

металами. // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2007 – № 4 – <http://eko.org.ua/ua>.

6. Плохинский Н.А. Математические методы в биологии. Учебно-методическое пособие. – М: изд-во Москв. ун-та, 1978. – 265 с.
7. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсева и др.; под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Егоровой. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.

#### **DERIY S.I., BILONOGKO V.Y., PEDCHENKO M.O.**

*Cherkasy National University after B. Khmelnytsky  
Ukraine, 18031, Cherkasy, Shevchenko Boulevard, 81*

#### **THE USING OF LEPIDIUM SATIVUM FOR THE ESTIMATION OF HEAVY METAL IONS CONTENTS IN A MODELED WATER CULTURE**

**Aims.** Bio-testing of soil toxicity of Cherkasy technogenic areas with different intensity of motor transport and industry impact by plant indicator (*Lepidium Savitum* L.). **Methods.** Soil samples were taken in summer-autumn period in ten different points of Cherkasy with different intensity of motor transport and industry impact. The content of heavy metal elements (Cu<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>) in soil was determined in the laboratory of chemical toxicological research. Garden cress seeds were grown with roll method. Results were processed statistically with the help of “Microsoft Excel” computer program. **Results.** Bio-testing of soils with increased content of heavy metals was implemented by plant indicator in some technogenic areas of Cherkasy with different intensity of motor transport and industry impact. **Conclusions.** Combined effect of heavy metals has a significant influence upon the morphometric parameters of garden cress (*Lepidium Savitum* L.) above-ground and under-ground parts. Adding Humisol to soil extract mitigated the negative impact of these compounds on mentioned parameters and decreased the transition of heavy metal ions to plants. **Key words:** heavy metals, morphometric parameters, bio-indexation.

#### **ДРАГАВЦЕВ В.А.**

*Агрофизический институт Россельхозакадемии  
Россия, 195220, г. Санкт-Петербург, Гражданский проспект, 14, e-mail: dravial@mail.ru*

#### **О ПУТЯХ СОЗДАНИЯ ТЕОРИИ СЕЛЕКЦИИ И ТЕХНОЛОГИЙ ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ И УРОЖАЯ РАСТЕНИЙ**

В период 1984-2012 гг. группой исследователей была создана теория эколого-генетической организации количественных признаков (ТЭГОКП) [1,2] и развиты теоретически и экспериментально 24 следствия из нее [3,4,5,6]. Главное положение теории: при смене лимитирующего рост и развитие фактора внешней среды меняются спектр и число генов, детерминирующих один и тот же количественный признак (КП). Показано, что признаки «интенсивность транспирации» и «интенсивность фотосинтеза» в течение суток детерминируются поочередно двумя и тремя разными спектрами генов соответственно [7]. Механизм этого явления сейчас стал вполне очевиден. Известно [8], что общее количество генов, экспрессируемых в клетках человека, около 24000, из которых 11000 экспрессируются в клетках любого типа. Если этот принцип справедлив для растений, то очень легко объяснить результаты следующих опытов.

Если два сорта пшеницы – один с геном Lr (устойчивости к бурой ржавчине), другой – без этого гена высеять рядом и заразить бурой ржавчиной, то у первого сорта только продукт одного гена Lr – фитоантисипин – будет «подпирать» признаки продуктивности, а у второго сорта эти признаки будут развиты очень слабо. При скрещивании этих сортов на фоне бурой ржавчины в поколении F<sub>2</sub> мы получим расщепление по признакам продуктивности 3:1 – результат влияния продукта только одного гена, хотя параллельно с ним экспрессируются тысячи других генов. На фоне без ржавчины моногенная детерминация признаков продуктивности исчезает, их наследование традиционно описывается гипотезой полигении. Таким образом, лим-фактор среды «заставляет» влиять на признак продукты тех генов, которые обеспечивают наибольшую адаптивность данного генотипа к данному лим-фактору.

