

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АГРОБІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Спеціальність 201 «Агрономія»

Допускається до захисту
Зав. кафедри генетики, селекції
і насінництва с.-г. культур
доцент Лозінський М.В. _____
«30» жовтня 2024 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

**ФОРМУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОДУКТИВНОСТІ І ХАРАКТЕР
УСПАДКУВАННЯ У F₁ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ ЗА
СХРЕЩУВАННЯ РАННЬОСТИГЛИХ СОРТІВ В УМОВАХ НВЦ
БІЛОЦЕРКІВСЬКОГО НАУ**

Рівень вищої освіти: другий (освітній рівень)

Кваліфікація: «Магістр з агрономії»

Виконав: Колесан Владислав Олександрович

Керівник: доктор філософії,
Устинова Г.Л.

Рецензент: кандидат с.-г. наук,
доцент Караульна В.М.

Я, Колесан Владислав Олександрович, засвічую, що кваліфікаційну роботу виконано з дотриманням принципів академічної доброчесності.

Біла Церква – 2024

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Агробіотехнологічний факультет

Спеціальність 201 «Агрономія»

Затверджую

Гарант ОП «Агрономія»
професор _____ Грабовський М.Б.
«30» жовтня 2024р.

**ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу здобувачу**

Колесану Владиславу Олександровичу

Тема: «Формування елементів продуктивності і характер успадкування у F₁ пшениці м'якої озимої за схрещування ранньостиглих сортів в умовах НВЦ Білоцерківського НАУ»

Затверджено наказом ректора № 48 від 07.02.2024 р.

Термін здачі студентом готової кваліфікаційної роботи до 04.11.2024 р.

Перелік питань, що розробляються в роботі. Вихідні дані: дослідити значення пшениці м'якої озимої та напрям дослідження ранньостиглих сортів в умовах України; дослідити генетичні механізми формування елементів продуктивності пшениці м'якої озимої; дослідити особливості успадкування ознак у F₁ пшениці м'якої озимої; обґрунтувати вибір методів дослідження елементів продуктивності та успадкування у F₁; охарактеризувати ґрунтово-кліматичні умови проведення досліджень у НВЦ Білоцерківського НАУ; дослідити методику проведення польових дослідів та спостережень за гібридами F₁ пшениці м'якої озимої; проаналізувати прояв і мінливість довжини головного стебла; проаналізувати прояв і мінливість довжини головного колоса; проаналізувати прояв і мінливість кількості колосків; проаналізувати прояв і мінливість кількості зерен із головного колоса; проаналізувати прояв і мінливість маси зерна з головного колоса.

Календарний план виконання роботи

Етап виконання	Дата виконання етапу	Відмітка про виконання
Огляд літератури	до 06.09.2024	виконано
Методична частина	до 17.09.2024	виконано
Дослідницька частина	до 23.10. 2024	виконано
Оформлення роботи	до 31.10. 2024	виконано
Перевірка на плагіат	до 23.10. 2024	виконано
Подання на рецензування	До 31.10.2024	виконано
Попередній розгляд на кафедрі	25.10.2024	виконано

Керівник кваліфікаційної роботи

підпис

Устинова Г.Л.

Здобувач

підпис

Колесан В.О.

Дата отримання завдання «03» вересня 2024 р.

РЕФЕРАТ

Колесан В.О. Формування елементів продуктивності і характер успадкування у F_1 пшениці м'якої озимої за схрещування ранньостиглих сортів в умовах НВЦ Білоцерківського НАУ.

У кваліфікаційній роботі досліджено формування елементів продуктивності та характер успадкування ознак у F_1 пшениці м'якої озимої за схрещування ранньостиглих сортів в умовах НВЦ Білоцерківського НАУ. Використано методичні підходи польових дослідів та методи дисперсійного аналізу для визначення кореляцій між основними ознаками продуктивності, такими як довжина стебла, кількість колосків, маса та кількість зерен. Виявлено, що успадкування продуктивних ознак має домінантний характер у більшості гібридних комбінацій, зокрема гібриди $A \times C$ продемонстрували найвищі показники продуктивності. З'ясовано, що довжина колоса і маса зерна тісно корелюють із загальною врожайністю. Зроблено висновок, що гібриди F_1 , отримані від ранньостиглих сортів, можуть бути перспективними для подальшої селекції з метою підвищення врожайності та стійкості до зовнішніх умов. Одержані результати можуть бути використані для вдосконалення селекційних програм, спрямованих на підвищення продуктивності ранньостиглих сортів пшениці.

Кваліфікаційна робота магістра містить 87 сторінок, 34 таблиць, 9 рисунків, список використаних джерел із 60 найменувань.

