

Таблица 3 — Степень пораженности болезнями образцов озимого тритикале в конкурсном сортоиспытании (среднее, 2011–2013 гг.)

Вид болезни	Развитие болезни, балл					
	технология возделывания					
	обычная			интенсивная		
	X ± Sx	Lim	V, %	X ± Sx	Lim	V, %
Снежная плесень,	3,8 ± 0,2	1,3–7,0	23,72	3,6 ± 0,2	2,0–7,0	24,48
Мучнистая роса	5,2 ± 0,2	3,0–7,0	17,48	3,0 ± 0,1	1,0–6,0	7,23
Бурая ржавчина	3,6 ± 0,3	1,0–7,0	33,38	2,2 ± 0,2	1,0–4,3	47,56
Септориоз листьев	6,4 ± 0,2	3,7–8,0	12,22	5,2 ± 0,1	1,0–7,0	15,36
Септориоз колоса	5,2 ± 0,2	1,0–7,0	20,04	4,2 ± 0,1	1,7–6,0	13,88

Наряду с абиотическими факторами важную роль в реализации потенциала продуктивности играла устойчивость к болезням. Вклад генотипа в формирование устойчивости исследуемых образцов озимого тритикале носил весомый характер для всех болезней, но особенно — для бурой ржавчины и снежной плесени, о чем свидетельствовали высокие коэффициенты вариации (таблица 3).

Уровень интенсивности возделывания оказал наибольшее влияние на развитие мучнистой росы и бурой ржавчины: наблюдалось снижение на 42,3 и 38,9 %, соответственно. Развитие септориоза на листьях и колосе снизилось на 18,8 и 19,2 %.

Корреляционный анализ влияния болезней на урожайность показал, что наиболее серьезный ущерб в 2011 и 2013 гг. нанесла посевам снежная плесень:  $r = -0,735$  и  $-0,671$  (для традиционной и интенсивной технологий) и бурая ржавчина:  $r = -0,735$  и  $-0,426$ . В 2012 г. достоверную зависимость выявили только для обычной технологии возделывания: урожайность — мучнистая роса ( $-0,568$ ) и септориоз листьев ( $-0,483$ ). Множественный корреляционный анализ позволил оценить совокупный вклад болезней в снижение урожайности озимого тритикале. Для обычной технологии возделывания коэффициент корреляции характеризовался высоким значением —  $R = 0,832$ . Интенсивная технология при сохранении значительной генотипической изменчивости показателей поражения болезнями привела к заметному их снижению и, соответственно, ослаблению негативного влияния на урожайность —  $R = 0,678$ .

### Заключение

Таким образом, анализ урожайности и количественных признаков образцов озимого тритикале в конкурсном сортоиспытании, выращенных при разных уровнях интенсивности возделывания, выявил преимущества

интенсивной технологии. Применение дополнительных приемов интенсификации (азотные удобрения, микроэлементы, регуляторы роста и фунгициды) способствовало повышению урожайности на 15,3 %, сбора и содержания сырого протеина — на 20,4 и 4,4 %, соответственно, клейковины — на 12,9 % относительно значений, полученных при традиционной технологии возделывания. Основными элементами продуктивности, обеспечившими прирост урожайности, являлись показатели «количество продуктивных стеблей», «продуктивная кустистость» и «масса зерна с растения». Интенсивная технология способствовала снижению развития мучнистой росы в посевах озимого тритикале в среднем на 42 %, бурой ржавчины — на 39 % и септориоза — на 19 %, что ослабило сопряженность между урожайностью и комплексом болезней и позволило повысить качество семян.

### Литература

1. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сб. отраслевых регламентов / НАН Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию; рук. разработ.: Ф.И. Привалов [и др.]; под общей ред. В.Г. Гусакова, Ф.И. Привалова. — Минск: Беларус. навука, 2012. — 469 с.
2. ГОСТ 12042-80. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян.
3. ГОСТ Р 50817-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира и влаги с применением спектроскопии в ближней инфракрасной области / ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса, ВНИИ комбикормовой промышленности.
4. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах-членах Совета экономической взаимопомощи / Л.Т. Бабаянц [и др.]. — Прага: [б.и.], 1988. — 321 с.
5. Об итогах уборки урожая зерна в Республике Беларусь в 2013 году / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. — Минск, 2013. — 109 с.
6. Effect of environmental temperature on structure and gelatinization properties of wheat starch / J. Matsuki [et al.] // Cereal Chem. — 2003. — Vol. 80, № 4. — P. 476–480.