Кэксер [9] в своем докладе на симпозиуме

в Бристольском университете в 1959 году подчеркнул: «Я, конечно, знаю, что вся генетика основана на предположении о высокой точности и воспроизводимости действия генов. Такое ложное предположение могло возникнуть из-за того, что нет никаких доказательств, подтверждающих, что в генетических экспериментах измеряется именно первичное действие генов... Результаты развития могут определяться не генами, а кинетической структурой системы (С.61). И далее: «В процессе индивидуального развития (а свойства продуктивности не наследуются, а развиваются в онтогенезе, В.Д.) гены следует рассматривать не как диктаторов, а скорее как государственных служащих, выполняющих свою работу в рамках определенных традиций» (С.63).

ТЭГОКП подтвердила позицию Кэксера. Клетку растения можно сравнить с осажденной крепостью, в которой работают бригады скромных оружейных мастеров (генов). Одна бригада делает винтовки, другая – пулеметы, третья – пушки, четвертая – пули и снаряды. Но какие продукты этих оружейников будут применены при обороне крепости – это определяет противник (конкретный лим-фактор среды). Если на крепость наступает пехота – стреляют винтовки, если конница – пулеметы, если танки – то пушки. Блоки генов (бригады оружейников) – это не генералы, отдающие жесткие приказы о том, какой величины должен быть признак продуктивности, а скромные мастера, делающие свой оружейный продукт, который либо «выходит» на борьбу с противником (лим-фактором среды), либо нет – это определяется только спецификой противника, т.е. спецификой лим-фактора среды [10]. Главные следствия из ТЭГОКП – расшифрованы механизмы возникновения и созданы методы прогноза для: 1) эффектов взаимодействия «генотип-среда» (ВГС), 2) трансгрессий, 3) экологически зависимого гетерозиса, 4) знаков и уровней генотипических и экологических корреляций, 5) сдвигов доминирования, 6) гомеостаза продуктивности и др. Созданы методы управления амплитудой генотипической изменчивости КП и числом генов, «выходящих» на КП. Показано, что эколого-генетическая природа сложного, хозяйственно важного КП, не может быть описана языками менделевской, биометрической и молекулярной генетики. Только язык ТЭГОКП строго описывает поведение сложных КП в эволюции и селекции [10].

Уровни продуктивности и урожая растений определяются не генами КП, а эффектами ВГС, которые являются эмерджентными (заново

возникающими) свойствами высоких уровней организации жизни (онтогенетический, популяционный, фитоценотический) и отсутствуют на молекулярном уровне. Механизм ВГС подробно изучен с позиций ТЭГОКП и окончательно выяснен. ВГС – это смена наборов продуктов генов, влияющих на признак, при смене лим-фактора внешней среды [10].

Вопреки прозвучавшим в 70-х годах призывам академика В.А. Энгельгардта о необходимости разворота биологии от редуционизма к синергизму, история биологии распорядилась по другому: все главные организационные усилия и средства были брошены в молекулярную биологию и генетику. Это было слепое копирование научных трендов США и Европы, в результате чего в РАН в бюджете 2012 г. на программу «Молекулярная и клеточная биология (МКБ)» выделен 191 млн. руб. Газета «Поиск» № 3 от 20.01.12, С. 3 пишет: «так сложилось исторически, и ни у кого рука не поднимается это положение менять». Академик Г. Месяц (там же) выражает «недоумение постоянными требованиями координатора МКБ академика Г.П. Георгиева еще больше увеличить финансирование программы. Нельзя же выделять на МКБ все конкурсные средства».

