

Таблица 4- Содержание АБК в листьях меристемных регенерантов картофеля (нг/г сырой массы)

Сорт	Вариант	Содержание АБК, нг/г			
		Сутки после облучения			
		3	7	14	21
Скарб	Контроль	2,3±0,1	6,2±0,3	10,2±0,5	16,8±0,8
	+ УФР 120 Дж/м ²	23,3±1,1	63,3±2,3	82±3	95±4,2
	+ УФР 240 Дж/м ²	26,0±1,3	62,2±2,2	84±4	102±5
	+ УФР 360 Дж/м ²	32,0±1,4	76,4±3,4	94±4,2	116±5,3
Одиссей	Контроль	1,8±0,1	6,6±0,3	12,2±0,5	34±1,5
	+ УФР 120 Дж/м ²	25,0±1,2	64,2±2,9	84,6±4,1	92±4,2
	+ УФР 240 Дж/м ²	27,2±1,3	65,0±3,0	91±4	100±5
	+ УФР 360 Дж/м ²	29,4±1,3	70,2±3,2	98±5	106±5,2

Таким образом, проведенные исследования позволяют заключить, что гормональная система активно участвует в реакции растений на действие такого фактора внешней среды как ультрафиолет. И изменение баланса фитогормонов может рассматриваться как одна из наиболее важных неспецифических (общих) реакций растений на действие ультрафиолетовой радиации.

Литература

1. Алехина, Н.Д. Физиология растений. Учебник для студентов вузов / Н.Д. Алехина, Ю.В. Балюкин, В.Ф. Гавриленко и др. М.: Издательский центр «Академия», 2005.
2. Кузнецов, В.В. Физиология растений. Учебник для вузов / В.В. Кузнецов, Г.А. Дмитриева. М.: Высшая школа, 2005.
3. Медведев, С.С. Физиология растений. Учебник / С.С. Медведев. СПб.: С.-Петербург. университет, 2004.
4. Янчевская, Т.Г. Ионитопная технология для первичного семеноводства картофеля // Картофель и овощи. - 2002, № 1. - С. 31-32.
5. Янчевская Т.Г., Бобров В.А. Имитационная модель оптимизации получения мини-клубней картофеля в закрытых помещениях // Регуляция роста, развития и продуктивности растений: материалы III межд. науч. конф. 2003. С. 185-186.
6. Власов П.В., Мазин В.В., Турецкая Р.Х., Гуськов А.В., и др. Комплексный метод определения природных регуляторов роста. Первичный анализ незрелых семян кукурузы на активность свободных ауксинов, гиббереллинов и цитокининов // Физиология растений. 1979. Т.26. С.648-655.
7. Veselov S.U., Kudoyarova G.R., Egutkin N.L., Guili-Zade V.Z., Mustafina A.R., Kol E.M. Modified solvent partitioning scheme providing increased specificity and rapidity of immunoassay for indole 3-acetic acid// Physiol. Plant., 1992. 86, P. 93-96.
8. Кудрярова Г.Р. и др. Иммуноферментный анализ регуляторов роста растений. Применение в физиологии и экологии. Уфа: БНЦ УрО АН СССР, 1990. 164 с.
9. Веселов С.Ю., Кудрярова Г.Р., Усманов И.Ю. Иммуноферментный анализ фитогормонов. Метод. указания. Уфа: изд-во БашГУ, 1992. 27 с.
10. Van Staden J., Taylor N.J., Fennel C.W. Plant stress in vitro: the role of phytohormones// Acta horticulturae. 2006. N.725. P. 55-61.

Влияние плазменной обработки семян на рост и развитие люпина узколистного

*М.Н. Комарова, Ж.Э. Мазец, Е.В. Спиридович, В.И. Горбачевич,
Е.А. Городецкая, В.В. Ажаронков*

Одна из основных проблем сельского хозяйства заключается в повышении устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды и болезням, а также росте урожайности сельскохозяйственных культур [1]. Эти вопросы можно решать различными способами. Для регуляции ростовых процессов у растений и их устойчивости можно использовать химические и физические методы. Химические методы являются наиболее распространенными, но имеют ряд недостатков [2].

