

МОЦНЫЙ И. И.¹, МОЛОДЧЕНКОВА О. О.^{1✉}, БЕЗЛЮДНЫЙ В. Н.², СОЛОМОНОВ Р. В.³, КУЛЬБИДА М. П.¹

¹ Селекционно-генетический институт – Национальный центр семеноводства и сортоизучения, Украина, 65036, г. Одесса, Овидиопольская дорога, 3, e-mail: motsnyyui@gmail.com

² Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, Республика Беларусь, г. Жодино, ул. Тимирязева, 1, e-mail: bezludny@tut.by

³ Одесская государственная сельскохозяйственная опытная станция НААН Украины, Украина, 67667, г. Одесса, Маякская дорога, 24, e-mail: rusolomonov@gmail.com

✉ olgamolod@ukr.net, (048) 789-54-73

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЗЕРНА ИНТРОГРЕССИВНЫХ ЛИНИЙ ПШЕНИЦЫ МЕТОДОМ БЛИЖНЕЙ ИНФРАКРАСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Цель. Определить дифференцирующую способность сред, ценность селекционных признаков от новых источников и релевантность методов оценки путем изучения варьирования содержания белка и его связи с агрономическими признаками интрогрессивных линий пшеницы. **Методы.** Выращивание растений в разных условиях сочетали с лабораторными методами определения качества. **Результаты.** Среднее содержание белка у линий (9,7–15,5 %) было выше в широкорядном посеве в засушливые годы, размах варьирования был шире в засушливые годы в широкорядном посеве, и в благоприятные – в сплошном посеве. Установлена устойчивая положительная корреляция содержания белка с содержанием клейковины (0,87–0,96) и седиментацией (0,58–0,90) и отрицательная – с урожайностью. **Выводы.** Параметры устойчивости растений к болезням и жестким агрофонам, определение содержания белка несколькими методами и дифференцирующую способность среды с оптимальными условиями и высоким агрофоном целесообразно использовать при отборе и объективной оценке материала. Погодные условия могут ограничивать использование некоторых показателей как селекционных признаков. Метод ближней инфракрасной спектроскопии требует постоянного обновления калибровок, следования инструкциям измерений, может завышать показатели содержания белка и влиять на эффективность селекционного процесса.

Ключевые слова: пшеница, интрогрессивные линии, содержание белка, методы.

Традиционно приоритетным направлением работы СГИ–НЦСС, расположенного в ре-

гионе с благоприятными почвенно-климатическими условиями, является создание сортов озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) с генетически обусловленным высоким уровнем хлебопекарного качества зерна, потенциал которого в полной мере реализуется только при содержании белка в муке не ниже 11–12 % [1]. Однако реальные условия зернового производства (прежде всего дозы вносимых удобрений) обеспечивают скорее прирост урожая, а не повышение белковости – ведущего фактора качества. Эта проблема может быть решена благодаря привлечению нового (может быть, еще неизученного) генетического материала, например, источников ценных признаков, созданных в результате отдаленной гибридизации [2], и точному знанию связи содержания белка с другими показателями качества, а также селекционными признаками. Работа в этом направлении требует вовлечения большого объема селекционного материала и возможна только при условии использования высокопроизводительных экспресс-методов оценки. Таким является метод ближней инфракрасной спектроскопии (БИКС). Метод БИКС привлекателен не только высокой производительностью и низкой стоимостью измерений, отсутствием необходимости в химических реактивах (в частности, в хлопотных разрешениях на использование прекурсоров), но и тем, что не требует разрушения материала, который можно использовать в дальнейшем селекционном процессе.

Целью настоящего исследования стало изучение методом БИКС варьирования содержания белка и его связей с вариацией отдельных показателей качества зерна и некоторых агрономических признаков интрогрессивных

© МОЦНЫЙ И. И., МОЛОДЧЕНКОВА О. О., БЕЗЛЮДНЫЙ В. Н., СОЛОМОНОВ Р. В., КУЛЬБИДА М. П.

