

Minto, Laura, As Cozinne, As Domain, Altap, Bluesky, CDC Merlin. Третья группа – низкорослые растения от 66 до 80 см: Фаворит, Chester, Glentea, Саратовская 74.

Коэффициент вариации по сортообразцам варьировал от 1,0% до 13,9% и в среднем по образцам составил 6,5%; относительная ошибка опыта – 4,54%; НСР₀₅ – 7,34 см.

Выводы. Таким образом, в результате проведённых исследований выявили состав коллекции по признаку высоты растений. Сортообразцы с карликовой высотой As Read, As Phil, Biggar рекомендованы для дальнейшего изучения на генетический контроль высоты растений и проведения оценки других основных хозяйственно-значимых признаков (величина, структура и качество урожая).

Библиографический список:

1. Давыдова, Н.В. Особенности подбора исходного материала для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья / Н.В. Давыдова, А.О. Казаченко // Вестн. Алт. гос. аграр. ун-та. – 2013. – №5. – С. 5-9.

2. Таранова, Т.Ю. Оценка коллекционных образцов яровой мягкой пшеницы на короткостебельность и устойчивость к полеганию / Т.Ю. Таранова, А.И. Кинчаров, Е.А. Дёмина, О.С. Муллаянова // Успехи современного естествознания. – 2020. – № 4. – С. 48-53.

3. The association of grain yield and agronomical traits with genes of plant height, photoperiod sensitivity and plastid glutamine synthetase in winter bread wheat (*TRITICUM AESTIVUM* L.) collection Bazhenov M.S., Bepalova L.A., Kocheshkova A.A., Chernook A.G., Puzyrnaya O.Y., Agaeva E.V., Nikitina E.A., Igonin V.N., Bazhenova S.S., Vertikova E.A., Kharchenko P.N., Karlov G.I., Divashuk M.G. International Journal of Molecular Sciences. 2022. № 23 (19). С. 11402.

4. Международный классификатор СЭВ рода *Triticum* L. – Ленинград: ВИР, 1984

УДК: 631.527;633.111.1;631.524;303.722.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА И ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ В СЕЛЕКЦИИ ОЗИМОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

Сергей Дмитриевич Вилюнов, Владимир Сергеевич Сидоренко,

Марина Александровна Шапорова.

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр зернобобовых и крупяных культур», г.Орёл

Аннотация. Представлены результаты кластерного анализа динамики вегетационных индексов, полученных в ФГБНУ ФНЦ ЗБК за 2021-2022 гг. на селекционных линиях озимой мягкой пшеницы. Определена возможность оперативного выявления различий в развитии растений на фенотипически однородном материале. По показателям вегетационных индексов образцов гибридного происхождения ♀Аист (*Lutescens*) × ♂Ф17 (*Ferrugineum*), показана динамика развития и наличие различий за период вегетации 20 селекционных линий (*Milturum*), в сравнении с родительской формой и другими сортами. С применением кластерного анализа сгруппированы селекционные линии, проявившие одинаковую динамику развития, связанную с другими показателями, в том числе с урожайностью. Выдвинуты предположения о модели развития максимально продуктивного генотипа озимой мягкой пшеницы, с возможностью контроля показателями различных вегетационных индексов.

Ключевые слова: кластерный анализ, вегетационные индексы, озимая мягкая пшеница, динамика развития, однородный фенотип, проявление генотипа

USE OF CLUSTER ANALYSIS AND VEGETATION INDICES IN SELECTION OF WINTER SOFT WHEAT

Abstract. The results of cluster analysis of the dynamics of vegetation indices obtained in FGBNU FSC ZBC for 2021-2022 on breeding lines of winter soft wheat are presented. The possibility of operative detection of differences in plant development on phenotypically homogeneous material was determined. According to the indices of vegetation indices of hybrid origin samples ♀Aist (*Lutescens*) × ♂F17 (*Ferrugineum*), the dynamics of development and the presence of differences during the vegetation period of 20 breeding lines (*Milturum*) in comparison with the parental form and other varieties were shown. Using cluster analysis, breeding lines that showed the same development dynamics related to other indicators, including yield, were grouped. The assumptions about the model of development of maximally productive genotype of winter soft wheat with the possibility of controlling the indicators of various vegetation indices were made.

