UDK УДК 57.013

OZUQA NAMLIGINI ANIQLASHDA DIELKTROMETRIK USUL ASOSIDAGI QURILMALARDAN FOYDALANISH TAJRIBALARI

P.I. Kalandarov
O‘zbekiston milliy metrologiya instituti
L.F. Saidoripov
O‘zbekiston milliy metrologiya instituti

Annotatsiya. Maqolada o‘simlik ozuqa namligini aniqlashda yuqori chastotali usul asosida tajribaviy qurilmada o‘tkazilgan tadqiqotlar va ularning natijalari tahlil etilgan. Yuqori chastotali usul 2-30 MHz chastotalarda ozuqa mahsulotining dielektrik o‘tkazuvchanligi hajm namligiga bog‘liqligi hamda namuna materialining dielektrk o‘tkazuvchanligining oshishii ishlab chiqarish hajmining oshishi bilan namlik yerkin namlik molekulalari va yerigan o‘tkazuvchanlik ionlari sonining ko‘payishi bilan izohlanishi ifodalangan. Maqolada tanlangan birlamchi namlik o‘zgartkichi va uning asosiy tasniflari hamda o‘simliklar ozuqasini dielektrik o‘tkazuvchanligi asosida ozuqa namligini o‘lchash usuli, ozuqani saqlash va qayta ishlash uskunalariga birlashtirilgan namlikni nazorat qilish sensorlarida qo‘llanilishi mumkinligi muhokama qilinadi.

Kalit so‘zlar. Ozuqa, namlik, chastota, dielektrik o‘tkazuvchanlik, birlamchi o‘zgartkich, o‘lchash, tajribaviy qurilma.

Аннотация. В статье проанализированы исследования и их результаты, проведенные на экспериментальном приборе на основе высокочастотного метода определения влажности питательных веществ растений. Высокочастотный метод на частотах 2-30 МГц выражается в зависимости диэлектрической проницаемости питающего продукта от объемной влажности, а также в том, что увеличение диэлектрической проницаемости материала образца объясняется увеличением количества молекул земной влаги и растворенных ионов проводимости. В статье обсуждается выбранный первичный преобразователь влажности и его основные классификации, а также метод измерения влажности кормов на основе диэлектрической проницаемости кормов для растений, который может применяться к датчикам контроля влажности, интегрированным в оборудование для хранения и обработки кормов.

Ключевые слова. Подача, влажность, частота, диэлектрическая проницаемость, первичный преобразователь, измерение, экспериментальный прибор.

Annotation. The article analyzes research and their results in an experimental device based on a high-frequency method for determining plant nutrient moisture.

ISSN 3030-3907

The high-frequency method is expressed in the fact that at a frequency of 2-30 MHz the dielectric permeability of the feed product depends on the volume moisture, and the increase in the dielectric permeability of the sample material is explained by an increase in the number of moisture-permeability molecules and ions of the ground permeability. The article discusses the selective primary humidity Switch and its basic classifications and the way plants measure feed moisture based on their dielectric permeability, can be used in moisture control sensors integrated into feed storage and processing equipment.

Keywords. Feed, moisture, frequency, dielectric permeability, primary switch, measurement, experimental device.

Mavzuni dolzarbligi

O‘zbekiston respublikasi mahalliy ozuqa sanoati oldida turgan eng muhim vazifalardan biri, u ham bo‘lsa ozuqa mahsulotlarni yetishtirishda ularni tarqibida minerl moddallarni yo‘qotishlarni kamaytirish va ozuqa sifatini yaxshilashdan iborat. Bu muammoni birdan bir yechimi ozuqa mahsulotlarini yig‘ish va saqlashning ilmiy asoslangan texnologiyalariga rioya qilishdan iborat bo‘lib, bu ozuqa yetishtirishning faqat ishlab chiqarishning barcha bosqichlarida jarayonlarni tizimli operativ nazorat qilish bilan amalga oshirish mumkin.

