

**I. М. Бобось**

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри овочівництва і закритого ґрунту,
Національний університет біоресурсів і природокористування України
(м. Київ, Україна)
E-mail: irinabobos@ukr.net

О. О. Комар

кандидат сільськогосподарських наук,
старший викладач кафедри овочівництва
і закритого ґрунту,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України
(м. Київ, Україна)
E-mail: komaroff201519@gmail.com



ФЕНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ ТЕТРАГОНОЛОБУСА ПУРПУРОВОГО (TETRAGONOLOBUS PURPUREUS MOENCH.) ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕРМІНІВ СІВБИ

Оптимізація термінів сівби є ключовим фактором для підвищення врожайності, оскільки вона вимагає індивідуального підходу до управління кожним полем з урахуванням погодних умов та фаз розвитку рослин. Метою дослідження було з'ясувати, як різні терміни сівби тетрагонолобуса впливають на строки та на швидкість проходження основних фаз розвитку рослин та як ці процеси залежать від генетичних особливостей рослин та умов вирощування в Київській області. Для вивчення поставленого завдання було використано комплекс методів, що включав польові дослідження – елементів технології вирощування, використання візуальних спостережень – дозволило детально описати особливості росту та розвитку рослин, та статистичний аналіз – дав змогу кількісно оцінити вплив різних факторів на ці процеси. Залежно від варіанту досліду сходи тетрагонолобуса спостерігали з 18 травня до 16 червня. Найкоротший термін сівба-сходи (11 діб) відмічено за посіву в пізньовесняній 2-й та літній термін. За контрольного терміну сівби сходи отримали на 30 добу. Початок цвітіння припав на період з 17 червня до 6 липня, а технічна стиглість – з 26 червня до 11 липня, і біологічна стиглість – з 8 липня до 25 липня. Для літньої сівби був зафіксований найкоротший вегетаційний період (39 діб), а найдовший (51 добу) – для ранньовесняної. Дослідження показало, що терміни сівби значно впливали на тривалість фенологічних фаз. Ранні терміни сівби порівняно з пізніми характеризувалися більш тривалим проходженням міжфазних періодів розвитку рослин. Встановлено, що для повного циклу розвитку тетрагонолобуса від сівби до дозрівання бобів було необхідно забезпечити суму ефективних температур (понад 10 °C) в межах 561,3–580,5 °C з кількістю опадів 60,3–149,9 мм. Результати дослідження є науково обґрунтованою основою для розробки рекомендацій щодо вирощування тетрагонолобуса в умовах Київщини, що дозволить підвищити врожайність та якість продукції.

Ключові слова: тетрагонолобус, сівба, сходи, цвітіння, вегетаційний період, сума температур та опадів.

I. M. Bobos

PhD in Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Vegetable Crops and Greenhouses,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
E-mail: irinabobos@ukr.net

O. O. Komar

PhD in Agricultural Sciences,
Senior Lecturer at the Department of Vegetable Crops and Greenhouses,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)
E-mail: komaroff201519@gmail.com

PHENOLOGICAL ASPECTS OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF TETRAGONOLOBUS PURPUREUS (TETRAGONOLOBUS PURPUREUS MOENCH.) DEPENDING ON THE SOWING TIME

Optimization of sowing dates is a key factor in increasing yields, as it requires an individual approach to managing each field, taking into account weather conditions and plant development stages. The aim of the study was to find out how different sowing dates of tetragonolobus affect the timing and speed of the main phases of plant development and how these processes depend on the genetic characteristics of plants and growing conditions in the Kyiv region. To study this task, a set of methods was used, including field research – elements of growing technology, visual observations – to describe in detail the features of plant growth and development, and statistical analysis – to quantify the impact of various factors on these processes. Depending on the variant of the experiment, tetragonolobus seedlings were observed from May 18 to June 16. The shortest sowing-emergence period (11 days) was observed when sowing in the late spring 2nd and summer terms. Under the control sowing period, the seedlings appeared on the 30th day. The beginning of flowering occurred from June 17 to July 6, and technical maturity – from June 26 to July 11, and biological maturity – from July 8 to July 25. The shortest vegetation period (39 days) was recorded for summer sowing, and the longest (51 days) for early spring sowing. The study showed that sowing dates significantly affect the duration of phenological phases. Early sowing compared to late sowing was characterized by a longer passage of interphase periods of plant development. It was found that for the full cycle of tetragonolobus development from sowing to bean maturation, it was necessary to ensure the sum of effective temperatures (over 10 °C) in the range of 561.3–580.5 °C and precipitation of 60.3–149.9 mm. The results of the study are a scientifically sound basis for developing recommendations for growing tetragonolobus in the Kyiv region, which will increase the yield and quality of products.