В настоящее время в арсенале земледельцев имеется немало способов и средств для борьбы с фитопатогенной микрофлорой семян. Однако применение их не всегда эффективно. Использование протравителей является экологически небезопасным приемом в отношении здоровья человека и состояния окружающей среды. Кроме того, при протравливании семян уничтожается только поверхностная инфекция, на локализованную же внутри семени болезнетворную микрофлору ядохимикаты практически не действуют. Более того, эти химические препараты являются предметом импорта и требуют валютных средств, что приводит к повышению себестоимости сельскохозяйственной продукции.

Тепловая обработка семян является экологически более безопасным методом, однако положительный эффект полного обеззараживания семенного материала значительно снижается за счет некоторого травмирования семени, что несколько ухудшает посевные качества семян. Кроме того, эта методика требует больших удельных энергозатрат, что делает ее экономически невыгодной [3].

Поэтому перед учеными стал вопрос поиска альтернативы данным подходам. В связи с этим перспективным представляется использование иных физических методов обработки семян.

В последние годы отмечен положительный эффект при использовании таких физических методов, как электромагнитная и плазменная обработка семенного материала различных культур. В первом случае действующими физическими факторами являются магнитные и электрические составляющие электромагнитного поля, во втором – к этим факторам добавляют излучение в УФ, видимом и ИК – диапазонах длин волн, тепловые потоки, возбужденные и невозбужденные частицы плазмы (ионы, электроны, молекулы, радикалы).

Работы по применению плазмы для обработки семян не столь многочисленны, но результаты, полученные в этом направлении, впечатляющие. Плазма проявляет свойства физиологически активной субстанции [2].

В настоящее время основной причиной снижения качества семян при хранении считается старение — процесс ухудшения физиологического состояния семян (или детериорация) — приводящий к накоплению деструктивных метаболических изменений до тех пор, пока способность к прорастанию не теряется полностью [4].

Поэтому имеется необходимость в повышении адаптивных свойств семян к неблагоприятным условиям из-за существующего несоответствия физиологического качества посевного материала требованиям интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, что и определяет актуальность данного исследования.

Целью данной работы является изучение влияния плазменной обработки (плазмы высокочастотного емкостного разряда (ВЧЕР) с газовой температурой $T_g \sim 300\text{K}$) на прорастание семян люпина узколистного (*Lupinus angustifolius*) и обоснование возможных способов повышения физиологического качества посевного материала.

Объекты и методы исследования.

Объектом исследования служили семена люпина узколистного сорта «Першацвет». Семена были получены в НПЦ НАН Беларуси по земледелию, г. Жодино.

В работе использовались следующие методы: метод ускоренного старения (УС) для получения семян различного физиологического качества, проращивание семян в рулонах, оценка процента всхожести, энергии прорастания и морфометрических характеристик (длина и масса корней и проростков на 3-й, 7-ой и 10-й или 11-й день онтогенеза) исследуемых растений.

Исследования проводились в лабораторных условиях. Семена люпина узколистного были обработаны плазмой с экспозициями 2 минуты, 7,5 минут и 15 минут в первом опыте. Затем в последующем опыте семена подвергались плазменной обработке с экспозициями 0,5 минут, 2,5 и 5 минут. Контролем для них служили необработанные семена. Также были обработаны семена с такими же экспозициями, подвергнутые ускоренному старению (УС) (4 дня при 40°C , 75% влажности воздуха). Воздействие проводилось в воздухе при атмосферном давлении. Обработка производилась в ГНУ Институт физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси.

Проращивание семян проводили в рулонах [5] при температуре 18°C: по 20 семян в трех повторностях для каждой экспозиции и контроля. Измерения морфометрических показателей (длина и масса) проводили на 3, 7 и 10 (11) сутки. Проросшими считали семена с зародышевым корешком более 0,5 см. Полученные данные были статистически обработаны с помощью программы Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. В результате исследований после обработки плазмой с экспозициями 2, 7,5 и 15 минут на 3, 7 и 10 сутки онтогенеза установлено, что наименее устойчивыми к стрессовым условиям оказались семена, подвергнутые первоначально ускоренному старению, а затем дополнительному стрессу - плазменной обработке. Под влиянием УС у семян значительно снижался показатель энергии прорастания и лабораторная всхожесть, формировалось большее количество аномально развитых проростков, менее интенсивно развитыми были и остальные проростки (рис.1, табл.1).

