

УДК 581.1

ВПЛИВ СЕДАКСАНУ НА РІСТ І СТІЙКІСТЬ СІЯНЦІВ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ ДО ІНФЕКЦІЙНОГО ВИЛЯГАННЯ ТА ҐРУНТОВОЇ ПОСУХИ

© 2019 р. Ю. В. Карпець, М. А. Шкляревський

*Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва
(Харків, Україна)*

Седаксан (суміш *транс*- і *цис*-ізомерів N-[2-(1,1'-біциклопропіл)-2-ілфеніл]-3-(дифторометил)-1-метил-1-Н-піразол-4-карбоксаміду) – синтетична речовина із чітко вираженими фунгіцидними властивостями. Є відомості не лише про його контактну дію, а й про системний вплив за рахунок поглинання одними органами рослин і транспортування через провідні тканини до інших органів. На ряді видів трав'янистих культурних рослин встановлений його позитивний вплив на їх стійкість не тільки до грибних хвороб, а й до абіотичних стресорів. Водночас можливі ефекти седаксану на деревних (у тому числі хвойних) залишаються недослідженими. Малодослідженою є і феноменологія фізіологічних ефектів седаксану на рослини взагалі. Вивчали вплив передпосівної обробки насіння седаксаном на стійкість сіянців сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) до інфекційного вилягання (на природному інфекційному фоні) та ґрунтової посухи (зниження відносної вологості ґрунту до 25-30% від повної вологості). Встановлено значне підвищення стійкості до інфекційного вилягання за обробки насіння седаксаном в концентраціях діапазону 0,01-1 г/л. За умов дії 10-денної посухи передпосівна обробка насіння седаксаном у цьому ж діапазоні концентрацій позитивно впливала на показники лінійного росту рослин, підвищувала накопичення рослинами сирої і сухої мас, підвищувала оводненість та зменшувала водний дефіцит. Зроблено висновок про перспективність використання седаксану для підвищення стійкості сіянців сосни звичайної до біотичних і абіотичних стресорів. Обговорюються можливі механізми його стрес-протекторної дії.

Ключові слова: *Pinus sylvestris*, седаксан, інфекційне вилягання, посуха, ріст, стійкість

DOI: <https://doi.org/10.35550/vbio2019.02.082>

Седаксан (суміш *транс*- і *цис*-ізомерів N-[2-(1,1'-біциклопропіл)-2-ілфеніл]-3-(дифторометил)-1-метил-1-Н-піразол-4-карбоксаміду) – штучно синтезована речовина із яскраво вираженими фунгіцидними властивостями контактної дії (Ebbinghaus et al., 2010; Oostendorp, Zeun, 2011). Перші відомості про можливість його використання як фунгіциду з'явилися близько 10 років тому (Walter et al., 2015). Нині седаксан використовується як одна з діючих речовин у протруювачах групи Вайбранс, що випускаються компанією Сингента (Oostendorp, Zeun, 2011; Lamberth, Dinges, 2016). Вважається, що основний механізм дії седаксану пов'язаний з високоспецифічним ін-

гібуванням сукцинатдегідрогенази грибів і блокуванням енергетичного метаболізму (Rheinheimer, 2012; Jeschke, 2016). Хоча ця речовина позиціонується як фунгіцид контактної дії, є відомості про його системний вплив за рахунок можливості поглинання одними органами рослин і транспортування через провідні тканини до інших органів (Polson et al., 2013; Wickramasinghe et al., 2015; Walter et al., 2015). Встановлено, що седаксан здатний і до інгібування сукцинатдегідрогенази рослин, яка, ймовірно, має певну гомологічність будови до ідемптичного ферменту грибів (Rheinheimer, 2012; Ogawa, Kawai, 2012).

Показано, що обробка насіння пшениці седаксаном пригнічувала активність сукцинатдегідрогенази і при цьому зменшувала вміст пероксиду водню в клітинах коренів (Колупаєв і др., 2017). В умовах осмотичного стресу в

Адреса для кореспонденції: Карпець Юрій Вікторович, Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва, п/в Докучаєвське-2, Харків, 62483, Україна; e-mail: plant_biology@ukr.net

проростках, вирощених з насіння, обробленого седаксаном, вміст продукту пероксидного окиснення ліпідів малонового діальдегіду був значно нижчим, порівняно з таким у необроблених (Колупаев и др., 2017). Встановлено, що фунгіцидні препарати, які є інгібіторами сукцинатдегідрогенази (Jeschke, 2016), підвищують стійкість молодих рослин кукурудзи до низьких температур, ячменю та ріпаку – до посухи (Ebbinghaus et al., 2010). У роботі Dal Cortivo і співавт. (2017), виконаній на проростках кукурудзи, показано, що седаксан виявляє помітні ауксино- і гібереліноподібні ефекти. Під його впливом відзначалося збільшення довжини і площі коренів. У листках і коренях проростків кукурудзи виявлено підвищення активності глутамінсингази, що, на думку авторів, сприяло накопиченню білка. Також відзначалася активація фенілпропанового метаболізму. Зважаючи на це, седаксан розглядають як фізіологічно активну речовину, що може впливати на стійкість зернових рослин до біотичних і абіотичних стресорів (Bozzo et al., 2014; Dal Cortivo et al., 2017).

Проте фізіологічні ефекти седаксану на деревних, у тому числі хвойних, дотепер не досліджувалися. Препарати на його основі є рекомендованими для застосування в Україні лише для польових рослин (Державний ..., 2019).

Щорічно на лісокультурних об'єктах через інфекційні хвороби гинуть мільйони молодих рослин, що призводить до значних збитків. До найбільш поширених і небезпечних хвороб хвойних порід у розсадниках України належить інфекційне вилягання, спричинюване грибами родів *Fusarium* spp., *Alternaria* spp., *Rhizoctonia* spp., *Verticillium* spp., *Botrytis* spp. та ін. При значному ураженні може випадати 30-45%, а в окремих випадках 85-100% рослин (Кузьмичев и др., 2004; Соколова, Галасьєва, 2005).

Значних збитків при вирощуванні сіянців хвойних, у тому числі сосни, завдає і вплив несприятливих кліматичних чинників, зокрема посухи (Манаєнков, 2009). Незважаючи на відносну толерантність сосни до посухи, її чутливість до цього чинника на ранніх стадіях розвитку є досить високою (Кузнецова, 2010).

