

<https://doi.org/10.5281/zenodo.22845476>

UO‘K: 631.331:621.798

POLIETILEN QOPLAMAGA MUQOBIL SIFATIDA BIODEGRADATSIYALANADIGAN QOG‘OZ QOPLAMA MATERIALINI QO‘LLASH TEXNOLOGIYASINI ASOSLASH

Omonov Dilmurod Sa‘dievich

Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD), Toshkent davlat agrar universiteti

Xudoyorov Firdavs Zafarjon o‘g‘li

Xalqaro qishloq xo‘jaligi universiteti

Annotatsiya. Maqolada paxta ekishda qo‘llaniladigan polietilen qoplama materiallarining ekologik va ekspluatatsion muammolari tahlil qilingan. Polietilen chiqindilari tufayli tuproqning degradatsiyaga uchrashini kamaytirish maqsadida sellyuloza asosidagi biodegradatsiyalanadigan qog‘oz qoplama materialidan foydalanish imkoniyatlari asoslangan. Qog‘oz materialni kraxmal, glitserin va polivinil spirt (PVA) asosida modifikatsiya qilish hamda uning yuqori yuzasini gidrofob qatlam bilan qoplash orqali asimmetrik struktura hosil qilish texnologiyasi taklif etilgan. Shuningdek, materialni ekish agregatiga uzatish uchun sinxron rezina valikli mexanizm va urug‘ joylashgan nuqtalarda lokal teshishni ta‘minlovchi silindrsimon baraban konstruksiyasi ishlab chiqilgan. Taklif etilayotgan texnologiya tuproq namligini saqlash, begona o‘tlar rivojlanishini cheklash, mehnat sarfini kamaytirish va ekologik xavfsizlikni ta‘minlash imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: biodegradatsiyalanadigan qog‘oz, paxta ekish, qoplama material, polietilen plyonka, sellyuloza, kraxmal, lokal teshish, ekish agregati, gidrofob qatlam.

Аннотация. В статье проанализированы экологические и эксплуатационные проблемы применения полиэтиленовых мульчирующих материалов при посеве хлопчатника. С целью снижения загрязнения почвы полиэтиленовыми отходами обоснована возможность использования биоразлагаемого бумажного материала на основе целлюлозы. Предложена технология модификации бумаги составом из крахмала, глицерина и поливинилового спирта (PVA) с последующим нанесением гидрофобного слоя на верхнюю поверхность для формирования асимметричной структуры. Разработаны синхронный резиновый валиковый механизм подачи материала и цилиндрический барабан для локального перфорирования в точках посева семян. Предлагаемая технология позволяет сохранять почвенную влагу, подавлять сорняки и улучшать экологическое состояние почвы.

Ключевые слова: биоразлагаемая бумага, посев хлопчатника, мульчирующий материал, полиэтиленовая пленка, целлюлоза, крахмал, локальная перфорация, посевной агрегат.

Abstract. The article analyzes the environmental and operational issues associated with the use of polyethylene mulching materials in cotton cultivation. To reduce polyethylene waste, the potential of using cellulose-based biodegradable paper mulch was investigated. A technology is proposed for modifying the paper material



using starch, glycerol, and polyvinyl alcohol (PVA), followed by coating its upper surface with a hydrophobic layer to create an asymmetric structure. Additionally, a synchronous rubber roller feeding mechanism and a cylindrical perforating drum designed for localized puncturing at seed placement points were developed for integration with the seeding machine. The proposed technology allows for preserving soil moisture, suppressing weed growth, reducing labor costs, and eliminating plastic pollution.

Keywords: biodegradable paper, cotton planting, mulching material, polyethylene film, cellulose, starch, local perforation, seeding unit.

KIRISH

Qishloq xo‘jaligida, xususan paxtachilikda tuproqni mulchalash texnologiyasi tuproq namligini saqlash, mikroklimatni yaxshilash va begona o‘tlar o‘shini cheklash orqali hosildorlikni oshirishning eng samarali usullaridan biri hisoblanadi. Paxta yetishtirishda sintetik polietilen (PE) plyonkalardan foydalanish erta va bir tekis nihol olishni ta‘minlaydi.