Ko‘pchilik ilmiy tadqiqotchilar tomonidan [1-5] yuqorida keltirilgan muammolarni yechimi o‘t ozuqa yem-xashaklarini yig‘ishda bir qator parametrlarni nazorat qilish kerakligi keltiriladi, ular orasida asosiy rol namlikka tegishlidir. Namlik haqida ma’lumot texnologik operatsiyalarni boshqarish orqali yakuniy mahsulot sifatiga ta’sir qilish imkonini berishi kuzatimoqda. Namlik uchun texnologik talablarga rioya qilmaslik yo‘qotishlarning ko‘payishiga va ozuqa sifatining pasayishiga olib keladi agar kimyoviy konservalash paytida konservantlarning maqbul dozalari oshib ketsa, inson salomatligi uchun xavf tug‘diradi, bu korxona iqtisodiyotiga katta ta’sir ko‘rsatilishi aniqlangan. Demak, o‘simlik, silos va ozuqa ratsionining holatini kuzatish namlik tarkibini vizual yoki asbob bilan baholash orqali olib boriladi, ya’ni bu yerda asosan ikkita komponentlarni, ya’ni quruq moddalar va o‘simlik namligining miqdoriy nisbatini tajribaviy tadqiqotlarda amalga oshiriladi, bu esa o‘z navbatida labooratoriya shaoritlarda statsionar rejimida nazorat qilinadi va namlik to‘g‘risida ozuqa mahsuloti namligi anivqlangadi. Xom ashyoni tayyorlash jarayonida bu munosabatlar o‘smlik o‘tlari quritilganda amalga oshiriladi, asta-sekin ozuqaning ma’lum bir turi va sifatini saqlab qolish imkoni yaratiladi.

Amaliy nuqtai nazardan, quyidagi metrologik xususiyatlar asbobsozlik tizimida qurilma asosiy qiziqish uyg‘otadi: xatoligi, diapazoni, tuzilishi, o‘lchash tezligi. Shu munosabat bilan o‘simlik ozuqasi uchun namlikni nazorat qilish

ISSN 3030-3907

o‘lchash usulini tanlash va o‘chash asboblarini ishlab chiqish dolzarb va kam o‘rganilgan vazifalardan biridir.

Qo‘llanilgan usul va materiallar

Ozuqa namligini o‘lchashning turli usullari mavjud. Bugungi kunda xom ashyo va ozuqaning mumkin bo‘lgan namligini qamrab oladigan yeng aniq usul termostatik tortish usuli hisoblanadi, ya’ni bu to‘g‘ridan*to‘g‘ri o‘lchash usulni bevosita usul deb ataladi. Bunday usulga va qo‘llaniladigan qurilmalarga SESh-3M, yashil massa namlik o‘lchagich VZM-1 va laboratoriya quritish shkaflari kiradi.

Yashil massa yoki konservalangan ozuqa, silos, pichan, donni saqlash va yassilangan don namunalari 105-130℃ haroratda 20...100 daqiqa davomida quritiladi, ishlatilgan qurilmaga, ozuqa turiga va uni tayyorlashga qarab.

Namlikni o‘lchashda bilvosita usullardan yuqori chastotali konduktometrik (rezistiv), yuqori chastotali (dielkometrik) usuli, optik va yadro magnit-rezonansi usullari ishlatiladi.

Yuqorida keltirilgan o‘lchash usullari tasnifidan bugunki kunda yuqori chastotali (dielkometrik) usuli tajribada keng tarqalgan va jahonda 62% o‘lchash asboblari shu usul asosida qurilgan.

Chet yelda dielektrik namlik o‘lchagichlarining asosiy farqlovchi xususiyatlari tahlil qilinadigan materialning ta’sir yetuvchi omillarini qoplash uchun qurilmalarning mavjudligi va qurilmalarning bir necha rejimlarda ishlashi uchun ilg‘or dasturiy ta’minotdan foydalaniladi. Mikroprotsessorlar yordamida ular namunaning harorati, sig‘imi va massasini o‘lchaydilar, o‘lchash natijalarini xotirada saqlangan dasturlardan biriga muvofiq qayta ishlaydilar, ma’lumotlarni aks yettirish qurilmalariga chiqaradilar va ishlashning raqamli bosma diagnostikasi asoslaydilar.

