

УДК 633.11:631.527

В. Н. ТИЩЕНКО, д. с.-х. н, проф., зав. каф.,

А. Г. ИЩЕНКО, асп.,

Н. В. ДУБЕНЕЦ, асп.

Полтавская государственная аграрная академия

E-mail: instagro@ukr.net

## **СЕЛЕКЦИЯ НА АДАПТИВНОСТЬ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА**

Приведены экспериментальные данные о методах формирования селекционного материала на ранних этапах селекции с учетом ранее разработанной модели сорта пшеницы озимой для условий Лесостепи Украины. В поисках выдающихся продуктивных генотипов предусмотрены наработки по результатам статистического, корреляционно-регрессионного, кластерного анализов, и в основу прямых, рекуррентных отборов положены маркерные признаки и селекционные индексы. Особое внимание уделяется признакам или индексам, имеющим высокую генетическую и низкую фенотипическую вариансы и для которых отмечены стабильно высокие генетические корреляции с урожайностью с единицы площади. Большинство сортов Полтавской селекции, включенных в Реестр Украины, прошли отборы по уровню зимостойкости, по расположению уровня суммарного расстояния признаков на дендрограммах в кластерном анализе, что дало основание оценить их по уровню адаптивности к изменяющимся условиям среды.

**Ключевые слова:** кластерный анализ, суммарное расстояние признаков, дендрограмма, Эвклидово расстояние.

**Вступление.** В селекционном центре Полтавской государственной аграрной академии в последние годы создан ряд сортов пшеницы озимой с использованием уникальных подходов, обеспечивающих ускорение селекционного процесса и разгрузки его в пространстве и во времени. В чем суть новых методов отбора, которые широко используются на ранних этапах селекции? Безусловно, основной метод в технологии селекционного процесса — это отдаленная гибридизация с использованием эколого-генетического подхода, математического моделирования и компьютерных технологий. Формирование селекционного материала на ранних этапах селекции проводится с учетом ранее разработанной модели сорта пшеницы озимой для условий Лесостепи Украины, где предусмотрены наработки по результатам статистического, корреляционно-регрессионного, кластерного анализов, а в основу прямых, рекуррентных отборов положены маркерные

признаки и селекционные индексы. Особое внимание уделяется признакам или индексам, которые имеют высокую генетическую и низкую фенотипическую вариансы и для которых отмечены стабильно высокие генетические корреляции с урожайностью с единицы площаади [1].

Таким образом, весь арсенал теоретических разработок предыдущего периода направлен на поиски высокопродуктивных генотипов, обладающих высокой устойчивостью к флюктуирующему условиям среды. Заслуживает особого внимания разработанный нами метод отбора генотипов по уровню суммарного расстояния количественных признаков на дендрограммах в кластерном анализе, сбалансированных по количественным признакам [2; 3].

Эколого-генетический подход включает направления оценки выдающихся генотипов на адаптивный потенциал, т. е. оценку по уровню зимостойкости с использованием концентрации генов, обеспечивающих фотопериодическую чувствительность и генов периода яровизации, — это главное условие, определяющее последующее продвижение селекционного материала [4].

Следует отметить, что большинство сортов пшеницы озимой полтавской селекции, включенных в Реестр сортов Украины (Вильшана, Сагайдак, Оржица, Полтавчанка, Кармелюк, Царичанка, Зеленый гай), прошли отборы как по уровню зимостойкости, так и по расположению уровня суммарного расстояния признаков на дендрограммах в кластерном анализе, что дало основание оценить их по уровню адаптивности к изменяющимся условиям среды. Идентифицированный маркерными признаками селекционный материал по потенциальному урожайности, зимостойкости, засухоустойчивости параллельно проходит оценку по белковым маркерам ДНК, содержанию белка, клейковины и хлебопекарских свойств, а в последние 10 лет большая часть сортов и перспективного селекционного материала оценена по молекулярным маркерам ДНК в лаборатории института агрономических исследований провинции Эно (Бельгия) по степени родства.