Key words: cluster analysis, vegetation indices, winter soft wheat, development dynamics, homogeneous phenotype, genotype manifestation

Введение. Выявление достоверных различий в фенотипически одинаковых образцах является затратным процессом, т.к. требует дополнительного биохимического, генетического и других анализов сравниваемых образцов. Такой подход технически сложен и затратен, и не дает полной оперативной картины в отборе на целеполагающие признаки, соответственно, исследователь сталкивается со сложностью выделения из общей массы образца, который сочетает в себе максимум полезных свойств [1]. Но современное развитие цифровой фотосъемки в различных спектральных каналах, позволяет применить и дополнительные объективные показатели, напрямую не фиксируемые исследователем, но характеризующие проявление генотипа растения – различные вегетационные индексы. Главным преимуществом вегетационных индексов является легкость их получения дистанционным зондированием со спутников и дронов [2]. Индексы усиливают контраст между почвой и растительностью и сводят к минимуму влияние условий освещения. Существующие технологии фиксирования различных вегетационных индексов давно и широко используются в посевах на больших производственных площадях, но не подходят для 0,25-10,0 кв.м делянки селекционного посева, т.к. непосредственно разрешение ортофотоплана, предоставляемого различными спутниковыми сервисами, колеблется от 1 до 15 метров на пиксел [3]. Соответственно, для малых площадей необходимо использовать оборудование более высокого разрешения, не менее 2 см на пиксел (10 pix/растение, учитывая 20...30 кв.см под растением). Таким решением является съемка на мультиспектральную камеру, для оперативности и объективности подвешиваемую на беспилотный летательный аппарат (БПЛА). Внедрение оперативной оценки образцов селекционного материала различными индексами (вегетационными, комплексными, селекционными и т.п.), наряду с традиционным способом, позволит выделить наиболее ценные генотипы, т.к. в селекции озимой пшеницы доказано сходство относительной изменчивости количественного признака в экологических градиентах и онтогенезе [4].

Цель работы. Получение дополнительных показателей различия при селекции озимой мягкой пшеницы на фенотипически однородных линиях единого гибридного происхождения.

Материалы и методы. В результате отборов 2020 года из гибридной популяции ♀Аист (Лютесценс/*Lutescens*)×♂Ф17 (Ферругинеум/*Ferrugineum*), в селекционном питомнике (720 образцов) было сформировано 100 линий F₄ одинакового происхождения. По высоким показателям NDVI (более 0,8, данные мониторинга за 03 и 23 июня 2021 г.) были отобраны 20 стабильных образцов озимой мягкой пшеницы для испытания в конкурсном питомнике 2021-2022 гг. Для высокоточной съемки привлекались сотрудники ФГБНУ Федерального научного агроинженерного центра ВИМ г.Москва. Ими использовался квадрокоптер DJI Matrice 200 v2 с установленной ГНСС L1/L2 антенной, оснащенный модифицированной

камерой DJI X4S 20Mp (5472 x 3648) с трехосевым стабилизатором. Полеты осуществлялись с помощью мобильного приложения DJI Pilot. При помощи специального подвеса устанавливалась мультиспектральная камера MicaSense Altum с сенсором освещенности, имеющий встроенный GPS приемник. Использовался мультичастотный GNSS приемник EMLID Reach RS2. Подключение происходило к базовой станции «OREL» в Орловской области, расположенной на расстоянии менее 20 км. Основным аналитический эксперимент был осуществлен в 2022 году: посев -16.09.2021 г.; Дата схода снега – 31.03.2022 г.; Дата времени возобновления весенней вегетации (BBBB) – 14.04.2022 г.; Образование узловых корешков –18.04.2022 г.; обследование на зимостойкость –06.05.2022г.; колошение – 14-18.06.2022 г.; уборка – 05.08.2022 г. В исследовании приняло участие 23 варианта (таблица 1) . Для сравнения в анализ включена родительская материнская форма сорта Аист (делянка 14/1), известный высокоурожайный сорт Синева (делянка 15/1) и сорт Скипетр (делянка 19/1), принятый как стандарт для региона. Мониторинг осуществлялся в дневной период с 12 до 14 часов, с периодичностью через две недели после BBBB: 26.10.2021 г; 05.05.2022 г.; 25.05.2022 г.; 16.06.2022 г.; 28.06.2022 г.; 12.07.2022 г.; 26.07.2022г. Зачетная урожайность соответствует 14% влажности зерна, пересчитанной по формуле Дюваля. Погода 2022 года в сравнении с 2021 г. была менее теплой и более влажной как весной, так и в период колошения и налива озимых культур. Погодные данные получены из открытых источников [5]. Расчет гидротермического коэффициента увлажнения Селянинова (ГТК) произведен по формуле $ГТК=R \times 10 / \Sigma t$; где R представляет собой сумму осадков в миллиметрах за период с температурами выше +10°C, Σt определяет сумму температур в градусах Цельсия (°C) за то же время. [3]