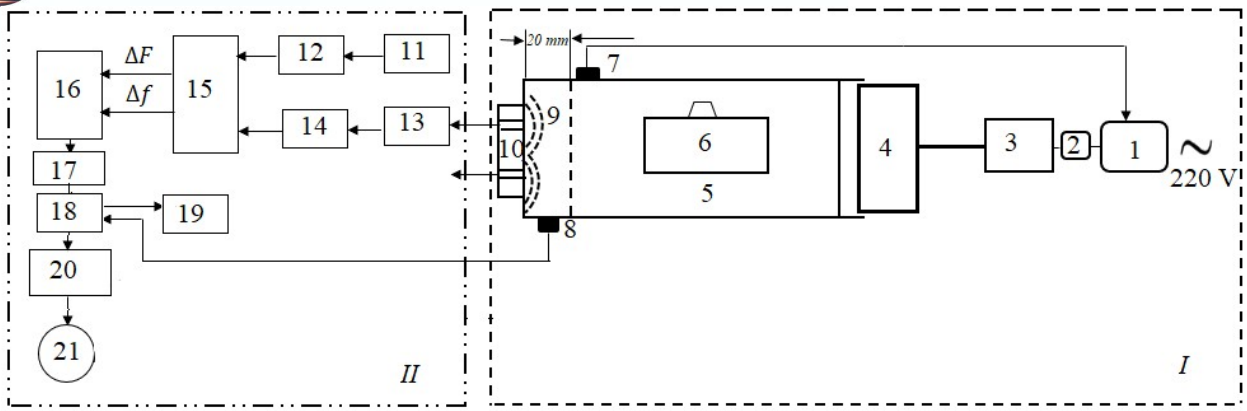
Shu maqsadda ozuqa mahsulotlarini namligini aniqlashda yuqori chastotali (dielkometrik) usul asosida o‘lchash vositalaridan foydalanildi.

Tajriba natijalari va muhokamalar.

O‘zbekiston metrologiya instituti ilmiy laboratoriyasida o‘simlik ozuqa mahsulotlarini namligini o‘lchash tajribaviy qurilmasi yaratildi. Tajribaviy qurilmada maydalangan beda navi sinovdan o‘tkazildi va uning namligi aniqlandi.

Tajribaviy qurilmaning funksional sxemasi 1-rasmda keltirilgan.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Ozuqa namligini o‘lchash tajriba qurilmasining funksional sxemasi

Bu yerda: 1 - Elektr dvigatel, 2 - Elektromagnit mufti, 3 – Reduktor, 4 - Porshen, 5 - Silindrsimon o'lchash kamerasi, 6 - Silindrsimon kamera qopqog'i, 7 - Sath sensori, 8 – harorat sensori, 9 - Elektromagnit maydon, 10 – Namlik sensori, 11 – Topshiriq beruvchi, 12 - Tayanch generatori, 13 - O'lchash generatori, 14 - Signallarni boshqarish blokini shakllantirish, 15 - Arifmetik o’zgartkich (konvertor), 16 – Tayanch o'lchash generatoridan materialning dielektrik o'tkazuvchanligini taqqoslash bloki, 17 - Raqamli-analog o’zgartkich, 18 – Kontroller, 19 -O'zi yozuvchi (arxivlash), 20 -Kompyuter, 21 - Raqamli tablo.

Tajribalar jaraenida o‘tlarni maydalash ularning tarqibi bir hil bo‘lmaganligi va anizotropiyasidan kelib chiqadi, bu esa o‘lchash xatolarini minimallashtirishga olib kelishi kuzatildi. Biroq, o‘lchashlarga tayyorgarlik ko‘rish va o‘lchashlarni amalga oshirishda, ayniqsa, yangi kesilgan o‘simlik o‘tlarining gigroskopikligi va namlikni yutish qobiliyati kabi butun o‘tlarning xususiyatlarini hisobga olish kerak bo‘ldi.

Namunalar uchun o‘tlarni yig‘ishda maqbul vaqt sifatida 2024 yil may, iyun, iyul, avgust oylari tanlandi.

Yangi kesilgan beda o‘tlarini maydalash qurilmasida maydalangan qismidan olingan namunalarda tajribalar o‘tkazildi. Laboratoriya sharoitida namunalar 0,01 g xato bilan tortib, tajribaning butun davri davomida laboratoriyadagi harorat 25 - 28 ℃ gacha va nisbiy namlik 35- 44% atrofida saqlanib turdi.Tajribaviy o‘lchashlar ozuqa mahsulotining maksimal tabiiy namligidan boshlab amalga oshirildi, so‘ngra havo quruq holatining namligiga qadar quritildi.