У зв'язку з викладеним, метою роботи було дослідження впливу передпосівної обробки седаксаном на стійкість сіянців сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) до біотичного (інфекційне вилягання) і абіотичного (штучна посуха) стресорів у лабораторній ґрунтовій культурі.

МЕТОДИКА

Насіння сосни звичайної висівали по 300 насінин у пластикові кювети із супіщаним лісовим ґрунтом з умов В₂дС. Вирощування сіянців проводили за температури 20±2°C, відносної вологості повітря 60±10%, освітленості 6 клк (фотоперіод 14 год) з помірним щоденним поливом для підтримання відносної вологості субстрату на рівні 70-80% від повної вологоємності (Карпец и др., 2014).

Передпосівну обробку седаксаном проводили шляхом занурювання насіння у відповідні розчини у діапазоні концентрацій 0,001-10 г/л на 1 год з подальшим просушуванням на фільтрувальному папері перед висівом.

Кількість сіянців, неуражених збудниками інфекційного вилягання, знаходили шляхом суцільного обліку у кожному біологічному повторенні. Висоту вираховували як середню арифметичну величину вимірів 30 сіянців або ж, при залишку меншої кількості, всіх сіянців біологічного повторення. Кількість неуражених сіянців та висоту визначали, починаючи з 20-ї доби після висіву насіння у ґрунт з інтервалом у 10 днів до 60-ї доби спостережень, після якої, зазвичай, інфекційне вилягання припиняється через початок інтенсивної лігніфікації тканин сіянців сосни (Карпец и др., 2014).

Штучну посуху створювали протягом 10 діб, починаючи з 20-ї доби після висіву насіння, шляхом зменшення інтенсивності поливу з поступовим зниженням відносної вологості ґрунту до 25-30 % від повної вологоємності (Карпец и др., 2016).

При визначенні сирової і сухої маси надземної частини рослин та показників водного балансу з кожного біологічного повторення відбирали по 50 сіянців. Для визначення водного дефіциту рослинний матеріал поміщали у кювети з дистильованою водою на 2 год без доступу світла для повного насичення тканин водою (Карпец и др., 2016).

Експерименти проводили незалежно двічі з чотирма біологічними повтореннями в кожному. На рисунках наведені середні значення та їх стандартні похибки. Достовірність відмінностей оцінювали за *t*-критерієм Стьюдента. Достовірною вважалась різниця при $P \leq 0,05$, різниця на рівні тенденцій – при $P \leq 0,1$.

РЕЗУЛЬТАТИ

Ростові ефекти седаксану. Обробка насіння седаксаном в концентраціях діапазону 0,001-1 г/л підвищувала ґрунтову схожість, яку

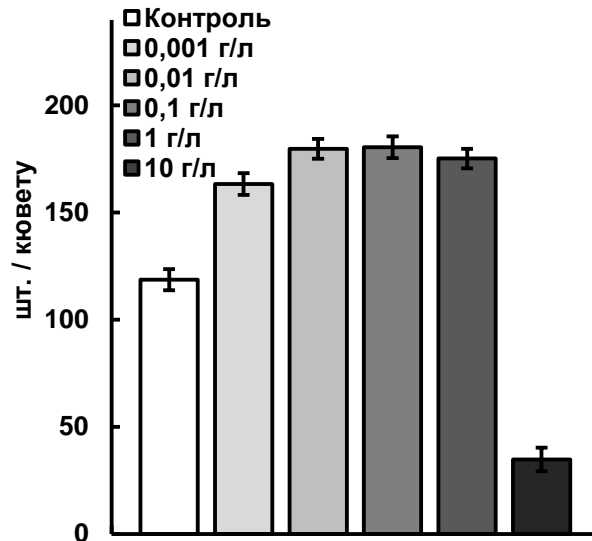


Рис. 1. Вплив седаксану на ґрунтову схожість сосни звичайної на 10 добу від посіву.

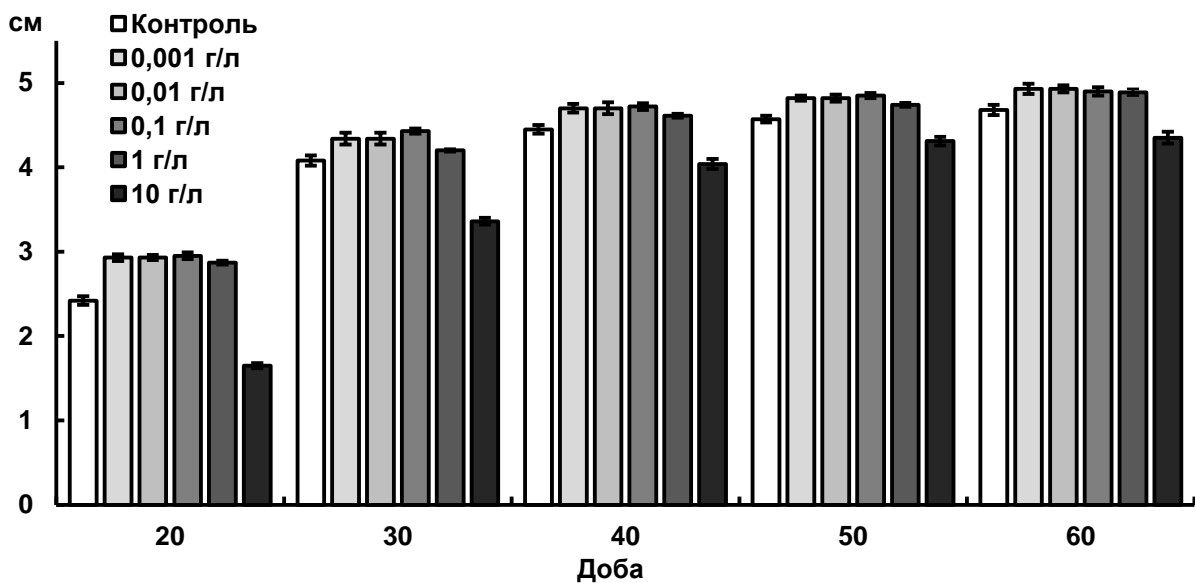


Рис. 2. Вплив седаксану на ріст у висоту сіянців сосни звичайної.