Сегодня многие государства вкладывают огромные суммы в геномику и протеомику, но ни в одном НИИ (и в России, и за рубежом) пока еще не ни одной лаборатории, разрабатывающей тему: «Расшифровка механизмов ВГС и создание методов прогноза ВГС для выведения новых урожайных сортов». Между тем, самый мощный вклад в эко-генетическое повышение урожаев могут дать только эффекты ВГС. Если сорт озимой пшеницы Безостая 1 (селекции акад. П.П. Лукьяненко) вырастить под Москвой, то он даст 10 ц/га. На Кубани он легко дает до 100 ц/га, т.е. ВГС повышает урожай на 1000%. Традиционные генетические механизмы аналитической и синтетической селекции (каждый в отдельности) могут поднять урожай лишь на 5-10%. Шведский сорт яровой пшеницы Ранг, интродуцированный в Тюменскую и Омскую области в 60-е годы, обогнал по урожаю на 30-40% стандартные сорта и был тут же районирован. Эвкалипт из Австралии, привезенный в Уругвай, ускорил свой рост в 2 раза. Вот что делают эффекты ВГС. За счет ВГС на Сахалине проявляется гигантизм кормовых трав (в Европе они – по колено, на Сахалине скрывают всадника с лошадью. Как тут не вспомнить замечательного генетика и селекционера Брюейкера: «Более половины населения нашей плодородной Земли имеет слиш-

ком мало пищи, и даже очень глубокое знание гена дает небольшое утешение голодным людям, пока оно не выражается в калориях» [11].

ТЭГОКП показала, что традиционные подходы молекулярной генетики (MAS, QTL) вряд ли смогут серьезно помочь эколого-генетическому приращению урожаев в процессе селекции, тем более, что генетики, развивая в течение 147-и лет (от Г. Менделя) свою науку, так и не нашли специфических генов продуктивности, величины урожая, горизонтального иммунитета, гомеостаза урожая (пластичности сорта), засухо-, зимо-, жаро-, холодоустойчивости и т.д., не локализовали их, не выделили, не клонировали, не секвенировали и не определили их продукты. Причины этого объяснил крупнейший молекулярный генетик Гюнтер Стент [12] еще в 1974 г.: «Поиски «молекулярного» объяснения сознания являются напрасной тратой времени, поскольку физиологические процессы, ответственные за это ощущение, задолго до того, как будет достигнут молекулярный уровень, распадутся до ординарных рабочих реакций, не более или менее удивительных, чем процессы, происходящие, например, в печени». Хотя с ним и не согласен директор Курчатовского Центра М. Ковальчук: «Для изучения природы сознания необходимо понимание молекулярных процессов», однако все знания системной биологии и современной эпигенетики говорят только в пользу Г. Стента. Недаром США выделили в 2012 г. на программу «Коннектом» (расшифровку полной структуры нейронных связей и их лабильных сдвигов между 100 млрд. нейронов в мозге человека) миллионы долларов. «Коннектом» – более амбициозный проект, чем «Геном человека», а ведь по сути – это изучение феномена ВГС – лабильной структуры связей между нейронами под воздействием внешних факторов и в основном на уровне нейронных модулей, а не на молекулярном уровне. («Поиск», № 4, от 27.01.12)

Недавно Брюс Липтон опубликовал свою теорию, очень сходную с ТЭГОКП [13], позволяющую по иному взглянуть на биологию клеток и на причины многих болезней, но его первые публикации вышли из Стэнфордского университета только в 1991 г, тогда как ТЭГОКП появилась в ДАН СССР в 1984 г.[2].

Подобно тому, как невозможно изучать сознание на молекулярном уровне, невозможно изучать на том же уровне самый мощный «рычаг» повышения урожаев растений – ВГС, которое бесследно исчезает на молекулярном уровне, подобно сознанию, являясь эмерджентным свойством. Оно возникает при взаимодействии про-

дуктов генов с лабильными в течение суток, недель, месяцев – лим-факторами среды и только на высоких уровнях организации жизни.

Все генетические операции с «большими» генами Г. Менделя, включая трансгеноз, способны помочь повышению продуктивности и урожайности только в тех случаях, когда «большой» ген в определенном интервале средовых условий «выходит» на детерминацию свойства продуктивности. К сожалению, менделевских генов в геномах растений найдено очень мало – всего 1-3% от суммарного объема генов родового генома. Продукты оставшихся 97% генов, во-первых, пока почти неизвестны, во-вторых, находятся в сложнейших взаимодействиях друг с другом, но, главное, – с постоянно меняющимися (даже в течение суток) лим-факторами внешней среды, которые «заставляют» те или иные продукты генов поочередно детерминировать сложный признак, соответственно смене лим-факторов.

