

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА КАЧЕСТВО СЕМЯН САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Подвигина О.А., доктор сельскохозяйственных наук
Сащенко М.Н., кандидат биологических наук
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
сахарной свеклы и сахара им. А.Л. Мазлумова»
e-mail: vniiss@mail.ru

Аннотация. Приведены результаты исследований, в которых определено влияние погодных условий на формирование качества семян сахарной свеклы. Установлена положительная зависимость формирования недоразвитых семян от среднесуточной температуры и относительной влажности воздуха в период цветения семенных растений. Количество нормально выполненных семян разных лет выращивания колебалось в пределах 49,72–61,67 %. Семена невыполненные (пустые околоплодники и сформировавшие только один эндосперм), с дегенерирующими и недоразвитыми зародышами, с большим процентом отслоения зародыша от семенной оболочки относятся к невосхожим. Рентгенографический метод позволяет браковать такие семена, тем самым повышая качество посевного материала.

Ключевые слова: сахарная свекла, оценка качества семян, погодные условия, период вегетации семенных растений.

Семя как биологический объект является новым организмом с наследственностью обоих родителей и комплексом генетических, биологических и морфологических особенностей. Семена большинства культур обладают разнокачественностью, которая зависит от сроков формирования на растении, различным обеспечением побегов питательными веществами и действием условий внешней среды.

Неоднородность, или разнокачественность семян, – явление биологически полезное, выработанное в процессе эволюции, которое обеспечивает устойчивость и надежность популяции, необходимые для выживания вида [2]. Но разнокачественность часто нежелательна в практике сельскохозяйственного производства. По мнению Л.К. Сечняка [11], появление недружных всходов, формирование многоярусности растений, одновременное созревание, снижение продуктивности в большей степени определяются разнокачественностью посевного материала.

Формирование семян свеклы представляет собой длительный процесс, на который оказывает влияние

целый ряд внутренних и внешних факторов, изменяющихся в пространстве и времени [4].

Генеративный период растений сахарной свеклы второго года жизни длится 120–145 дней. За это время формируется габитус и репродуктивные органы, происходят процессы цветения, оплодотворения и формирования семян. «Цветоносные побеги начинают развиваться на 18–20 день от появления розетки листьев. Репродуктивные побеги сахарной свеклы ветвятся с образованием побегов 3–4 порядка. Цветение растений растянуто во времени, на которое влияют погодные условия. Первыми распускаются цветки, расположенные ближе к середине центрального стебля, затем цветение распространяется вверх, вниз и на боковые ветви. Цветение одного растения может продолжаться до 40 дней, отдельного стебля – 14–19 дней, ветвей первого порядка – 7–14 дней, второго порядка – около 7 дней» [7, 6]. Все это в совокупности обуславливает неравномерность созревания семян. В течение периода цветения на одном семенном растении наблюдается цветение на апикальных частях побегов и побурение плодов в центральной части куста. Наиболее крупные и выполненные семена образуются в основании ветвей и центральной части куста. К периферии куста размер и качественные характеристики семян снижаются.

Снижение качественных показателей семян в значительной степени определяются погодными условиями. Так, К.С. Девликамов в условиях Белоруссии [3] «установил отрицательную зависимость между среднесуточной температурой воздуха в мае-июне и всхожестью семян. Колебание среднесуточной температуры воздуха в сочетании с низкой относительной влажностью воздуха и дефицитом осадков в период цветения способствовало возникновению нарушений «процессов развития семян растений, биологии цветения и оплодотворения, снижало эффект опыления, что, в конечном итоге, ухудшало всхожесть семян».

Многолетнее изучение семенных растений сахарной свеклы (1967–1984 гг.) на Льговской опытно-

селекционной станции в Курской области показало, что «качественные семена со всхожестью выше 80 % возможно получать при сумме активных температур воздуха в период цветения-созревания семенных растений более 1150 °С или среднесуточной температуре 19–20 °С. Недостаток тепла задерживал созревание семян и, несмотря на более поздние сроки уборки, вызывал резкое снижение их всхожести. Количество осадков должно быть умеренным (ГТК = 0,94–1,86)» [5].

Повышение теплообеспеченности культуры, которая выражается суммой активных температур (выше 10 °С) в период цветения и созревания семян ведет к сокращению данных этапов вегетации, а длительное выпадение обильных осадков в это время ухудшает опыление растений и удлиняет сроки созревания семян и осложняет их уборку. Все это приводит к ухудшению качества семян [1].