оцінювали на 10 добу від посіву (рис. 1). Концентрація 10 г/л істотно пригнічувала проростання насіння.

Під впливом седаксану в концентраціях від 0,001 до 1 г/л посилювався ріст сіянців сосни у висоту (рис. 2). Особливо помітною різниця між дослідними і контрольним варіантами була на початку експерименту, далі такий ефект дещо знижувався, але залишався достовірним. Концентрація седаксану 10 г/л чинила негативний вплив на ріст сіянців протягом всього експерименту (рис. 2).

У варіантах з обробкою насіння седаксаном у нетоксичних концентраціях відзначалася

тенденція до підвищення сирої маси сіянців, при цьому проявлявся достовірний позитивний вплив седаксану у варіантах з концентраціями 0,01, 0,1 та 1 г/л на накопичення сухої біомаси (рис. 3).

Вплив седаксану на інфекційне вилягання сіянців. Значне підвищення стійкості до інфекційного вилягання порівняно з контролем було виявлене у варіантах з концентраціями седаксану 0,01, 0,1 та 1 г/л (рис. 4). Концентрація 0,001 г/л чинила відносно невеликий позитивний ефект, а 10 г/л виявляла найбільший захисний ефект проти грибних уражень, хоча і на фоні пригнічення проростання насіння і росту

ВПЛИВ СЕДАКСАНУ НА РІСТ І СТІЙКІСТЬ

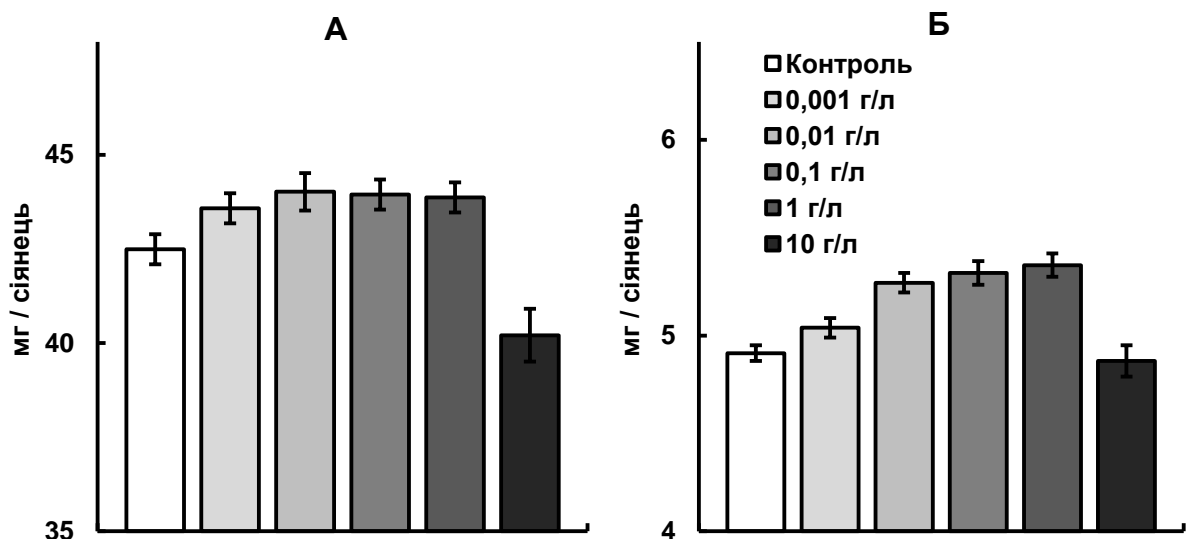


Рис. 3. Вплив седаксану на нагромадження сирії (А) та сухої (Б) маси сіянцеїв сосни звичайної.

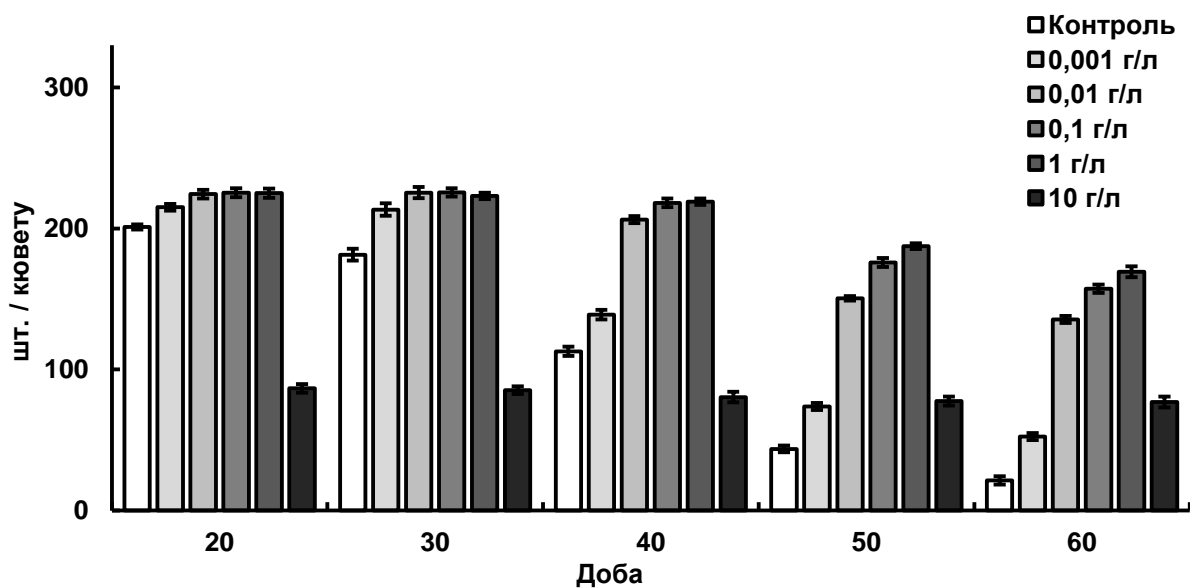


Рис. 4. Вплив седаксану на ураженість сіянцеїв сосни звичайної інфекційним виляганням.