Namunalarning standart, ya’ni quritish usulida namligi SESh-3M quritish shkafi va VST-300/5-0 yelektr tarozilari yordamida termostatik tortish yerdamida aniqlandi, ular uchun namunalar GOST 27548-97 ga muvofiq olindi.

Ozuqa mahsulotlari namunalariga zichlash bosimini tanlash ularning dielektrik xususiyatlarini aniqlashda oqlanadi. Uning o‘simlik namunalari uchun

ISSN 3030-3907

assortimenti avtomatik zichlash moslamasi bilan jihozlangan qurilmaning parametrlarini hisobga olgan holda bajariladi. Yelektr dvigateli yuk kuchini 30 N dan 200 N gacha bo‘lgan sig‘imli sensorga uzatadi, uning diametri 16 sm ni hisobga olgan holda sig‘imli sensor ostidagi namunaga ta’sir qiluvchi 20 kg og‘irlikdagi bosimi 0,53 N/sm2 ni tashkil qildi.

[6] ifodalanishicha bilvosita usulida ozuqa mahsulotlarini namligini aniqlashda nazariy asoslari sifatida dielkometrik usul o‘lchashning asosiy usuli chastota maydonidagi materiallarning dielektrik xususiyatlarini o‘lchashdan iborat ekanligi, bunda materialga garmonik YEMM ta’sir qilishi va dielektrik o‘tkazuvchanligi kompleks miqdor sifatida aniqlanishi zurur bo‘ladi:

$$\varepsilon = \varepsilon' - j\varepsilon'',$$

bu yerda kompleks dielektrik o‘tkazuvchanlik foydali ish koeffitsienti (FIK) ning haqiqiy tarkibiy qismi moddaning yelektr maydonida teskari qutblanish qobiliyatini tavsiflaydi. Namlik - bu qutbli dielektrik bo‘lib, uning qiymati yuqori qiymatga ega bo‘lib u tahminan ≈ 81 teng [7]. Ushbu xususiyat materiallarning namligini aniqlash uchun ishlatiladi.

FIKning xayoliy komponenti (yo‘qotish omili) polarizatsiya paytida qaytarilmas issiqlik yo‘qotishlarini tavsiflaydi va materialning nisbati bo‘yicha yelektr o‘tkazuvchanligi bilan bog‘liq:

$$\varepsilon'' = \frac{\sigma}{2\pi f \varepsilon_0}.$$

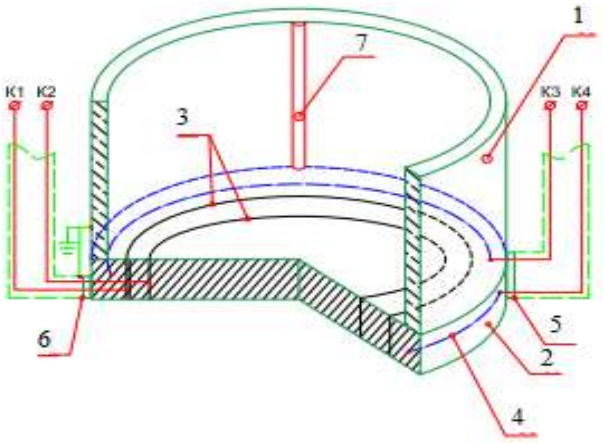
Bu yerda *f*-YEMM chastotasi va u ye$_0$ = 8.854·10^{-12} F/m-yelektr doimiysidan iborat, σ yelektr o‘tkazuvchanlig organik moddalarning biokimyoviy tarkibi, yelektrolitlar mavjudligi va namlik miqdori bilan belgilanadi va o‘tlarning sifatini baholash uchun ishlatilishi mumkin.

Yuqori namlikli o‘tlar va siloslarning xususiyatlarini o‘rganish uchun g‘ayritabiiy yuqori o‘tkazuvchanlik qiymatlari ε > 81 ko‘rinmaydigan operatsion chastota qiymatlarini yeksperimental ravishda ta’minlash uchun 0,1-30 MGs diapazonidagi YEMM chastotasi oldindan tanlandi.