Большой подверженностью к модификационной изменчивости склонны растения свеклы 1 типа стерильности (½ МС 1). При небольшом колебании факторов внешней среды (условия освещения, питания, температурного и влажностного режима) происходят

изменения степени дегенерации пыльцевых зерен. При скрещивании опылителей с полустерильными формами 2 типа МС (½ МС 2), которые образуют некоторое количество фертильной пыльцы, ухудшается качество завязавшихся гибридных семян [8]. Погодные условия оказывают отрицательное действие и на фертильные опылители при получении гибридов на основе ЦМС. «Изменения среднесуточной температуры воздуха и дефицита осадков в период цветения приводят к нарушениям процессов формирования пыльцевых зерен (мейоза и гаметогенеза), и, как следствие, к ухудшению фертильности мужских гамет и процесса оплодотворения. В результате снижается эффект перекрестного опыления и качественные показатели семян» [4].

Разнокачественность семян сахарной свеклы влияет на динамику появления всходов, полевую всхожесть семян, рост и развитие растений на протяжении всего вегетационного периода. Нормально выполненные семена обеспечивают повышенную энергию прорастания и полевую всхожесть, формирование более развитых и сильных проростков, которые устойчивы к поражению корнеедом.

Исследования проводили в лабораторных условиях на базе отдела семеноводства и семеноведения ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова». Рентгенографию семян осуществляли на кафедре электронных приборов и устройств СПбГЭТУ «ЛЭТИ» по методике микрофокусной съемки с проекционным увеличением изображения [9]. Для микрофокусной съемки семян использовали многофункциональную передвижную рентгеновскую установку ПРДУ-02 (разработчик Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)) и рентгеносканер DIGORA – систему регистрации на основе экранов с фотостимулирующим люминофором (Soredex, Finland). Анализ рентгенограмм проводили соответственно методике, разработанной во ВНИИСС [10].

В качестве материала для исследований были взяты семена гибрида РМС 127 различных годов выращивания (2018–2021 гг.) селекции ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова».

Проведенный анализ рентгенограмм показал, что наличие нормально выполненных семян колебалось в пределах 49,72–61,67 %