Key words: tetragonolobus, sowing, germination, flowering, vegetation period, temperature and precipitation.

Постановка проблеми. Вирощування недостатньо використовуваних багатих на білок бобових культур є одним з декількох важливих рішень для подолання дефіциту білка та продовольчої кризи, що загрожує у всьому світі, особливо в країнах, що розвиваються, де джерела високого вмісту білка, такі як м'ясо та зерно, є дефіцитними та дорогими [6]. Тетрагонолобус, наприклад, є багатоцільовою бобовою культурою завдяки своїй витривалості та високому вмісту білка, яку вирощують заради їстівного насіння, молодих бобів та коренів [13].

Обмежувачими факторами для вирощування бобових культур є специфічні вимоги до тривалості світлового дня, а також температури та опадів, головним чином під час проростання та цвітіння [5, 9]. Термін сівби є ключовим фактором, який впливає на всі етапи росту та розвитку овочевих культур: від проростання насіння і появи сходів до вегетативного росту, цвітіння, формування плодів та їхнього дозрівання [4].

Однак площа посівів тетрагонолобусу не збільшується порівняно з іншими бобовими культурами, головним чином через високу нестабільність врожайності. Це можна пояснити кількома факторами, пов'язаними з особливостями рослин (наприклад, фенологією, морфофізіологією), а також біотичними та абіотичними стресами [10].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Тетрагонолобус вирізняється високим вмістом білка, особливо в насінні (32–37%), а також у бобах (17–20%) та листках з квітами (5–15%). Крім того, він є багатим джерелом вітамінів (B₁, B₂, B₃, B₆, B₉, C, A, E) та мінералів (залізо, фосфор, калій, кальцій та інші) [17]. Насіння містить

14–25% жирів, переважно ненасичених (до 75%), серед яких олеїнова та лінолева кислоти становлять майже половину. Олія відрізняється високою окислювальною та термічною стабільністю, що робить її ціннішою за соєву [14, 18].

Крім високої харчової цінності, тетрагонолобус має значний фармакологічний потенціал. Він містить біологічно активні сполуки з широким спектром дії, включаючи антиоксидантну, протизапальну, антибактеріальну та інші. Ці властивості роблять його перспективною рослиною для використання в медицині та фармакології [3].

Термін сівби відіграє головну роль у збільшенні або зменшенні врожайності сільськогосподарських культур [16]. Занадто ранній термін сівби у непрогрітий ґрунт спричиняє затримку та нерівномірність появи сходів, тоді як запізнення із сівбою, пов'язане з ризиком весняної посухи [12].

У субтропічних і помірних широтах більшість сортів тетрагонолобусу (*P.tetragonolobus*) цвітуть дуже пізно і дають низькі врожаї через пригнічення фенологічного розвитку через довгий літній день. Це свідчить про пригнічення фотоперіоду в літні місяці. Більше того, за сприятливої довжини дня, цвітіння затримувалося, якщо температура навколишнього середовища опускалася нижче оптимальної, близько 26 °C [7]. В умовах Австралії цвітіння тетрагонолобусу розпочиналося в березні на 68–167 добу залежно від терміну сівби (24.10, 11.11, 11.12) [8]. Випробування, проведені в Огбомошо продемонстрували, що тривалість періоду від сівби до першого цвітіння коливалися в межах від 68 до 114 діб, тоді як початок масового цвітіння – від 78 до 121 доби [2].