Выявлено, что при обработке плазмой контрольных семян из всех используемых в данном опыте экспозиции наиболее благоприятными оказались обработки 2 и 7,5 минут, о чем свидетельствуют достаточно высокие показатели всхожести и энергии прорастания данных фракций (рис.1). Однако наиболее оптимальная экспозиция предпосевной обработки должна стимулировать прорастание семян, главным образом после УС, естественно, активизировать прорастание и физиологически зрелых семян. Следовательно, эта методика нуждалась в дальнейшей корректировке.

Таблица 1 – Средние значения морфометрических показателей корней и проростков люпина узколистного на 3, 7 и 10 сутки онтогенеза

Вариант опыта; время обработки се- мян	Длина, см.		Масса, г.	
	корней	проростков	корней	проростков
3-е сутки				
Контроль	5.2±2.4	3.6±0.7	0.13±0.05	0.49±0.09
2 мин	3.8±1.96	3.3±1.02	0.09±0.05	0.44±0.09
7,5 мин	4.7±1.4	3.6±1.1	0.12±0.03	0.45±0.10
15 мин	4.2±1.3	3±0.7	0.11±0.04	0.44±0.09
Ускоренное старение	4.3±1.6	3.3±0.8	0.12±0.04	0.49±0.08
2 мин	3.1±1.8	3±0.9	0.08±0.05	0.37±0.1
7,5 мин	2.7±0.9	3.1±0.6	0.06±0.02	0.37±0.06
15 мин	4.0±1.2	3.5±0.2	0.11±0.02	0.51±0.05
7-ые сутки				
Контроль	8.8±1.1	7.3±1.3	0.31±0.05	0.82±0.17
2 мин	7.5±2.5	7.3±2.6	0.25±0.13	0.69±0.21
7,5 мин	9±2.1	7.8±2.4	0.30±0.08	0.71±0.14
15 мин	6.8±2.2	6.3±1.98	0.24±0.09	0.69±0.15
Ускоренное старение	9.6±0.9	7.3±2.5	0.35±0.08	0.78±0.11
2 мин	7±0.8	6.2±1.5	0.34±0.06	0.76±0.1
7,5 мин	7±0.8	6.3±1.4	0.31±0.08	0.7±0.13
15 мин	5.8±2.1	6.3±3.3	0.25±0.12	0.74±0.26
10-ые сутки				
Контроль	10.3±1.6	10.1±1.4	0.35±0.08	0.77±0.14
2 мин	9.0±2.3	9.5±2.4	0.29±0.11	0.78±0.15
7,5 мин	10.1±1.7	10.3±1.7	0.39±0.09	0.89±0.15
15 мин	7.5±1.7	8.6±2.3	0.25±0.12	0.82±0.16
Ускоренное старение	9.9±1.9	9.2±2.9	0.31±0.09	0.78±0.09
2 мин	8.1±1.2	8±1.7	0.3±0.10	0.79±0.09
7,5 мин	8.8±0.8	9.5±1.4	0.32±0.10	0.79±0.09
15 мин	8.1±1.3	7.8±1.04	0.30±0.06	0.71±0.09

Учитывая, что из всех используемых экспозиций наиболее благоприятные результаты отмечаются при обработке 2 и 7,5 минут, дальнейшие эксперименты строились на уменьшении времени обработки с целью нахождения оптимальной экспозиции для повышения показателей всхожести и энергии прорастания семян люпина узколистного.

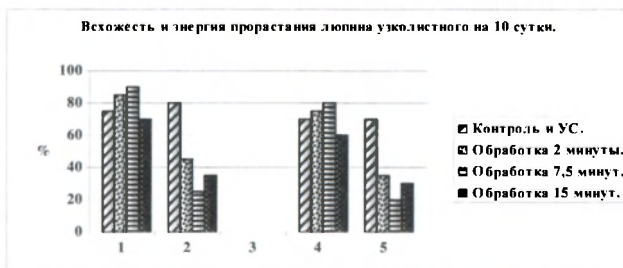
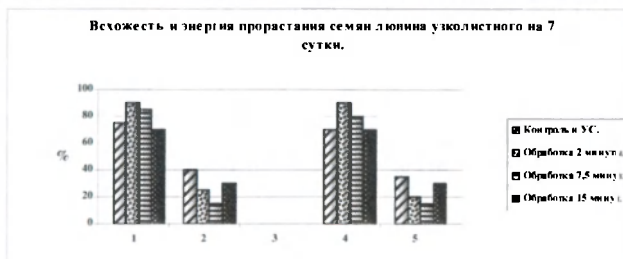
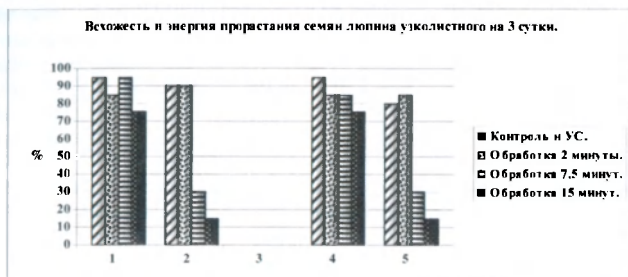