линий пшеницы, созданных и выращенных в СГИ–НЦСС.

Материалы и методы

Объектом исследований служили новые интрогрессивные линии, созданные методом отдаленной гибридизации в отделе общей и молекулярной генетики СГИ–НЦСС. Линии получены в результате 3–10 насыщающих скрещиваний адаптивного сорта пшеницы Одесская 267 с оригинальными первичными признаковыми линиями, а также коллекционными образцами, искусственными видами пшеницы и амфиплоидами, скрещивания сорта Селянка с мексиканскими элитными синтетиками (амфиплоидами *T. durum* Desf./*Aegilops tauschii* Coss.), последующих ступенчатых скрещиваний полученных гибридов с современными сортами и 4–6 самоопылений. Весь экспериментальный материал получен путем индивидуального отбора по наличию устойчивости к распространенным болезням и отдельных морфологических чужеродных признаков как при каждом скрещивании (беккроссе), так и после самоопыления. При выделении линий особое внимание обращали на их константность как по отдельным (в том числе чужеродным) признакам, так и по всему их комплексу.

Материал выращивали по черному пару на опытном участке отдела общей и молекулярной генетики, а также в селекционных и контрольных питомниках селекционных отделов СГИ–НЦСС в период 2008–2018 гг. В каждый год анализировали от 17 до 105 линий разных комбинаций скрещивания. В 2016 г. одни и те же линии высевали в благоприятных условиях СГИ–НЦСС и (дополнительно) в засушливых условиях ГПОХ «Покровское» (Беяевский район Одесской области). На опытном участке и в селекционном питомнике интрогрессивные линии сеяли на 1–2-рядковых участках широко-рядным способом (длина рядка 1,15 м, площадь питания отдельного растения 30×5 см²) и убирали вручную. В контрольном питомнике посев проводили сплошным способом (с междурядьями 15 см) селекционной тракторной сеялкой ССФК-7 без повторности, учетная площадь участков 5 м² и 10 м², норма посева 4,5 млн зерен/га. Сорта-стандарты (Антоновка, Куяльник, Мудрость) и рекуррентную форму (Одесская 267) сеяли через каждые 10 номеров. Урожай убирали селекционными комбайнами «Hege-125» и «Samro-130».

На опытном участке подкормку по мерзлоталой почве (из расчета N₃₀ д. в.) проводили вручную. Участки селекционных отделов удобряли согласно технологической карте института. При анализе полученных данных учитывали разнообразие условий проведения опытов: сезоны выращивания пшеницы 2007/08, 2009/10, 2010/11, 2012/13, 2014/15 и 2015/16 гг. были благоприятными для роста и развития растений, однако в 2008 г. гидротермические условия в фазу налива зерновки способствовали развитию фузариоза колоса и других патогенов, что привело к снижению качества зерна; сезоны 2011/12 и 2016/17 гг. были экстремальными в течение всего периода; в сезоны 2008/09, 2013/14 и 2017/18 гг. весенне-летняя вегетация проходила в условиях значительного дефицита влаги.

Определение отдельных показателей качества методом БИКС выполняли в Научно-практическом центре НАН Беларуси по земледелию (г. Жодино, Республика Беларусь) на сканирующем спектрометре NIRSystems 5000 (США) в диапазоне длин волн 1100–2500 нм. Обработку спектров и расчет предсказательных моделей (калибровок) осуществляли с использованием программы WinISI II v.1.02 («InfraSoft», США). Использовали ранее разработанные оригинальные калибровки для зерна пшеницы. В качестве референтного метода для калибровки на содержание белка в зерне служил метод определения общего азота по Кьельдалю. Стандартная ошибка калибровки $SEC=0,05$ при коэффициенте детерминации $R^2=0,98$. По результатам определения общего азота рассчитывали содержание белка в зерне и выражали в процентах на абсолютно сухое вещество. В качестве референтного метода для калибровки на содержание клейковины служил метод ручной отмывки. Стандартная ошибка калибровки $SEC=1,39$ при $R^2=0,95$. Полученные результаты измерения выражали в процентах к навеске муки. Калибровка для определения седиментации основана на результатах определения показателя методом Пумпянского по величине осадка в 2 %-ной уксусной кислоте после отстаивания в течение 5 мин. Стандартная ошибка калибровки $SEC=4,47$ при $R^2=0,89$. Величину показателя выражали в мл осадка.

