

Ответственные за выпуск:

E. С. Попов — и.о. проректора по научному и инновационному развитию Алтайского государственного университета;
E. А. Постоева — ведущий инженер сектора организации учебно-исследовательской работы студентов Алтайского государственного университета;
Н. А. Рябчинская — инженер сектора организации учебно-исследовательской работы студентов Алтайского государственного университета

- Т 782 Труды молодых ученых Алтайского государственного университета [Текст] : материалы IV региональной молодежной конференции «Мой выбор — НАУКА!», XLIV научной конференции студентов, магистрантов, аспирантов и учащихся лицейных классов. — Вып. 14. — Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2017. — 358 с.

ISSN 2307-2628

В сборник включены доклады, представленные на IV региональной молодежной конференции «Мой выбор — НАУКА!», XLIV научной конференции студентов, магистрантов, аспирантов и учащихся лицейных классов (Барнаул, Алтайский государственный университет, 24–28 апреля 2017 г.). Рассматриваются актуальные проблемы истории, экономики, юриспруденции, физики, математики, политологии, филологии, географии, социологии, биологии, биомедицины, биотехнологии, химии, искусствоведения, педагогики, журналистики, психологии и философии.

ББК 72я431

ISSN 2307-2628

© Оформление. Издательство
Алтайского государственного
университета, 2017

А. В. Селезнев, магистрант кафедры экологии, биохимии и биотехнологии Алтайского государственного университета

Л. П. Хлебова, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии, биохимии и биотехнологии Алтайского государственного университета

ОПТИМИЗАЦИЯ ГОРМОНАЛЬНОГО СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ *IN VITRO*

Представлены данные оптимизации гормонального состава питательной среды для максимального выхода регенерантов в культуре незрелых зародышей четырех сортов яровой мягкой пшеницы. Предложена графическая модель для определения соотношения гормонов ауксинового и цитокининового ряда для каждого генотипа.

Ключевые слова: мягкая пшеница, незрелые зародыши, ауксин, цитокинин, каллус, морфогенез, регенерация.

Стабильная регенерация растений в строго контролируемых экспериментальных условиях определяет практическую значимость использования культуры клеток. Наиболее распространенные экспланты для получения морфогенного каллуса пшеницы — незрелые зародыши. Из экзогенных факторов основными индукторами морфогенеза являются фитогормоны, среди которых выделяют 2,4-Д и кинетин. В научной литературе широко обсуждается вопрос эффективности определенных сочетаний и концентраций регуляторов роста [1, с. 245; 2, с. 74]. Однако в этих работах описан эмпирический подбор гормонального состава питательных сред, основным недостатком которого является несистемность используемых вариантов, что может привести к некорректным выводам. Для целенаправленного поиска оптимального варианта стимуляторов морфогенеза *in vitro* целесообразно использовать методы планирования эксперимента.

Цель нашего исследования — определить оптимальные сочетания концентрации гормонов в дифференцирующей питательной среде, обеспечивающие реализацию морфогенетического потенциала культуры незрелых зародышей мягкой пшеницы, на основе применения полного факторного эксперимента типа 3².

Материалом для исследования служили четыре сорта яровой мягкой пшеницы с высоким морфогенетическим и регенерационным потенциалом *in vitro*: Скала, Спектр, Зарница, Жница. Растения-доноры выращивали на стационаре лаборатории селекции мягкой пшеницы АНИИСХ. Для индукции каллуса использовали незрелые зародыши, пассивированные на среду Линсмайер — Скуга. Клеточные культуры выращивали по стандартным методикам, пересаживая каждые 30 дней на дифференцирующую среду, содержащую различные сочетания 2,4-Д и кинетина. Концентрация регуляторов роста в питательной среде соответствовала матрице планирования эксперимента. Изучено девять вариантов сред. Вычисление коэффициентов, проверка адекватности моделей, нахождение экстремальных точек функции отклика осуществляли согласно таблицам и формулам, приведенным в работе А. Н. Лисенкова [2, с. 264]. Графическое представление поверхностей откликов получено с помощью приложения STATGRAPHICS. В качестве параметра оптимизации (отклика) были выбраны частоты морфогенетических и регенерационных процессов в культуре незрелых зародышей, а в качестве факторов — концентрации фитогормонов цитокининовой и ауксиновой природы: кинетин (x_1) и 2,4-Д (x_2). Уровни факторов и интервалы варьирования представлены в таблице 1.