Ключові слова: пшениця м'яка озима, F_1 покоління, продуктивність, успадкування ознак, довжина стебла, кількість колосків, маса зерна, селекція, ранньостиглі сорти, врожайність.

ANNOTATION

Kolesan V.O. *Formation of productivity elements and the nature of inheritance in F_1 winter wheat by crossing early maturing varieties in the conditions of the Research Center of Bila Tserkva NAU.*

The qualification work investigates the formation of productivity elements and the nature of inheritance of traits in F_1 winter wheat by crossing early maturing varieties in the conditions of the Research Center of Bila Tserkva NAU. Methodological approaches of field experiments and methods of analysis of variance were used to determine the correlations between the main productivity traits, such as stem length, number of ears, weight and number of grains. It was found that the inheritance of productive traits is dominant in most hybrid combinations, in particular, $A \times C$ hybrids showed the highest productivity. It was found that the length of the ear and grain weight are closely correlated with the total yield. It is concluded that F_1 hybrids derived from early maturing varieties may be promising for further breeding to increase yield and resistance to external conditions. The results obtained can be used to improve breeding programs aimed at increasing the productivity of early maturing wheat varieties.

The master's thesis contains 87 pages, 34 tables, 9 figures, and a list of 60 references.

Keywords: soft winter wheat, F_1 generation, productivity, inheritance of traits, stem length, number of ears, grain weight, breeding, early ripening varieties, yield.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Черенков А., Солодушко М., Ярошенко С., Гасанова І., Педаш О. Особливості вирощування озимої пшениці в степовій зоні України: монографія. 2021. URL: <https://agrovisnyk.com/index.php/agrovisnyk/ISBN-978-966-540-521-4>
2. Марковська О., Гречишкіна Т. Продуктивність сортів озимої пшениці залежно від елементів технології вирощування в умовах Південного Степу України. 2020, 96-103. URL: <https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/en/content/winter-wheat-varieties-productivity-elements-growing-technology-under-conditions-southern>
3. Берднікова О., Кучерак Є. Дослідження продуктивності сортового складу озимої пшениці в умовах Південного Степу України. *Таврійський науковий вісник*. 2021. URL: https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/118_2021/5.pdf
4. Якубенко Є., Зінченко А., Бойко К., Ведмедєва Є. Нові перспективні ранньостиглі сорти сої *Glycine max (L.) Merril* «Поєдинок» і «Каприз». *Селекція рослин і насінництво*. 2021. URL: <https://journals.uran.ua/pbsd/article/view/237169>
5. Заплітний Ю., Козак Г., Микуляк І., Лінська М. Тестування гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах Південно-Західного Лісостепу України. *Науковий журнал «Зернові культури»*. 2022. URL: <https://journal-grain-crops.com/ru/arhiv/view/6214abb8c88dc.pdf>
6. Коваленко Н., Лабенко О., Коваленко В., Клименко М. Економічна ефективність виробництва озимої пшениці на базі типової ферми центрального регіону України. 2020, 11, 25-32. URL: <https://journals.nubip.edu.ua/index.php/Bioeconomy/article/view/14784>
7. Подвійне позакореневе підживлення сечовиною з розчином сульфату магнію на посівах озимої пшениці для покращення якості зерна та продуктивності в умовах степової зони Східної України. *Грааль науки*. 2022. URL: <https://archive.journal-grail.science/index.php/2710-3056/article/view/580>

8. Лагодієнко В., Богданов О., Лагодієнко В. Місце та роль України на світовому ринку пшениці. *Український журнал прикладної економіки*. 2019. URL: <http://ujae.org.ua/en/place-and-role-of-ukraine-in-the-world-wheat-market/>

9. Ляховська О., Коваль Л. Тенденції виробництва та експорту пшениці в Україні. *Зошити наукові Вищої школи банківської справи в Познані*. 2022. URL: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0016.0357>.

10. Черемисіна С., Россоха В., Сало І., Могилова М., Романченко Н. Перспективи технологічного розвитку зернового виробництва в Україні. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1010. 2022. URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1010/1/012020>.