Параллельно содержание белка определяли также по методу Кьельдаля на приборе Kjeltec-Auto 1030 в лаборатории биохимии СГИ–НЦСС. С целью упрощения понимания

материала в таблицах и тексте статьи приводятся унифицированные обозначения статистических показателей (M – средняя арифметическая, SD – среднее квадратичное отклонение, SE – стандартная ошибка, Max и Min – лимиты вариации), а также степени достоверности определенных нами или взятых из литературы показателей, критериев и коэффициентов (* – достоверно при $p < 0,05$; ** – достоверно при $p < 0,01$; *** – достоверно при $p < 0,001$).

Результаты и обсуждение

Выбор интрогрессивных линий в качестве материала обусловлен широким размахом их генетически детерминированной изменчивости, часто далеко выходящим за рамки межсортового полиморфизма. В зависимости от погодных условий в период созревания, способа посева и материала исследования среднее содержание белка в образцах зерна интрогрессивных линий варьировало по годам от 9,7 до 15,5 %. В целом показатель был выше в ширококрядном посеве, а также в засушливые годы. Размах варьирования признака (лимиты вариации и среднее квадратичное отклонение) был шире в ширококрядном посеве и более узким – в сплошном. При этом в ширококрядном посеве варьирование было шире в засушливые годы, а в сплошном посеве – в экстремальном году или в годы с благоприятными для роста и развития растений погодными условиями (табл. 1). Довольно отчетливо это проявилось в 2016 г. на одном и том же материале, выращенном в разных условиях. Очевидно, в оптимальных условиях произрастания, при достижении высокой урожайности материала, реализуются минорные генетические детерминанты целевого признака, что важно для дифференциации и отбора линий. В наиболее благоприятных условиях урожайность стандартов достигала 90 ц/га и выше при очень низкой белковости подавляющего большинства линий (8–10 %). Видимо, высокая урожайность является лимитирующим фактором для проявления признака содержания белка, а условия, ее обуславливающие, – дифференцирующей средой для отбора по этому признаку.

Варьирование средних показателей содержания сырой клейковины и седиментации было не так значительно (табл. 1). При этом отмечена сильная положительная устойчивая по годам корреляция содержания белка с содержанием сырой клейковины (от 0,87*** до 0,96***)

и седиментацией (от 0,58*** до 0,90***). Это вполне ожидаемо, ибо белки клейковины составляют около 80–85 % общего содержания белка в зерне. Именно они определяют качество клейковины, поскольку формируют ее каркас и отвечают за такие физические показатели теста, как эластичность, упругость, вязкость и растяжимость [2]. Также наблюдалась четкая тенденция наличия отрицательной корреляции содержания белка с урожайностью, которая, правда, не всегда была достоверной. Сила связи содержания белка с другими агрономическими признаками в значительной степени зависела от особенностей материала и условий года (табл. 2).

Например, в зависимости от места (условий) выращивания одних и тех же линий в 2016 г. получена разнонаправленная достоверная корреляция содержания белка с МТЗ. Таким образом, погодные условия, оказывая существенное влияние на качество зерна, в отдельные годы могут ограничивать использование некоторых показателей как селекционных признаков при отборе высокобелковых линий.