**Цель** настоящей статьи — изложить основные направления и параметры оценки сортов пшеницы озимой селекции ПГАА, которые включены в последний период в Реестр сортов растений Украины.

**Материал и обсуждение.** *Оценка зимостойкости.* В процессе проведенных исследований на протяжении многих лет и с большой выборкой нами установлено, что основным критерием оценки зимостойкости озимой пшеницы в условиях Лесостепи Украины есть уровень фотопериодической чувствительности (ФПЧ) и продолжительность периода яровизации П(ПЯ). На основании разработанных методик и группировки сортов и селекционных линий по ФПЧ и П(ПЯ) нами предложены косвенные методы оценки зимостойкости, и по этому признаку было предложено сорта пшеницы озимой делить на группы. Высокозимостойкие — сорта и селекционные линии пшени-

цы с высоким уровнем чувствительности к фотопериоду и среднеудлиненным или удлиненным периодом яровизации. Среднезимостойкие — сорта и селекционные линии, которые имеют средний уровень чувствительности к фотопериоду и среднеудлиненный период яровизации. Слабозимостойкие — сорта и селекционные линии с нейтральной реакцией к фотопериоду и коротким периодом яровизации.

В основу оценки по *фотопериодической чувствительности* положена реакция сортов на сроки сева с разницей в один месяц и урожайностью с единицы площади. В свете эколого-генетического подхода можно считать, что резко отличительная реакция разных генотипов на сроки сева скорее всего обусловлена разной чувствительностью к фотопериоду. В связи с этим, по результатам полученных исследований, мы рекомендуем делить сорта на 3 группы: *первая* — селекционные линии и сорта, которые обеспечивают максимальный урожай в посевах двух сроков (*чувствительные к фотопериоду*); при ранних сроках сева они не перерастают; *вторая* — селекционные линии и сорта с высокой урожайностью во 2-м сроке и сравнительно низкой в 1-м (со *слабой чувствительностью к фотопериоду*), то есть с нейтральной реакцией к фотопериодической чувствительности. Посевы ранних сроков перерастают, значительно теряют зимостойкость и соответственно снижают урожайность; *третья* — селекционные линии и сорта с высокой урожайностью в 1-м сроке и сравнительно низкой во 2-м сроке сева. Сорта 3 группы с высоким урожаем в 1-м сроке и низким во 2-м, пожалуй, относятся к генотипам с *явно выраженной чувствительностью к фотопериоду* и средним периодом яровизации. Посевы поздних сроков не успевают пройти полностью фазы органогенеза в осенне-весенний период до выхода в трубку и резко снижают урожай. Сорта и селекционные линии озимой пшеницы этой группы (при севе в ранние сроки) представляют определенный интерес для климатических зон с резко меняющимися условиями среды. В весенний период они отличаются интенсивным ростом, что очень важно при недостаточной обеспеченности влагой фазы «начало весенней вегетации — колошение». В осенний период такие сорта и селекционные линии интенсивно наращивают корневую систему (при относительно слабом наращивании надземной части), хорошо переносят условия зимнего периода, а при слабой обеспеченности влагой весной они рационально и продуктивно используют зимнюю влагу из-за хорошо развитой корневой системы, и только за счет использования запасов зимней влаги они способны формировать высокие урожаи.

На основании проведенных исследований по срокам сева все сорта селекции ПГАА по ФПЧ отнесены к 1 и 3 группам, они имеют среднюю или выше средней чувствительность к фотопериоду. Нами не установлено сортов селекции ПГАА, которые имели бы нейтральную реакцию к ФПЧ (табл. 1).

Таблиця 1

## Косвенная оценка сортов пшеницы озимой по ФПЧ и П(ПЯ)

Сорт	Реакция сорта на фотопериодическую чувствительность	Реакция сорта на продолжительность периода яровизации
Оржица	С(ФПЧ)	С(ПЯ)
Диканька	С(ФПЧ)	С(ПЯ)
Левада	С(ФПЧ)	С(ПЯ)
Вильшана	С(ФПЧ)	С(ПЯ)
Сагайдак	С(ФПЧ)	П(ПЯ)
Полтавчанка	С(ФПЧ)	С(ПЯ)
Кармелюк	С(ФПЧ)	С(ПЯ)

С(ФПЧ) — средняя фотопериодическая чувствительность,

С(ПЯ) — средний период яровизации,

П(ПЯ) — продолжительный период яровизации.