Таблица 1

Уровни факторов и интервалы варьирования

Уровни факторов	Натуральные значения		Кодовые значения	
	Кинетин, мг/л	2,4-Д, мг/л	X_1	X_2
Интервал варьирования	1,75	1,5	1	1
Основной уровень	2,25	2,0	0	0
Верхний уровень	4,0	3,5	+1	+1
Нижний уровень	0,5	0,5	-1	-1

Для перевода натуральных значений варьирующих факторов в кодовые использовали следующую формулу кодирования:

$$X_i = (x_i - x_{i0}) / ((x_i^{\max} - x_i^{\min}) / 2),$$

где X_i — кодовое значение i -го фактора;

x_i — натуральное текущее значение i -го фактора;

x_{i0} — нулевой уровень фактора.

Предварительный анализ изучаемого процесса показал нелинейный характер воздействия указанных факторов на отклик, что послужило основанием выбора трехуровневого плана. Это позволяет в результате реализации эксперимента выразить связь между входными и выходным параметром — функцией отклика — в виде полиномиального уравнения второго порядка:

$$Y_j = b_{j0} + b_{j1}x_1 + b_{j2}x_2 + b_{j12}x_1x_2 + b_{j11}x_1^2 + b_{j22}x_2^2; j = 1..5,$$

где b_{j0} — свободный член уравнения;

$b_{j1}, b_{j2}, b_{j11}, b_{j22}, b_{j12}$ — оценки коэффициентов уравнения регрессии, соответствующие отклику Y_j и характеризующие линейные, квадратичные эффекты и эффекты взаимодействия факторов x_1 и x_2 ;

Y_j — выраженные в процентах показатели:

Y_1 — морфогенез (отношение числа морфогенных линий к общему числу каллусов);

Y_2 — эмбриоидо-гемморизогенез (отношение числа эмбриоидов и почек к числу морфогенных каллусов);

Y_3 — ризогенез (отношение числа ризогенных каллусов к числу морфогенных каллусов);

Y_4 — частота регенерации (1) (отношение числа регенерантов к числу морфогенных каллусов);

Y_5 — частота регенерации (2) (отношение числа регенерантов к числу эмбриоидо-гемморизогенных каллусов).

Согласно плану эксперимента с двумя факторами при варьировании каждого на трех уровнях (девять вариантов с четырьмя параллельными наблюдениями в каждой точке) было реализовано 144 опыта, в результате которых получили 20 математических моделей (4 сорта \times 5 показателей — 20 откликов).

В таблице 2 представлены коэффициенты полиномиальных уравнений регрессии для каждой математической модели.

Абсолютные значения коэффициентов регрессии оценивают линейные и нелинейные эффекты факторов, а знаки при них — направление их влияния на отклик. Согласно значениям b_{j1} , повышение концентрации кинетина увеличивает частоту индукции ризогенных структур в каллусных тканях всех тестируемых сортов. Для гемморизогенеза и регенерации растений имеет место обратная реакция на данный гормон. Действие ауксина (2,4-Д) на различные этапы регенерации зависит от генотипических особенностей исходных сортов, что отражается в различных знаках коэффициента b_{j2} . Наличие значимых ко-

Таблица 1

Уровни факторов и интервалы варьирования

Уровни факторов	Натуральные значения		Кодовые значения	
	Кинетин, мг/л	2,4-Д, мг/л	X_1	X_2
Интервал варьирования	1,75	1,5	1	1
Основной уровень	2,25	2,0	0	0
Верхний уровень	4,0	3,5	+1	+1
Нижний уровень	0,5	0,5	-1	-1

Для перевода натуральных значений варьирующих факторов в кодовые использовали следующую формулу кодирования:

$$X_i = (x_i - x_{i0}) / ((x_{i\max} - x_{i\min}) / 2),$$

где X_i — кодовое значение i -го фактора;

x_i — натуральное текущее значение i -го фактора;

x_{i0} — нулевой уровень фактора.