Biroq, an‘anaviy polietilen qoplamalar qator jiddiy ekologik va agrotexnik muammolarni keltirib chiqarmoqda. PE plyonkalar tuproqda yuzlab yillar davomida parchalanmaydi, ularni mavsum oxirida daladan yig‘ib olish qo‘shimcha ishchi kuchi va texnika xarajatlarini talab etadi. Dalada qolib ketgan plyonka qoldiqlari tuproqning aeratsiya va suv o‘tkazuvchanlik xususiyatlarini yomonlashtiradi, natijada tuproq degradatsiyaga uchraydi.

Ushbu muammoni hal etishning eng istiqbolli yo‘li — tabiiy komponentlar asosidagi biodegradatsiyalanadigan qoplama materiallariga o‘tishdir. Bunday materiallar ma‘lum vegetatsiya davrida (20–30 kun) o‘z fizo-mexanik vazifasini bajarib, keyinchalik tuproq mikroorganizmlari va namlik ta‘sirida zararsiz birikmalarga parchalanib ketishi lozim.

Tadqiqotning maqsadi: Paxta ekishda polietilen qoplamaga muqobil sifatida sellyuloza asosli biodegradatsiyalanadigan modifikatsiyalangan qog‘oz qoplama materialini qo‘llash texnologiyasini hamda uni ekish agregatlari bilan moslashtiruvchi ishchi organlarning kinematik va texnologik parametrlarini matematik asoslashdan iborat.

MATERIALLAR VA TADQIQOT USULLARI

Tadqiqot ob‘ekti sifatida organik asosli sellyulozadan tayyorlangan yupqa rulonli qog‘oz xom ashyosi tanlab olindi. Standart qog‘oz suv va fizik ta‘sirlarga chidamsiz bo‘lganligi sababli, uning mexanik mustahkamligini oshirish va degradatsiya muddatini boshqarish uchun maxsus kompozitsiya yordamida impregnatsiya qilish usuli qo‘llanildi.

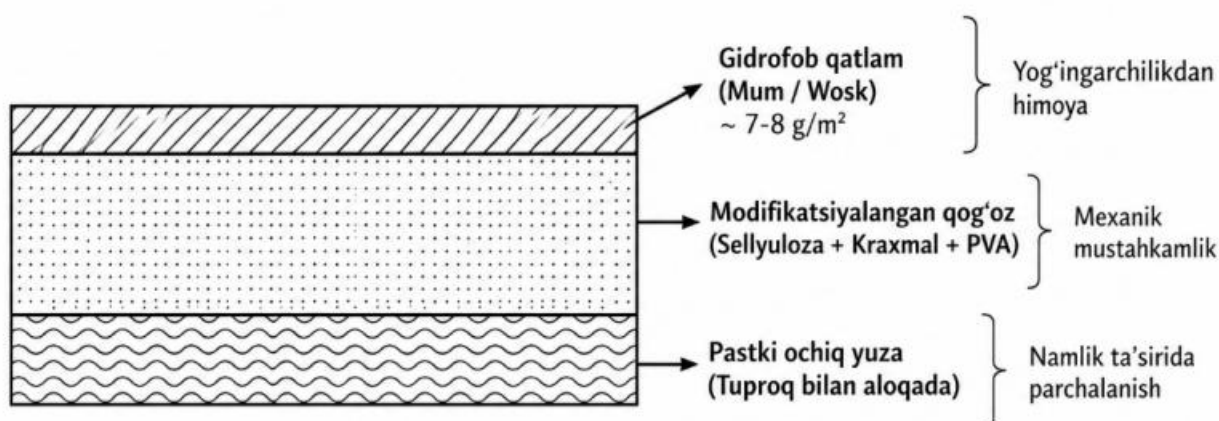
Modifikatsiyalovchi eritmaning umumiy massasi M_{um} quyidagi komponentlar nisbati asosida aniqlanadi:

$$M_{um} = M_{sell} + M_{kr} + M_{glis} + M_{PVA}, \quad (1)$$

bu yerda M_{sell} — boshlang‘ich sellyuloza qog‘ozining massasi, g/m²; M_{kr} — kraxmal massasi (umumiy massaga nisbatan 9–10%); M_{glis} — glitserin massasi (2,5–3%); M_{PVA} — polivinil spirt massasi (1–1,5%).



