

ДІЯ ФІЗИЧНИХ ФАКТОРІВ НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ

УДК: 58.009, 58.032.1, 58.037

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПОСТІЙНОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ СЕРЕДНЬОЇ НАПРУЖЕНОСТІ НА СХОЖІСТЬ НАСІННЯ ДУРМАНУ ЗВИЧАЙНОГО**Ю. Бено³, М. Дика¹, К. Скварко²**¹Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Грушевського, 4, Львів 79005, Україна, e-mail: mary_dyka@yahoo.com²Біофізична лабораторія, Ботанічний сад ЛНУ ім. Івана Франка, вул. М. Черемшини 44, Львів 79014, Україна, e-mail: k.skvarko@gmail.com³Науково-дослідний експертно-криміналістичний центр при ГУМВС України у Львівській області, вул. Конюшинна, 24, Львів 79040, Україна, e-mail: irko.bn@gmail.com

Надійшла до редакції 11 листопада 2013 року

Прийнята 30 червня 2014 року

Вивчено вплив постійного магнітного поля середньої напруженості на проростання насіння дурману звичайного. Джерелом постійного магнітного поля був нікелевий магніт. Сухе насіння піддавали впливу магнітного поля, напруженість якого становила 118,0 Ерстед, тривалість впливу – 0,5; 1,0; 2,0; 22,0 та 46,0 год. Встановлено, що вплив магнітного поля стимулює проростання насіння, це співпадає з результатами дисперсійного та множинного регресійного аналізу і побудованої регресійної моделі.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: дурман звичайний, постійне магнітне поле, дисперсійний аналіз, регресійний аналіз.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ СРЕДНЕЙ НАПРЯЖЕННОСТИ НА СХОДСТВО СЕМЕНА ДУРМАНА ОБЫКНОВЕННОГО**Ю. Бено³, М. Дика¹, К. Скварко²**¹Львовский национальный университет имени Ивана Франко, ул. Грушевского, 4, Львов 79005, Украина, e-mail: mary_dyka@yahoo.com²Биофизическая лаборатория, Ботанический сад ЛНУ им. Ивана Франко, ул. М. Черемшины 44, Львов 79014, Украина e-mail: k.skvarko@gmail.com³Научно-исследовательский экспертно-криминалистический центр при ГУМВД Украины во Львовской области, ул. Конюшинна, 24, Львов 79040, Украина

Изучено влияние постоянного магнитного поля средней напряженности на прорастание семян дурмана обыкновенного. Источником постоянного магнитного поля был никелевый магнит, сухие семена подвергали воздействию магнитного поля, интенсивность которого составляла 118,0 Эрстед, продолжительность воздействия - 0,5; 1,0; 2,0; 22,0 и 46,0 ч. Установлено, что влияние магнитного поля стимулирует прорастание семян, это совпадает с результатами дисперсионного и пошагового множественного регрессионного анализа и построенной регрессионной модели.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дурман обыкновенный, постоянное магнитное поле, дисперсионный анализ, регрессионный анализ.

ANALYSIS OF INFLUENCE OF STATIC MAGNETIC FIELD OF MIDDLE TENSION ON SEED GERMINATION OF DATURA STRAMONIUM L.**Yu. Beno³, M. Dyka¹, K. Skvarko²**¹Ivan Franko National University of Lviv, 4, Hrushevskiy St., Lviv 79005, Ukraine, e-mail: mary_dyka@yahoo.com²Biophysical Laboratory, Botanical Garden of Ivan Franko National University of Lviv, 44, Cheremshyna St., Lviv 79014, Ukraine, e-mail: k.skvarko@gmail.com

³Expert center of scientific researches Ministry of Internal Affairs of Ukraine, 24, Konyushynna St., Lviv 79040, Ukraine Investigated the effect of static magnetic field of medium intensity at seed germination of *Datura stramonium* L. The source of static magnetic field was nickel magnet, dry seeds were subjected to the magnetic field, the intensity of which was 118.0 Ersted, exposure time - 0.5; 1.0; 2.0; 22.0 and 46.0 hours. It was established that the effect of the magnetic field stimulates germination, this coincides with the results of variance and stepwise multiple regression analysis and constructed regression models.