УДК 573.6:581.143.6:635

## ВЕГЕТАТИВНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ СОРГО САХАРНОГО

В.И. Войтовская, Л.И. Сторожик, кандидаты с.-х. наук,  
Т.Н. Недяк, научный сотрудник  
Институт биоэнергетических культур и сахарной свеклы, Украина

(Дата поступления статьи в редакцию 26.11.2014 г.)

В статье показаны результаты вегетативного размножения сорго сахарного в условиях *in vitro*. Подобраны режимы стерилизации для различных эксплантов сорго сахарного. Модифицированы составы питательных сред по прописи Мурашиге и Скуга для клонального микроразмножения и укоренения, которые обеспечивают высокий процент выхода растений.

Results of vegetative propagation of sweet sorghum in the *in vitro* conditions is presented in the article. Regimes of sterilization for different explants of sweet sorghum is chosen. Modified composition of nutrient medium on Murashige and Skoog prescription for clonal micropropagation and rooting that provide high yield of plants.

## Введение

Экологические проблемы и уменьшение запасов традиционных источников топлива заставляют человечество искать новые подходы к этой проблеме. Сегодня повышен интерес к восстановительным источникам энергии на основе биоэнергетической культуры. Почвенно-климатические условия Украины создают все необходимые условия для развития фитоэнергетики и решения вопросов нетрадиционных источников биотоплива. Восстановительные источники энергии на основе биомассы уже длительный период используются в Европе и многих других странах [1, 2].

Одним из потенциальных источников сырья сахарных веществ может быть сорго сахарное, поскольку сок стеблей в своем составе содержит 16–20 % углеводов, из которых 60–80 % сахарозы и 20–40 % фруктозы и глюкозы. Сорты, внедренные в производство, могут обеспечить сбор сахара с гектара до 28–30 ц в неорошаемых условиях и 45–50 ц в условиях орошения. Сорго используют для получения этанола, для корма животным в системе зеленого конвейера и в виде силосной массы [3].

Сегодня выращивают гетерозисные гибриды сорго, которые имеют более высокую продуктивность в сравнении с сортами. Однако сорго – это перекрестноопыляющаяся культура, и создание гибридов требует длительного периода. Для размножения материала, в основном, используют половое размножение – семенами.

Половое размножение (sexual multiplication) – способ размножения организмов, при котором новая особь развивается из зиготы, которая образовалась при соединении мужских и женских половых клеток (гамет) [4].

Однако есть и вегетативное размножение растений, которое, к сожалению, недостаточно изучено на растениях сорго сахарного.

Вегетативное размножение (vegetative reproduction) – бесполое размножение растений, при котором новый организм образуется из разных частей материнского организма [4].

Использование биотехнологических методов в селекции разрешает значительно ускорить создание новых исходных материалов для линейной селекции сахарного сорго, которые бы имели комплекс хозяйственно ценных признаков.

Целью исследований было разработать метод ускоренного вегетативного размножения сорго сахарного *in vitro*, который обеспечит получение растений, идентичных исходной форме.

## Материалы и методика исследований

Исследования проводили на протяжении 2011–2013 гг. в отделе генетики и цитологии Института биоэнергетических культур и сахарной свеклы Национальной академии аграрных наук Украины.

Для получения стерильной культуры использовали семена и междоузлия гибридов сорго сахарного: Медовый, Нектарный, Силосный 42. Стерилизацию материала проводили раствором дихлорида ртути (сулема), Белиз-

ны, хлорамина при использовании различных концентраций и экспозиций.

Эффективность стерилизации определяли: на 5–10 сутки – процент стерильных эксплантов, а на 10–14 сутки – жизнеспособных.

Материалы и инструменты, посуда и питательные среды были приготовлены согласно общеизвестным методикам [5].

Для последующего клонирования и укоренения побегов использовали агаризированные твердые питательные среды по прописи Мурашиге и Скуга и Гамборга и Эвелега с модификациями [6]. Культивирование проводили в термальных помещениях при температуре  $24 \pm 2$  °C, освещении – 4000–4500 лк, относительной влажности – 70–80 % и фотопериоде – 16 часов.

Адаптация растений была проведена в грунтовых смесях с разным соотношением земли, песка и перлита.