Qog'ozning gidrofobligini ta'minlash uchun uning yuqori yuzasiga surtiladigan mum miqdori (m_{gidr}) yuza birligiga nisbatan me'yorlanadi (1-rasm).



1-rasm. Paxta ekishda qo'llash uchun taklif etilgan biodegradatsiyalanadigan qog'oz qoplama materialining qatlamli tuzilishi.

Tadqiqotda asimmetrik strukturali material hosil qilish usuli qo'llanildi. Qog'ozning pastki (tuproqqa tegib turadigan) qismi tuproq namligini so'rib olish va biodegradatsiya jarayonini boshlash uchun ochiq qoldiriladi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Ekish agregatiga qog'oz uzatish mexanizmining kinematik hisobi

Qog'oz materiali plyonkaga nisbatan cho'zilishga kamroq chidamli [$\sigma_{cho'z}$] (uzilish kuchi cheklangan) bo'lganligi sababli, uzatish valiklarining chiziqli tezligi v_{val} ekish agregatining harakat tezligiga v_{agr} teng yoki juda yaqin bo'lishi shart.

Uzatish mexanizmining kinematik koeffitsienti K_k quyidagicha ifodalanadi:

$$K_k = \frac{v_{val}}{v_{agr}} = \frac{\pi \cdot D_{val} \cdot n_{val}}{v_{agr}}, \quad (2)$$

bu yerda D_{val} — rezina uzatish valiklarining diametri, m; n_{val} — valiklarning aylanish chastotasi, ayl/sek.

Qog'ozning yirtilishi yoki bo'shashib qolishining oldini olish uchun quyidagi shart bajarilishi lozim:

$$0,98 < K_k < 1,02. \quad (3)$$

Agar $K_k > 1,02$ bo'lsa, qog'oz haddan tashqari tortilib uziladi; agar $K_k < 0,98$ bo'lsa, qog'oz tuproq yuzasida buklanib, to'planib qoladi.

Modifikatsiyalangan qog'ozning uzilish mustahkamligi σ vaqt bo'yicha o'zgarishi

Materialning mustahkamligi σ vaqt o'tishi bilan namlikning so'rilishi, gidrofob qatlamning yemirilishi va selluloza tolalarining gidrolizi sababli kamayadi.

Qog'ozning mustahkamlik kamayish tezligi qoldiq mustahkamlikka proporsional bo'lgan differensial tenglama bilan ifodalanadi :

$$\frac{d\sigma(t)}{dt} = -k_m \cdot (\sigma(t) - \sigma_{\infty}) \cdot S_h(t), \quad (4)$$



bu yerda $\sigma(t)$ — t vaqtdagi uzilish mustahkamligi, MPa; σ_∞ — material to'liq namlangandagi chegaraviy (qoldiq) mustahkamlik, MPa; k_m — materialning destruksiyanish tezligi koeffitsienti, kun^{-1} ; $S_h(t)$ — gidrofob (mum) qatlamning himoya funksiyasi.

Gidrofob qatlamning vaqt bo'yicha himoya funksiyasi:

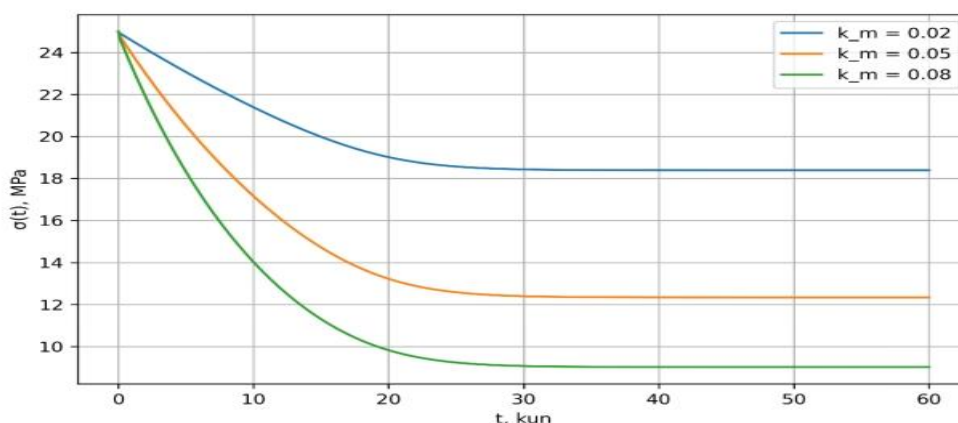
Mum qatlami ($7 \dots 8 \text{ g/m}^2$) dastlabki t_0 davrda (20–25 kun) suv o'tkazuvchanlikni cheklaydi. Buni Sigmoidal (Logistik) funksiya orqali ifodalaymiz:

$$S_h(t) = \frac{1}{1 + e^{\alpha(t-t_0)}}, \quad (5)$$

bu yerda t_0 — gidrofob qatlamning kritik yemirilish vaqti ($t_0 \approx 25 \text{ kun}$); α — gidrofob qatlamning parchalanish sur'ati koeffitsienti.

Differensial tenglamani boshlang'ich shartlar ($\sigma(0) = \sigma_0 \approx 18 \text{ MPa}$) bo'yicha integrallash orqali 1-grafikning nazariy matematik modeli olinadi:

$$\sigma(t) = \sigma_\infty + (\sigma_0 - \sigma_\infty) \cdot \exp\left(-k_m \int_0^t \frac{d\tau}{1 + e^{\alpha(\tau-t_0)}}\right). \quad (6)$$



2-rasm. Turli namlik sharoitlarida biodegradatsiyalanadigan qog'oz qoplama materialining mustahkamligi $\sigma(t)$ ning vaqt bo'yicha o'zgarishi

Modelning matematik tahlili:

- $t \leq 20$ kun bo'lganda: $S_h(t) \approx 0$ bo'lib, $\sigma(t) \approx \sigma_0 = 15 \dots 18 \text{ MPa}$ (barqaror mustahkamlik davri).

- $t > 25$ kun bo'lganda: $S_h(t) \rightarrow 1$ bo'lib, mustahkamlik eksponensial ravishda $\sigma_\infty \approx 2 \dots 3 \text{ MPa}$ gacha kamayadi (parchalanish davri).

Biodegradatsiyalanish darajasi (D_{bio}) va tuproq namligi (W) dinamikasi

Ushbu model ikkita bir-biriga bog'liq differensial tenglamalar tizimidan iborat: birinchisi — tuproq namligining bug'lanishi (kinetikasi), ikkinchisi — tuproq mikroorganizmlari ta'sirida qog'ozning biodegradatsiyasi.

Biodegradatsiyalanish kinetikasi tenglamasi (Avrami-Yerofeev modeli):

Biodegradatsiya jarayoni mikroorganizmlar koloniyasining ko'payishi va sellulyozani parchalashi bilan bog'liq bo'lib, Avrami tenglamasi asosida modellashtiriladi:

$$D_{bio}(t) = 100 \cdot (1 - \exp(-(k_b \cdot t)^n)), \quad (7)$$

bu yerda $D_{bio}(t)$ — vaqt o'tishi bilan biodegradatsiyalanish darajasi, %; k_b — biodegradatsiyalanishning solishtirma konstantasi (tuproq harorati va namligiga



bog'liq), kun^{-1} ; n — reaksiyaning aviratsion (avaran) ko'rsatkichi ($n > 1$ bo'lganda jarayon lag-fazadan so'ng jadallashadi, odatda $n \approx 2.5 \dots 3.0$).