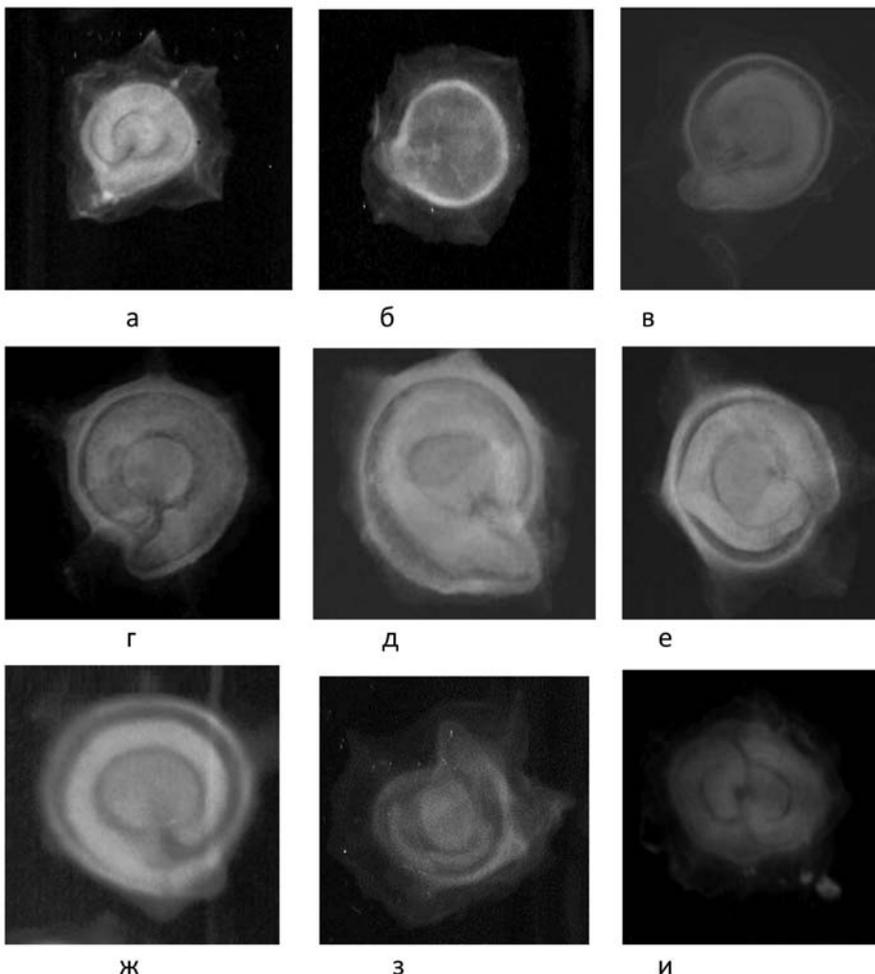


Рисунок 1. Качественные показатели семян: а – нормальное, б – пустой околоплодник, в – недоразвитый зародыш, г – отслоение семенной оболочки 25 %, д – отслоение 50 %, е – отслоение 75 %, ж – отслоение 100 %, з – дегенерирующий зародыш, и – формирование «близнецов» недоразвитых.

Таблица 1. Анализ семян по рентгенограммам

Год выращи- вания семян	Всего семян	Нормальные семена		С отслоением								С недораз- витыми частями зародыша		Близнецы		Дегенери- рующий зародыш		Пустой околоплод- ник		Сформи- рован один эндосперм	
				до 25 %		до 50 %		до 75 %		до 100 %											
		шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%
2018	372	226	60,75	25	6,72	15	4,03	5	1,34	8	2,15	29	7,80	40	10,75	10	2,69	11	2,96	3	0,81
2019	360	179	49,72	23	6,39	14	3,89	4	1,11	7	1,94	52	14,44	41	11,35	11	3,05	24	6,65	6	1,66
2020	382	222	61,67	6	1,67	2	0,56	2	0,56	34	9,44	24	6,67	24	6,28	24	6,28	43	11,25	1	0,26
2021	405	231	57,01	13	3,21	22	5,43	14	3,46	24	5,93	40	9,9	13	3,21	25	6,17	23	5,68	-	-
2021*	329	224	68,09	-	-	-	-	-	-	-	-	55	16,72	44	13,37	-	-	4	1,22	2	0,61
Итого	1848	1082	58,55	67	3,63	53	2,87	25	1,35	73	3,93	200	10,82	162	8,77	70	3,78	105	5,68	12	0,65

2021* - семена этого года выращивания были задражированы

у калиброванных семян и 68,09 % – у дражированных (табл. 1). Кроме этого у семян 2018–2020 гг. выявлено отслоение семенной оболочки от 25 до 100 % в общем количестве до 11,8 %. В семенах 2018 и 2019 гг. максимальное количество семян с 25 % отслоением семенной оболочки достигало 6,39–6,72 %, затем оно постепенно снижалось с увеличением степени отслоения. У семян 2020 г. 9,44 % плодов имели 100 % отслоение

семенной оболочки. Возможно, данное явление происходило из-за недоразвития зародыша или на это влияли условия выращивания и хранения семян.

Наличие семян с недоразвитыми частями зародыша (6,67–16,72 %), с его отсутствием и наличием одного околоплодника (1,22–11,25 %) или эндосперма (0,26–1,66 %), скорее всего, являлось результатом плохого опыления. Отмечено формирование более тонких семядолей, недоразвитого первичного корешка или наличие его загнутой

Таблица 2. Метеорологические условия части вегетационного периода сахарной свеклы по данным метеостанции ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова», 2018–2021 гг.

Месяцы	Средняя температура воздуха за месяц, °С	Многолетняя температура воздуха за месяц, °С	Отклонение от средне-годового значения	Сумма осадков за месяц, мм	Среднее многолетнее значение за месяц, мм	Отклонение от средне-многолетнего значения
2018 г.						
Май	19,0	17,0	+2,0	35,1	61,9	-26,8
Июнь	20,4	21,7	-0,7	38,8	63,0	-24,2
Июль	23,0	23,7	-0,7	65,3	60,8	+4,5
Август	22,5	23,1	-0,6	10,8	73,7	-62,9
2019 г.						
Май	18,5	17,3	+0,8	42,6	52,1	-9,5
Июнь	23,0	21,2	+1,8	22,9	62,5	-39,6
Июль	20,0	23,2	-3,2	70,1	59,5	+10,6
Август	20,4	22,2	-1,8	13,7	73,6	-59,9
2020 г.						
Май	13,7	18,6	-4,9	50,1	59,2	-9,1
Июнь	23,1	21,3	+1,8	23,7	65,3	-41,6
Июль	22,7	22,9	-0,2	34,5	66,6	-32,1
Август	20,4	22,3	-1,9	5,7	82,3	-76,6
2021 г.						
Май	17,1	18,0	-0,9	39,6	57,9	-18,3
Июнь	21,7	21,6	+0,1	65,8	56,9	+8,9
Июль	25,1	23,2	+1,9	19,6	63,0	-43,4
Август	24,6	21,8	+2,8	15,4	67,0	-51,6