Рисунок 1 – Всхожесть и энергия прорастания семян люпина в результате ускоренного старения семян (УС) и предпосевной обработки семян плазмой:

А – на 3-и, Б – на 7-ые, В – на 10-ые сутки онтогенеза;

1 – всхожесть в контроле, 2 – всхожесть семян, подвергшихся УС, 4 – энергия прорастания в контроле, 5 – энергия прорастания семян, подвергшихся УС

В результате эксперимента при обработке плазмой с экспозициями 0,5 минут, 2,5 и 5 минут на 4, 7 и 11 сутки онтогенеза показатели энергии прорастания и лабораторной всхожести достаточно высокие во всех исследуемых вариантах. Но наблюдаются различия между этими обработками в зависимости от времени воздействия — так в экспозиции 0,5 минут по сравнению с контрольным образцом процент всхожести вырос практически на 25 %. При обработке 2,5 ми-

нуты всхожесть увеличилась всего лишь на 7 %, а 5-минутная обработка семян не дала прогрессивных результатов в увеличении показателей всхожести.

При обработке семян, подвергнутых первоначально ускоренному старению, наиболее благоприятной оказалась обработка с экспозицией 0,5 минут, т.к. именно в этом случае всхожесть увеличилась примерно на 36 % по сравнению с контрольным образцом. Во всех остальных исследуемых вариантах не наблюдается положительных результатов влияния плазменной обработки на всхожести семян (рис.2, табл. 2).

Хотя следует отметить, что обработка с экспозицией 5 минут на 11 сутки дает более высокие показатели всхожести и энергии прорастания, чем обработки с экспозициями 0,5 и 2,5 минуты. Вероятно, что растения, которые были подвергнуты более длительному воздействию физических факторов (в данном случае обработке плазмой) адаптируются к окружающим условиям среды только на 11 сутки.

В процессе адаптации растение проходит два различных этапа: 1) быстрый первичный ответ и 2) значительно более длительный этап, связанный с формированием новых изоэнзимов или стрессорных белков, которые обеспечивают протекание метаболизма в изменившихся условиях. Поэтому можно предположить, что в данном случае при обработке семян с экспозицией 5 минут наблюдается переход растения ко второй фазе адаптации – специализированной адаптации, где возможно и происходит образование новых, более надежных и более эффективных защитных механизмов, ответственных за протекание онтогенеза в условиях длительного действия стрессора [6].

Итак, наиболее оптимальными из всех исследуемых экспозиций плазменной обработки семян люпина узколистного оказались — 0,5 и 2,5 минуты.

Таким образом, плазменная обработка семенного материала может рассматриваться в технологии промышленного возделывания сельскохозяйственных культур, как альтернатива традиционным химическим методам предпосевной обработки семян, которая не приводит к разрушению структуры материала и не наносит вред окружающей среде [2].