Tajriba qurilmasida asosiy elementlardan biri bu birlamchi o‘lchash o‘zgartkichidir. O‘lchash o‘zgartkichi sifatida sig‘imli usulga asoslangan datchik tanlandi.

Datchikning umumiy ko‘rinishi 2-rasmda keltirilgan.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Koplanar datchikning yuzasini kesimda ko‘rinishi

Bu yerda: 1-silindrsimon sig‘imli sensori; 2 – sensor tagligi; 3 – halqali o‘lchash yelektrodlari; 4-yelektr isitish uchun sensor tagligining isitish yelementi, 6-aloqa kabeli, 7- har bir balast yukining yon yuzasidagi chuqurcha.

Sinov namunasiga sig‘imli sensorni qo‘llash orqali o‘tlarning dielektrik xususiyatlarini o‘rganish uchun maksimal zichlik bilan sensor ostidagi namuna qatlamining minimal qalinligi talab qilinadi, YEMM sensori deyarli to‘liq namunani qamrab oladi. YEMM sensorining sinov materialiga kirish chuqurligini aniqlash uchun sig‘imli sensor ostidagi namlik qatlami qalinligining asta-sekin o‘zgarishi va sensordan signal o‘zgarishini kuzatishdan iborat tajribalar o‘tkazildi. YeMMning materialga kirib borish chuqurligi 20 mm yekanligida olib borildi, shuning uchun sensor ostidagi o‘t namunalari maksimal siqilgan holatda o‘lchanganda kamida bu qiymatning qalinligiga yega bo‘lishi kerak bo‘ldi.

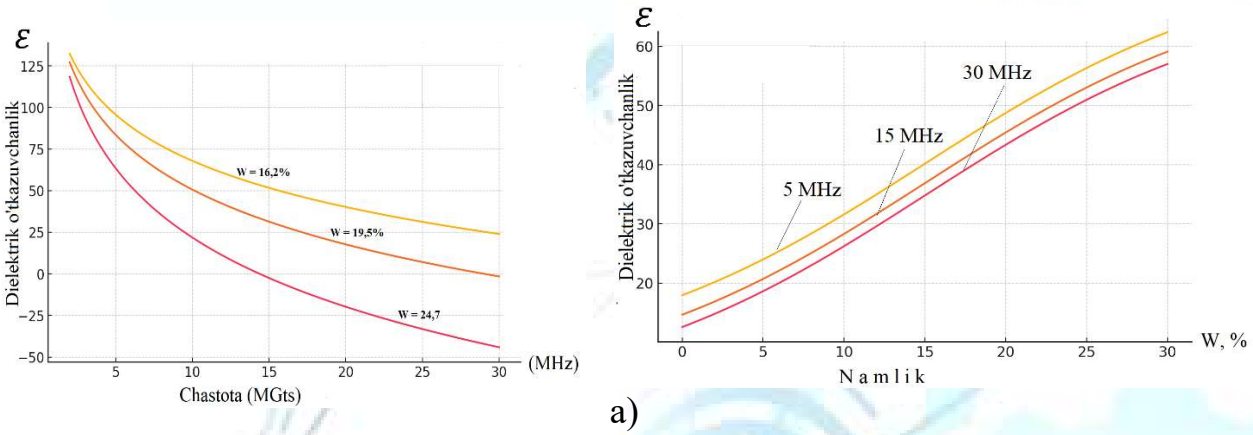
Komplanar datchikni o‘lchash moslamasi sifatida tajriba qurilmasi tarqibida sinovdan o‘tkazildi, o‘lchash diapazoni 6-30% namlik bo‘lgan o‘simlik ozuqalari mahsulotlarini o‘lchash o‘zgartkichi sifatida laboratoriya sharoitida metrologik sinovdan o‘tkazildi. O‘lchov vaqti 1 minutgacha., ish haroratining harorat oralig‘ida 5...50℃ va o‘lchash kamerasining hajmi 140 mm, o‘lchanadigan namuna massasi 50-150 g ni tashkil qiladi.