KEYWORDS: *Datura stramonium* L., static magnetic field, analysis of variance, regression analysis.

У результаті антропогенезу в навколишньому середовищі спостерігаються локальні та глобальні зміни магнітного поля. Актуальності набуває питання дослідження змін характеристик магнітного поля та його впливу на рослинні об'єкти [1, 2, 3].

Найвагомішими параметрами магнітного поля, які визначають його вплив на живі об'єкти, є напруженість і тривалість дії. Було встановлено, що висока напруженість магнітного поля (понад 15 000 Ерстед), а також значна тривалість дії (понад 18 год) назагал пригнічує ріст і розвиток рослин [4, 5]. Низька напруженість (5–50 Ерстед) та короткотривала дія позитивно впливає на ростові процеси. Магнітне поле напруженістю 5–60 Ерстед (Е) і тривалістю дії 0,5 та 1 год стимулювало проростання насіння нуту, дурману звичайного, роману однокошикового, фенхелю та волошки [1, 3, 6, 7, 8]. Магнітне поле напруженістю 40 Е і тривалістю дії 0,5 год стимулювало проростання насіння пшениці та його подальший розвиток, а довготривала дія поля цієї ж напруженості призводила до аномальних змін кореневої системи і пагонів рослин [2, 5, 9, 10, 11].

Незважаючи на численні дослідження в галузі магнітобіології, важко обґрунтувати одну гіпотезу впливу магнітного поля на рослини [5, 12]. Відомо, що МП може впливати не лише на динаміку проростання насіння, але й на ріст кореня та стебла, функціонування мембран клітини, їх жорсткість і поглинання води клітиною [3, 5]. Магнітне поле може спричинити порушення функціонування генів, структурні зміни білкових молекул, у тому числі багатьох ферментів, нести негативний вплив на антиоксидантну систему клітини [2, 13, 14, 15, 16, 17].

Метою даної роботи було дослідження впливу постійного магнітного поля (ПМП) середньої напруженості на схожість насіння дурману звичайного. Методи дисперсійного та регресійного методу аналізу були використані для встановлення залежності проростання насіння від зміни тривалості, напруженості постійного магнітного поля та тривалості дослідження.

У роботі використано насіння дурману звичайного, репродуковане на експериментальній ділянці ботанічного саду Львівського національного університету ім. Івана Франка.

Дурман звичайний (*Datura stramonium* L.) – однорічна трав'яниста рослина з неприємним запахом до 1 м заввишки. Стебло порожнисте, листки короткочерешкові, квітки білі, плід — багатонасіннева чотиристулкова коробочка яйцеподібної форми, вкрита жорсткими колючками. Цвіте у червні–серпні, плодоносить з липня по жовтень.

Як лікарську сировину заготовляють листки дурману звичайного. Збирають розвинуті листки у фазі цвітіння в суху погоду. Восени висмикують всю рослину, обривають листки, стебла спалюють, попіл використовують як

добриво. Сушать при температурі 45–50 °С. У всіх органах дурман звичайний містять алкалоїди: у листках і насінні — 0,2–0,6%, серед яких основними є гіосціамін і скополамін. Кількість гіосціаміну знаходиться в межах 50–88% від загальної кількості алкалоїдів. Вміст гіосціаміну і скополаміну в коренях, стеблах і коробочках значно менше, ніж у листі. До міnorних алкалоїдів належать кускгігрин, атропамін, метелодин, дитиглоїлметелодин, дитиглоїл-дигідрокситропан, нікотин. У листках дурману міститься також до 2,7% флавоноїдів (кверцетин, кемпферол, рутин, кверцитрин), 1,7% дубильних речовин, 0,1% каротину. У насінні міститься 17–25% жирної олії, до складу якої входять гліцериди лінолевої (до 45%), олеїнової (до 40%), пальмітинової (до 12%), стеаринової (до 2%) і лігноцеринової кислот.