Как известно, оценка содержания белка в зерне существенно зависит от метода измерения; результат БИКС во многих случаях отличается от данных, полученных по методу Кьельдаля [3]. Поэтому коэффициент корреляции между двумя рядами измерений нашего материала, полученными разными методами, довольно сильно отличается от 1 ($r = 0,87***$), а для некоторых линий различие оценок весьма значительно. Такие линии, очевидно, нуждаются в дальнейшей проверке. Предполагаем, что причина указанных расхождений носит технический характер, касающийся особенностей применения методов и оборудования в разных лабораториях; погрешность в измерениях могут вносить оба метода: БИКС, поскольку зависит от влажности зерна, или Кьельдаля, так как имеет много этапов, на каждом из которых возможны незначительные отклонения, которые способны накапливаться. Так или иначе, значительная часть данных не вписывается в 95 % доверительный интервал линии регрессии (рис. а); при этом результаты, полученные с помощью прибора NIRSystems 5000, во многих случаях несколько завышены по сравнению с полученными методом Кьельдаля, что в частности видно из уравнения регрессии $y = 0,86 + 0,98x$.

Таблица 1. Варьирование средних значений содержания белка, сырой клейковины и седиментации у интрогрессивных линий в зависимости от года выращивания, $M \pm SD$

Год урожая	N ¹⁾	Признак ²⁾				Условия сезона ⁴⁾	Способ посева ⁵⁾
		Содержание белка, %	ΔB ³⁾ , %	Содержание клейковины, %	Седиментация, мл		
2008	73	12,5±0,94 (10,1-14,5)	4,4	25,2±2,64 (18,7-31,6)	46,5±6,19 (32,6-62,9)	Нб	Ш
2009	100	10,5±1,64 (7,6-15,1)	8,5	23,5±4,52 (15,4-35,9)	45,0±6,91 (30,0-66,9)	Зас	Ш
2010	17	13,5±1,73 (11,1-16,7)	5,6	30,0±4,75 (19,2-38,2)	49,8±8,77 (35,4-66,3)	Бл	Ш
2011	58	11,5±1,20 (9,1-15,3)	6,2	26,6±3,03 (21,2-34,7)	36,2±7,11 (22,8-52,2)	Бл	Ш
2012	40	13,1±1,41 (10,8-16,8)	6,0	31,5±3,23 (26,4-40,4)	40,7±8,10 (25,8-60,1)	Эк	Ш
2013	38	14,0±1,45 (11,1-16,9)	5,8	–	–	Бл	Ш
2014	63	15,5±2,75 (10,2-22,2)	12,0	–	–	Зас	Ш
2015	46	9,7±0,77 (8,1-11,8)	3,7	–	–	Бл	С
2016 СГИ	70	11,4±0,72 (9,8-13,5)	3,7	–	–	Бл	С
2016 П ⁶⁾	105	14,0±0,57 (12,6-15,3)	2,7	–	–	Зас	С
2017	88	12,0±1,07 (9,2-14,2)	5,0	24,9±2,95 (16,4-31,4)	44,8±15,50 (36,0-62,0)	Эк	С
2018	56	10,9±0,67 (9,7-12,5)	2,8	–	42,3±11,87 (31,0-58,0)	Зас	С

Примечания: ¹⁾ N – объем выборки; ²⁾ даны среднее (M) и среднеквадратичное отклонение (SD), в скобках указаны границы вариации; ³⁾ ΔB – размах вариации по содержанию белка (Max-Min); ⁴⁾ Нб – неблагоприятные, Бл – благоприятные, Эк – экстремальные, Зас – засушливые; ⁵⁾ Ш – широкорядный (междурядья 30 см), С – сплошной (междурядья 15 см); ⁶⁾ СГИ – СГИ – НЦСС (благоприятные условия), П – ГПОХ «Покровское» (засуха).