Hussain (2022) рекомендує сівбу першого червня, хоча інші дослідники попереджають про можливі негативні наслідки пізніх термінів сівби через підвищений ризик ураження шкідниками та хворобами, а також через дефіцит вологи в ґрунті [11, 11, 15].

Метою статті є вивчення в умовах Київській області особливості росту та розвитку рослин тетрагонолобуса залежно від термінів сівби.

Методика дослідження. Впродовж 2014–2016 рр. на колекційних ділянках навчальної лабораторії "Флодоовочевий сад" НУБіП України, розташованій в Київській області, проводилися дослідження з метою вивчення впливу різних термінів сівби на ріст і розвиток місцевого зразка тетрагонолобуса пурпурового. Досліди здійснювалися за методикою однофакторних дослідів у трьох повтореннях. За контроль було прийнято сівбу в III декаді квітня. Насіння висівали у чотири терміни: 24 квітня (ранньовесняний), 8 травня (пізньовесняний 1-й), 23 травня (пізньовесняний 2-й) та 5 червня (літній). Глибина загортання насіння становила 2–3 см, а схема сівби – 45×15 см. Облікова площа 5 м². На кожній дослідній ділянці відбирали по 10 рослин для проведення регулярних спостережень [1].

Для оцінки динаміки розвитку рослин у кожному повторенні дослідів регулярно проводили фенологічні спостереження. Появу сходів фіксували на момент, коли над поверхнею ґрунту з'являлися сім'ядолі у 10–15% рослин, а повні сходи коли понад 75% рослин. Далі відзначали дати досягнення таких фаз розвитку, як початок цвітіння, технічна стиглість бобів та їхня повна біологічна стиглість.

Суму ефективних температур повітря підраховували за формулою:

$$\sum t_{\text{еф}} = (t_{\text{сер}} - B) * n, \quad (1)$$

де $\sum t_{\text{еф}}$ – сума ефективних температур повітря за період, °C, $t_{\text{сер}}$ – середня за період активна температура повітря, °C, B – біологічний мінімум, який у цьому дослідженні був прийнятий за 10 °C, n – кількість днів у періоді.

Основні результати дослідження. Найкоротший час від сівби до появи сходів (11 днів) спостерігався у варіантах, висіяних у III декаді травня та I декаді червня, що на 13 днів менше, ніж на контролі. Цей період характеризувався температурами (вище 10 °C) від 84,2 до 111 °C та кількістю опадів від 10,7 до 24,9 мм. За сівби в I декаді травня сходи з'явилися 23 травня, або на 15 добу після сівби. Водночас, погодні умови, які супроводжували період від сівби до появи сходів, характеризувалися середньою сумою ефективних температур 79,7 °C та кількістю опадів 71,9 мм (рис. 1). У разі сівби в III декаді квітня (контроль) сходи з'явилися 18 травня, а тривалість періоду сівба-сходи становила 24 доби (рис. 2). Сума температур (вище 10 °C) за цей фенологічний період становила 79,7 °C, а середня кількість опадів – 71,9 мм (рис. 3).

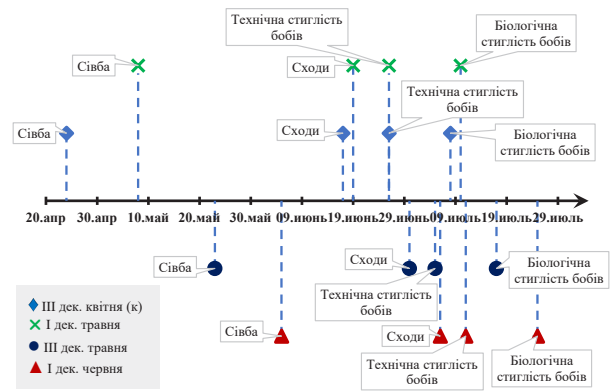


Рис. 1. Результати фенологічних спостережень за ростом і розвитком рослин тетрагонолобуса за різних термінів сівби (середнє за 2014–2016 рр.)