За фармакологічними властивостями дурман звичайний близький до беладони звичайної. Для нього характерні фармакологічні властивості атропіноподібних сполук, листки якого входять до складу протиастматичного збору, олію застосовують при невралгії, ревматизмі для розтирання. У народній медицині препарати дурману звичайного застосовують при невралгії, неврастенії, нервових і психічних хворобах, коклюші, при хворобливій сонливості, хореї, епілепсії тощо.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Вихідним матеріалом дослідження були експериментальні дані схожості насіння дурману звичайного за дії ПМП середньої напруженості (118,0 Е) та різної тривалості дії (0,5; 1,0; 2,0; 22,0 та 46,0 год) на початкових етапах досліду (1-9 дні).

Сухе насіння піддавали впливу ПМП упродовж 0,5; 1,0; 2,0; 22,0 та 46,0 год, напруженість якого становила 118,0 Е. Джерелом постійного магнітного поля був нікелевий циліндричний магніт висотою 10,0 см, діаметром 8,0 см, напруженість магнітного поля 118,0 Е. Індукцію ПМП визначали за допомогою датчика Холла.

Насіння поміщали в чашки Петрі на фільтрувальний папір і зволожували дистильованою водою. Чашки витримували протягом 30 діб у термостаті при температурі 30°C до завершення досліду.

Підрахунок пророслого насіння упродовж перших 9 діб проводили щодня, схожість насіння розраховували у відсотках після статистичного аналізу результатів, одержаних у 4-х вибірках по 50 насінин в кожній.

Статистичне опрацювання отриманих результатів проводили з використання програми Microsoft EXCEL-2010. Проведення дисперсійного аналізу та побудова множинної регресійної моделі та обчислення коефіцієнтів регресії проводили за допомогою стандартного модуля Multiple Regression (множинна регресія) програми STATISTICA 10.0 [19]. Організація досліджень була такою:

- 1) порівняльний аналіз впливу ПМП середньої напруженості на проростання насіння дурману звичайного;
- 2) двофакторний дисперсійний аналіз для оцінки впливу змін тривалості та напруженості ПМП на схожість насіння дурману звичайного;
- 3) множинний регресійний аналіз отриманих експериментальних даних і оцінка впливу напруженості та тривалості впливу ПМП середньої напруженості на проростання насіння дурману звичайного.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Отримані нами експериментальні дані вказують на залежність динаміки проростання насіння дурману звичайного від тривалості та напруженості дії ПМП, але в меншій мірі, ніж за дії поля невисокої напруженості [7] (рис. 1).