Для установления потребности в продолжительности периода яровизации различных сортов, селекционных линий используется метод В. Д. Мединца на фоне искусственной задержки возобновления весенней вегетации путем снегования, суть которого сводится к тому, что по каждому сорту подсчитывают количество растений перед уходом в зиму и количество живых и погибших растений на 15-й и 30-й день после возобновления весенней вегетации.

Исследования по установлению потребности в продолжительности периода яровизации разных генотипов (ежегодно оценивается более 100 сортов и селекционных линий) пшеницы озимой совмещаем с исследованиями по оценке зимостойкости. Опыты проводятся ежегодно на открытой площадке тепличного комплекса нашей академии, где искусственно создается в любой год позднее возобновление весенней вегетации при сохранении контроля в естественных условиях. Установление потребности продолжительности периода яровизации сортов озимой пшеницы селекции ПГАА проводим визуально по следующей методике: продолжительный период яровизации — на 30-й день, после снятия укрытия, изреженность по сорту незаметна; короткий период яровизации — на 30-й день наблюдается полная гибель растений на участке; средний период яровизации — на 15-й день изреженные посевы хорошо заметны. В дальнейшем, для подтверждения выводов о продолжительности периода яровизации того или иного сорта по проценту растений, что сохранились после задержки вегетации, мы дополнитель но проводим оценку на П (ПЯ) по количеству продуктивных стеблей в фазу полной спелости в целом по каждому сорту (табл. 2).

Из испытуемых сортов пшеницы озимой полтавской селекции при задержке вегетации до 17 апреля сохранилось от 82,6 (с. Левада) до 97,8 % (с. Полтавчанка) растений на участке. Можно считать, в свете теории эффекта 4-BBBB (время возобновления весенней веге-

тации по В. Д. Мединцу), что сорта, которые имеют небольшой процент выпадения растений при задержке вегетации на протяжении месяца (2,2–17,4 %), можно отнести к устойчивым к выпадению, то есть, по нашему предположению, со средним периодом яровизации (СПЯ). Кроме того, следует отметить, что в каждом из изученных сортов пшеницы озимой (кроме с. Вильшана и с. Сагайдак) в родословной одним из родительских компонентов присутствует Мироновская 808, которая и обеспечила удлиненный период яровизации. Следует отметить, что признак «период яровизации» генетически контролируем и контролируется он доминантными генами. Мы считаем, что метод оценки сортов или селекционных линий пшеницы озимой на П (ПЯ), через искусственную задержку вегетации в весенний период, хотя есть и косвенным, но достаточно объективным и может быть использован при паспортизации сортов пшеницы озимой на ППЯ и в отборах в селекционном процессе.

Таблица 2

Суммарное расстояние количественных признаков сортов озимой пшеницы селекции ПГАА по результатам кластерного анализа (по сортам и годам)

Сорт	СП-1 (единицы Эвклидовой метрики)	СП-2 (единицы Эвклидовой метрики)
Сагайдак (2008)	30	30
Вильшана (2001)	22	22
Вильшана (2008)	40	40
СЛ № 351 (Левада х Червона) (2011)	22	22
Оржица (2011)	22	22
Перемога 2 (2009)	68	68
Лелека (2009)	58	58

*Оценка сортов и селекционного материала по уровню суммарного расстояния признаков в кластерном анализе в сроках посева.*

В кластерном анализе в основу группировок по всему массиву (но отдельно по каждому сроку сева) были взяты количественные признаки — масса воздушно-сухого стебля в г ( $M_5$ ) и линейная плотность колоса (ЛПК), вычисляемая по отношению количества зерен в колосе (КЗ) к длине колоса (ДК). Параллельно с основными группирующими признаками ( $M_5$ , ЛПК) в анализ были включены признаки генеративной части растения — масса зерна с колоса, г ( $M_1$ ); число зерен в колосе, шт. (ЧЗ); масса колоса с семенами, г ( $M_3$ ); масса 1000 зерен, г (МТЗ); количество колосков в колосе, шт. (КК); вегетативной части растения — высота растения, см (Н); длина колосонесущего междоузлия, см (ДВМ); длина колоса, см (ДК); масса растения, г ( $M_2$ ); масса половины колоса, г ( $M_4$ ) и индексы: уборочный (HI) — отношение массы