## Результаты исследований и их обсуждение

В полевых исследованиях был проведен опыт по севу различных фракций семян сорго сахарного: 1 – семена крупной фракции (масса 25–30 г); 2 – средней (20–25 г), 3 – мелкой (15–25 г). Фенологические наблюдения показали, что всходы при высеве крупной фракции семян появляются, как правило, раньше по сравнению со всходами мелкой фракции. Экспериментальными данными установлено, что более стойкую полевую жизнеспособность имеют растения, которые выращены из крупной и средней фракций семян. Количество сохранившихся растений при посеве семенами крупных и средних фракций составляют 89–94 %, мелких – не более 84 % [7].

Результатами исследований установлено, что различные фракции семян сорго формировали проростки различной длины. Более длинные проростки (22,4 см) сформировали семена крупных фракций, что объясняется большим количеством питательных веществ в запасе. Соответственно семена мелких фракций имели короткие проростки – 18,4 см. Поэтому нами во все годы исследований были отобраны семена сорго сахарного крупной и средней фракций и проведена их дальнейшая стерилизация.

Экспериментальные исследования показали, что при стерилизации крупной и средней фракций семян сулемой в концентрации 0,4 % с экспозицией 20–25 минут обеспечивается 100 % стерильность семян и междоузлий, однако нет жизнеспособных эксплантов. Уменьшение концентрации до 0,2 % и увеличение экспозиции до 35–40 минут дало возможность получить 100 % стерильных и 76,3 % жизнеспособных междоузлий. Следует отметить, что при использовании Белизны и хлорамина отмечен низкий процент стерильных и жизнеспособных междоузлий. Важным было то, что самый высокий процент стерильных и жизнеспособных семян (из 3 фракций) сорго сахарного было при использовании раствора 35 % Белизны при экспозиции 35–40 минут, что обеспечило стерильных – 100 % и жизнеспособных – 93,0 % эксплантов (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние стерилизации на жизнеспособность и стерильность эксплантов сорго сахарного

Стерилизующее вещество	Концентрация, %	Экспозиция, мин.	Экспланты, %			
			стерильные		жизнеспособные	
			семена	междоузлия	семена	междоузлия
Дихлорид ртути (сулема)	0,4	20–25	100,0	100,0	–	–
	0,2	35–40	100,0	98,0	–	76,3
Белизна	35	35–40	100,0	95,0	93,0	–
	45	20–25	87,6	63,2	–	–
Хлорамин	35	35–40	61,4	50,1	–	–
	45	20–25	60,5	45,6	–	–

При более детальном изучении влияния стерилизующего раствора – 35 % Белизны на гибридные семена крупной фракции сорго сахарного эффективнее проводить поверхностную стерилизацию этим раствором при экспозиции 45 минут, что обеспечивает, в среднем, получение 92,0 % стерильных и 86,0 % жизнеспособных эксплантов.

Для получения высокого коэффициента размножения сорго сахарного важным этапом является подбор питательной среды.

Питательная среда используется для культивирования изолированных органов, тканей и клеток растений. Основными компонентами питательных сред являются минеральные соли (макро- и микрорастворы), источником углеводного питания – сахароза или глюкоза, витамины и гормоны [8].

Для размножения растений сорго сахарного нами были отобраны два вида питательных сред по прописям Мурасиге и Скуга, а также Гамборга и Эвелега. Проведенные исследования показали, что растения сорго сахарного лучше развиваются на питательной среде по

прописи Мурасиге и Скуга. Однако нами была модифицирована данная питательная среда, в которую мы вводили разные концентрации 6-бензил-аминопурина (БАП) от 0,1 до 1,0 мг/л и кинетина от 0,1 до 1,0 мг/л. Следует отметить, что дальнейшее размножение растений на модифицированной питательной среде Мурасиге и Скуга с добавлением БАП 0,2–0,5 мг/л, кинетина – 0,8–1,2 мг/л, сахарозы – 30,0 г/л дает возможность получить 12–14 дополнительных побегов (таблица 2). Клонированные растения сорго сахарного культивировали в термальных помещениях при температуре  $24 \pm 2$  °С, освещении – 4000–4500 лк, относительной влажности – 70–80 % и фотопериоде – 16 часов.

Благодаря разработке оптимальных условий стерилизации исходного материала, светового и температурного режимов культивирования, питательных сред получен высокий коэффициент размножения сорго сахарного (1 → 12 → 14 штук) (рисунок 1).