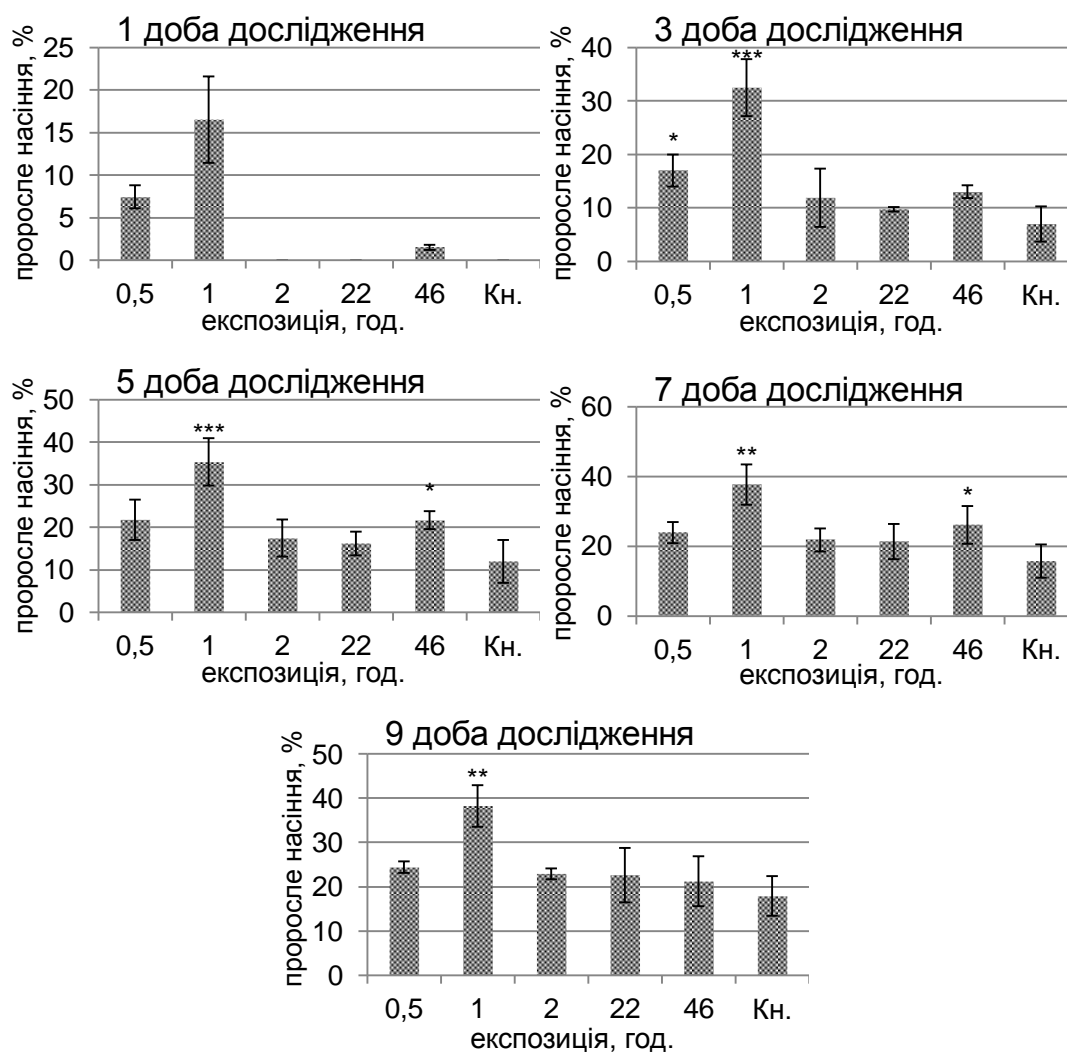


Рисунок 1. Динаміка схожості насіння дурману звичайного за дії ПМП середньої напруженості, тривалістю дії 0,5; 1,0; 2,0; 22,0; 46,0 год. Вірогідні зміни порівняно з контролем: *– $p > 0,95$, **– $p > 0,99$, ***– $p > 0,999$ – достовірно.

Максимальний результативний ефект встановлено за дії ПМП напруженістю поля 118 Е та тривалістю дії 1 год, відсоток пророслого насіння удвічі перевищував показники контрольної групи ($17,9 \pm 4,5\%$) і становив $38,2 \pm 4,6\%$ ($p > 0,999$).

За експонування насіння у ПМП упродовж 0,5; 2,0; 22,0 та 46,0 год, відсоток пророслого насіння був у межах норми. Вже на першу добу у досліді за експозиції насіння у ПМП упродовж 0,5; 1,0 та 46,0 год ми спостерігали стимулювання проростання насіння, відсоток пророслого насіння становив $7,45 \pm 1,36\%$, $16,5 \pm 5,1\%$ та $1,55 \pm 0,3\%$, відповідно, у той час, як у контрольній групі перші пророслі насінини відзначено лише на третю добу досліду ($7,0 \pm 3,2\%$).

Отже, найбільший вплив ПМП спостерігався під час дослідження проростання насіння дурману звичайного за експозиції 1 год, вплив магнітного поля тривалістю дії 0,5; 2,0; 22,0 та 46,0 год мав менш виражений вплив.

В літературі обговорюються можливі механізми впливу магнітного поля на рослині об'єкти. Відомо, що рослини реагують на МП зміною активності ферментативних систем клітини, жорсткості клітинної мембрани, поглинання води клітиною. Встановлено збільшення жорсткості мембрани клітини, провідності водних каналів, впливаючи тим самим на характеристики проростання пшениці за впливу магнітного поля [5]. У дослідженнях [14] встановлено зниження активності ферментів антиоксидантного захисту (пероксидази, каталази і супероксиддисмутази) за умов впливу напруженості поля у порівнянні з контрольною групою. У свою чергу збільшення експозиції магнітного поля призводить до підвищення продукції активних форм кисню [15].