зерна к массе растения, аттракции (AI) — отношение массы колоса к массе стебля и индекс продуктивного потенциала колоса (IPP) — отношение массы зерна к массе колоса. Кроме того, в анализ включали урожайность зерна, ц/га (УЗ) по каждому сорту и селекционной линии (СЛ).

На основании огромного объема исследований и большой выборки исследуемого материала установлено, что уровень суммарного расстояния признаков по исследуемым сортам в сроках посева дает колоссальные возможности оценки генотипа по уровню сочетания признаков и уровню адаптивности к изменяющимся условиям среды. Если столбец на дендрограмме (Эвклидово расстояние) имеет одну и ту же высоту в посеве как первого, так и второго срока (рис. 1–4), то мы можем утверждать о высокой сбалансированности признаков в сорте и высоком уровне его адаптивности.

Что мы включаем в характеристику: «столбец на дендрограмме» и его высоту. Прежде всего, анализ огромного количества средних значений признаков генеративной и вегетативной части растения и селекционных индексов. Всего в кластерный анализ вовлекаются все вышеперечисленные количественные признаки и индексы. Высота столбца — это расстояние между каждым из признаков и индексов внутри сорта в кластерном анализе. Разница в высоте столбца при выращивании в разных климатических условиях, сроках посева, годах исследований — это реакция каждого из количественных признаков на условия среды. Если признаки стабильны в изменяющихся условиях среды, высота столбца будет одинаковой как по срокам сева, так и по годам исследований. Если какой-то признак меняется в условиях среды — высота столбца также резко изменится (о чем мы сообщали раньше). Мы считаем, что стабильность высоты столбца дендрограммы по годам исследований и срокам сева указывает на сбалансированность признаков в исследуемом генотипе и подводит нас к объяснению нормы реакции сорта на условия среды, т. е. на уровень адаптивности. Следовательно, за уровень адаптивности в генотипе отвечают признаки и их сочетание или сбалансированность. Сбалансированность — это наличие и четкая работа устойчивых генетических систем генотипа, за которыми стоят признаки.

За годы исследований (2001–2014) на дендрограммах в кластерном анализе мы постоянно получали с исследуемым материалом идеальное совпадение величины и уровня суммарного расстояния количественных признаков в посевах первого и второго срока не только по сортам и селекционным линиям полтавской селекции, но и по сортам других селекционных центров Украины (табл. 2).

Эти **выводы** и объясняют ту ситуацию, что сорта озимой пшеницы селекции ПГАА Сагайдак, Вильшана, Оржица, Царичанка успешно прошли государственное испытание по климатическим зонам

України і включені в Государственный реестр сортов растений України.