сіянцеїв у висоту (рис. 1-3). За оптимальних концентрацій седаксану (0,01, 0,1 та 1 г/л), що не пригнічували проростання насіння і ріст сіянцеїв, їх збереженість була у 6-7 разів вищою порівняно з контролем (рис. 4, 5).

Вплив седаксану на стійкість сіянцеїв до ґрунтової посухи. За умов штучної посухи позитивний вплив седаксану на лінійний ріст сіянцеїв виявлявся у концентраціях від 0,001 до 1 г/л (рис. 6). Найвища концентрація 10 г/л сама по собі пригнічувала ріст у висоту (рис. 1), але значною мірою сприяла його збереженню за умов посухи (рис. 6). При цьому видимий пози-

тивний ефект та тургоресцентність сіянцеїв виявляли концентрації седаксану від 0,01 до 10 г/л (рис. 7). Седаксан в усіх нетоксичних концентраціях позитивно впливав на накопичення сирії і сухої маси (рис. 8). Обробка насіння седаксаном у концентраціях 0,01-1 г/л підвищувала оводненість сіянцеїв (рис. 9, А). За впливу седаксану в усьому діапазоні концентрацій відзначалося зниження показника водного дефіциту за умов посухи, при цьому таке зниження було пропорційним величині використовуваної концентрації (рис. 9, Б).



Контроль C0,001г/л C0,01г/л C0,1г/л C1г/л C10г/л

Рис. 5. Стан сіянців сосни звичайної за впливу седаксану на 60 добу експерименту з вивчення індукування стійкості проти інфекційного вилягання
Тут і на рис. 7: С – седаксан.

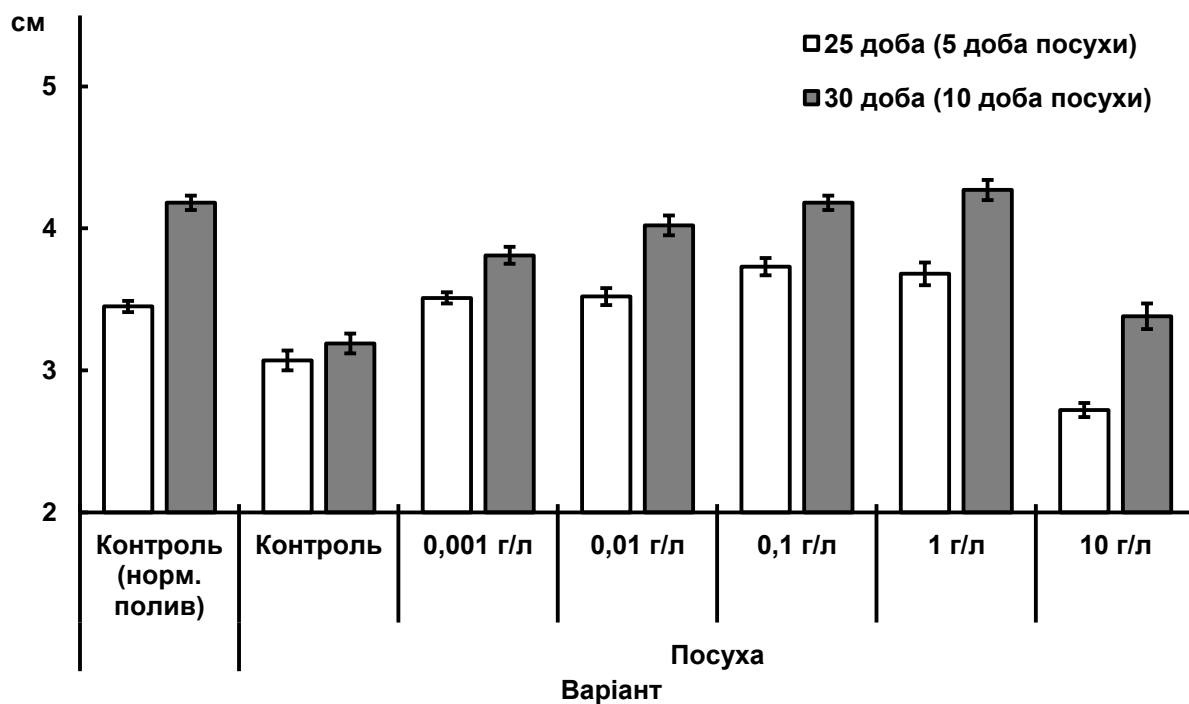


Рис. 6. Вплив седаксану на ріст у висоту сіянців сосни звичайної за нормального поливу і за дії посухи.



Контроль Контроль C0,001г/л C0,01г/л C0,1г/л C1г/л C10г/л
норм. полив за впливу посухи

Рис. 7. Стан сіянців сосни звичайної на кінець 10-денної посухи.