Кроме того, результаты анализа изученных нами показателей качества, выполненные по калибровкам предыдущего года, отличаются от данных, полученных по калибровкам года урожая ($r=0,97^{***}$ для содержания белка; $r=0,93^{***}$ для содержания клейковины; $r=0,78^{***}$ для седиментации). Также различаются значения признаков, полученные с помощью разных приборов в разных лабораториях (рис. б). Таким образом, метод БИКС требует постоянного обновления калибровок с перепроверкой данных лабораторными методами. Касательно содержания белка, при расхождении показателей, полученных разными методами,

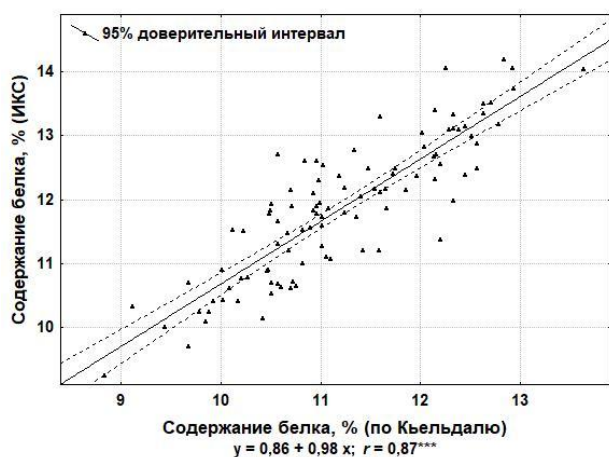
необходима корректировка настроек прибора NIRSystems 5000 в сторону уменьшения или увеличения значений признака до полного соответствия их с таковыми, полученными по методу Кьельдаля. В противном случае величина признака «содержание белка в муке», определенная по методу БИКС, может быть завышена [3], что особенно важно при определении классности партии зерна. Таким образом, можно предположить, что выбор (доступность) метода измерения содержания белка, а также характер следования инструкциям и правилам измерения могут влиять на эффективность процесса селекции.

Таблица 2. Варьирование коэффициентов корреляции содержания белка с другими показателями качества и агрономическими признаками у исследованных линий по годам выращивания пшеницы

Год	Кл	Сед	ДК	ВР	МТЗ	Ур
2007	0,94***	0,85***	–	–	–	-0,02
2008	0,88***	0,58***	–	-0,05	-0,42**	-0,43**
2009	0,96***	0,76***	0,12	-0,15	-0,23*	-0,09
2011	0,90***	0,74***	0,33*	0,33*	-0,18	-0,27
2012	0,92***	0,90***	0,25	0,48**	-0,46**	-0,65***
2013	–	–	0,27	0,20	0,18	-0,07
2014	–	–	0,33*	0,11	-0,15	-0,20
2015	–	–	0,02	-0,10	0,27	-0,04
2016СГИ	–	–	0,07	0,07	-0,33**	-0,35**
2016П	–	–	–	–	0,24*	-0,10
2017	0,87***	0,76**	0,26**	0,07	0,04	0,03
2018	–	0,63**	-0,41**	-0,61***	0,13	-0,16

Примечания: Кл – содержание клейковины, Сед – седиментация, ДК – дата колошения, ВР – высота растений, МТЗ – масса 1000 зерен, Ур – урожайность; СГИ – СГИ – НЦСС (благоприятные условия), П – ГПОХ «Покровское» (засуха); * – достоверно при $p < 0,05$; ** – достоверно при $p < 0,01$; *** – достоверно при $p < 0,001$.

а)



б)

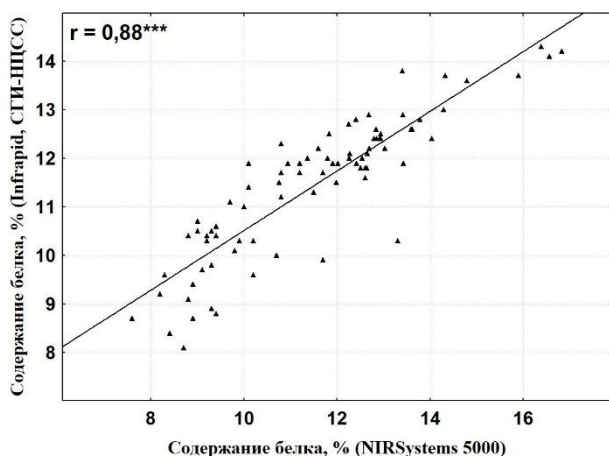


Рис. Корреляция между показателями содержания белка, определенными разными методами (а) и с помощью разных приборов (б).