Таблица 2 – Средние значения морфометрических показателей люпина узколистного на 4, 7 и 11 сутки онтогенеза

Вариант опыта; время обработки семян	Длина, см.		Масса, г.	
	корней	проростков	корней	проростков
4-и сутки				
Контроль	4,9±2,1	3,4±1,2	0,14±0,06	0,47±0,15
0,5 мин	4,5±1,6	3,4±0,8	0,13±0,04	0,49±0,1
2,5 мин	4,9±1,9	3,9±1,5	0,13±0,06	0,47±0,14
5 мин	3,1±1,4	3,1±0,96	0,10±0,05	0,45±0,11
Ускоренное старение	2,7±1,7	2,6±0,9	0,09±0,04	0,39±0,11
0,5 мин	4,3±1,5	3,3±1,1	0,14±0,04	0,48±0,11
2,5 мин	2,4±1,5	2,6±0,8	0,08±0,05	0,44±0,12
5 мин	2,5±1,7	2,7±1,01	0,07±0,06	0,40±0,17
7-ые сутки				
Контроль	9,3±1,5	8,3±2,05	0,29±0,07	0,82±0,12
0,5 мин	8,7±1,6	8,9±1,3	0,30±0,07	0,83±0,16
2,5 мин	6,6±2,9	6,5±2,1	0,20±0,11	0,70±0,14
5 мин	5,2±3,1	5,8±3,2	0,18±0,13	0,60±0,25
Ускоренное старение	6,4±2,4	6,6±1,3	0,24±0,12	0,75±0,12
0,5 мин	7,1±1,8	5,7±2,1	0,19±0,10	0,67±0,22
2,5 мин	8,1±1,03	7,2±1,4	0,26±0,05	0,72±0,14
5 мин	7,5±2,05	4,96±2,3	0,28±0,13	0,61±0,24
11-ые сутки				
Контроль	11,4±1,7	11,7±1,3	0,36±0,06	0,92±0,19
0,5 мин	9,8±2,01	10,2±3,03	0,31±0,13	0,81±0,19
2,5 мин	11,1±1,1	10,9±2,1	0,40±0,10	0,83±0,19

5 мин	9,5±1,3	10,3±3,1	0,34±0,08	0,80±0,14
Ускоренное старение	5,7±2,97	7,2±3,5	0,21±0,16	0,75±0,26
0,5 мин	8,6±1,7	11,3±1,3	0,30±0,08	0,75±0,18
2,5 мин	10,4±1,6	9,6±0,7	0,40±0,08	0,81±0,10
5 мин	7,96±3,6	9,4±3,6	0,38±0,09	0,94±0,13

Всхожесть и энергия прорастания семян люпина узколистного на 4 сутки.

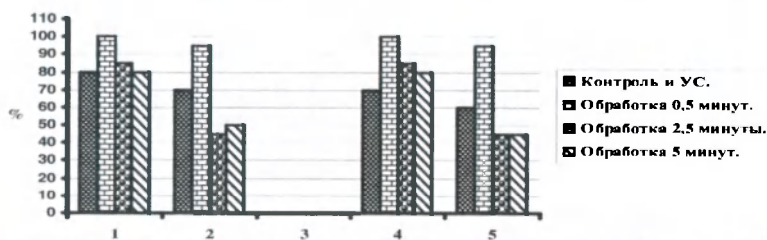
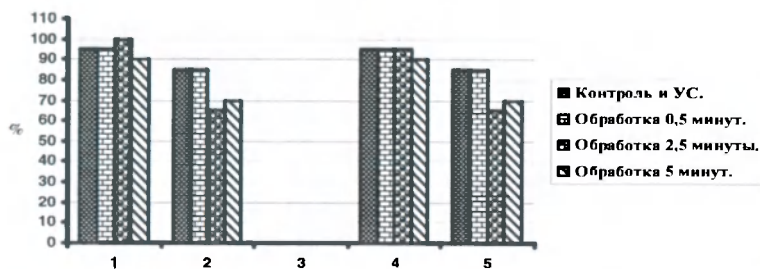


Рисунок 2 – Всхожесть и энергия прорастания семян люпина в результате ускоренного старения семян (УС) и предпосевной обработки семян плазмой:

А – на 4-и, Б – на 7-ые, В – на 11-ые сутки онтогенеза; 1 – всхожесть семян в контроле, 2 – всхожесть семян, подвергшихся УС, 4 – энергия прорастания семян в контроле, 5 – энергия прорастания семян, подвергшихся УС.