Для укоренения испытывали питательные среды по прописи Мурасиге и Скуга, а также Гамборга и Эвелега, которые были использованы в качестве контрольного

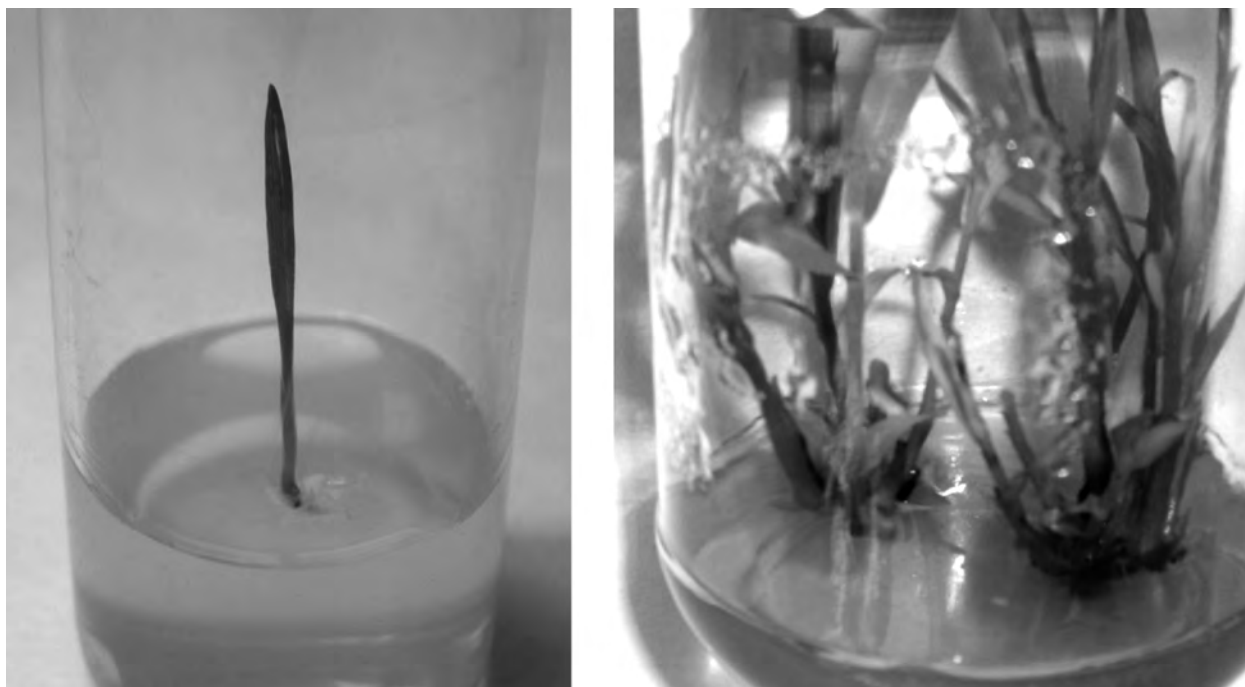


Рисунок 1 – Клональное микроразмножение сорго сахарного на модифицированной питательной среде.

Таблица 2 – Состав питательной среды для клонального микроразмножения сорго сахарного (на 1 л раствора)

№ п/п	Компонент	Единица измерения	Количество	№ п/п	Компонент	Единица измерения	Количество
1.	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	мг	1650	12.	Cu SO <sub>4</sub>	мг	0,025
2.	KNO <sub>3</sub>	мг	1900	13.	Fe- хелат	мг	5,0
3.	CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O	мг	440	14.	никотиновая кислота	мг	0,5
4.	MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	мг	370	15.	пиридоксин HCl	мг	0,1
5.	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	мг	170	16.	тиамин HCl	мг	0,1
6.	MnSO <sub>4</sub>	мг	22,3	17.	аскорбиновая кислота	мг	1,0
7.	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	мг	6,2	18.	мезо-инозит	мг	100
8.	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	мг	0,25	19.	6-бензил-аминопурин	мг	0,2–0,5
9.	KJ	мг	0,83	20.	кинетин	мг	0,8–1,2
10.	ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	мг	8,6	21.	сахароза	г	30
11.	CoCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	мг	0,025	22.	агар-агар	г	7,0



а)



б)

**Рисунок 2 – Укорененные растения сорго сахарного на модифицированной среде (а) и адаптированные после укоренения в грунте (б)**

варианта, а в исследуемые варианты вводили в разных концентрациях нафтилуксусную (НУК) и индолилуксусную (ИУК) кислоты. Результаты исследований показали, что питательная среда по прописи Мурасиге и Скуга с добавлением НУК и ИУК 0,6–0,8 мг/л и сахарозы 30 г/л обеспечивает 97 % укорененных растений на 14 сутки. Укорененные растения сорго сахарного высаживали на адаптацию в грунтовые смеси, которые состояли из различных частей песка, перлита и земли. Проведенные исследования по приживаемости растений–регенератов в грунтовых смесях показали, что этот показатель был в пределах 70–87 % в зависимости от состава смеси. Адаптированные растения пересаживали в полевые условия, и приживаемость их составляла 90–95 % (рисунок 2).