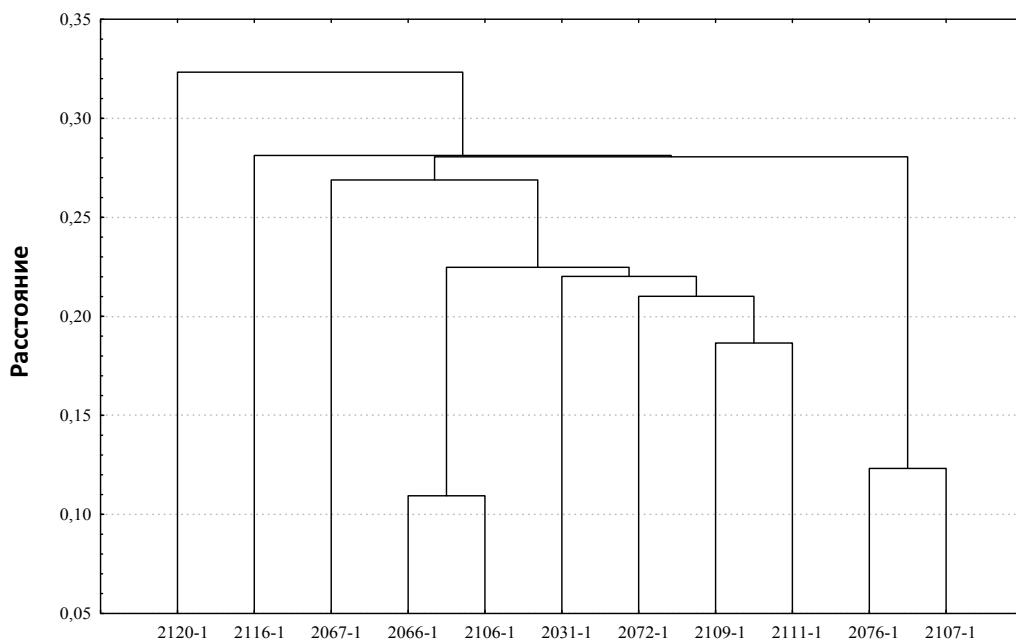


Рис. 1. Дендрограмма распределения сортов и селекционных линий озимой пшеницы в лучших группах кластера, 2001 год, СП-1 (№ 2067 — с. Вильшана)

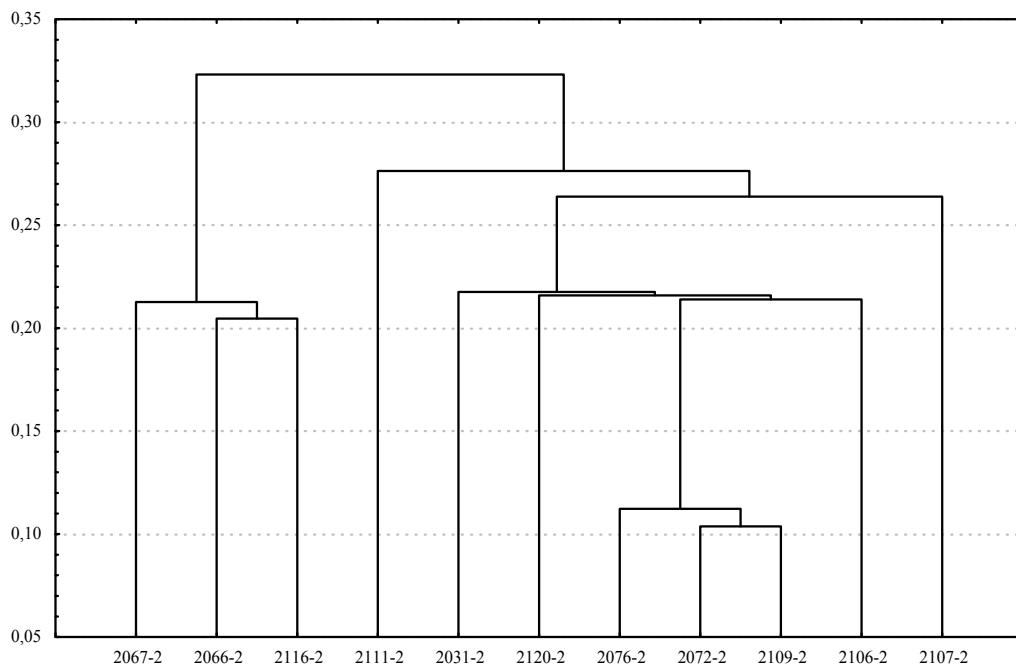


Рис. 2. Дендрограмма распределения сортов и селекционных линий озимой пшеницы в лучших группах кластера, 2001 год, СП-2 (№ 2067 — с. Вильшана)