11. Економіка України. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D1%96%D0%BA%D0%B0_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B8

12. Hamaiunova V., Smirnova I., Yevtushenko O., Baklanova T. Varieties and resource-saving elements of winter wheat growing technology as a west of grain production. *The Scientific Journal Grain Crops*. 2023. URL: <https://journal-grain-crops.com/arhiv/view/63fcbd3da7a12.pdf>

13. Запісоцька М., Волощук О., Волощук І., Глива В. Погодні фактори та їх вплив на адаптивні властивості сортів озимої пшениці в умовах Західного Лісостепу України. *Наукові горизонти*. 2021. URL: <https://sciencehorizon.com.ua/en/journals/tom-24-6-2021/pogodni-faktori-ta-yikhniy-vpliv-na-adaptivni-vlastivosti-sortiv-pshenitsi-ozimoyi-v-umovakh-zakhidnogo-lisostepu-ukrayini>

14. Марченко Д., Іванісов М., Некрасов Є., Кравченко Н., Радченко Л., Радченко А. «ПОДАРОК КРИМУ» – НОВИЙ РАННЬОСТИГЛИЙ СОРТ ОЗИМОЇ М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ. 2020, 114-121. URL: <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2020-4-24-114-121>.

15. Марченко Д., Іванісов М., Кравченко Н. Дослідження сортів озимої пшениці різних груп стиглості за продуктивністю та якістю зерна. *ІОР*

Conference Series: Earth and Environmental Science, 843. 2021. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/843/1/012011>

16. Поліщук В., Коновалов Д. Елементи структури врожаю та біологічна продуктивність залежно від технології вирощування насіння озимої пшениці. *Агробіологія*. 2022. URL: <https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/en/content/elements-crop-structure-and-biological-pro-ductivity-depending-technology-growing-winter>

17. Власенко В., Бакуменко О., Осмачко О., Бурдулянчук А., Татарінова В., Деменко В., Рожкова Т., Ємець О., Білокопитов В. Екологічна пластичність та адаптивність китайських сортів озимої пшениці (*Triticum aestivum* L.) в умовах Північно-Східного Лісостепу України. *Український журнал екології*, 2018, 8, 114-121.

18. Tanaka A., Takahashi K., Masutomi Y., Hanasaki N. Adaptation pathways of global wheat production: Importance of strategic adaptation to climate change. *Scientific Reports*, 2015, 5. URL: <https://www.nature.com/articles/srep14312>

19. Mengistu D., Kiros A. Exploitation of diversity within farmers' durum wheat varieties enhanced the chance of selecting productive, stable and adaptable new varieties to the local climatic conditions. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*, 2019, 17, 401 - 411. URL: <https://www.cambridge.org/core/journals/plant-genetic-resources/article/abs/exploitation-of-diversity-within-farmers-durum-wheat-varieties-enhanced-the-chance-of-selecting-productive-stable-and-adaptable-new-varieties-to-the-local-climatic-conditions/DAF209B0B77AF78B5A4381C12B57EE7C>

20. Atlin G., Cairns J., Das B. Rapid breeding and varietal replacement are critical to adaptation of cropping systems in the developing world to climate change. *Global Food Security*, 2017, 12, 31 - 37. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211912416300931?via%3Dihub>

21. Nadolska-Orczyk A., Rajchel I., Orczyk W., Gasparis S. Major genes determining yield-related traits in wheat and barley. *TAG. Theoretical and Applied Genetics. Theoretische Und Angewandte Genetik*, 2017, 130, 1081 - 1098. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00122-017-2880-x>

22. Рудавська Н., Конік Г., Тимчишин О., Дорота Н., Шувар А. Продуктивність озимої пшениці залежно від строків сівби та удобрення. *Науковий горизонт*. 2023. URL: <https://sciencehorizon.com.ua/en/journals/tom-26-10-2023/produktivnist-pshenitsi-ozimoyi-zalezno-vid-strokov-sivbi-i-udobrennya>
23. Dowla M., Edwards I., O'Hara G., Islam, S. Developing Wheat for Improved Yield and Adaptation Under a Changing Climate: Optimization of a Few Key Genes. *Engineering*. 2018. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095809917302485?via%3Dihub>
24. Kamara M., Ibrahim K., Mansour E., Kheir, A. Combining Ability and Gene Action Controlling Grain Yield and Its Related Traits in Bread Wheat under Heat Stress and Normal Conditions. *Agronomy*. 2021. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/8/1450>
25. Панг Ю., Лю Ц., Ван Д., Аманд П. Високоточне геномне асоціативне дослідження виявляє геномні області та кандидати-гени, важливі для агрономічних ознак у пшениці. *Molecular Plant*. 2020. URL: [https://www.cell.com/molecular-plant/fulltext/S1674-2052\(20\)30221-5?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS1674205220302215%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/molecular-plant/fulltext/S1674-2052(20)30221-5?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS1674205220302215%3Fshowall%3Dtrue)
26. Мікулітч І., Каванаг К., Едвардс К., Гайден М., Ахунов Е. Характеристика геномної різноманітності поліплоїдної пшениці за допомогою високощільного масиву 90 000 одонуклеотидних поліморфізмів. *Plant Biotechnology Journal*, 2014, 12, 787 - 796. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/pbi.12183>
27. Локуси, що контролюють адаптацію до теплового стресу на репродуктивній стадії у твердій пшениці. *Agronomy*. 2019. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/9/8/414>
28. WAO-A1 – це причинний ген 7AL QTL для кількості колосків на колосі у пшениці. *PLoS Genetics*, 18. 2021. URL: <https://journals.plos.org/plosgenetics/article?id=10.1371/journal.pgen.1009747>