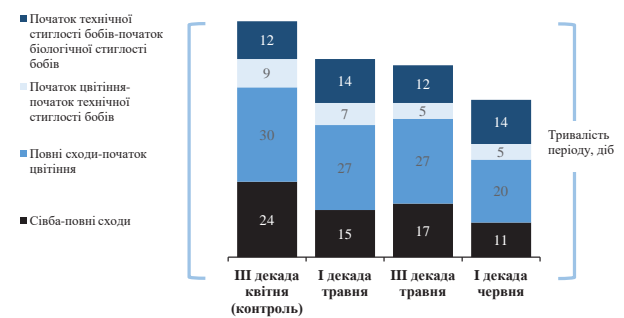


Рис. 2. Тривалість фенологічних фаз у рослин тетрагонолобуса за різних термінів сівби (середнє за 2014–2016 рр.)

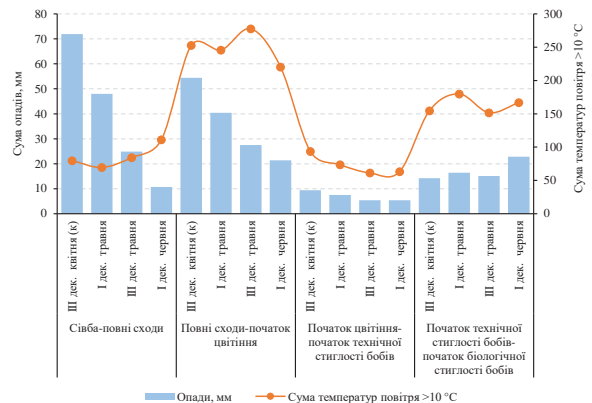


Рис. 3. Аналіз динаміки температур та опадів за вегетаційний період тетрагонолобуса (середнє за 2014–2016 рр.)

Початок цвітіння у рослин в межах дослідів спостерігали з 17 червня до 6 липня. За умов літнього терміну сівби період від появи сходів до початку цвітіння скоротився на 10 днів порівняно з ранньовесняним строком сівби, а за пізньовесняного 1-го та 2-го терміну лише на 3 доби. Період сходи-початок цвітіння проходив за суми температур (вище 10 °C) 220,3–277,7 °C, а кількість опадів становила 21,4–54,4 мм.

Виявлено, що найменша кількість днів від цвітіння до технічної стиглості бобів (5 днів) була

за сівби в III декаді травня та I декаді червня, який виявився меншим за контроль на 4 доби. За сівби у II декаді травня зазначений період скоротився на 2 доби порівняно з контролем. Сівба в III декаді квітня мала максимальну кількість діб від цвітіння до технічної стиглості бобів (9 діб).

Під час ранньовесняного та пізньовесняного 2-го терміну сівби зафіксовано найкоротший період від технічної до біологічної стиглості бобів (12 діб), тоді як у разі сівби за пізньовесняного 1-го терміну та літнього термінів спостерігався найдовший (14 діб). У період від технічної до біологічної стиглості бобів рослини розвивалися за сумою температур (вище 10° C) в інтервалі від 151,6 до 179,8 °C та кількістю опадів від 14,2 до 22,8 мм.

Дослідження впливу термінів сівби на тривалість вегетаційного періоду тетрагонолобуса показало, що найдовший період (51 доба) спостерігався за ранньовесняній сівбі. Зі зміщенням термінів сівби на пізніші дати відбувалося скорочення вегетаційного періоду. Найкоротший період (39 діб) був зафіксований за літньої сівби, що на 12 діб менше контрольного варіанту. Пізньовесняні 1-го та 2-го термінів сівби також продемонстрували скорочення вегетаційного періоду на 3–7 діб порівняно з контролем. Оптимальний ріст і розвиток тетрагонолобуса від сходів до дозрівання бобів безпосередньо залежав від забезпечення рослин необхідною кількістю тепла (450,3–500,8 °C) та вологи (48–78 мм).