Tuproq namligining ($W(t)$) kamayishi qoplama materialining butunligiga ($1 - \frac{D_{bio}(t)}{100}$) bevosita bog'liq:

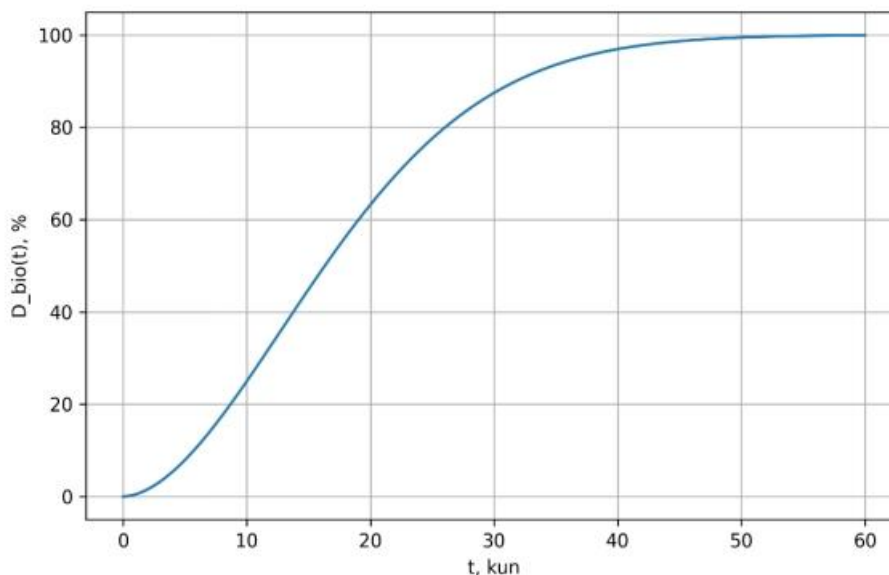
$$\frac{dW(t)}{dt} = -K_{evap} \cdot \left(1 + \gamma \cdot \frac{D_{bio}(t)}{100}\right) \cdot (W(t) - W_{xavo}), \quad (8)$$

bu yerda K_{evap} — qoplamali tuproqdan suvning bazis bug'lanish koeffitsienti; γ — qog'oz parchalanganidan so'ng bug'lanishning ortishini ifodalovchi koeffitsient; W_{xavo} — tuproqning havo-quruq holatdagi muvozanatli namligi, %.

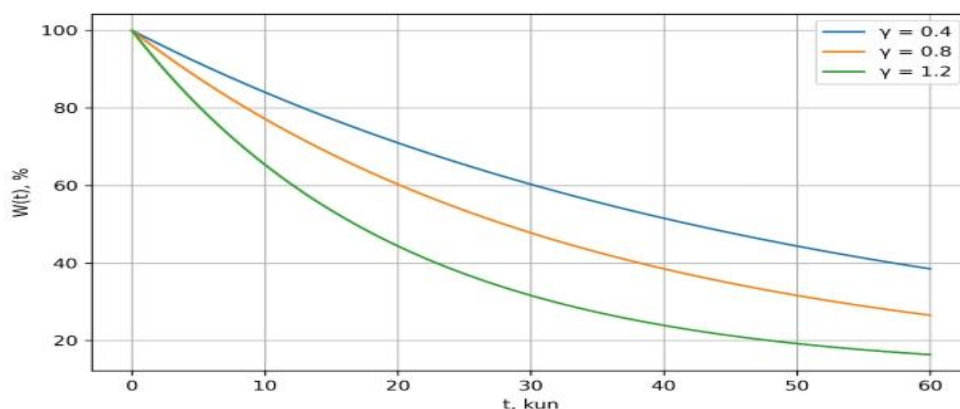
Model tenglamalari tizimining yakuniy yechimi quyidagiga teng:

$$\begin{cases} D_{bio}(t) = 100 \cdot (1 - \exp(-(k_b \cdot t)^n)) \\ W(t) = W_{xavo} + (W_0 - W_{xavo}) \cdot \exp\left(-k_m \int_0^t 1 + \gamma(1 - e^{-(k_b \tau)^n})\right) \end{cases} \quad (9)$$

(9) formula yordamida qurilgan grafiklar 3-, 4-rasmlarda keltirilgan



3-rasm. Biodegradatsiya darajasi $D_{bio}(t)$ ning vaqt bo'yicha o'zgarishi.