ВПЛИВ СЕДАКСАНУ НА РІСТ І СТІЙКІСТЬ

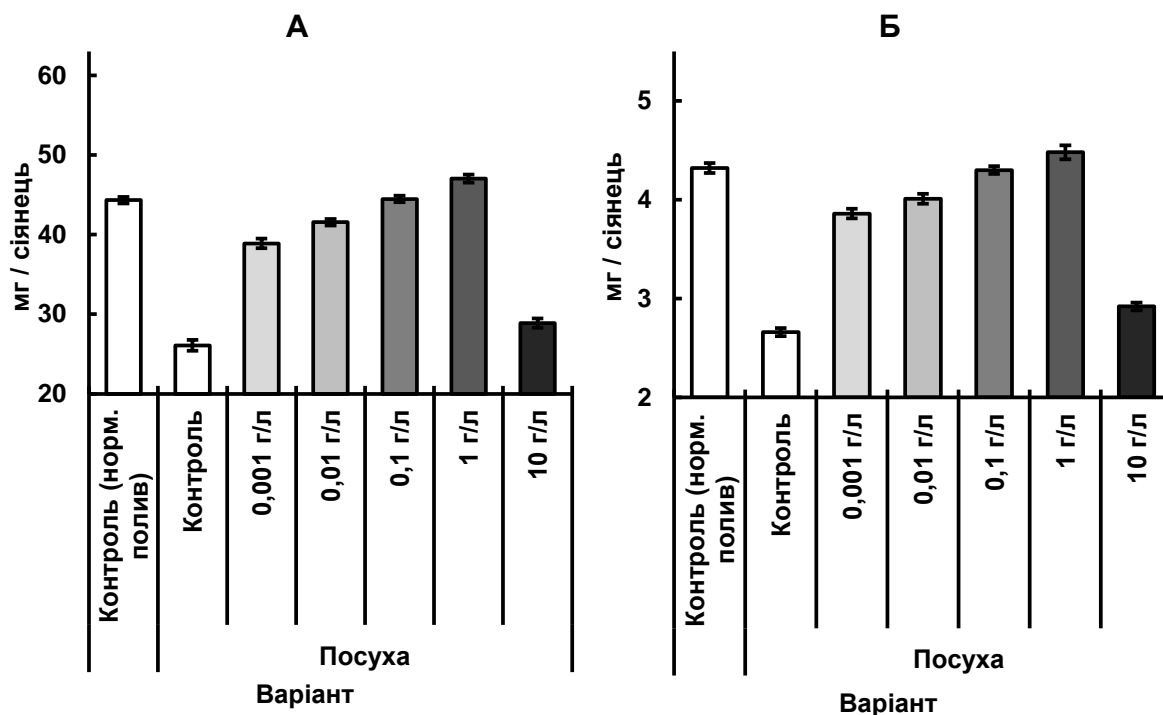


Рис. 8. Вплив седаксану на сиру (А) і суху (Б) масу надземної частини сіянців сосни звичайної на кінець 10-денної посухи.

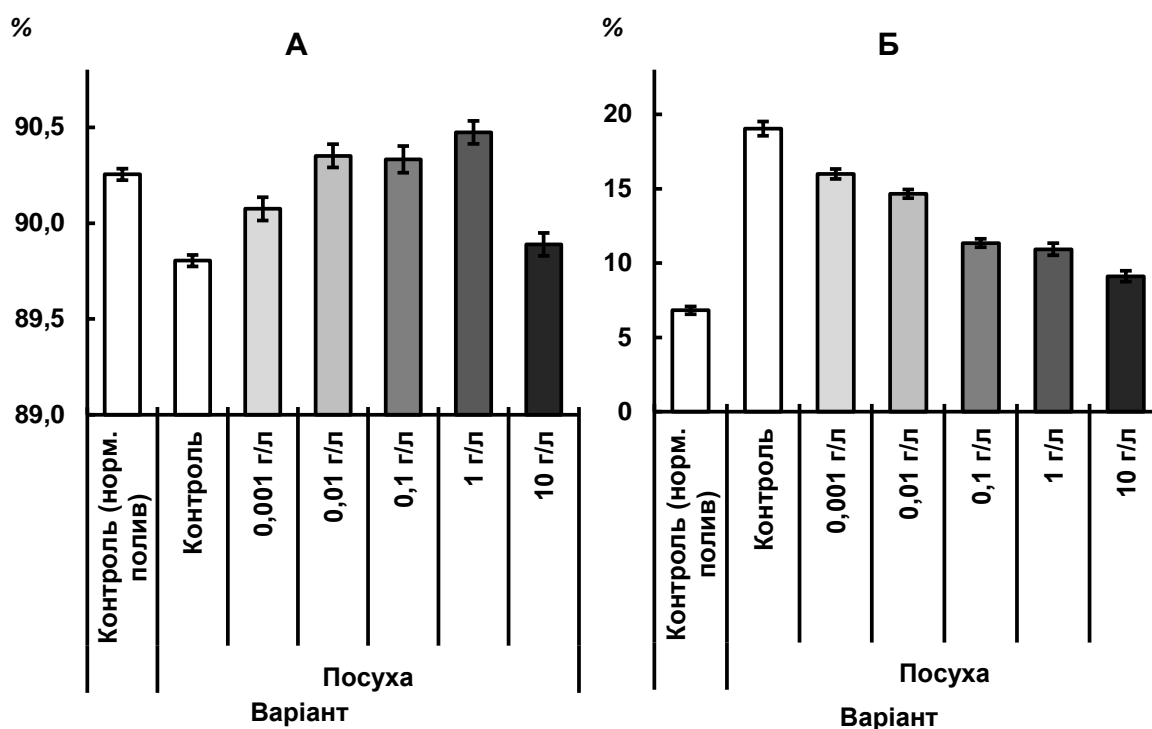


Рис. 9. Вплив седаксану на оводненість (А) та водний дефіцит (Б) сіянців сосни звичайної за нормального поливу і за дії 10-денної посухи.

ОБГОВОРЕННЯ

Проведені дослідження показали позитивний вплив седаксану як на стійкість до збудників інфекційного вилягання (власне, фунгі-

цидний ефект), так і на ріст неуражених рослин та їх стійкість до ґрунтової посухи. Отже, можна констатувати, що його ефекти не обмежуються лише фунгіцидною дією.

В окремих дослідженнях, проведених на трав'янистих сільськогосподарських рослинах, отримано дані, що свідчать про прояв фізіологічної активності семаксану щодо рослин. Зокрема, як відзначалося, ростові ефекти, отримані на рослинах кукурудзи, дозволяють констатувати наявність у семаксану, принаймні феноменологічних проявів ауксинової і гіберелінової активності (Dal Cortivo et al., 2017). Як відомо, ауксин відіграє важливу роль у розвитку кореневої системи рослин (Overvoorde et al., 2010). Гібереліни чинять позитивний вплив на подовження коренів і розвиток надземної частини рослин (Fleet, Sun, 2005).

Іншою причиною позитивного впливу семаксану на рослини може бути модифікація ним активності сукцинатдегідрогенази. Встановлено, що семаксан може впливати не тільки на сукцинатдегідрогеназу грибів, а й рослин різної таксономічної належності (Avenot, Michailides, 2010; Колупаев и др., 2017). Сукцинатдегідрогеназа може бути одним із джерел утворення активних форм кисню (АФК) в мітохондріях. Цей фермент постачає електрони в дихальний ланцюг через убіхінон. Сукцинатдегідрогеназа усіх організмів складається з чотирьох компонентів: флавопротеїду (SDH 1), Fe-S-субодиниць (SDH 2) і двох мембраноанкерних субодиниць (SDH 3 і SDH 4) (Millar et al., 2011). При цьому припускають, що флавін виступає як джерело генерації АФК (Quinlan et al., 2012).