29. Транскрипційний фактор *SNAC3* підвищує толерантність до стресу миш'яку та врожайність зерна у рисі (*Oryza sativa L.*) шляхом регулювання фізіо-біохімічних механізмів, стрес-реактивних генів та криптохрому 1b. *Plants*, 12. 2023. URL: <https://doi.org/10.3390/plants12142731>.

30. Геномне виявлення, характеристика та аналіз експресії YABBY-генної родини у пшениці (*Triticum aestivum L.*). *Agronomy*. 2020. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy10081189>.

31. Транскрипційний регулятор, що підвищує врожайність зерна та скорочує тривалість росту рису. *Science*, 2022, 377. URL: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abi8455>

32. Hasan N., Choudhary S., Naaz N., Sharma N., Laskar R. Recent advancements in molecular marker-assisted selection and applications in plant breeding programmes. *Journal of Genetic Engineering & Biotechnology*, 19. 2021. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687157X23006546?via%3Dihub>

33. Alotaibi F., Alharbi S., Alotaibi M., Mosallam M., Motawei M., Alrajhi A. Wheat omics: Classical breeding to new breeding technologies. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2020, 28, 1433 - 1444. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X20306495?via%3Dihub>

34. Кандидатні гени, пов'язані з відповіддю на абіотичний стрес у рослин як інструменти для селекції толерантності до посухи, засоленості та екстремальних температур у пшениці: огляд. *Plants*, 2022, 11. URL: <https://doi.org/10.3390/plants11233358>.

35. *Triticum Aestivum L.* Пшениця Артания. URL: <https://podilagrohimservis.com.ua/pshenytsya/tproduct/250827249-811861038961-triticum-aestivum-l-pshenitsya-artanya>

36. Antoshina O., Odnodushnova J., Fadkin G., Kondakova I., Fedosova O. The study of the nature of the inheritance of quantitative traits in F1 hybrids of winter soft wheat. *BIO Web of Conferences*. 2020. URL: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20201700084>.

37. Закономірності моногібридного схрещування. Перший і другий закони Менделя. URL: <https://www.miyklas.com.ua/p/biologiya/9-klas/zakonomirnosti-uspadkuvannia-oznak-355880/monogibridne-skhreshchuvannia-pershii-i-drugii-zakoni-mendelia-353851/re-e1362211-e705-4e0c-b340-cc85e469352a>

38. Основні положення теорії успадкування Менделя. URL: <https://www.miyklas.com.ua/p/biologiya/10-klas/spadkovist-i-minlivist-444972/zakonomirnosti-spadkovosti-zakon-chistoti-gamet-iii-zakon-mendelia-444902/re-8b9e78f9-3669-4516-a290-6F187d120ebd>

39. Krasileva K., Vasquez-Gross H., Howell T., Bailey P., Paraiso F., Clissold, L., Simmonds J., Ramírez-González R., Wang X., Borrill P., Fosker C., Ayling S., Phillips A., Uauy C., Dubcovsky J. Uncovering hidden variation in polyploid wheat. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2017, 114, E913 - E921. URL: <https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1619268114>

40. Kumar J., Kumar A., Kumar M., Singh S., Singh, L. Inheritance pattern of genes for morpho-physiological and yield traits in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cereal Research Communications*. 2019. URL: <https://akjournals.com/view/journals/0806/47/2/article-p191.xml>

41. Парвін Н. Оцінка успадкової варіації та найкращих комбінацій генотипів для врожайності зерна та його атрибутів у пшениці. *American Journal of Plant Sciences*, 2018, 09, 1688-1698. URL: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=86133>

42. Inheritance of quantitative traits in F1 hybrids of einkorn wheat. URL: https://www.researchgate.net/publication/365162991_Inheritance_of_quantitative_traits_in_F1_hybrids_of_einkorn_wheat

43. Успадкування та трансгресивна мінливість кількості зерен на колосі у F1 – F2 м'якої ярої пшениці. *Агробіологія*. 2023. URL: <https://agrobiologiya.btsau.edu.ua/en/content/inheritance-and-transgressive-variability-number-grains-ear-f1-f2-soft-spring-wheat>