4-rasm. Turli biodegradatsiya sharoitlarida qoplama material namligi ning vaqt bo'yicha o'zgarishi



Modelning matematik tahlili:

- $t \leq 30$ kun oralig'ida: $D_{bio} \leq 5\%$, bu davrda integral qiymati kichik va tuproq namligi $W(t) \approx W_0 = 32...40\%$ yuqori darajada saqlanadi.
- $t > 30$ kun bo'lganda: Biodegradatsiya jarayoni $D_{bio} \rightarrow 85...90\%$ ga keskin ko'tariladi va tuproq namligining bug'lanish tezligi tabiiy muvozanatli darajaga o'tadi.

Lokal teshuvchi baraban parametrlarining matematik modeli

Paxta urug'larining ekish qadamiga $S_{urug'}$ mos ravishda qog'ozni teshib ketish uchun silindrsimon baraban radiusi R_{bar} va undagi teshuvchi tishlar soni z o'rtasidagi bog'liqlik quyidagicha aniqlanadi:

$$S_{urug'} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R_{bar}}{z}. \quad (10)$$

Bundan lokal teshishni ta'minlovchi baraban radiusini topish formulasi hosil bo'ladi:

$$R_{bar} = \frac{z \cdot S_{urug'}}{2 \cdot \pi}. \quad (11)$$

Baraban tishining qog'ozni teshib o'tish jarayonida qog'ozga ko'rsatadigan maksimal teshish kuchi F_{tesh} quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$F_{tesh} = P_{sol} \cdot b \cdot h, \quad (12)$$

bu yerda P_{sol} — qog'ozning solishtirma teshilishga qarshiligi, N/mm²; b — teshuvchi tishning eni, mm; h — qog'oz materialining qalinligi, mm.

Materialning biodegradatsiyalanish dinamikasi

Materialning daladagi biodegradatsiyalanish darajasi (D_{bio} , %) vaqt (t , kun) o'tishi bilan massa yo'qotilishi orqali hisoblanadi:

$$D_{bio}(t) = \frac{m_0 - m_t}{m_0} \cdot 100\%, \quad (13)$$

bu yerda m_0 — qoplama materialning boshlang'ich quruq massasi, g; m_t — t kundan keyingi qoldiq quruq massasi, g.

Natijalar va muhokama (Results and Discussion)

Texnologik jarayon ketma-ketligi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, biodegradatsiyalanadigan qog'oz qoplamani tayyorlash va dalada qo'llash muayyan texnologik ketma-ketlikda amalga oshirilishi lozim:

1. Qog'ozni impregnatsiya qilish: sellyuloza asosini kraxmal, glitserin va PVA eritmasi bilan boyitish.
2. Issiqlik yordamida quritish: Modifikatsiyalangan qog'ozning namligini me'yoriy ko'rsatkichga keltirish.
3. Asimmetrik gidrofoblash: Qog'ozning faqat yuqori yuzasiga 7–8 g/m² dozada mumli gidrofob qatlam surtish.
4. Rulonlash: Talab qilingan eni va uzunligi bo'yicha rulonlarga o'rash.
5. Dalada to'shash: Ekish agregati yordamida qog'ozni tuproq yuzasiga tekis areada yozish.



6. Chetlarini mahkamlash: Qog'ozning ikki chetini tuproq ko'ngichlar yordamida yopib borish.
7. Lokal teshish va urug'ni ochib berish: Barabanli mexanizm orqali urug' ekilgan nuqtalarda aniq teshiklar hosil qilish.

Ekish agregati uchun taklif etilayotgan qurilma konstruksiyasi

Qog'oz plyonkaga nisbatan cho'zilishga kamroq chidamli bo'lgani sababli, uni dala bo'ylab yozishda uzilib ketish xavfi yuqori. Ushbu muammoni hal etish uchun ekish agregatiga moslashtirilgan ikkita yangi konstruktiv yechim taklif etildi:

- Sinxron rezina valikli uzatish mexanizmi: Rulonni majburiy va bir tekis aylantirib beradi. Valiklarning aylanish tezligi agregatning harakat tezligi (v_{agr}) bilan to'liq sinxronlashtirilgan. Bu qog'ozning haddan tashqari tortilib, yirtilishining oldini oladi.
- Silindrsimon lokal teshuvchi baraban: Baraban yuzasiga o'rnatilgan maxsus o'tkir tishlar (r radiusda) urug' tushgan nuqtalarga mos ravishda qog'ozni lokal (nuqtali) teshib ketadi. Bu nihollarning to'siqsiz unib chiqishini ta'minlaydi va butun qog'oz maydonini yirtilib ketishdan saqlaydi.