За пізніх термінів сівби насіння тетрагонолобуса скорочувалась тривалість періодів до з'явлення сходів, цвітіння та технічної стиглості бобів. Водночас, за більш пізніх термінів сівби період від сходів до біологічної стиглості бобів значно виявився коротшим. Це пов'язано зі значно вищою температурою за оптимальну для рослин культури. Тому сівба тетрагонолобуса за пізніх термінів впливала на скоростиглість, тоді як за раннього терміну сівби, рослини зазнавали впливу мінімальних температур на етапах росту, що призвело до затримки фенологічних фаз росту та розвитку рослин.

Висновки. Адаптація тетрагонолобуса до кліматичних умов регіону вирощування має вирішальне значення для отримання стабільно високих врожаїв. Терміни сівби зумовлювали доступність температури (сума температур вище 10 °C – 561,3–580,5 °C) та вологи (60,3–149,9 мм) для рослин за період від сівби до біологічної стиглості бобів. Залежно від термінів сівби в межах досліді відмічено появу сходів з 18 травня до 16 червня, початок цвітіння – з 17 червня до 6 липня, технічну стиглість бобів – з 26 червня до 11 липня та біологічну стиглість бобів – з 8 до 25 липня. Зміщення термінів сівби до пізньовесняних та літніх порівняно з ранньою сівбою (III декада квітня) скорочувало тривалість вегетаційного розвитку на 3–12 діб.

Література

1. Бондаренко Г. Л., Яковенко К. І. Методика дослідної справи в овочівництві та баштанництві. Харків: Основа, 2001. 370 с.

2. Akeem L. B., Azeez M. A., Godfrey E., Akintunde R. I., Omogoye A. M., Kayode A. E. Screening winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC) Accessions using Agronomic characters. *Asian Journal of soil science and plant Nutrition*. 2019. Vol. 4, №. 3. P. 1–10. DOI: 10.9734/ajsspn/2019/v4i330048

3. Bassal H., Merah O., Ali A. M., Hijazi A., El Omar, F. *Psophocarpus tetragonolobus*: An underused species with multiple potential uses. *Plants*. 2020. Vol. 9, №. 12. P. 1730. DOI: 10.3390/plants9121730

4. Bobos I., Fedosiy, I. Zavadzka O., Komar O., Tonkha O., Furdyha M., Rucins A. Impact of sowing dates on the variability of different traits of fenugreek. *Rural Sustainability Research*. 2022. Vol. 47, №. 342. P. 37–46. DOI: 10.2478/plua-2022-0006

5. Bobos I., Komar O., Havrys I., Shemetun O., Kokoiko V. Ecological stability, plasticity, and adaptability of cowpea varieties (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. subsp. *sesquipedalis* (L.) Verdc.). *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27, №. 5. P. 68–78. DOI: 10.48077/sciHor5.2024.68

6. Cheng A., Raai M. N., Zain N. A. M., Massawe F., Singh A., Wan-Mohtar W. A. A. Q. I. In search of alternative proteins: unlocking the potential of underutilized tropical legumes. *Food Security*. 2019. Vol. 11. P. 1205–1215. DOI: 10.1007/s12571-019-00977-0

7. Eagleton G. Winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) cropping systems. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 2020. Vol. 21, №. 12. DOI: 10.13057/biodiv/d211258

8. EAGLETON G. E. A daylength-neutral winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) for Southern Australian latitudes. *Asian Journal of Agriculture*. 2022. Vol. 6, №. 2. DOI: 10.13057/asianjagric/060203

9. Gawęda D., Nowak A., Haliniarz M., Woźniak A. Yield and economic effectiveness of soybean grown under different cropping systems. *International journal of plant production*. 2020. Vol. 14, №. 3. P. 475–485. DOI: 10.1007/s42106-020-00098-1

10. Hansda N. N., Thapa U., Jana S. K. K. Growth and yields of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) genotypes in the new alluvial zone of West Bengal. *The Pharma Innovation Journal*. 2023. Vol. 12, №. 7. P. 234–239.