ка или наличие его загнутой формы с образованием кольца (корешок не находится в своем ложе, а направлен к концу семядолей и образует кольцо зародыша).

Анализ рентгенографических снимков позволяет подробно изучать качество семян, оценить степень развития зародыша и различные аномалии его развития (рис. 1) и проводить браковку посевного материала, тем самым улучшая качество.

От 2,69 до 6,28 % семян имели дегенерирующие зародыши, в большей степени этому были подвержены недоразвитые зародыши.

При исследовании было выявлено в среднем 58,55 % нормально развитых семян; 7,85 % – с наличием отслоения семенной оболочки от 25 до 75 %; 3,93 % семян – с более тонким зародышем и отслоением семенной оболочки 100 %; 8,77 % – с наличием

Таблица 3. Гидротермический коэффициент в вегетационные периоды 2018–2021 гг.

Месяц	2018 г.		2019 г.		2020 г.		2021 г.	
	ГТК	Обозначение ГТК						
май	0,6	очень засушливый	0,7	очень засушливый	1,2	слабозасушливый	0,7	очень засушливый
июнь	0,6	очень засушливый	0,3	сухой	0,3	сухой	1,0	слабозасушливый
июль	1,4	слабозасушливый	1,1	слабозасушливый	0,5	очень засушливый	0,3	сухой
август	0,3	сухой	0,2	сухой	0,9	засушливый	0,2	сухой

«близнецов»; 10,82 и 3,78 % – с недоразвитым и дегенерирующим зародышем соответственно; 5,68 % – с пустым околоплодником и 0,65 % – с одним эндоспермом.

Для выявления причин формирования семян с таким большим количеством аномалий развития зародыша был проведен анализ метеорологических условий за май-август данных лет выращивания изучаемого материала (табл. 2).

Гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова (ГТК) в годы исследования колебался от слабозасушливого до очень засушливого и сухого (табл. 3).

Срезка семенных растений производилась с 3 по 9 августа за исключением 2021 г. – с 29 июля по 4 августа. Соответственно массовое цветение растений проходило в 1–3 декадах июня. Погодные условия в данный период были жаркими и сухими (за исключением 2021 г.). ГТК в июне 2018–2020 гг. характеризовался как очень засушливый и сухой, в 2021 г. – слабозасуш-

ливый. Среднесуточная температура воздуха по декадам этого периода колебалась в пределах 16,5–27,1 °С, количество осадков – от 0,5 до 43,0 мм (табл. 4).

В 2018 г. в июне при среднесуточной температуре воздуха 20,4 °С выпало 38,8 мм, в 2019 г. данные показатели составляли 23,0 °С и 22,9 мм, в 2020 г. – соответственно 23,1 °С и 23,7 мм, в 2021 г. – 21,7 °С и 65,8 мм. Относительная влажность воздуха была отмечена на уровне 48–51 % в 2018 и 2019 гг. В 2020 и 2021 гг. данный показатель достигал 61 и 68 %. Во время цветения растений свеклы в 2021 г. при температуре 16,6–21,4 °С за две декады выпало 57,8 мм осадков.

Повышенная влажность воздуха из-за осадков (60–68 %) мешала летучести пыльцы и процессу опыления. По-видимому, из-за этого в 2021 г. в калиброванных семенах (без драже) было отмечено только 57 % плодов с нормально сформированным зародышем, 9,9 и 6,2 % – с недоразвитым и дегенерирующим зародышем, 5,9 % – со 100 % отслоением и тонким зародышем, 5,7 % – с пустыми околоплодниками.