Materialning biodegradatsiya va agroteknik ko'rsatkichlari

Tajriba natijalarining tahlili shuni ko'rsatadiki, taklif etilgan kompozitsiya 20–30 kun davomida (paxta urug'ining unib chiqishi va nihollarning mustahkamlanishi uchun zarur bo'lgan kritik davr) o'z fizo-mexanik vazifasini to'liq saqlab qoladi.

Asosiy agroteknik afzalligi: 30 kundan so'ng tuproq mikroorganizmlari va ichki namlik ta'sirida qog'ozning pastki qismi yumshab, parchalanish (degradatsiya) bosqichiga o'tadi. Vegetatsiya mavsumi oxiriga kelib material to'liq parchalanib, tuproq uchun qo'shimcha organik o'g'it manbaiga aylanadi.

XULOSA

1. Paxta ekishda an'anaviy polietilen qoplamalar o'rniga sellyuloza asosidagi biodegradatsiyalanadigan modifikatsiyalangan qog'oz qoplamasini qo'llash ekologik va agroteknik jihatdan to'liq asosladi.
2. Qog'oz tarkibiga 9–10% kraxmal, 2,5–3% glitserin, 1–1,5% PVA kiritish hamda yuqori yuzasiga 7–8 g/m² gidrofob qatlam surtish orqali 20–30 kun davomida namlikka va mexanik ta'sirlarga chidamli asimmetrik struktura olindi.
3. Qog'oz materialini uzilib ketishsiz to'shash uchun sinxron rezina valikli uzatish mexanizmi hamda nihollar unishini ta'minlovchi lokal teshuvchi baraban konstruksiyasi ishlab chiqildi.
4. Taklif etilayotgan texnologiya polietilen chiqindilarini to'liq yo'qotadi, qoplamani mavsum oxirida yig'ib olish mehnat sarfini bartaraf etadi hamda tuproqning suv-fizik xossalarini yaxshilaydi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Muhammadxonov A. M., Rizaev Sh. X., Mamatov F. M. Paxtachilikda plyonka ostiga ekish va resurstejakor texnologiyalarni qo'llashning ilmiy-amaliy asoslari //



Agro ilm (O'zbekiston qishloq va suv xo'jaligi jurnalining ilmiy ilovasi). – Toshkent, 2020. – № 4 (67). – B. 18–21.

2. Ibragimov N. M., Esanbekov Yu. M. Paxta maydonlarida tuproq namligini saqlash va suvdan foydalanish samaradorligini oshirish usullari // *Irrigatsiya va melioratsiya.* – Toshkent, 2019. – № 2 (16). – B. 35–39.

3. Zhang, W., Liu, X., & Wang, Y. "Biodegradable paper mulch films as an alternative to polyethylene films in agricultural production: A review." *Soil and Tillage Research*, vol. 215, 2022, p. 105227.

4. Kasirajan, S., & Ngouajio, M. "Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural production: A review." *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 32, no. 2, 2012, pp. 501–529.

5. Teshaboev, S. R., & Xudoynazarov, D. B. Paxta yetishtirishda tuproqni mulchalash va resurstejkor ekish agregatlari parametrlarini asoslash // *Farg'ona politexnika instituti ilmiy-texnika jurnali.* – Farg'ona, 2021. – T. 25, № 2. – B. 112–116.

6. Miles, C., Devetter, L., Ghimire, S., & Hayes, D. G. "Suitability of biodegradable plastic mulches for organic and conventional agricultural production systems." *HortTechnology*, vol. 27, no. 6, 2017, pp. 782–788.