Выводы

Наиболее благоприятные условия для дифференциации популяции и отбора генотипов по признаку содержание белка в зерне складываются в оптимальных условиях выращивания пшеницы на высоких агрофонах при урожайности стандартов 90 ц/га и выше. В таких условиях реализуются минорные генетические детерминанты целевого признака, и на общем фоне низкой белковости (8–10 %) удается выделить отдельные линии с генетически обусловленным высоким содержанием белка. Параметры устойчивости растений к инфекционным болезням и жестким агрофонам, определение содержания белка несколькими методами с последующей перепроверкой сомнительных случаев и дифференцирующую способность среды с оптимальными условиями и высоким агрофоном рекомендуется использовать при отборе линий и для объективной оценки гибридного материала. Погодные условия, оказывая существенное влияние на качество зерна, в отдельные годы могут ограничивать использование некоторых показателей как селекционных признаков при отборе линий.

Для успешной проработки селекционного материала метод ближней инфракрасной спектроскопии эффективен вследствие высокой скорости, производительности и низкой себестоимости, однако, метод требует постоянного обновления калибровок с проверкой лабораторными методами. При определении классности партий зерна данные по содержанию белка,

полученные этим методом, могут быть завышены. Выбор метода определения содержания белка, а также характер следования инструкции-

ям измерения могут влиять на эффективность селекционного процесса.

References

1. Litvinenko M.A., Holub Ye.A., Khomenko T.M. The soft winter wheat (*Triticum aestivum* L.) breeding for extra-strong baking quality identification and development. *Plant varieties studying and protection*. 2018. Vol. 14, № 1. P. 66–74. [in Ukrainian] / Литвиненко М.А., Голуб Є.А., Хоменко Т.М. Особливості створення та ідентифікації екстрасильних за хлібопекарськими властивостями сортів пшениці м'якої озимої (*Triticum aestivum* L.). *Plant Varieties Studying and Protection*. 2018. Т. 14, № 1. С. 66–74. doi: 10.21498/2518-1017.14.1.2018.126511.
2. Rybalka A.I. The quality of wheat and its improvement. Kyiv: Logos, 2011. 496 p. [in Ukrainian] / Рибалка О.І. Якість пшениці та її поліпшення. К.: Логос, 2011. 495 с.
3. Pokhylo S.Yu., Schwartau V.V., Pochinok V.M., Mykhalska I.M., Dugan O.M., Morgun B.V. Complex analysis of total protein content in bread wheat containing *Gpc-B1* gene from *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides*. *Visnyk ukrayins'koho tovarystva henetykiv i selektsioneriv*. 2017. Vol. 15, № 1. P. 52–57. [in Ukrainian] / Похилько С.Ю., Швартау В.В., Починок В.М., Михальська І.М., Дуган О.М., Моргун Б.В. Комплексний аналіз вмісту загального білка в зерні м'якої пшениці, яка містить ген *Gpc-B1* від *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides*. *Вісник УТГіС*. 2017. Т. 15, № 1. С. 52–57.