Таблица 4. Метеорологические условия в период цветения растений и созревания семян сахарной свеклы

Показатель	Июнь			Июль			Август	
	1 дек.	2 дек.	3 дек.	1 дек.	2 дек.	3 дек.	1 дек.	2 дек.
2018 г.								
Среднесуточная температура воздуха, °С	16,5	21,0	23,7	22,0	22,9	24,1	23,4	22,9
Относительная влажность воздуха, %	51	51	51	60	68	65	51	51
Осадки, мм	5,1	8,2	25,5	29,0	30,8	5,5	0	9,6
2019 г.								
Среднесуточная температура воздуха, °С	23,6	21,9	23,4	19,7	20,4	20,9	16,6	22,5
Относительная влажность воздуха, %	48	52	48	55	57	64	63	55
Осадки, мм	3,8	18,6	0,5	31,1	0	39,0	0,4	13,3
2020 г.								
Среднесуточная температура воздуха, °С	22,1	24,5	22,8	25,5	20,9	21,8	21,3	18,9
Относительная влажность воздуха, %	61	51	58	50	57	49	52	57
Осадки, мм	18,4	4,6	0,7	19,2	0,6	14,7	3,2	2,5
2021 г.								
Среднесуточная температура воздуха, °С	16,6	21,4	27,1	24,0	27,3	24,1	26,8	25,0
Относительная влажность воздуха, %	68	60	51	55	46	55	42	48
Осадки, мм	14,8	43,0	8,0	14,6	0	5,0	4,7	0

Аналогичный результат был получен и в 2019 г., когда во 2 декаде июня выпало 18,6 мм и в 2020 г. в первой декаде – 18,4 мм (табл. 4).

В связи с тем, что период цветения у свеклы значительно растянут, то выпадение осадков и в 3 декаде июня также влияло на процесс опыления. В 2018 г. в этот период выпало 25,5 мм осадков и количество нормально выполненных семян составило 67,47 % (вместе с семенами с 25 % отслоением), а с аномалиями развития – 32,53 %.

Дисперсионный анализ позволил установить положительную зависимость формирования недоразвитых семян от среднесуточной температуры воздуха, количества выпавших осадков и относительной влажности воздуха в период цветения семенных растений. Графическое изображение данной зависимости показывает, что при увеличении температуры и относительной влажности воздуха повышается количество семян с аномалиями развития зародыша (рис. 2.)

На формирование зародыша значительное влияние оказали погодные условия и в период созревания семян. Так, в июле обильное выпадение осадков было отмечено в 2018 г. (65,3 мм) и в 2019 г. (70,1 мм). В 2019 г. количестве семян с аномалиями развития зародыша достигало 32,7 %, из них с нарушениями развития зародыша – 21,34 %, с дегенерирующими зародышами – 3,05 %, пустых околоплодников – 6,65 % и околоплодников с одним эндоспермом – 1,66 %.

ГТК в июле 2020 и 2021 гг. характеризовался как очень засушливый (0,5) и сухой (0,2), что также повлияло на формирование зародышей в семенах сахарной свеклы. В 2021 г. только 60,4 % семян имели нормально выполненные зародыши (вместе с семенами с 25 % отслоением) и 36,57 % семян имели аномалии развития зародыша или его отсутствие.

Таким образом, на процесс опыления и формирования зародыша большое влияние оказывают погодные условия. Установлена положительная зависимость формирования недоразвитых семян от среднесуточной температуры и относительной влажности воздуха в период цветения семенных растений. При повышенной влажности воздуха в период цветения пыльца плохо летает, и при оплодотворении и начальном развитии зародыша происходят аномалии его развития. Категории семян невыполненные (пустые околоплод-