Таблица 1 - Общая характеристика показателей исследуемых селекционных линий (♀Аист × ♂Ф17) и сортообразцов, контрольный питомник ФГБНУ ФНЦ ЗБК, 2021-2022 г.

№ п.п.	Делянка / ряд	Образец	Разновидность	Перезимовка, балл	Дата колошения	Урожайность, т/га	Содержание белка в зерне, %	Содержание клейковины в зерне, %
1	14/1	♀Аист	<i>Lutescens</i>	5-	17.06.	7,69	14,6	26,3
2	14/2	567(4)	<i>Milturum</i>	5-	14.06.	7,54	16,8	32,9
3	14/3	571(1)	<i>Milturum</i>	5-	17.06.	8,51	17,2	30,5
4	14/4	573(1)	<i>Milturum</i>	5	14.06.	8,83	15,8	30,7
5	14/5	575(4)	<i>Milturum</i>	5-	14.06.	7,67	17,2	30,5
6	15/1	Синева	<i>Lutescens</i>	4	17.06.	8,70	14,6	27,9
7	15/2	596(1)	<i>Milturum</i>	5	17.06.	7,57	17,1	33,2
8	15/3	596(2)	<i>Milturum</i>	5-	17.06.	8,12	17,1	33,2
9	15/4	597(1)	<i>Milturum</i>	5-	17.06.	7,99	17,1	33,2
10	15/5	597(2)	<i>Milturum</i>	5-	17.06.	7,02	17,1	33,2
11	16/1	598(1)	<i>Milturum</i>	5-	17.06.	7,21	17,4	33,7
12	16/2	598(2)	<i>Milturum</i>	5	18.06.	7,48	17,4	33,7
13	16/3	600(1)	<i>Milturum</i>	5-	18.06.	6,39	17,4	33,7
14	16/4	600(2)	<i>Milturum</i>	5-	18.06.	6,12	17,4	33,7
15	16/5	607	<i>Milturum</i>	5-	18.06.	6,93	17,4	33,7
16	17/1	603(1)	<i>Milturum</i>	5-	17.06.	6,89	18,4	35,2
17	17/2	603(2)	<i>Milturum</i>	5	17.06.	7,72	18,4	35,2
18	17/3	606(1)	<i>Milturum</i>	5-	17.06.	6,75	18,4	35,2
19	17/4	606(2)	<i>Milturum</i>	5-	17.06.	7,89	16,9	32,1
20	17/5	610	<i>Milturum</i>	5	17.06.	7,85	17,5	33,6
21	19/1	Скипетр	<i>Lutescens</i>	4	13.06.	7,60	14,8	27,4
22	19/2	564(3)	<i>Erytrospermum</i>	5	14.06.	7,95	14,7	27,9
23	19/3	645(3)	<i>Ferrugineum</i>	5-	14.06.	7,95	15,8	29,9

Результаты. Все варианты разновидности *Milturum* характеризовались мощной вегетативной массой с хорошей кустистостью и высотой растения 1,0...1,3 м, отличной