Предварительный анализ изучаемого процесса показал нелинейный характер воздействия указанных факторов на отклик, что послужило основанием выбора трехуровневого плана. Это позволяет в результате реализации эксперимента выразить связь между входными и выходным параметром — функцией отклика — в виде полиномиального уравнения второго порядка:

$$Y_j = b_{j0} + b_{j1}x_1 + b_{j2}x_2 + b_{j12}x_1x_2 + b_{j11}x_1^2 + b_{j22}x_2^2; j = 1-5,$$

где b_{ji} — свободный член уравнения;

$b_{j1}, b_{j2}, b_{j11}, b_{j22}, b_{j12}$ — оценки коэффициентов уравнения регрессии, соответствующие отклику Y_j и характеризующие линейные, квадратичные эффекты и эффекты взаимодействия факторов x_1 и x_2 ;

Y_j — выраженные в процентах показатели:

Y_1 — морфогенез (отношение числа морфогенных линий к общему числу каллусов);

Y_2 — эмбриоидо-гемморизогенез (отношение числа эмбриоидов и почек к числу морфогенных каллусов);

Y_3 — ризогенез (отношение числа ризогенных каллусов к числу морфогенных каллусов);

Y_4 — частота регенерации (1) (отношение числа регенерантов к числу морфогенных каллусов;

Y_5 — частота регенерации (2) (отношение числа регенерантов к числу эмбриоидо-гемморизогенных каллусов).

Согласно плану эксперимента с двумя факторами при варьировании каждого на трех уровнях (девять вариантов с четырьмя параллельными наблюдениями в каждой точке) было реализовано 144 опыта, в результате которых получили 20 математических моделей (4 сорта \times 5 показателей — 20 откликов).

В таблице 2 представлены коэффициенты полиномиальных уравнений регрессии для каждой математической модели.

Абсолютные значения коэффициентов регрессии оценивают линейные и нелинейные эффекты факторов, а знаки при них — направление их влияния на отклик. Согласно значениям b_1 , повышение концентрации кинетина увеличивает частоту индукции ризогенных структур в каллусных тканях всех тестируемых сортов. Для гемморизогенеза и регенерации растений имеет место обратная реакция на данный гормон. Действие ауксина (2,4-Д) на различные этапы регенерации зависит от генотипических особенностей исходных сортов, что отражается в различных знаках коэффициента b_2 . Наличие значимых ко-

фагенетические процессы в клеточных культурах различных сортов мягкой пшеницы, вероятно, является их эндогенный уровень как в исходных эксплантах, так и в пролиферирующем каллусе.