У трансгеноза, который сегодня может работать только с «большими» генами Г. Менделя, – очень много слабых мест: «существующие методы трансформации растений малоэффективны, видо- и сортоспецифичны, приводят к случайному встраиванию чужеродной ДНК в геном реципиента, накладывают ограничения на количество переносимой информации и т.д. Переброс трансгенов из одного сорта в другой требует многократных возвратных скрещиваний и, главное, – не является генетически чистой процедурой, поскольку вместе с чужеродной ДНК в процессе случайной рекомбинации происходит перенос различных «кусков» ДНК сорта-донора. Трансгены в сегодняшних коммерческих сортах работают (экспрессируются) постоянно, и, как правило, во всех органах и тканях растения. Поскольку эффективной процедуры встраивания трансгенов в заранее заданный участок генома не существует, манипулирование даже несколькими независимыми признаками и их координированный переброс в сотни сортов превращаются в логистический кошмар для селекционных компаний [14, С. 97-98].

Сегодня в СМИ циркулируют убеждения, что только трансгеноз накормит человечество. Так журнал «Машины и механизмы» № 1 (88), январь 2013, С. 7 в статье «Расшифрован геном пшеницы» пишет: «Идентификация 96000 генов пшеницы... поможет ученым получить сорта, устойчивые к различным погодным условиям, последствиям изменения климата, вредителям. Да, к генной инженерии можно относиться по-разному, но отрицать, что сегодня это практически единственный способ накормить голодаю-

щих в таких странах как Чад, Конго или Эфиопия, - нельзя». Вот такая категорическая позиция.

Однако ТЭГОКП показала, что даже если в будущем удастся преодолеть перечисленные выше трудности трансгеноза, то, по причине «блуждающих» спектров генов, детерминирующих свойства продуктивности, у трансгеноза вряд ли появятся мощные стратегические пер-

спективы создать надежные молекулярно-генетические технологии управления продуктивностью и урожаем – важнейшими компонентами продовольственной безопасности. Такие технологии в принципе созданы ТЭГОКП, и они уже успешно работают более чем в 30 российских и зарубежных генетических и селекционных центрах.

### Литература

1. Драгавцев В.А., Цильке Р.А., Рейтер Б.Г., и др. Генетика признаков продуктивности яровых пшениц в Западной Сибири. Изд. «Наука» СО АН, Новосибирск. – 1984. – 230 с.
2. Драгавцев В.А., Литун П.П., Шкель Н.М. и др. Модель эколого-генетического контроля количественных признаков растений // Доклады АН СССР. – 1984. – Т. 274. – № 3. – С. 720–723.
3. Драгавцев В.А. Эколого-генетический скрининг генофонда и методы конструирования сортов с/х растений по урожайности, устойчивости и качеству. – Изд. ВИР. – СПб. – 1998. – 52 с.
4. Кочерина Н.В., Драгавцев В.А. Введение в теорию эколого-генетической организации полигенных признаков растений и теорию селекционных индексов. – АФИ. – СПб. – Изд. Центр «Дон Боско». – 2008. – 86 с.
5. Теория эколого-генетической организации количественных признаков. // Толковый словарь терминов по общей и молекулярной биологии, общей и прикладной генетике, ДНК-технологии и биоинформатике. – М.: Академкнига, М.: «Медкнига». – 2008. – Т. 2. – С. 308.
6. Чесноков Ю.В., Почепня Н.В., Бёрнер А., Ловассер У., Гончарова Э.А., Драгавцев В.А. Эколого-генетическая организация количественных признаков растений и картирование локусов, определяющие агрономически важные признаки у мягкой пшеницы. // Доклады РАН. – 2008. – Т. 418. – № 5. – С. 1–4.
7. Драгавцев В.А. Новый метод генетического анализа полигенных количественных признаков растений. // В книге «Идентифицированный генофонд растений и селекция. – 2005. – СПб. – С. 20–35.
8. Alberts B., Bray D., Lewis Ralf M., Roberts K., Watson J. Molecular biology of the cells. Ed. By Robertson. – Garland. – New York. – 1994. – 369 p.
9. Кэксер Г. Кинетические модели развития и наследственности // Моделирование в биологии. – И х Л.– М. – 1963. – С. 42–64.
10. Драгавцев В.А., Уроки эволюции генетики растений // Журнал «Биосфера». – 2012. – СПб. – Т. 4. – № 3. – С. 251–262.
11. Брюейкер Дж. Л. Сельскохозяйственная генетика. – М.: «Колос». – 1966.
12. Стент Г. Молекулярная генетика. – И х Л., М. – 1974.
13. Липтон Б. Умные клетки: биология убеждений. – Изд. «София», 2011. – 224 С.
14. Лутова Л.А. Современные технологии в биологии растений (материалы Всероссийской школы молодых ученых по экологической генетике). – Краснодар, 2011. – С. 82–100.