перезимовкой (5 баллов), высокой урожайностью (7...8 т/га), содержанием клейковины (30...35%) и белка в зерне (17...18%). Все различия между ними были незначительными и соответствовали ошибке опыта, фенотипически не отличались. Максимальную урожайность (более 8 т/га) дали линии на делянках 14/3, 14/4 и 15/3 и сорт Синева (делянка 15/1). Совершенно другую картину дает анализ динамики вегетативных индексов. Практически все исследуемые вегетационные индексы (NDVI, GLI, NDRE, CIGreen, GNDVI, CVI, EVI и др.) показали одинаковую тенденцию вариантов (рис. 1), где часть линий (делянки 16/2, 16/3, 16/4, 16/5) имели показатели ниже родителя (делянка 14/1).

У большинства образцов просматривается нарастание вегетационных индексов к моменту колошения, стабилизация показателей ко времени созревания и снижение значений в результате реутилизации пластических веществ и ассимилянтов.

Для группировки образцов с одинаковой динамикой показателей вегетационных индексов был проведен кластерный анализ полученных вегетационных индексов. В результате 23 варианта сформировали 5 кластеров с просматриваемой связью динамики вегетационных индексов и урожайностью (рис. 2).

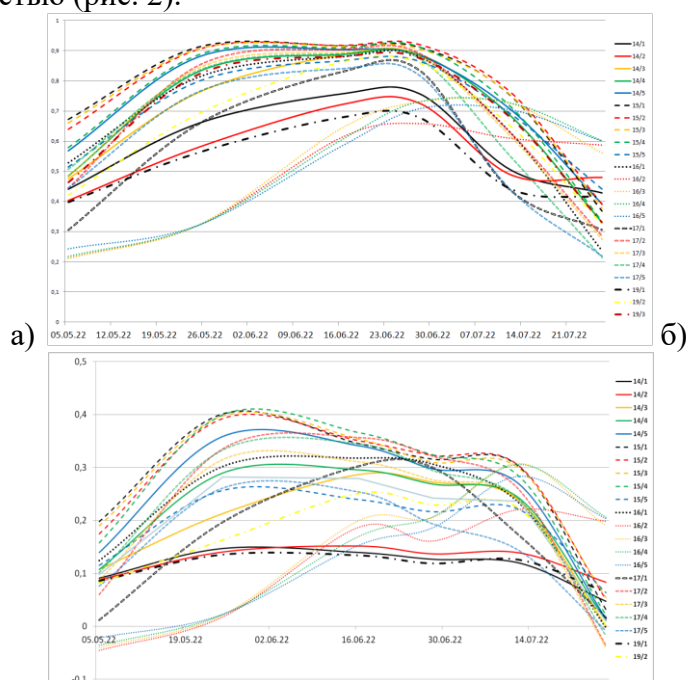


Рис.1. Динамика вегетационных индексов на озимой мягкой пшенице от перезимовки до уборки, контрольный питомник ФГБНУ ФНЦ ЗБК, 2022 г. а) Нормализованный разностный вегетационный индекс NDVI б) Индекс зеленых листьев – GLI.