### Выводы

1. Клональное микроразмножение сорго сахарного – это вегетативное размножение материала *in vitro*, который используют в селекционно-генетической работе для быстрого создания необходимого количества копий уникальных генотипов (гибридов, мутантов, полиплоидов); в семеноводстве для массового размножения вновь созданных и уже существующих сортов, а также для получения оздоровленного посадочного материала.

2. Для стерилизации семян сорго сахарного крупной фракции целесообразно использовать 35 % раствор Белизны при экспозиции 45 минут, что обеспечивает получение 92,0 % стерильных и 86,0 % жизнеспособных эксплантов. Самый высокий процент стерильных и жизнеспособных междоузлий сорго получено при экспозиции 35–40 минут в 0,2 % растворе сулемы.

3. Размножение растений сорго сахарного проводят на модифицированной питательной среде Мурасиге и Скуга с добавлением БАП 0,2–0,5 мг/л, кинетина – 0,8–1,2 мг/л, сахарозы – 30,0 г/л, что дает возможность получить 1 → 12 → 14 шт. дополнительных побегов.

Клонированные растения культивируют в термальных помещениях при температуре  $24 \pm 2$  °С, освещении – 4000–4500 лк, относительной влажности – 70–80 % и фотопериоде – 16 часов.

4. Для укоренения готовят модифицированную питательную среду по прописи Мурасиге и Скуга с добавлением НУК и ИУК 0,6–0,8 мг/л и сахарозы 30 г/л, что обеспечивает 97 % укорененных растений на 14 сутки.

Приживаемость растений–регенератов в грунтовых смесях в зависимости от их состава была в пределах 70–87 %. Адаптированные растения пересаживали в полевые условия, где их приживаемость была от 90 до 95 %.

### Литература

1. Войтовська, В.І. Вегетативне розмноження *Miscanthus* у культурі *in vitro* / В.І. Войтовська, В.І. Редько, Т.М. Недяк // Тези наукової конференції / Редкол.: А.Ф. Головчук (відп. ред.) [та ін.]. – Умань, 2011. – Ч.1. – С. 22.
2. Алабушев, А.В. Энергетическая оценка производства сорговых культур / А.В. Алабушев, Л.Н. Анипенко // Зерновые и кормовые культуры (селекция, семеноводство, технология возделывания). – Черноград. – 2000. – С. 17–18.
3. Макаров, Л.Х. Соргоvi культури: монографія / Л.Х. Макаров. – Херсон: Айлант, 2006. – 264 с.
4. Новак, Т.В. Українсько-російсько-англійський словник термінів з генетики та селекції / Т.В. Новак, В.В. Редько, А.А. Корчинський. – К.: УкрІНТЕІ, 1993. – С. 76.
5. Мусієнко, М.М. Біотехнологія рослин. Навчальний посібник / М.М. Мусієнко, О.О. Панюта. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2005. – 114 с.
6. Пат. 76600. Україна. МПК (2013), А01Н4/00. Спосіб клонального микророзмноження сорго цукрового / Войтовська В.І., Курило В.Л., Сторожик Л.І., Недяк Т.М. – № у 2012 07524; заявл. 20.06.2012; опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1.
7. Сторожик, Л.І. Різноманітність насіння сорго цукрового за розмірами та властивостями / Л.І. Сторожик // Насінництво: теорія і практика технологій вирощування та оздоровлення насіння та садивного матеріалу конкурентоздатних в умовах європейського ринку : наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України. Сільськогосподарські науки. – Сімферополь: ВД «Аріал», 2012. – Вип. 16. – С. 134–135.
8. Мельничук, М.Д. Біотехнологія рослин: підручник // М.Д. Мельничук, Т.В. Новак, В.А. Кунах. – К.: ПоліграфКонсалтинг, 2003. – 520 с.