У рослин арабідопсису точкова мутація за геном, що кодує SDH 1-1, одну з субодиниць сукцинатдегідрогенази, спричиняла зниження активності ферменту і одночасне зменшення вмісту АФК в клітинах (Gleason et al., 2011). У трансгенних рослин томату з експресією фрагмента гена SDH 2-2 в антисенсовій орієнтації і низькою активністю сукцинатдегідрогенази підвищувалася інтенсивність фотосинтезу (Araujo et al., 2011).

За впливу семаксану на проростки пшениці у них зареєстровано зниження активності сукцинатдегідрогенази, зменшення утворення пероксиду водню і зменшення накопичення продукту пероксидного окиснення ліпідів за умов осмотичного стресу (Колупаев и др., 2017). Можливо, що пригнічення сукцинатдегідрогенази у стресових умовах може призводити до зменшення розвитку окиснювального стресу, пов'язаного з функціонуванням мітохондрій.

Зрештою, ще однією складовою позитивного впливу семаксану на рослини за стресових

умов може бути його здатність активувати фермент ланіламаноніліази і, як наслідок, накопичення фенольних сполук (Dal Cortivo et al., 2017). Як відомо, ці сполуки мають антиоксидантні властивості, крім того, вони можуть брати участь у зміцненні клітинних стінок, що важливо для стійкості рослин як до абіотичних, так і біотичних стресорів.

Таким чином, у даній роботі вперше виявлено рістстимулюючі і стрес-протекторні ефекти семаксану на молоді рослини сосни звичайної. Встановлено підвищення стійкості сіянців до інфекційного вилягання за обробки насіння семаксаном у концентраціях діапазону 0,01-1 г/л. За умов посухи передпосівна обробка насіння семаксаном у цьому ж діапазоні концентрацій позитивно впливала на показники росту рослин та водного балансу. Отримані феноменологічні дані є підставою для подальших досліджень впливу семаксану на редокс-процеси, первинний і вторинний метаболізм сполук, пов'язаних із відповіддю рослин на дію стресових факторів.

ЛІТЕРАТУРА

- Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні (доповнення від 05.06.2019 згідно вимог постанови Кабінету Міністрів України від 21.11.2007 № 1328). <https://data.gov.ua/dataset/389ddb5a-ac73-44bb-9252-f899e4a97588>
- Карпець Ю.В., Вайнер А.О., Обозний О.І., Ястреб Т.О. 2014. Індукування стійкості сіянців сосни звичайної до інфекційного вилягання дією ектогенної саліцилової кислоти. Вісн. Харків. нац. аграрн. ун-ту. Сер. Біологія. 2 (32) : 63-69.
- Карпець Ю.В., Колупаев Ю.Е., Григоренко Д.А., Фирсова Е.Н. 2016. Реакция растений ячменя различных генотипов на почвенную засуху и действие донора оксида азота. Вісн. Харків. нац. аграрн. ун-ту. Сер. Біологія. 2 (38) : 94-105.
- Колупаев Ю.Е., Карпець Ю.В., Ястреб Т.О., Фирсова Е.Н. 2017. Защитное действие ингибиторов сукцинатдегидрогеназы на проростки пшеницы при осмотическом стрессе. Прикл. биохимия и микробиология. 53 (3) : 316-322.
- Кузьмичев Е.П., Соколова Э.С., Мозолевкая Е.Г. 2004. Болезни древесных растений: Справочник. Москва : 120 с.
- Соколова Э.С., Галасьева Т.В. 2005. Грибные болезни хвойных пород в питомниках и молодняках. Москва : 43 с.
- Araujo W.L., Nunes-Nesi A., Osorio S., Usadel B., Fuentes D., Nagy R., Balbo I., Lehmann M., Studart-Witkowski C., Tohge T., Martinoia E., Jordana X., DaMatta F.M., Fernie A.R. 2011. Antisense inhibition of the iron-sulphur subunit of suc-

- cinatase dehydrogenase enhances photosynthesis and growth in tomato via an organic acid-mediated effect on stomatal aperture. *Plant Cell*. 23 (2) : 600-627. doi: 10.1105/tpc.110.081224
- Avenot H. F., Michailides T. J. 2010. Progress in understanding molecular mechanisms and evolution of resistance to succinate dehydrogenase inhibiting (SDHI) fungicides in phytopathogenic fungi. *Crop Prot.* 29 : 643-651. doi: 10.1016/j.cropro.2010.02.019
- Bozzo S., Serra L., Sforza T., Gualco A. 2014. Sedaxane, a new fungicide for seed treatment of wheat, barley, triticale, rye and oat. *Atti, Giornate Fitopatologiche, Chianciano Terme (Siena), 18-21 marzo 2014, Volume secondo* : 21-30.
- Dal Cortivo C., Conselvan G.B., Carletti P., Barion G., Sella L., Vamerli T. 2017. Biostimulant effects of seed-applied sedaxane fungicide: morphological and physiological changes in maize seedlings. *Front. Plant Sci.* 8 : 2072. doi: 10.3389/fpls.2017.02072
- Ebbinghaus D., Häuser-Hahn I., Dittgen J. 2010. Use of succinate dehydrogenase inhibitors for increasing the resistance of plants or parts of plants to abiotic stress. U.S. Patent Application No. 12/786,663. <https://www.google.com/patents/US20100324101>
- Fleet C. M., Sun T.-P. 2005. A DELLAcate balance: the role of gibberellin in plant morphogenesis. *Curr. Opin. Plant Biol.* 8 : 77-85. doi: 10.1016/j.pbi.2004.11.015
- Gleason C., Huang S., Thatcher L., Foley R.C., Anderson C.R., Carroll A.J., Millar A.H., Singh K.B. 2011. Mitochondrial complex II has a key role in mitochondrial-derived reactive oxygen species influence on plant stress gene regulation and defense. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 108 (26) : 10768-10773. doi: 10.1073/pnas.1016060108
- Jeschke P. 2016. Progress of modern agricultural chemistry and future prospects. *Pest. Manag. Sci.* 72 : 433-455. doi: 10.1002/ps.4190
- Lamberth C., Dinges J. (Eds.). 2016. Bioactive carboxylic compound classes: pharmaceuticals and agrochemicals. John Wiley & Sons : 505 p.
- Millar A.H., Whelan J., Soole K.L., Day D.A. 2011. Organization and regulation of mitochondrial respiration in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 62 : 79-104. doi: 10.1146/annurev-arplant-042110-103857
- Ogawa M., Kawai Y. 2012. Fungicidal composition and method for controlling plant diseases : U.S. Patent Application No. 14/130,621.
- Overvoorde P., Fukaki H., Beeckman T. 2010. Auxin control of root development. *Cold Spring Harb. Perspect. Biol.* 2 : a001537. doi: 10.1101/cshperspect.a001537
- Polson G., Valcke A., Hughes A., Jourden J., Prioli M.R., Zheng Q. 2017. Succinate dehydrogenase inhibitor containing compositions : U.S. Patent Application No. 15/394,020
- Quinlan C.L., Orr A.L., Perevoshchikova I.V., Treberg J.R., Ackrell B.A., Brand M.D. 2012. Mitochondrial complex ii can generate reactive oxygen species at high rates in both the forward and reverse reactions. *J. Biol. Chem.* 287 (32) : 27255-27264. doi: 10.1074/jbc.M112.374629
- Rheinheimer J. 2012. Succinate dehydrogenase inhibitors. *Modern Crop Protection Compounds*. Wiley-VCH, Weinheim, Germany. 2 : 627-639.
- Walter H., Tobler H., Gribkov D., Corsi C. 2015. Sedaxane, Isopyrazam and Solatenol™: novel broad-spectrum fungicides inhibiting succinate dehydrogenase (SDH) – synthesis challenges and biological aspects. *Chimia (Aarau)*. 69 (7-8) : 425-434. doi: 10.2533/chimia.2015.425
- Wickramasinghe P., Bhuiyan S.A., Croft B.J. 2015. Efficacy of new chemicals to control pineapple sett rot of sugarcane. *Proc. Aust. Soc. Sugar. Cane. Technol.* 37 : 1-7. 14/442,507.