11. Hussain I., Ali M., Ghoneim A. M., Shahzad K., Farooq O., Iqbal S., Datta R. Improvement in growth and yield attributes of cluster bean through optimization of sowing time and plant spacing under climate change scenario. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2022. Vol. 29, №. 2, P. 781–792. DOI: 10.1016/j.sjbs.2021.11.018

12. Jarecki W., Bobrecka-Jamro D. Effect of sowing date on the yield and seed quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Journal of elementology*. 2021. Vol. 26, №. 1. P. 7–18. DOI: 10.5601/jelem.2020.25.4.2054

13. Kharat M. A., Bhise D. R., Galande H. R. WINGED BEAN. Beans: An insight study. 2024. Vol. 201.

14. Makeri M. U., Karim R., Abdulkarim M. S., Ghazali H. M., Miskandar M. S., Muhammad K. Comparative analysis of the physico-chemical, thermal, and oxidative properties of winged

bean and soybean oils. *International Journal of Food Properties*. 2016. Vol. 19, № 12. P. 2769–2787. DOI: 10.1080/10942912.2015.1031246

15. Meena H., Meena R. S., Lal R., Yadav G. S., Mitran T., Layek J., Verma T. Response of sowing dates and bio regulators on yield of clusterbean under current climate in alley cropping system in eastern UP, India. *Legume Research-An International Journal*. 2018. Vol. 41, № 4, P. 563–571. DOI: 10.18805/LR-3759

16. Meena H. N., Meena R. S. Role of bio-regulators in clusterbean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) productivity. *Ann. Agri Bio Res*. 2015. Vol. 20 P. 37–39.

17. Mohanty C. S., Pradhan R. C., Singh V., Singh N., Pattanayak R., Prakash, O., Rout P. K. Physicochemical analysis of *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC seeds with fatty acids and total lipids compositions. *Journal of food science and technology*. 2015. Vol. 52. P. 3660–3670. DOI: 10.1007/s13197-014-1436-1

18. Mohanty C. S., Syed N., Kumar D., Khare S., Nayak S. P., Sarvendra K., Rout P. K. Chemical characterization of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC. seeds and safety evaluation of its fatty oil. *Journal of food Measurement and Characterization*. 2021. Vol. 15. P. 807–816. DOI: 10.1007/s11694-020-00680-1

19. Sriwichai S., Monkham T., Sanitchon J., Jogloy S., Chankaew, S. Dual-purpose of the winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC.), the neglected Tropical legume, based on pod and tuber yields. *Plants*. 2021. Vol. 10, № 8. P. 1746.

References

1. Bondarenko H. L., & Yakovenko K. I. (2001). *Metodyka doslidnoi spravy v ovochivnytsvi ta bashtannytsvi* [Methodology of experimental business in vegetable and melon growing]. Kharkiv [in Ukrainian].

2. Akeem, L. B., Azeez, M. A., Godfrey, E., Akintunde, R. I., Omogoye, A. M., & Kayode, A. E. (2019). Screening winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC) Accessions using Agronomic characters. *Asian Journal of soil science and plant Nutrition*, 4(3), 1–10. DOI: 10.9734/ajsspn/2019/v4i330048

3. Bassal, H., Merah, O., Ali, A. M., Hijazi, A., & El Omar, F. (2020). *Psophocarpus tetragonolobus*: An underused species with multiple potential uses. *Plants*, 9(12), 1730. DOI: 10.3390/plants9121730

4. Bobos, I., Fedosiy, I., Zavadzka, O., Komar, O., Tonkha, O., Furdyha, M., & Rucins, A. (2022). Impact of sowing dates on the variability of different traits of fenugreek. *Rural Sustainability Research*, 47(342), 37–46. DOI: 10.2478/plua-2022-0006