### DRAGAVTSEV V.A.

*Agrophysical institute of Russian Agricultural Academy*

*Russia, 195220, Saint-Petersburg, Grazhdansky prospect 14, e-mail: dravial@mail.ru*

### ABOUT WAYS OF CREATION OF BREEDING THEORY AND TECHNOLOGIES OF ECO-GENETIC INCREASING OF PLANTS PRODUCTIVITY AND YIELD

**Aims.** To determine which technologies of genetic improvement of economically important plants traits due dominate in future – transgenesis or management by genotype-environment interaction. **Methods.** In period 1984-2012 the theory of eco-genetic organization of plants quantitative traits (TEGOQT) was developed and 24 consequences from it were investigated. Main position of the theory: change of limiting factor of environment lead to change of spectrum and number of genes, which determine the same quantitative trait (QT). Main consequences from TEGOQT: decoded the mechanisms of forming and created methods of prognosis for: 1) effects of genotype-environment interaction (GEI), 2) rise of transgressions, 3) rise of ecologically dependence heterosis, 4) signs and levels of genotypical and environmental correlations, 5) displacements of dominance, 6) homeostasis of productivity and so forth. **Results.** It is shown that phenomenon GEI can to give maximal contribution to productivity and yield, but it disappear on molecular level. Because main way for increasing of productivity and yield - it is developing of management on the level GEI, but not on the level of classical mendelism and molecular transgenesis.

*Key words:* economically important plants, theory of eco-genetic organization of plants quantitative traits, transgenesis, management by genotype-environment interaction.

КОЗУБ Н.О.<sup>1,2</sup>, СОЗІНОВ І.О.<sup>1</sup>, БІДНИК Г.Я.<sup>1,2</sup>, ДЕМ'ЯНОВА Н.О.<sup>1,2</sup>, КАРЕЛОВ А.В.<sup>1,2</sup>,  
БЛЮМ Я.Б.<sup>2</sup> СОЗІНОВ О.О.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Інститут захисту рослин НААН,

Україна, 03022, Київ, вул. Васильківська, 33, e-mail: sia1@i.com.ua

<sup>2</sup>ДУ "Інститут харчової біотехнології і геноміки НАН України",

Україна, 04123, Київ, вул. Осиповського, 2а

## ВПЛИВ ГАММА-ОПРОМІНЕННЯ СУХИХ ЗЕРЕН НА ПРОДУКТИВНІСТЬ РОСЛИН М'ЯКОЇ ПШЕНИЦІ, ЩО ВІДРІЗНЯЮТЬСЯ ЗА ПРИСУТНІСТЮ ЖИТНЬОЇ 1BL/1RS ТРАНСЛОКАЦІЇ

Серед радіобіологічних ефектів, що проявляються на організменному рівні у рослин, найбільш помітними є зміни у виживанні та величині ознак продуктивності порівняно з контролем [1]. Крім того, продуктивність рослини може розглядатись як інтегральний показник адаптивності і є результатом взаємодії генотип-наколишне середовище, яке включає як абіотичні, так і біотичні фактори.