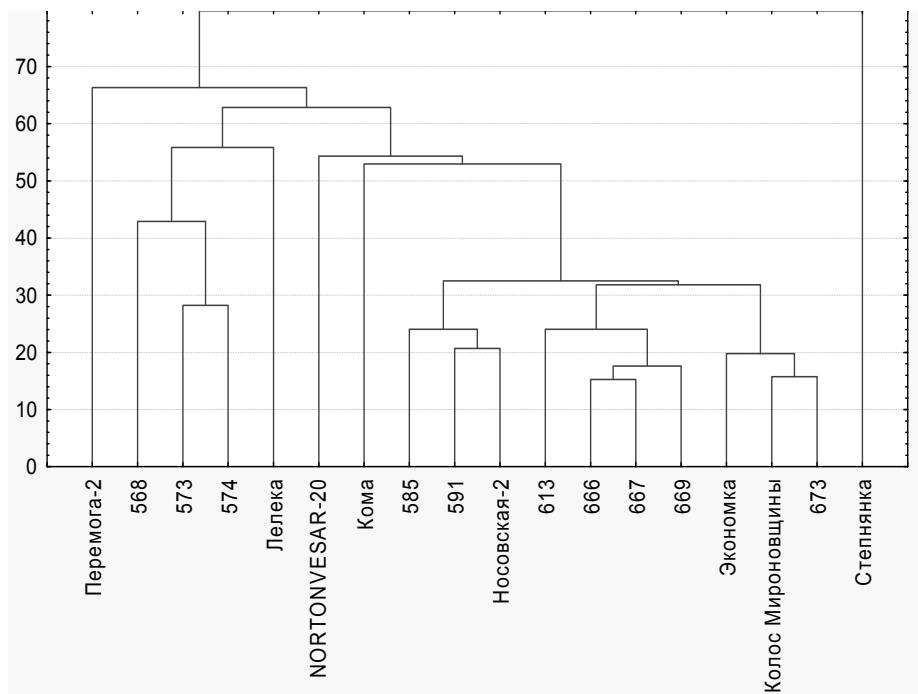


Рис. 3. Дендрограмма распределения сортов пшеницы озимой в ЛГ 6-го кластера, 2009 г., СП-1 (с. Перемога 2; с. Лелека)

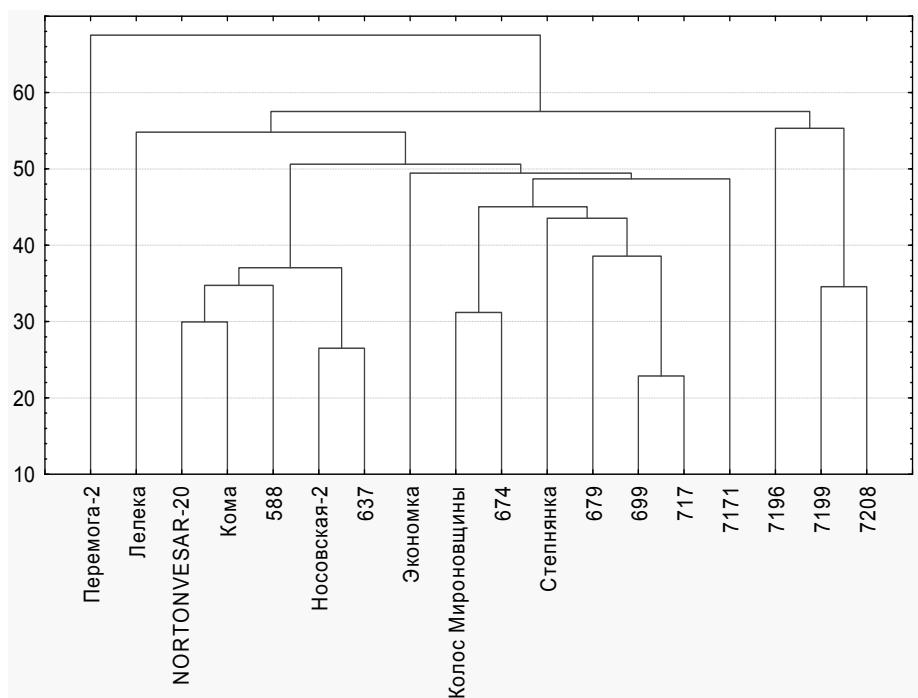


Рис. 4. Дендрограмма распределения сортов пшеницы озимой в ЛГ 6-го кластера, 2009 г., СП-2 (с. Перемога 2; с. Лелека)