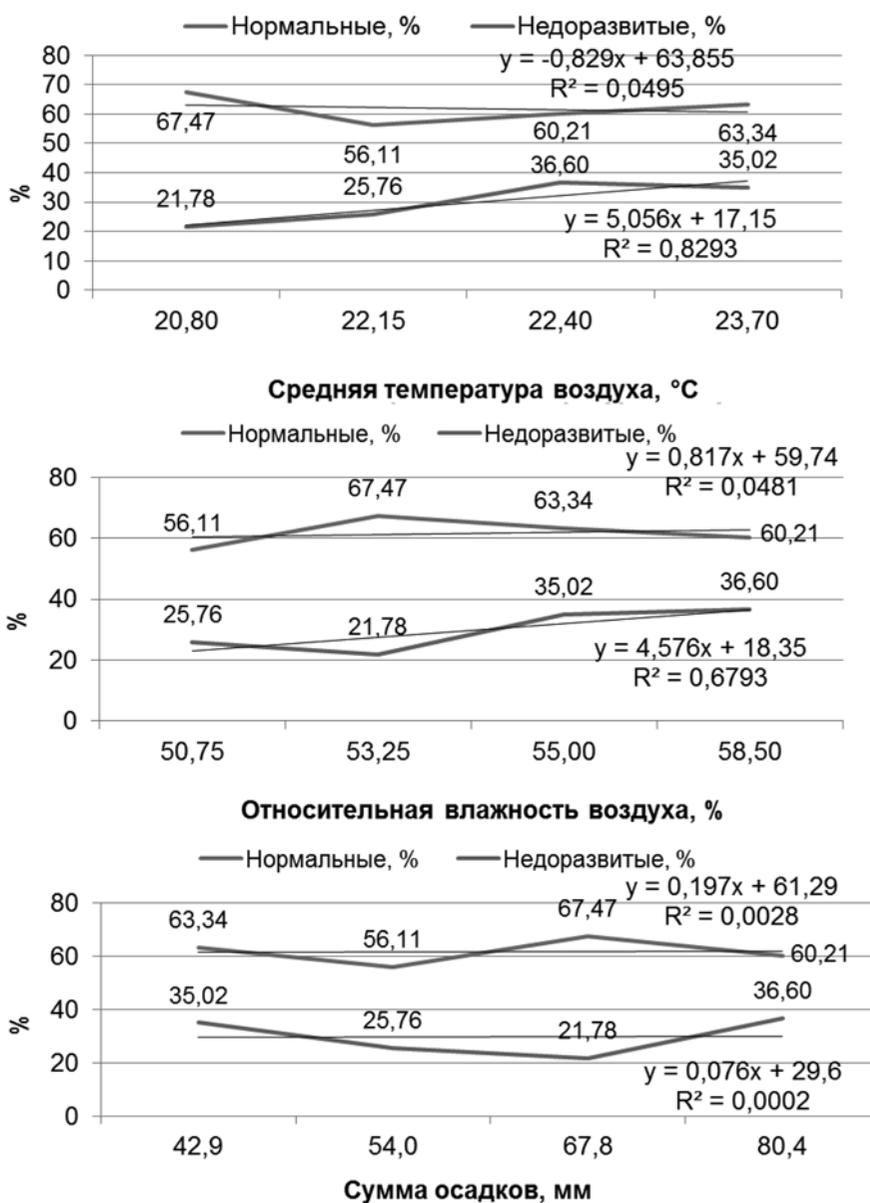


Рисунок 2. Зависимость качества семян от погодных условий, 2018–2021 гг.

ники и сформировавшие только один эндосперм), с дегенерирующими и недоразвитыми зародышами, с большим процентом отслоения зародыша от семенной оболочки были нами отнесены к невосхожим. Рентгенографический метод позволяет браковать такие семена, тем самым повышая качество посевного материала.

Список использованной литературы

1. Бартенев, И.И. Агроклиматическое районирование Центрально-Черноземного региона и семеноводство гибридов сахарной свеклы в современных условиях / И.И. Бартенев, Д.С. Гаврин // Сахарная свекла. - 2023. - № 1. - С. 7-12.
2. Батыгин, Н.Ф. Онтогенез высших растений / Н.Ф. Батыгин. - М.: Агропромиздат, 1986. - 102 с.

3. Девликамов, К.С. Изменчивость качества семян и прогнозирование эффективности их отбора / К.С. Девликамов // Сахарная свекла. - 1982. - № 12. - С. 31-33.
4. Жужжалова, Т.П. Репродуктивная биология сахарной свеклы / Т.П. Жужжалова, В.В. Знаменская, О.А. Подвигина, Г.И. Ярмолюк. - Воронеж: Сотрудничество, 2007. - с. 232; илл. 258.
5. Кравцов, Ю.Ф. Погодные условия и качество семян / Ю.Ф. Кравцов, А.Е. Кравцова // Сахарная свекла. - 1987. - № 7. - С. 34-35.
6. Мазлумов, А.Л. Селекция сахарной свеклы / А.Л. Мазлумов. - Изд.2-е, М.: Колос, 1970. - 208 с.
7. Орловский, Н.И. Рост сахарной свеклы / Н.И. Орловский // Биология и селекция сахарной свеклы. - М.: Колос, 1968. - С. 207-226.
8. Островский, Л.Л. Способы выращивания гибридных семян / Л.Л. Островский, В.А. Доронин, И.Г. Кириченко, В.И. Полищук, Д.М. Черната // Сахарная свекла. - 1988. - № 1. - С. 48-50.
9. Подвигина, О.А. Методика применения рентгенографического метода оценки качества семян сахарной свеклы / О.А. Подвигина, Н.Н. Потрахов, И.И. Бартенев. - Рамонь, Воронежский ЦНТИ - филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России. 2021. - 20 с.
10. Сечняк, Л.К. Экология семян пшеницы / Л.К. Сечняк, Н.А. Киндрук, О.К. Слюсаренко и др. - М.: Колос, 1983. - 350 с.