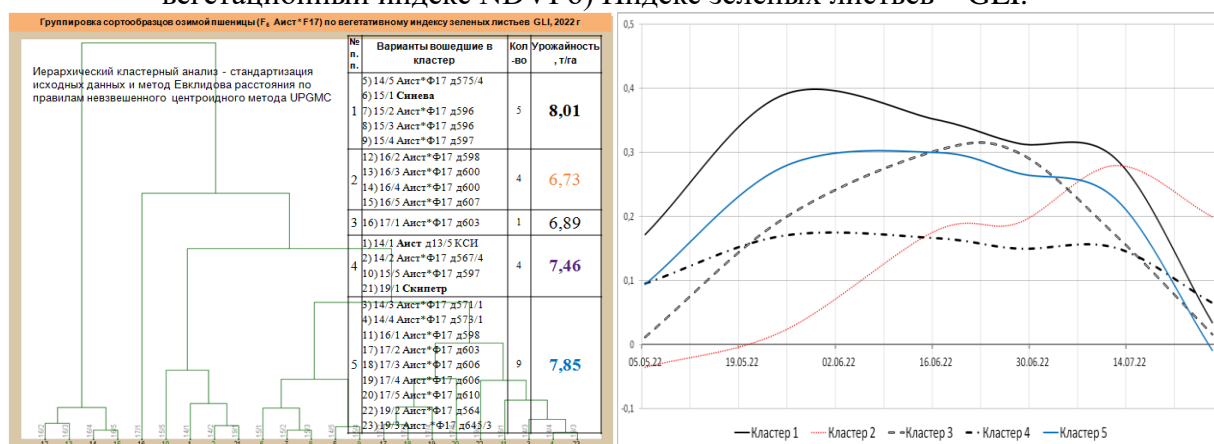


Рис.2. Кластеризация сортов образцов озимой мягкой пшеницы по динамике вегетационного индекса зеленых листьев (GLI), контрольный питомник ФГБНУ ФНЦ ЗБК, 2022 г.

Выводы.

1. Не обнаружена связь продуктивности и исследуемых вегетационных индексов с разновидностью, высотой растений и другими морфологическими признаками озимой мягкой пшеницы.

2. Для отбора на продуктивность озимой мягкой пшеницы имеет значение модель развития растения с периодом интенсивного нарастания индексов до начала колошения, дальнейшей стабилизацией показаний до периода начала созревания, и результирующее интенсивное снижение показателей вегетационных индексов в момент оттока ассимилятов в формирующийся урожай.

Список литературы.

1. Ворончихин В.В., Пыльнев В.В., Рубец В.С., Ворончихина И.Н. Использование метода индексов при комплексной оценке генетической коллекции озимой тритикале // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. –2019. –№ 7. –С. 92–100.

2. Курбанов Р.К., Захарова Н.И. Применение вегетационных индексов для оценки состояния сельскохозяйственных культур. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020;14(4):4-11. DOI: 10.22314/2073-7599-2020-14-4-4-11

3. Вилунов С.Д., Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Старикова Ж.В., Мальцев А.А. Применение вегетационных индексов в селекции озимой мягкой пшеницы. Зернобобовые и крупяные культуры. 2022; 3(43):73-83. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-3-73-83

4. Пыльнев В.В., Закономерности эволюции озимой пшеницы в результате селекции : специальность 06.01.05 "Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений" : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук / Пыльнев Владимир Валентинович. – Москва, 1998. – 61 с..

5. <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=27906> (дата обращения 05.09.2023)

УДК 633.112.1 «321»:631.526.32

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЗЕРНА СОВРЕМЕННЫХ СОРТОВ ЯРОВОЙ ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM DURUM Desf.*) САРАТОВСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

Сергей Николаевич Гапонов, Елена Сергеевна Жиганова, Галина Ивановна Шутарева, Наталия Михайловна Цетва, Иван Сергеевич Цетва, Иван Владимирович Милованов, Никита Андреевич Бурмистров, Нина Сергеевна Соловова

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Юго-Востока», г. Саратов, РФ

Аннотация. В статье представлены результаты 11 лет селекционной работы по сортам и линиям Саратовской селекции, а также по селекционному материалу институтов Барнаула, Самары, Омска, и коллекций КаСиб, ВИР, CIMMYT и ICARDA.

Ключевые слова: стекловидность, каротиноиды, миксограмма, индекс желтизны

GRAIN QUALITY INDICATORS OF MODERN VARIETIES OF SPRING DURUM WHEAT (*TRITICUM DURUM Desf.*) OF SARATOV SELECTION

Sergey Nikolaevich Gaponov, Elena Sergeevna Zhiganova, Galina Ivanovna Shutareva, Natalia Mikhailovna Tsetva, Ivan Sergeevich Tsetva, Ivan Vladimirovich Milovanov, Nikita Andreevich Burmistrov, Nina Sergeevna Solovova

Federal Agrarian Scientific Center of the South-East, Saratov, Russia

Abstract. The article presents the results of 11 years of breeding work on varieties and lines of Saratov breeding, as well as on the breeding material of the institutes of Barnaul, Samara, Omsk, and the collections of KASIB, VIR, CIMMYT and ICARDA.

Keywords: glassiness, carotenoids, mixogram, yellowness index