44. Di Stasio L., Picascia S., Auricchio R. et al. Comparative analysis of in vitro digestibility and immunogenicity of gliadin proteins from durum and einkorn wheat. *Front. Nutr.* 2020, 7(56), 1–7. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00056>
45. Lin M., Zhang D. Genome-wide association analysis on pre-harvest sprouting resistance and grain color in U.S. winter wheat. *BMC Genomics*, 17. 2016. URL: <https://bmcbgenomics.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12864-016-3148-6> 46.
46. Генетичний вплив гена карликовості, чутливого до ГК Rht13, на висоту рослин, довжину стебла, інтерноду та врожайність зерна пшениці за умов посухи. *Genes*, 2023, 14. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4425/14/3/699>
47. Valekzhanin V.S., Korobeynikov N.I. The variability and inheritance of thousand-kernel weight in soft spring wheat varieties and hybrids in diallel crossing. *Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2016, 7(141), 5–9.
48. Hei N., Hussein S., Laing M. Heterosis and combining ability analysis of slow rusting stem rust resistance and yield and related traits in bread wheat. *Euphytica*, 2015, 207, 501 - 514. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10681-015-1526-9>
49. Younis A., Ramzan F., Ramzan Y., Zulfiqar F., Ahsan M., Lim K. Molecular Markers Improve Abiotic Stress Tolerance in Crops: A Review. *Plants*, 9. 2020. URL: <https://doi.org/10.3390/plants9101374>.
50. Stirnweis D., Milani S., Brunner S., Herren G., Buchmann G., Peditto D., Jordan T., Keller B. Suppression among alleles encoding nucleotide-binding-leucine-rich repeat resistance proteins interferes with resistance in F1 hybrid and allele-pyramided wheat plants.. *The Plant journal : for cell and molecular biology*, 2014, 79 6, 893-903. URL: <https://doi.org/10.1111/tpj.12592>.
51. Мухордова М. Ідентифікація донорів низькорослості серед зразків озимої пшениці з використанням ДНК-маркерів та аналізу діалелій. *Вісник Ульянівської державної сільськогосподарської академії*. 2021. URL: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-4-73-79>.
52. Nie Y., Ji W., Ma S. Assessment of Heterosis Based on Genetic Distance Estimated Using SNP in Common Wheat. *Agronomy*. 2019. URL: <https://doi.org/10.3390/AGRONOMY9020066>.

53. Чернобай Ю., Рябчун В. Успадкування елементів продуктивності колосу у F1 гібридів озимої м'якої пшениці. *Селекція рослин і насінництво*. 2023. URL: <https://journals.uran.ua/pbsd/article/view/271757>

54. Драгов Р. Комбінована здатність для кількісних ознак, пов'язаних з продуктивністю, у твердій пшениці. *Вавиловський журнал генетики та селекції*, 2022, 26, 515 - 523. URL: <https://doi.org/10.18699/VJGB-22-63>.

55. Ali I., Sulaiman F. GENE ACTION OF YIELD AND ITS COMPONENTS OF F2 GENERATIONS POPULATION IN BREAD WHEAT UNDER RAINFALL CONDITIONS. *Euphrates Journal of Agriculture Science*, 2016, 8.

56. El-Rady A. Genetic Analysis of Some Agronomic Traits in Two Bread Wheat Crosses under Heat Stress Conditions.. 2018, 9, 21-28. URL: <https://doi.org/10.21608/JPP.2018.35235>.

57. Розробка п'ятипараметрової моделі для полегшення оцінки адитивних, домінантних та епістатичних ефектів у середовищі з використанням бутстрапінгу в старших поколіннях пшениці (*Triticum aestivum* L.). *Agronomy*. 2021. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/7/1325>

58. Tian J., Deng Z., Zhang K., Yu H., Jiang X., Li C. Construction of Molecular Genetic Map of Wheat. 2015, 41-94. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-7390-4_3

59. A High-Density Consensus Map of Common Wheat Integrating Four Mapping Populations Scanned by the 90K SNP Array. *Frontiers in Plant Science*, 2017, 8. URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01389>.

60. Brinton J., Ramírez-González R., Simmonds J., Wingen L., Orford S., Griffiths S., Haberer G., Spannagl M., Walkowiak S., Pozniak C., Uauy C. A haplotype-led approach to increase the precision of wheat breeding. *Communications Biology*, 2020, 3. URL: <https://doi.org/10.1038/s42003-020-01413-2>.