Таким образом, в настоящем сообщении изложены два методически отработанных направления селекции пшеницы озимой в селекционном центре Полтавской государственной аграрной академии, что дало основание оценивать ежегодно сорта озимой пшеницы и селекционный материал по уровню сбалансированности количественных признаков и по уровню адаптивности к флюктуирующим условиям среды.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тищенко В. Н. Использование кластерного анализа для идентификации и отбора высокопродуктивных генотипов озимой пшеницы на ранних этапах селекции / В. Н. Тищенко, Н. М. Чекалин, М. Е. Зюков // Фактори експериментальної еволюції організмів: збірник наукових праць. — К.: Аграрна наука, 2004. — Т. 2. — С. 270–278.
2. Тищенко В. М. Кластерний аналіз як метод індивідуального добору високопродуктивних рослин озимої пшениці в F<sub>2</sub> / В. М. Тищенко // Селекція і насінництво. — Х., 2005. — № 89. — С.125–137.
3. Тищенко В. Н. Использование кластерного анализа для идентификации и отбора высокопродуктивных генотипов озимой пшеницы в процессе селекции / В. Н. Тищенко, Н. М. Чекалин, П. М. Панченко // Генетика и биотехнология XXI века. Фундаментальные и прикладные аспекты : материалы Международной науч. конф., 3–6 дек. 2008 г., Минск / редкол. Н. П. Максимова (отв. ред.) [и др.]. — Минск : Изд. центр БГУ, 2008. — 364 с.
4. Тищенко В. Н. Генетические основы адаптивной селекции пшеницы озимой в зоне Лесостепи: монография / В. Н. Тищенко, Н. М. Чекалин. — Полтава, 2005. — С.125.

Надійшла 13.06.2016

UDC 633.11:631.527

**Tishchenko V. M., Ishchenko A. G., Dubenets M. V.** Poltava State Agrarian Academy

#### **WINTER WHEAT BREEDING FOR ADAPTABILITY ON THE BASIS OF CLUSTER ANALYSIS**

In this article we present experimental data of selection methods on early breeding stages according to developed winter wheat cultivar model for Forest-Steppe conditions. For searching outstanding genotypes with high yield potential we have used our developments in statistical, correlation, regression and cluster analysis. In the basis of direct and recurrent selection we have put marker traits and selection indexes. Traits and indexes which have high genetic variance, low phenotypic variance and high stable genetic correlations with yield per unit of area are considered as more valuable. There is information that most of winter wheat variet-

ies of Poltava Breeding Center which are included in the National Catalog of plant varieties of Ukraine were selected by winter hardiness level and by total distance level of traits on dendrogramms in cluster analysis. This method has allowed us to estimate our varieties by adaptivity level in fluctuated conditions.

УДК 633.11:631.527

**Тищенко В. М., Іщенко А. Г., Дубенець М. В.**

**СЕЛЕКЦІЯ НА АДАПТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ НА ОСНОВІ  
КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ**

Наведені експериментальні дані про методи формування селекційного матеріалу на початкових етапах селекції з врахуванням раніше розробленої моделі сорту пшениці озимої для умов Лісостепу України. В пошуках видатних продуктивних генотипів передбачені напрацювання за результатами статистичного, кореляційно-регресійного, кластерного аналізів; в основу прямих, рекурентних доборів входять також маркерні ознаки та селекційні індекси. Особлива увага приділяється ознакам або індексам, які мають високу генетичну та низьку фенотипову варіанси і для яких характерні стабільно високі генетичні кореляції з врожайністю з одиниці площи.

Наводиться інформація про те, що більшість сортів озимої пшениці полтавської селекції, які включені в Реєстр сортів рослин України, пройшли добори як за рівнем зимостійкості, так і за розташуванням рівня сумарної відстані ознак на дендрограммах у кластерному аналізі, що дало підставу оцінити їх за рівнем адаптації до мінливих умов середовища.