11. Патент РФ №3252922, МПК G01N23/083, A01C01/02 Способ получения рентгенографического изображения семян растений. Н.Н. Потрахов, М.В. Архипов, А.Ю. Грязнов. Заявл. 09.06.2007, зарег.20.04.2009; опубл. 20.04.2009.

Influence of weather conditions on the quality of sugar beet seeds

Podvignina O.A., Sashchenko M.N.

***Summary.** The results of studies that determine the influence of weather conditions on the formation of the quality of sugar beet seeds are presented. A positive dependence of the formation of underdeveloped seeds on the average daily temperature and relative air humidity during the flowering period of seed plants has been established. The number of normally completed seeds from different years of cultivation ranged from 49.72 to 61.67 %. Unfulfilled seeds (empty pericarp and having formed only one endosperm), with degenerating and underdeveloped embryos, with a large percentage of the embryo detached from the seed coat are classified as non-germinating. The X-ray method makes it possible to reject such seeds, thereby increasing the quality of the seed.*

Key words: sugar beet, assessment of seed quality, weather conditions, growing season of seed plants.

ИНФОРМАЦИЯ

Дроны-агрономы. Ученые создали устройство для оценки состояния почвы

Устройство для оценки состояния почвы и контроля за ростом и развитием растений разработали ученые Северо-Кавказского федерального университета (СКФУ). Разработка позволяет повысить эффективность точного земледелия и, как следствие, продуктивность посевов.

Задача точного земледелия состоит в управлении качеством всхожести семян и повышении урожайности на каждом отдельном участке поля с помощью новейших технологий. В вузе объяснили, что сегодня для оптимизации растениеводства аграрии используют беспилотные летательные и космические аппараты.

Однако космические технические устройства, по словам ученых, не позволяют определять физико-химические параметры почвы в районе корневой системы растений. Кроме того, их использование приводит к существенным экономическим затратам.

«Агротехнологии уже давно перешли на уровень цифровых, что дает новый потенциал для оптимизации процессов в сельском хозяйстве. Для СКФУ данное направление относится к числу стратегически важных», — приводятся в сообщении слова ректора СКФУ Дмитрия Беспалова.

Группа ученых СКФУ разработала метод точечного анализа физико-химических свойств почвы в области корневой системы растений (0,3–0,6 м). Для его практической реализации авторы предложили использовать радиолокационную систему, которая облучает поверхность Земли под наклоном

с целью увеличения доли отраженного радиосигнала (эффект Брюстера).

«Запатентованный нами метод и устройство для анализа подповерхностных горизонтов почвы с использованием эффекта Брюстера и уравнений Френеля основаны на создании радиолокационной системы, состоящей из двух беспилотных летательных аппаратов, обеспечивающей наклонное облучение земной поверхности. Адекватность методики была не только экспериментально доказана, но и опробована на нескольких крупных агропредприятиях нашего региона», — говорит один из авторов разработки Геннадий Линец.

Он отметил, что с помощью уравнений Френеля исследователи могут с меньшими экономическими и временными затратами определять электропроводность и влажность почвы (чем выше влажность почвы, тем выше будет и электрическая проводимость).

Поскольку распределение влаги может существенно различаться в пределах одного поля, полученные новым методом данные позволят своевременно проводить требуемые агротехнические мероприятия, предотвращающие деградацию сельскохозяйственных земель, что особенно актуально в засушливых и заболоченных районах, а также рассчитывать объем необходимых почве удобрений.

Исследование выполнено в рамках программы «Приоритет-2030» при финансовой поддержке Минобрнауки России.

РИА НОВОСТИ