Можливо, отримані нами експериментальні дані впливу ПМП на насіння дурману звичайного в перший день дослідження можна пояснити збільшенням проникності води в клітину, як і у досліді [5]. На завершальному етапі досліду (9 доба) стимулюючий ефект ПМП експозицією 1,0 год, можливо, залежав від антиоксидантного статусу клітини [15]. Збільшення експозиції викликало негативний ефект на проростання насіння дурману звичайного, що узгоджується з даними літератури та характеризується, на думку автора, підвищенням продукції активних форм кисню [15].

Для оцінки впливу зміни тривалості та напруженості постійного магнітного поля на проростання насіння дурману звичайного було проведено двофакторний дисперсійний аналіз та обчислено частки впливу досліджуваних чинників.

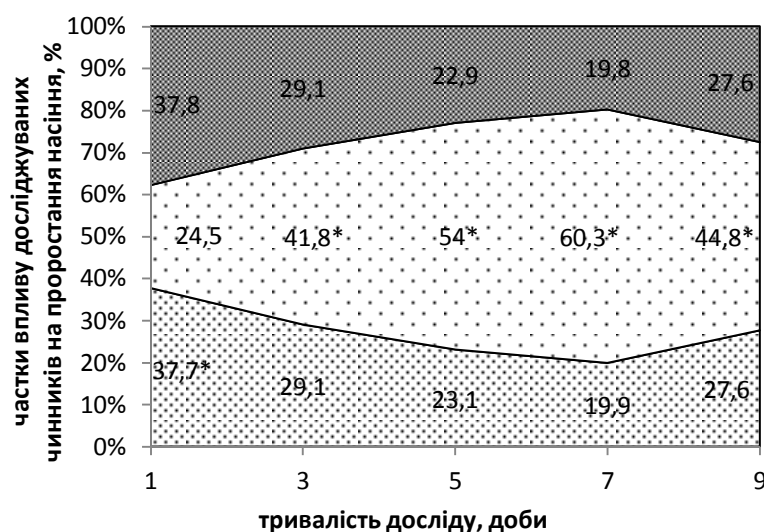


Рисунок 2. Відносні частки впливу досліджуваних чинників на схожість насіння дурману звичайного за дії ПМП середньої напруженості, тривалістю дії 0,5; 1,0; 2,0; 22,0; 46,0 год. ■ - напруженість поля, * - тривалість дії, ■ - невраховані чинники. Вірогідні зміни: * – $p > 0,95$ – достовірно.

На рисунку показано відносні частки впливу тривалості та напруженості дії ПМП на проростання насіння дурману звичайного (рис. 2).

У перший день дослідження частка впливу напруженості ПМП на проростання насіння дурману звичайного становила 37,74% ($p > 0,95$) і зменшилася до 27,62% на дев'ятий день. Частка впливу тривалості дії постійного магнітного поля в перший день досліджень сягала 24,53% і в подальшому зростала до 44,76% ($p > 0,95$), що дає змогу припустити про зростання чутливості дурману звичайного до досліджуваного чинника.

Результати експериментального дослідження також свідчать, що залежність проростання насіння від напруженості та тривалості дії постійного магнітного поля на кожен день експерименту є різною, а причиною цього може бути зміна чутливості насіння дурману звичайного до досліджуваних чинників упродовж розвитку.

Обчислена частка неврахованих в експерименті чинників досить значна. Під час дослідження динаміки проростання насіння спостерігається тенденція до спаду частки впливу неврахованих чинників. Це може бути пов'язано з тим, що на відкриті системи впливають чинники, які не завжди вдається виключити чи описати.

Для встановлення характеру впливу досліджуваних чинників нами було проведено регресійний аналіз впливу магнітного поля на проростання насіння дурману звичайного.