REFERENCES

- State Register of Pesticides and Agrochemicals Permitted for Use in Ukraine (additions from 05.06.2019 in accordance with requirements of Resolution of Cabinet of Ministers of Ukraine from 21.11.2007 No. 1328). <https://data.gov.ua/dataset/389ddb5a-ac73-44bb-9252-f899e4a97588>
- Karpets Yu.V., Vayner A.A., Oboznyi O.I., Yastreb T.O. 2014. Induction of resistance of seedlings of Scotch pine to infectious damping-off (fusarial wilt) by influence of exogenous salicylic acid. *Visn. Hark. nac. agrar. univ., Ser. Biol.* 2 (32) : 63-69.
- Karpets Yu.V., Kolupaev Yu.E., Grigorenko D.O., Firsova K.M. 2016. Response of barley plants of various genotypes to soil drought and influence of nitric oxide donor. *Visn. Hark. nac. agrar. univ., Ser. Biol.* 2 (38) : 94-105.
- Kolupaev Yu.E., Firsova E.N., Yastreb T.O., Lugovaya A.A. 2017. The participation of calcium ions and reactive oxygen species in the induction of antioxidant enzymes and heat resistance in plant cells by hydrogen sulfide donor. *Appl. Biochem. Microbiol.* 53 (3) : 573-579. doi: 10.1134/S0003683817050088
- Kuzmichev E.P., Sokolova E.S., Mozolevkaya E.G. 2004. Diseases of woody plants: a handbook. Moscow : 120 p.
- Sokolova E.S., Galaseva T.V. 2005. Fungal diseases of conifers in nurseries and youngsters. Moscow : 43 p.
- Araujo W.L., Nunes-Nesi A., Osorio S., Usadel B., Fuentes D., Nagy R., Balbo I., Lehmann M., Studart-Witkowski C., Tohge T., Martinoia E., Jordana X., DaMatta F.M., Fernie A.R. 2011. Antisense inhibition of the iron-sulphur subunit of succinate dehydrogenase enhances photosynthesis and growth in tomato via an organic acid-mediated ef-

- fect on stomatal aperture. *Plant Cell*. 23 (2) : 600-627. doi: 10.1105/tpc.110.081224
- Avenot H. F., Michailides T. J. 2010. Progress in understanding molecular mechanisms and evolution of resistance to succinate dehydrogenase inhibiting (SDHI) fungicides in phytopathogenic fungi. *Crop Prot.* 29 : 643-651. doi: 10.1016/j.cropro.2010.02.019
- Bozzo S., Serra L., Sforza T., Gualco A. 2014. Sedaxane, a new fungicide for seed treatment of wheat, barley, triticale, rye and oat. *Atti, Giornate Fitopatologiche, Chianciano Terme (Siena), 18-21 marzo 2014, Volume secondo* : 21-30.
- Dal Cortivo C., Conselvan G.B., Carletti P., Barion G., Sella L., Vamerli T. 2017. Biostimulant effects of seed-applied sedaxane fungicide: morphological and physiological changes in maize seedlings. *Front. Plant Sci.* 8 : 2072. doi: 10.3389/fpls.2017.02072
- Ebbinghaus D., Häuser-Hahn I., Dittgen J. 2010. Use of succinate dehydrogenase inhibitors for increasing the resistance of plants or parts of plants to abiotic stress. U.S. Patent Application No. 12/786,663. <https://www.google.com/patents/US20100324101>
- Fleet C. M., Sun T.-P. 2005. A DELLAcate balance: the role of gibberellin in plant morphogenesis. *Curr. Opin. Plant Biol.* 8 : 77-85. doi: 10.1016/j.pbi.2004.11.015
- Gleason C., Huang S., Thatcher L., Foley R.C., Anderson C.R., Carroll A.J., Millar A.H., Singh K.B. 2011. Mitochondrial complex II has a key role in mitochondrial-derived reactive oxygen species influence on plant stress gene regulation and defense. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 108 (26) : 10768-10773. doi: 10.1073/pnas.1016060108
- Jeschke P. 2016. Progress of modern agricultural chemistry and future prospects. *Pest. Manag. Sci.* 72 : 433-455. doi: 10.1002/ps.4190
- Lamberth C., Dinges J. (Eds.). 2016. Bioactive carboxylic compound classes: pharmaceuticals and agrochemicals. John Wiley & Sons : 505 p.
- Millar A.H., Whelan J., Soole K.L., Day D.A. 2011. Organization and regulation of mitochondrial respiration in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 62 : 79-104. doi: 10.1146/annurev-arplant-042110-103857
- Ogawa M., Kawai Y. 2012. Fungicidal composition and method for controlling plant diseases : U.S. Patent Application No. 14/130,621.
- Overvoorde P., Fukaki H., Beeckman T. 2010. Auxin control of root development. *Cold Spring Harb. Perspect. Biol.* 2 : a001537. doi: 10.1101/cshperspect.a001537
- Polson G., Valcke A., Hughes A., Jourden J., Prioli M.R., Zheng Q. 2017. Succinate dehydrogenase inhibitor containing compositions : U.S. Patent Application No. 15/394,020
- Quinlan C.L., Orr A.L., Perevoshchikova I.V., Treberg J.R., Ackrell B.A., Brand M.D. 2012. Mitochondrial complex ii can generate reactive oxygen species at high rates in both the forward and reverse reactions. *J. Biol. Chem.* 287 (32) : 27255-27264. doi: 10.1074/jbc.M112.374629
- Rheinheimer J. 2012. Succinate dehydrogenase inhibitors. *Modern Crop Protection Compounds*. Wiley-VCH, Weinheim, Germany. 2 : 627-639.
- Walter H., Tobler H., Gribkov D., Corsi C. 2015. Sedaxane, Isopyrazam and Solatenol™: novel broad-spectrum fungicides inhibiting succinate dehydrogenase (SDH) – synthesis challenges and biological aspects. *Chimia (Aarau)*. 69 (7-8) : 425-434. doi: 10.2533/chimia.2015.425
- Wickramasinghe P., Bhuiyan S.A., Croft B.J. 2015. Efficacy of new chemicals to control pineapple sett rot of sugarcane. *Proc. Aust. Soc. Sugar. Cane. Technol.* 37 : 1-7. 14/442,507.