Yuqori chastotali namlik sensorlari juda yuqori o‘lchov aniqligiga yegaligi kuzatildi, uzoq xizmat muddatiga yega va har xil materiallar uchun masofadan sozlanishi va har qanday boshqaruv tizimiga ulanishi mumkinligi aniqlandi. O‘smlik ozuqalar bilan ishlashda yuqorito‘lqinli namlik sensorlaridan foydalanish mahsulotning holatini doimiy nazorat ostida ushlab turish va buzilishning oldini olish uchun o‘z vaqtida choralar ko‘rish imkonini berdi.

3-rasmda 2-30 MHz yuqori chastotalarda ozuqa mahsulotining dielektrik o‘tkazuvchanligi hajm namligiga bog‘liqligi ko‘rsatilgan. Dielektrk o‘tkazuvchanligining oshishii shlab chiqarish hajmining oshishi bilan namlik

ISSN 3030-3907

yerkin namlik molekulalari va yerigan o‘tkazuvchanlik ionlari sonining ko‘payishi bilan izohlanadi.



3-rasm. Dielektrik o'tkazuvchanlikning chastotaga (a) namlikga (b)bog'liqligi grafiki

3-rasmdagi grafiklardan ko‘rinib turibdiki, past chastotalarda yuqori namlikdagi o‘t namunalari uchun dielektrik doimiyligining qiymatlari suvning dielektrik o‘tkazuvchanligidan yuqori bo‘lgan (a) g‘ayritabiiy yuqori qiymatlarga yega, bu ko‘plab o‘tlar uchun xosdir, shuningdek (b) rasmda ozuqa mahsulotining dielektrik o‘tkazuvchanligining 20-30 MHz larda yuqori chastotalarda namlik hajmiga bog‘liqligi kamayishi ko‘rsatilgan.

Xulosa

O‘simliklar ozuqasini dielektrik o‘tkazuvchanligi asosida ozuqa namligini o‘lchash usuli, ozuqani saqlash va qayta ishlash uskunalariga birlashtirilgan namlikni nazorat qilish sensorlarida qo‘llanilishi mumkin, bunday usul tez va kontaktsiz o‘tkazuvchanlikni ta’minlaydi, lekin shuni inobatga olish zarur bo‘ladiki, namlikdan tashqari, yorug‘lik, zichlik, harorat kabi o‘lchash aniqligiga boshqa omillar ham ta’sir qilishi mumkin.

Aniqligini oshirish uchun yuqori chastotali (dielkometrik) usulida sintez qilingan o‘lchash asboblari, qishloq xo‘jaligi va chorvachilikda qo‘llanilishiga, bu yerda ozuqaning namligini nazorat qilish buzilishning oldini olish va hayvonlarning oziqlanishi sifatini saqlab qolish uchun muhimdir.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Секанов Ю.П., Пугачев П.М., Левина Н.С. О состоянии влагометрии волокнистых материалов // Автоматизация с.-х. производства: сб. докл. межд. науч.-техн. конф. Ч.2. М., 2004.

ISSN 3030-3907

2. Каландаров П.И. Термогравиметрический метод измерения влажности: Оценка точности и эффективность применения в агропромышленном комплексе. Метрология. 2021;(2):44-62. https://doi.org/10.32446/0132-4713.2021-2-44-62

3. ГОСТ 27548-97 МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ. КОРМА РАСТИТЕЛЬНЫЕ. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВЛАГИ. 1999-01-01

4. Петров, Г.П. Российское оборудование для определения влажности комбикормов и компонентов / Г.П. Петров // Комбикорма. – 2018. – № 12. – С. 27–29.

5. Аскеров К.А., Мардахаев А.В., Хидиров А.Ш. О диэлькометрическом методе измерения влажности почвы (TDR метод). Вестник Азербайджанской инженерной академии. Т: 14 № 3. 2022. С.104-122.

6. Кричевский, Е. С. Контроль влажности твердых и сыпучих материалов [Текст] / Е. С. Кричевский, А. Г. Волченко, С. С. Галушкин; ред. Е. С. Кричевский.- М.: Энергоатомиздат, 1987.-136 с. DOI: 10.52171/2076-0515_2022_14_03_104_122

7. Kalandarov, P.I., Abdullaeva, D.A. Innovative approach to the development of hydroponic green feeds. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2022, 1043(1), 012012 doi:10.1088/1755-1315/1043/1/012012

ISSN 3030-3907