Використання регресійного аналізу дозволило нам визначити функцію, згідно якої встановлено характер впливу параметрів моделі (напруженість

магнітного поля, тривалість дії поля, тривалість дослідження) на залежну змінну (схожості насіння дурману звичайного). У загальному вигляді рівняння регресії має наступний вигляд:

$$Y = a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3.$$

де X_1 - напруженість магнітного поля (Е), X_2 - тривалість дії поля (години), X_3 - тривалість дослідження (доби), Y – залежна змінна.

За результатами аналізу вдалося пропорційно розподілити залежність показника від досліджуваних чинників на основі експериментальних даних для дурману звичайного (табл. 1).

Таблиця 1.

Коефіцієнти регресійного аналізу впливу досліджуваних чинників на схожість насіння дурману звичайного за дії ПМП. Вірогідні зміни: ***– $p > 0,999$ – достовірно.

Залежна змінна (Y)	R	R ²	a ₁	a ₂	a ₃	F
Схожість насіння	0,95±5,1	0,902	0,08±0,02***	-0,147±0,07	2,36±0,35***	83,21

Отримана лінія регресії для схожості насіння дурману звичайного наведена на рисунку 3.

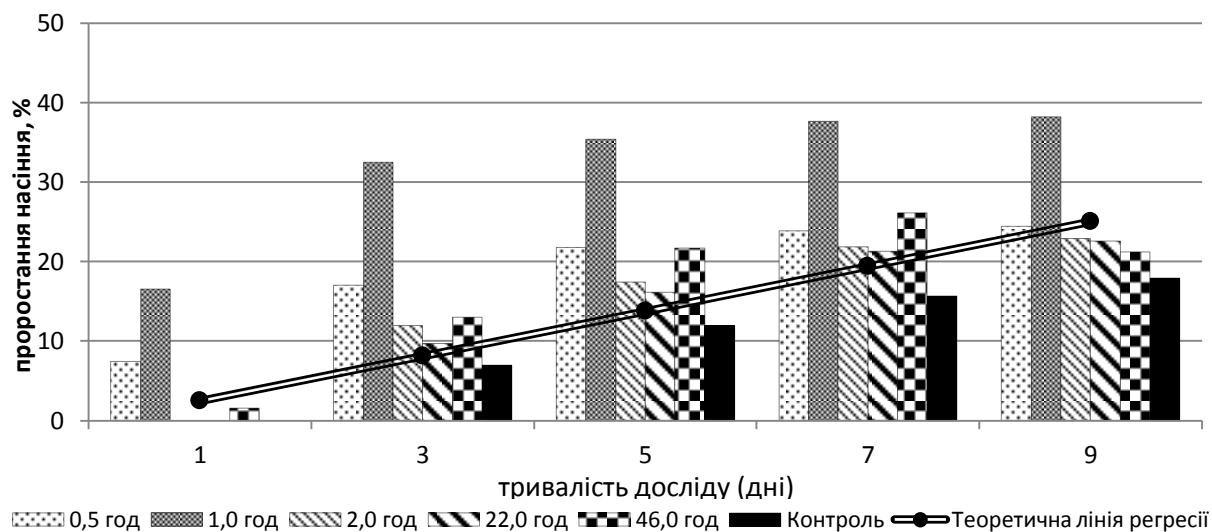


Рисунок 3. Теоретична лінія регресії та експериментальні дані за дії ПМП середньої напруженості, тривалістю дії 0,5; 1; 2; 22; 46,0 год.

Аналіз коефіцієнтів регресії дозволив нам з'ясувати ступінь та характер впливу факторних чинників на результативну змінну. За отриманими результатами достовірно найбільшу вагу має показник тривалості дослідження (a_3), для схожості насіння він становив $2,36 \pm 0,35^{***}$. Від'ємний знак коефіцієнта тривалості дії поля ($a_2 = -0,147 \pm 0,07$) у множинній регресійній моделі для схожості насіння вказує на те, що збільшення експозиції призводило до зменшення відсотка пророслого насіння. У свою чергу збільшення напруженості

поля ($a_1 = 0,08 \pm 0,02^{***}$) до 118 Е мало позитивний вплив на досліджуваний показник.