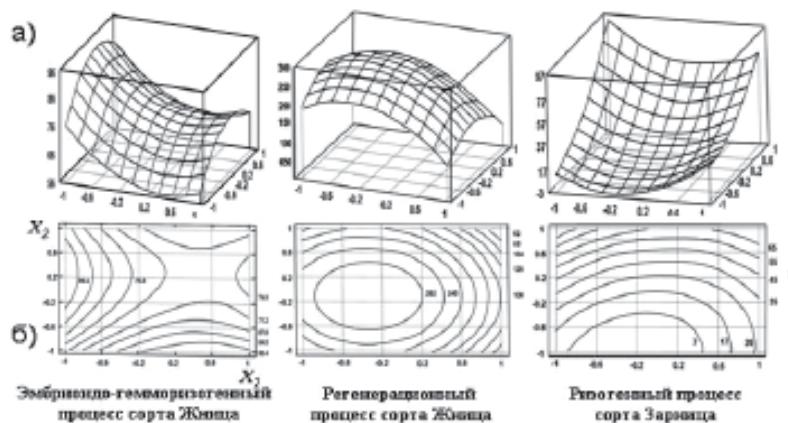


Рис. 1. Графические образы математических моделей оптимизации гормонального состава питательной среды для мягкой пшеницы: а) поверхность отклика; б) уровни разных значений в зависимости от концентрации кинетина (x_1) и 2,4-Д (x_2)

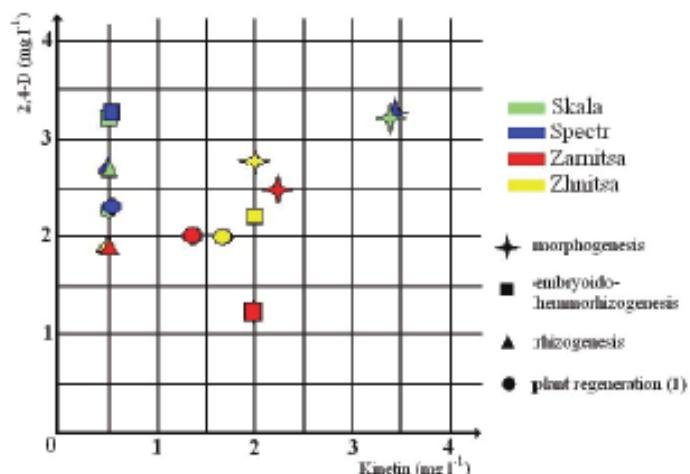


Рис. 2. Оптимальные значения фитогормонов в питательной среде для индукции морфогенеза и регенерации растений в культуре незрелых зародышей мягкой пшеницы

Таким образом, по результатом полученной модели можно определять для каждого сорта определенные соотношения гормонов в изученном интервале, несмотря на то, что это соотношение не участвовало в эксперименте.

Библиографический список

- Pellegrineschi A., Brito R. M., McLean S., Hoisington D. Effect of 2,4-dichlorphenoxyacetic acid and NaCl on the establishment of callus and plant regeneration in durum and bread wheat // Plant Cell, Tissue, Organ Cult. — 2004. — № 3 (77).

2. Mokhtari A., Alizadeh H., Samadi B., Omidi M., Moeini Z. Effect of plant growth regulators on direct shoot regeneration of wheat immature embryonic explants // Journal of Agricultural Engineering and Biotechnology. — 2013. — № 3 (1).
3. Лисенков А. Н. Математические методы планирования многофакторных медико-биологических экспериментов. — М., 1979.

А. А. Шайдуров, магистрант кафедры зоологии и физиологии Алтайского государственного университета

И. Н. Томилова, кандидат биологических наук, доцент кафедры зоологии и физиологии Алтайского государственного университета

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ СПОРТСМЕНА-ГИРЕВИКА

Рассмотрен способ оценки функциональной подготовленности спортсмена на основе применения статистических и нейросетевых методов анализа данных. Выявлены факторы, характеризующие оптимальную подготовленность спортсмена к соревнованиям. Построена математическая модель оценки подготовленности спортсмена, включающая в себя факторный анализ данных и интеллектуальный классификатор в виде двухслойного перцептрона.

Ключевые слова: статистические методы анализа данных, искусственные нейронные сети, перцептрон, факторные анализ данных, функциональная подготовленность спортсмена.

Современные достижения в спорте, способность переносить тренировочные и тем более соревновательные нагрузки в значительной степени определяются уровнем функциональной подготовленности спортсмена и предъявляют высокие требования к организму. Исследования по выявлению ключевых факторов, влияющих на результативность спортсменов, работающих на развитие выносливости, показали, что ключевым фактором является функциональное состояние сердечно-сосудистой системы [1, с. 25; 2, с. 78].

