, 1967. – 27 с.
18. Пиуновский И.И. Исследование технологии раздельной уборки льна / И.И. Пиуновский, К.Ф. Терпиловский, В.П. Клявина // *ЦНИИМЭСХ Нечерноземной зоны СССР: труды. – Минск: Урожай, 1969. – Т. 6. – С. 142 – 151.*
19. Хауштейн Г. Методы прогнозирования в социалистической экономике / Хауштейн Г. – М.: Прогресс, 1971. – 400 с.
20. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособ. для студ. вузов / Гмурман В.Е. – М.: Высш. шк., 2002. – 479 с.
21. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении: учеб. пособ. / Дмитриев Е.А. – М.: Изд-во Москов. ун-та, 1972. – 292 с.
22. Методика статистической обработки эмпирических данных: РТМ 44–62. – М.: Изд-во стандартов, 1966. – 100 с.
23. Янко В.М. Вероятностная модель зернового материала, поступающего на предприятия послеуборочной обработки зерна / В.М. Янко // *Земледельческая механика: сб. тр.; под ред. В.А. Желиговского. – М.: Машиностроение, 1968. – Т. 10. – С. 356 – 373.*