Гамма-опромінення сухого зерна дозою 200 Гр, що є оптимальною дозою для обробки сухого насіння озимої м'якої пшениці *Triticum aestivum* L. за максимальною загальною частотою видимих мутацій в поколіннях M1–M3 [2], приводить до рівнів виживання рослин від 8 до 56% від значення в контролі, залежно від сорту [2-4]. Очевидно, рівень виживання рослин M1 (вирощених з опроміненних зерен) пшениці залежить від ґрунтово-кліматичних умов, погодних умов і природи досліджуваного матеріалу. Так, опромінення зерна в дозі 200 Гр призводило до виживання 86% рослин від рівня у контролі у трьох пакистанських сортів м'якої пшениці [5],

тоді як рівень виживання гібрида F<sub>1</sub> пшениці на основі сорту Безоста 1 при дозі 200 Гр не відрізнявся від цього показника в контролі [6]. У багатьох дослідженнях виявлено, що опромінення дозами вище 150 Гр викликає істотне зниження продуктивності рослин та її елементів (продуктивне кушення, маса зерна з колоса) – 50-80% від значення у контролі [2]. В переважній більшості випадків при дослідженні наслідків гамма-опромінення сухого зерна пшениці матеріалом слугували сорти.

Задачею нашого дослідження було вивчення впливу гамма-опромінення сухих зерен на ознаки продуктивності рослин пшениці м'якої озимої в залежності від присутності в геномі житньої 1BL/1RS транслокації в гомозиготному або гетерозиготному стані. Житня 1BL/1RS транслокація є найпоширенішою чужинною транслокацією серед комерційних сортів м'якої пшениці [7]. Зокрема серед українських сортів зони Лісостепу частка сортів з цією інтрогресією, створених в останні 15 років, складає більше 40% [8].

### Матеріали і методи

Матеріалом дослідження слугувала популяція рослин F<sub>2</sub> від схрещення майже ізогенних ліній (МІЛ) озимої м'якої пшениці *T. aestivum* за гліадиновими локусами GLI-D1-4 × GLI-B1-3 на основі сорту Безоста 1. Лінії створено д.б.н. М.М. Копусем на основі сорту Безоста 1 [10]. Вихідні лінії відрізняються лише за присутністю пшенично-житньої транслокації 1BL/1RS (її маркером є гліадиновий алель Gli-B1l [10]) та за гліадиновим локусом Gli-D1 і мають наступні генотипи за маркерними локусами (позначення алелів за каталогом [10]): лінія GLI-B1-3: Gli-B1l Gli-D1b; лінія GLI-D1-4: Gli-B1b Gli-D1j. Сухі зерна F<sub>2</sub> були опромінені гамма-радіацією в до-

зах 150, 200 і 300 Гр. Контрольні та опромінені зерна F<sub>2</sub> (по 940 зерен кожного варіанту) були посіяні широкорядним посівом на дослідній ділянці (м. Київ) у 2005 р. в оптимальні строки з чергуванням рядів «контроль», «варіант з гамма-опроміненням зерен дозою 150 Гр», «варіант з гамма-опроміненням зерен дозою 200 Гр», «варіант з гамма-опроміненням зерен дозою 300 Гр». Довжина ряду – 1,35 м, відстань між рядами – 30 см, відстань між рослинами в ряду – 7 см. Всього вирощено 709 рослин F<sub>1</sub> контрольного варіанту, 710 рослин варіанту з гамма-опроміненням зерен дозою 150 Гр, 671 рослину варіанту з гамма-опроміненням зерен дозою