Надійшла до редакції
11.05.2019 р.

**INFLUENCE OF SEDAXANE ON GROWTH AND RESISTANCE
OF SEEDLINGS OF SCOTCH PINE TO ROOT ROT DISEASE
AND SOIL DROUGHT**

Yu. V. Karpets, M. A. Shkliarevskyi

*Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University
(Kharkiv, Ukraine)*

E-mail: plant_biology@ukr.net

Sedaxane (mixture of *trans*- and *cis*-isomers of N-[2-(1,1'-bicyclopropyl)-2-ylphenyl]-3-(difluoromethyl)-1-methyl-1-H-pyrazole-4-carboxamide) is the synthetic compound with perfectly expressed fungicide properties. There are data not only about its contact action but also about the systemic effects due to the absorption by some organs of plants and transportation through conducting tissues to other organs. On the number of species of grassy cultivated plants it is established the positive effect of Sedaxane on their resistance not only to fungal diseases, but also to abiotic stressors. At the same time, the possible effects of Sedaxane on woody species (including coniferous) re-

ВПЛИВ СЕДАКСАНУ НА РІСТ І СТІЙКІСТЬ

main unexplored. In general the phenomenology of the physiological effects of Sedaxane on plants is also low-investigated. The effect of pre-sowing treatment of seed on the resistance of seedlings of Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.) to root rot disease (on natural infectious background) and soil drought (decrease of relative humidity of soil to 25-30 % of full water capacity) was studied. The significant increase in the resistance to root rot disease was established at treatment of seeds with Sedaxane in the range of concentrations of 0,01-1 g/L. In the condition of 10-day drought, pre-sowing treatment of seeds with Sedaxane in the same range of concentrations positively influenced the indicators of linear growth of plants, raised the accumulation of fresh and dry masses by plants, increased the hydration and reduced the water deficit. The conclusion about the perspective of use of Sedaxane to the increase of resistance of seedlings of Scotch pine to biotic and abiotic stresses is made. Possible mechanisms of its stress-protective influence are discussed.

Key words: *Pinus sylvestris, Sedaxane, root rot disease, drought, growth, resistance*

ВЛИЯНИЕ СЕДАКСАНА НА РОСТ И УСТОЙЧИВОСТЬ СЕЯНЦЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ К ИНФЕКЦИОННОМУ ПОЛЕГАНИЮ И ПОЧВЕННОЙ ЗАСУХЕ

Ю. В. Карпец, М. А. Шкляревский

*Харьковский национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева
(Харьков, Украина)
E-mail: plant_biology@ukr.net*

Седаксан (смесь *транс*- и *цис*-изомеров N-[2-(1,1'-бициклопропил)-2-илфенил]-3-(дифторометил)-1-метил-1-Н-пиразол-4-карбоксамида) – синтетическое вещество с четко выраженными фунгицидными свойствами. Есть сведения не только о его контактном действии, но и о системном влиянии за счет поглощения одними органами растений и транспортировки через проводящие ткани к другим органам. На ряде видов травянистых культурных растений установлено его положительное влияние на их устойчивость не только к грибным болезням, но и к абиотическим стрессорам. В то же время возможные эффекты седаксана на древесных (в том числе хвойных) остаются неисследованными. Мало исследована и феноменология физиологического действия седаксана на растения в целом. Изучали влияние предпосевной обработки семян седаксаном на устойчивость сеянцев сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) к инфекционному полеганию (на естественном инфекционном фоне) и почвенной засухе (снижение относительной влажности почвы до 25-30 % от полной влагоемкости). Установлено значительное повышение устойчивости к инфекционному полеганию при обработке семян седаксаном в концентрациях диапазона 0,01-1 г/л. В условиях влияния 10-дневной засухи предпосевная обработка семян седаксаном в этом же диапазоне концентраций положительно влияла на показатели линейного роста растений, повышала накопление растениями сырой и сухой масс, увеличивала оводненность и уменьшала водный дефицит. Сделан вывод о перспективности использования седаксана для повышения устойчивости сеянцев сосны обыкновенной к биотическим и абиотическим стрессорам. Обсуждаются возможные механизмы его стресс-протекторного действия.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris, седаксан, инфекционное полегание, засуха, рост, устойчивость*