МОЦНИЙ І. І.¹, МОЛОДЧЕНКОВА О. О.¹, БЕЗЛЮДНИЙ В. М.², СОЛОМОНОВ Р. В.³, КУЛЬБИДА М. П.¹

¹ Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннізнавства та сортовивчення, Україна, 65036, м. Одеса, Овідіопольська дор., 3, e-mail: motsnyui@gmail.com

² Науково-практичний центр НАН Білорусі з землеробства, Республіка Білорусь, м. Жодіно, вул. Тімірязєва, 1, e-mail: bezludny@tut.by

³ Одеська державна сільськогосподарська дослідна станція НААН України, Україна, 67667, м. Одеса, Маякська дор., 24, e-mail: rusolomonov@gmail.com

ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЗЕРНА ІНТРОГРЕССИВНИХ ЛІНІЙ ПШЕНИЦІ МЕТОДОМ БЛИЖНЬОЇ ІНФРАЧЕРВОНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ

Мета. Визначити диференційну здатність середовищ, цінність селекційних ознак від нових джерел і релевантність методів оцінки шляхом вивчення варіювання вмісту білка та його зв'язку з агрономічними ознаками інтрогресивних ліній пшениці. **Методи.** Вирощування рослин у різних умовах поєднували з лабораторними методами визначення якості. **Результати.** Середній вміст білка у ліній (9,7–15,5 %) був вищим у широкорядному посіві і в посушливі роки, а розмах варіації був ширшим у посушливі роки в широкорядному посіві та в сприятливій – у суцільному. Встановлено стійку позитивну кореляцію вмісту білка з вмістом клейковини (0,87–0,96) та седиментацією (0,58–0,90) і негативну – з урожайністю. **Висновки.** Параметри стійкості рослин до хвороб та жорстких агрофонів, визначення вмісту білка кількома методами і диференційну здатність середовища з оптимальними умовами та високим агрофоном доцільно використовувати при доборі та об'єктивній оцінці матеріалу. Погодні умови можуть обмежувати використання деяких показників як селекційних ознак. Метод ближньої інфрачервоної спектроскопії вимагає постійного оновлення калібровок, дотримання інструкцій вимірювань, може завищувати показники вмісту білка і впливати на ефективність селекційного процесу.

Ключові слова: пшениця, інтрогресивні лінії, вміст білка, методи.

MOTSNYI I. I.¹, MOLODCHENKOVA O. O.¹, BEZLYUDNYI V. N.², SOLOMONOV R. V.³, KULBIDA M. P.¹

¹ Plant Breeding and Genetics Institute – National Center of Seed and Cultivar investigations, Ukraine, 65036, Odessa, Ovidiopolskaya dor., 3, e-mail: motsnyui@gmail.com

² Scientific and Practical Center for Agriculture of Natl. Acad. Sci. of Belarus, Republic of Belarus, Zhodino, Timiryazeva str., 1, e-mail: bezludny@tut.by

³ Odessa State Agricultural Experimental Station of the Natl. Acad. Agr. Sci. of Ukraine, Ukraine, 67667, Odessa, Mayakskaya dor., 24, e-mail: rusolomonov@gmail.com

ASSESSMENT OF THE GRAIN QUALITY INDICATORS IN INTROGRESSION WHEAT LINES BY THE NEAR INFRARED SPECTROSCOPY METHOD

Aim. The variation of protein content and its relationship to agronomic traits of introgression wheat lines were studied to determine the differentiating ability of environment, a value of breeding traits from new sources and the relevancy of assessment methods. **Methods.** Growing plants under different conditions was combined with the laboratory methods for determining quality. **Results.** An average protein content of the lines (9.7–15.5 %) was higher in the wide-row crop and in drouth years, and the range of variation was wider in dry years in the wide-row crop, but in favorable years in the solid crop. A stable positive correlation of protein content with gluten content (0.87–0.96) and sedimentation value

(0.58–0.90), and the negative correlation with yield was established. **Conclusions.** The parameters of plant resistance to diseases and harsh agricultural backgrounds, the determination of protein content by several methods and the differentiating ability of the environments with optimal conditions and a high agricultural background should be used for selection and objective evaluation of material. Weather conditions may limit the use of some indicators as breeding traits. The method of near-infrared spectroscopy requires constant calibrations, following measurement instructions may overestimate the protein content and affect the efficiency of the selection process.

Keywords: wheat, introgression lines, protein content, methods.