Така залежність підтверджує експериментальні дані чутливості досліджуваного показника до зміни тривалості та напруженості постійного магнітного поля та узгоджується із даними літератури [1, 6]. Отриману залежність можна пояснити видовими особливостями чутливості дурману звичайного до ПМП.

Отримані коефіцієнти множинної кореляції та коефіцієнти детермінації вказують на тісний зв'язок відсотка пророслого насіння з досліджуваними чинниками. Коефіцієнт кореляції становив $0,95 \pm 5,1$, а коефіцієнт детермінації – $0,90$. Коефіцієнт детермінації вказує на частку впливу обраних показників на результативну ознаку. Із регресійного аналізу випливає, що напруженість магнітного поля, тривалість дії та тривалість дослідження пояснюють понад 90% мінливості схожості насіння дурману звичайного. На підставі отриманих результатів можна зробити висновок, що побудована модель адекватна експериментальним даним та перевірена за допомогою критерію Фішера ($F_{\text{експ}} 83,21$).

ВИСНОВКИ

Перебування насіння дурману звичайного у ПМП середньої напруженості змінює його проростання, що значною мірою залежить від тривалості дії магнітного поля. Найбільший вплив ПМП спостерігався під час дослідження проростання насіння за експозиції 1 год. Отримана залежність підтверджується результатами дисперсійного та регресійного аналізів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Скрипа І. Д. Вплив постійного магнітного поля на ростові процеси у рослин / І. Д. Скрипа, М. В. Пашковський, К. О. Скварко // Біофізичні механізми функціонування живих систем. – 2008. – С. 88–89. /Skrypa I. D. Vplyv postijnogo magnitnogo polja na rostovi procesy u roslin / I. D. Skrypa, M. V. Pashkovs'kyj, K. O. Skvarko // Biofizychni mehanizmy funkcionuvannja zhyvyh system. – 2008. – S. 88–89./
2. Vashisth A. Characterization of water distribution and activities of enzymes during germination in magnetically-exposed maize (*Zea mays* L) seeds / A. Vashisth, S. Nagarajan // Indian J. Biochem. Biophys. – 2010. – V. 47(5). – P. 311–8.
3. Vashisth A. Exposure of seeds to static magnetic field enhances germination and early growth characteristics in chickpea (*Cicer arietinum* L.) / A. Vashisth, S. Nagarajan // Bioelectromagnetics. – 2008. – V. 29 (7). – P. 571–8.
4. Growth characteristics of mung beans and water convolvuluses exposed to 425-MHz electromagnetic fields / P. Jinapang, P. Prakob, P. Wongwattananard [et al.] // Bioelectromagnetics. – 2010. – V. 31 (7). – P. 519–27.
5. Increase of seed germination, growth and membrane integrity of wheat seedlings by exposure to static and a 10-KHz electromagnetic field / A. Payez, F. Ghanati, M. Behmanesh [et al.] // Electromagn. Biol. Med. – 2013. – V. 23.
6. Ростові процеси у дурману звичайного за дії постійного магнітного поля: матеріали VI Міжнар. наук. конф. студентів та аспірантів “Молодь і поступ біології”, 2010, Т. 6 – С. 6–7. /Rostovi procesy u durmanu zvyčajnogo za dii' postijnogo magnitnogo polja: materialy VI Mizhnar. nauk. konf. studentiv ta aspirantiv “Molod' i postup biologii”, 2010, T. 6 – S. 6–7./
7. Рошко В. Г. Влияние электромагнитного поля линий электропередач на покрытосеменные растения / В. Г. Рошко, В. В. Роман // Наук. вісн. Ужгор. Ун-ту. сер. Біол. – 1997. – V. 4. – P. 122–128. /Roshko V. G.