Литература

1. Ламан, Н.А. Физиологические основы и технологии предпосевной обработки семян: ретроспективный анализ, достижения и перспективы // Регуляция роста, развития и продуктивности растений (Материалы V Международной научной конференции, г. Минск, 28-30 ноября 2007) // Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси – Минск: Право и экономика. - 2007. – С. 1.
2. Городецкая, Е.А. Влияние плазменно-радиоволновой обработки на агрономические качества семян // Городецкая Е.А., Спиридович Е.В., Коревио И.А., Ажаронек В.В., Филатова И.И. // Теор. и прикладные аспекты интродукции растений как перспективного направления развития науки и нар. хоз-ва — Материалы Междунар. научн. конф., посвященной 75-летию со дня образования ЦБС НАН Беларуси. Мн., 12—15 июня 2007 г. — Т. 1. — С. 143—145.
3. Василько, П.П. О влиянии воздействия электромагнитных волн низкой интенсивности на всхожесть и поражение семенной инфекцией зерновых культур и злаковых трав // Василько П.П., Ермолович А.А., Карпович В.А., Михаленко Е.Г., Новикова О.Т. // Миллиметровые волны в биологии и медицине. - № 1 (33). - 2004. - С. 68-72.
4. Задворнова, Ю.В. Влияние brassinosteroidов на физиолого-биохимические показатели качества семян *Brassica oleraceae* L. в условиях ускоренного старения. — Автореферат на соискание ученой степени канд. биол. наук, Минск - 2006г. — С. 1—5.
5. Алексейчук, Г.Н. Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки // Алексейчук Г.Н., Ламан Н.А. // Мн.: Право и экономика. - 2005. - С. 28-29.
6. Якушкина, Н. И. Физиология растений: учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности 032400 «Биология» - М.: Гуманитар. Изд. центр ВЛАДОС, 2005. - 463с.

Особенности влияния brassinosteroidов на фитогормональный баланс и рост-овые процессы ДТ-линий пшеницы Ч. Спринг

Ж.Э. Мазец

Регуляция роста и развития растений с помощью физиологически активных веществ является одним из важнейших направлений физиологии и биохимии растений, а также сельского хозяйства из-за возможности направленно регулировать отдельные этапы роста и развития, повышать устойчивость растений к неблагоприятным факторам внешней среды, урожайность и качество сельскохозяйственной продукции. Однако широкое использование регуляторов роста на практике тормозится по ряду причин, среди которых немаловажное значение имеет недостаточная изученность механизмов их действия, особенно избирательное их влияние на отдельные генотипы растений. Выяснению механизмов избирательного действия различных ФАВ посвящено уже немало работ [1 – 4]. Избранная нами группа относительно новых регуляторов роста brassinosteroidов (БРС) обладает множественным полифункциональным действием на различные метаболические процессы у многих видов растений [5-7]. Однако природа избирательного их влияния на генотипы до сих пор неясна. В связи с этим для понимания природы действия БРС очень важен подбор объекта исследования. Вероятно, этим требованиям должны удовлетворять растения, имеющие очень близкие геномы. Такой выбор приходится на дителоцентрические линии (ДТ) гексаплоидной яровой пшеницы Чайниз Спринг, полученные профессором Sears в 1954 г. Эти линии отличаются от сорта (зуплоида – контроль) отсутствием длинного (L) или короткого (S) плеча в хромосоме. Использование данных сорта и ДТ-линий позволит выявить роль отдельных хромосом в регуляции ответной реакции растений на воздействие препаратов и характер взаимодействия БРС с генетической системой растений. Такой подход представляет несомненный теоретический интерес, может способствовать более глубокому раскрытию механизма избирательного действия физиологически активных веществ и позволит целенаправленно и эффективно использовать brassinosteroidы при выращивании растений.

Brassinosteroidы – это новая группа фитогормонов. Структурная формула brassinоида была расшифрована в 1979 г. Грови как (22R, 23R, 24S)-2 α , 3 α , 22, 23)-тетрагидрокси-24-метил- β -гомо-7-оксо-5 α -холестан-6-один. А его структурные аналоги гомобрассинолид (C₂₉H₅₀O₆) и эпibraссинолид (C₂₉H₄₈O₆) были синтезированы в ИБОХ НАН Беларуси. Для БРС характерен тот же набор заместителей в стероидном скелете и боковой цепи, что для брассинолида 1 [5, с. 3-11]. Ниже приведены структурные формулы брассинолида и его аналогов: Брассинолид (БР) R₁=Me, R₂=H; эпibraссинолид (ЭБ) - R₁=H, R₂=Me; гомобрассинолид (ГБ) - R₁=Et, R₂=H.