В связи с этим изучение функционального состояния сердечно-сосудистой системы спортсменов не только в процессе тренировок, но и непосредственно в процессе соревнований является весьма актуальным для прогнозирования будущих результатов [3, с. 85].

Исследования проводились на базе Алтайского государственного университета, а также во время Всероссийских соревнований по гиревому спорту в г. Барнауле. Всего было обследовано 80 спортсменов, систематически занимающихся гиревым спортом, в возрасте от 20 до 25 лет.

Все измерения спортсменов проводили во время соревнований: антропометрия при взвешивании, оценка функционального состояния сердечно-сосудистой системы до и после упражнения «толчок двух гирь от груди» осуществлялась при помощи вариационной пульсометрии по Баевскому [4, с. 120] и вегетативным индексам, оценивался также уровень тревожности.

Таким образом, у генотипов Солнечная 573, Омская степная, Безенчукская 210 внутренняя осмотическая адаптация превалирует над индуцированной. У сортов Оазис, Памяти Янченко, Жемчужина Сибири присутствуют оба типа адаптации. У образца 12S2-24 выявлена только индуцированная ОА, а линия 12S1-14 оказалась неустойчивой к действию осмотического стресса. Основываясь на вышеизложенном, можно заключить, что внутренняя адаптация у изученных генотипов твердой пшеницы вносит решающий вклад в формирование механизмов общей адаптации. Индуцированная осмотическая адаптация, основанная на экспрессии генов, регулирующих транспорт внешних осмолитов, слабо задействованная в представленном материале, может служить резервом для повышения засухоустойчивости местных сортов. Поиск источников индуцированной осмотической регуляции и их вовлечение в селекционный процесс можно рассматривать как один из путей селекции пшеницы на устойчивость к засухе.

Библиографический список

1. Passioura J. The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives // J Exp Bot. — 2007. — No. 58 (2).
2. Blum A. Osmotic adjustment is a prime drought stress adaptive engine in support of plant production // Plant, Cell and Environment. — 2017. — No. 40.
3. Totsky I. V., Lyakh V. A. Pollen selection for drought tolerance in sunflower // Helia. — 2015. — No. 38 (63).
4. David M. Pollen grain expression of intrinsic and osmolyte induced osmotic adjustment in a set of wheat cultivars // Romanian agricultural research. — 2012. — No. 29.

В. А. Конарев, студент кафедры ботаники Алтайского государственного университета.

Научный руководитель – А. И. Шмаков, доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники Алтайского государственного университета, директор Южно-Сибирского ботанического сада

АКТИВНОСТЬ РЕТРОТРАНСПОЗОНА СЕМЕЙСТВА *TY1-COPIA* В *SOLANUM LYCOPERSICUM L.*

Представлены данные по обнаружению активности ретротранспозона семейства *Ty1-copia* в *Solanum lycopersicum L.* Обсуждаются пути выявления ретротранспозона к определенной систематической группе на уровне типа ретротранспозона и возможное влияние на фенотип и генотип растений. Дается краткий обзор основных классов мобильных генетических элементов, имеющихся в растениях.

Ключевые слова: мобильные генетические элементы, ретротранспозоны, *Solanum lycopersicum*, активные ретротранспозоны, семейство *Ty1-copia*.

Мобильные генетические элементы – это фрагменты ДНК, обладающие способностью к перемещению в пределах генома. Часто это приводит к дупликации их фрагментов или к вырезанию и изменению дислокации внутри генома. При изучении генома всех живых организмов было отмечено, что мобильные генетические элементы зачастую составляют большую его часть. Поскольку элементы в большинстве случаев не кодируют какие-либо необходимые для организма белки, ранние исследователи включали их в состав так называемой «мусорной» ДНК. И возможно, их наличие создает парадокс С – отсутствие корреляции между физическими размерами гено-