- Vlyjanye elektromagnytnogo polja lynyj elektropredach na pokrytosemennye rastenyja / V. G. Roshko, V. V. Roman // *Nauk. visn. Uzhgor. Un-tu. ser. Biol.* – 1997. – V. 4. – P. 122–128./
8. Repetitive pulsed-train “off” duration mitigates reductions in root growth rates of *Pisum sativum* L. induced by 60-Hz electric field / M. Azadniv, M. W. Miller, A. A. Brayman, C. Cox // *Radiat. Res.* – 1990. – V. 124 (1). – P. 62–5.
9. Cakmak T. Acceleration of germination and early growth of wheat and bean seedlings grown under various magnetic field and osmotic conditions / T. Cakmak, R. Dumlupinar, S. Erdal // *Bioelectromagnetics.* – 2010. – V. 31(2). – P. 120–129.
10. Vashisth A. Effect on germination and early growth characteristics in sunflower (*Helianthus annuus*) seeds exposed to static magnetic field / A. Vashisth, S. Nagarajan // *J. Plant. Physiol.* – 2010. – V. 167(2). – P. 149–156.
11. Analysis of apoplastic and symplastic antioxidant system in shallot leaves: impacts of weak static electric and magnetic field / T. Cakmak, Z. Cakmak, R. Dumlupinar, T. Tekinay // *J. Plant. Physiol.* – 2012. – V. 169(11). – P. 1066–73.
12. К вопросу о механизме действия постоянного магнитного поля на проростки кукурузы, выявляемого по повышению устойчивости к холоду / Совинский П., Быкова Л.В., Шепановская М., Бельцаж Б. – Дубна: ОИЯИ, 1990. – С. 1-7 (Препринт / Объед. ин-т ядерных исслед. № P19-90-157.)
13. Sahebamei H. Effects of magnetic field on the antioxidant enzyme activities of suspension-cultured tobacco cells / H. Sahebamei, P. Abdolmaleki, F. Ghanati // *Bioelectromagnetics.* – 2007. – V. 28(1). – P. 42–7.
14. Pre-treatment of seeds with static magnetic field ameliorates soil water stress in seedlings of maize (*Zea mays* L.) / A. Anand, S. Nagarajan, A. P. Verma [et al.] // *Indian J. Biochem. Biophys.* – 2012. – V. 49(1). – P. 63–70.
15. Shine M. Effect of stationary magnetic field strengths of 150 and 200 mT on reactive oxygen species production in soybean / M. Shine, K. Guruprasad, A. Anand // *Bioelectromagnetics.* – 2012. – V. 33(5). – P. 428–37.
16. Баран Б. А. Влияние магнитного поля на кинетику химических реакций / Б. А. Баран // *Укр. хим. журнал.* – 1998. – Т. 64 (4). – С. 26–29. /Baran B. A. Vlijanie magnitnogo polja na kinetiku himicheskikh reakcij / B. A. Baran // *Ukr. him. zhurnal.* – 1998. – Т. 64 (4). – С. 26–29./
17. Shine M. B. Enhancement of germination, growth, and photosynthesis in soybean by pre-treatment of seeds with magnetic field / M. B. Shine, K. N. Guruprasad, A. Anand // *Bioelectromagnetics.* – 2011. – V. 32(6). – P. 474–84.
18. Лакин Г. Ф. Биометрия. Учебное пособие для биол. спец. вузов, 4-е изд., перераб. и доп. / Г. Ф. Лакин. – М.: Высшая школа., 1990. – 352 с. /Lakin G. F. Biometrija. Uchebnoe posobie dlja biol. spec. vuzov, 4-e izd., pererab. i dop. / G. F. Lakin. – M.: Vysshaja shkola., 1990. – 352 s./
19. Літнарівич Р. М. Побудова і дослідження математичної моделі за джерелами експериментальних даних методами регресійного аналізу. Навчальний посібник. / Р. М. Літнарівич. – Рівне: МЕРУ., 2011. – 140 с. /Litnarovyuch R. M. Pobudova i doslidzhennja matematychnoi' modeli za dzherelamy eksperymental'nyh danyh metodamy regresijnogo analizu. Navchal'nyj posibnyk. / R. M. Litnarovyuch. – Rivne: MEGU., 2011. – 140 s./