5. Bobos, I., Komar, O., Havrys, I., Shemetun, O., & Kokoiko, V. (2024). Ecological stability, plasticity, and adaptability of cowpea varieties (*Vigna unguiculata* (L.) Walp. *subsp. sesquipedalis* (L.) Verdc.). *Scientific Horizons*, 27 (5), 68–78. DOI: 10.48077/scihor5.2024.68

6. Cheng, A., Raai, M. N., Zain, N. A. M., Massawe, F., Singh, A., & Wan-Mohtar, W. A. A. Q. I. (2019). In search of alternative proteins: unlocking the potential of underutilized tropical legumes. *Food Security*, 11, 1205–1215. DOI: 10.1007/s12571-019-00977-0

7. Eagleton, G. (2020). Winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) cropping systems. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(12). DOI: 10.13057/biodiv/d211258

8. EAGLETON, G. E. (2022). A daylength-neutral winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) for Southern Australian latitudes. *Asian Journal of Agriculture*, 6(2). DOI: 10.13057/asianjagric/g060203

9. Gawęda, D., Nowak, A., Haliniarz, M., & Woźniak, A. (2020). Yield and economic effectiveness of soybean grown under different cropping systems. *International journal of plant production*, 14(3), 475–485. DOI: 10.1007/s42106-020-00098-1

10. Hansda, N. N., Thapa, U., & Jana, S. K. K. (2023). Growth and yields of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* L.) genotypes in the new alluvial zone of West Bengal. *The Pharma Innovation Journal*, 12(7), 234–239.

11. Hussain, I., Ali, M., Ghoneim, A. M., Shahzad, K., Farooq, O., Iqbal, S., ... & Datta, R. (2022). Improvement in growth and yield attributes of cluster bean through optimization of sowing time and plant spacing under climate change scenario. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(2), 781–792. DOI: 10.1016/j.sjbs.2021.11.018

12. Jarecki, W., & Bobrecka-Jamro, D. (2021). Effect of sowing date on the yield and seed quality of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). *Journal of elementology*, 26(1). 7–18. DOI: 10.5601/jelem.2020.25.4.2054

13. Kharat, M. A., Bhise, D. R., & Galande, H. R. (2024). WINGED BEAN. Beans: An insight study, 201.

14. Makeri, M. U., Karim, R., Abdulkarim, M. S., Ghazali, H. M., Miskandar, M. S., & Muhammad, K. (2016). Comparative analysis of the physico-chemical, thermal, and oxidative properties of winged bean and soybean oils. *International Journal of Food Properties*, 19(12), 2769–2787. DOI: 10.1080/10942912.2015.1031246

15. Meena, H., Meena, R. S., Lal, R., Yadav, G. S., Mitran, T., Layek, J., ... & Verma, T. (2018). Response of sowing dates and bio regulators on yield of clusterbean under current climate in alley cropping system in eastern UP, India. *Legume Research-An International Journal*, 41(4), 563–571. DOI: 10.18805/LR-3759

16. Meena, H.N. & Meena, R.S. (2015). Role of bio-regulators in clusterbean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) productivity. *Ann. Agri Bio Res*, 20, 37–39.

17. Mohanty, C. S., Pradhan, R. C., Singh, V., Singh, N., Pattanayak, R., Prakash, O., ... & Rout, P. K. (2015). Physicochemical analysis of *Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC seeds with fatty acids and total lipids compositions. *Journal of food science and technology*, 52, 3660–3670. DOI: 10.1007/s13197-014-1436-1

18. Mohanty, C. S., Syed, N., Kumar, D., Khare, S., Nayak, S. P., Sarvendra, K., ... & Rout, P. K. (2021). Chemical characterization of winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC. seeds and safety evaluation of its fatty oil. *Journal of food Measurement and Characterization*, 15, 807–816. DOI: 10.1007/s11694-020-00680-1

19. Sriwichai, S., Monkham, T., Sanitchon, J., Jogloy, S., & Chankaew, S. (2021). Dual-purpose of the winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC.), the neglected Tropical legume, based on pod and tuber yields. *Plants*, 10(8), 1746.