

**ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ**

ՀՈՒՄԱՆ ՀՈՒՄԱՅՈՒՆԻ

**ԵԳԻՊՏԱՅՈՐԵՆԻ (*ZEA MAYS L.*) ՏԱՐԲԵՐ ՀԻԲՐԻԴՆԵՐԻ ԱՃԻ և
ԶԱՐԳԱՑՄԱՆ ՎՐԱ ՋՐԱՅԻՆ ՍԹՐԵՍԻ (ՈՌՈԳՄԱՆ ՊԱԿԱՍԻ)
ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՖԻԶԻՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԱՍՊԵԿՏՆԵՐԸ
ՔԱՐԱԶԻ (ԻՐԱՆ) ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ**

**Գ.00.05 - “Բուսաբանություն” մասնագիտությամբ կենսաբանական գիտությունների
թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության**

Ս Ե Ղ Մ Ա Գ Ի Ր

Երևան – 2014

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

ХУМАН ХУМАЮНИ

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЛИЯНИЯ ВОДНОГО СТРЕССА
(ДЕФИЦИТА ПОЛИВА) НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ
(*ZEA MAYS L.*) В УСЛОВИЯХ КАРАДЖА (ИРАН)**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук
по специальности 03.00.05 – “Ботаника”**

ЕРЕВАН – 2014

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

В настоящее время многие страны мира испытывают недостаток пресной воды как для обеспечения населения, так и для сельского хозяйства и промышленности. Иран относится к таким странам, так как большая часть его территории находится в засушливой зоне, где количество атмосферных осадков не превышает 250 мм в год. Перед странами, испытывающими недостаток пресной воды, стоит актуальная задача эффективного использования водных ресурсов, в первую очередь, увеличение урожая сельскохозяйственных культур вместе со снижением потребления воды. Повышение эффективности потребления воды в сельскохозяйственном секторе экономики может быть достигнуто двумя путями: 1) предотвращение потерь воды в ходе ирригации; 2) выбор и выращивание наиболее засухоустойчивых и высокопродуктивных сортов растений. Кроме того, в настоящее время перед многими странами стоит проблема продовольственной безопасности и самообеспечения. Для решения этой проблемы одним из основных методов является подбор и выведение высокоурожайных сортов растений, в частности, кукурузы, как производителя высокоценного зерна и обильной зеленой массы в неоптимальных для ее выращивания условиях. В связи с этим настоящее исследование является актуальным, так как посвящено частному решению вышеуказанных проблем – а именно, исследованию физиологических особенностей, а также урожайности некоторых гибридов кукурузы в естественных засушливых условиях Ирана при ограничении водоснабжения на различных стадиях роста растений.

Цель и задачи работы

Основной целью работы являлся выбор наиболее засухоустойчивых сортов кукурузы, дающих наибольший урожай в условиях ограниченного полива, и разработка практических рекомендаций по их оптимальному использованию. Для достижения поставленной цели были поставлены следующие конкретные задачи:

1. Исследовать возможности получения высоких урожаев гибридов кукурузы в естественных условиях и при ограничении полива.
2. Исследовать годичное изменение урожая гибридов кукурузы и его компонентов в оптимальных условиях и при ограничении полива на разных стадиях роста и развития растений.

3. Исследовать некоторые физиологические показатели гибридов кукурузы при различных условиях ограничения полива.

4. Установить критические стадии роста гибридов кукурузы в условиях ограничения полива.

5. Изучить устойчивость к дефициту воды различных гибридов кукурузы.

6. Оценить засухоустойчивость различных гибридов кукурузы.

Научная новизна

- Впервые исследованы физиологические особенности роста и развития растений различных гибридов кукурузы в условиях искусственного ограничения водоснабжения.
- Впервые научно обоснована возможность эффективного использования метода ограниченного полива для выращивания и получения высоких урожаев различных гибридов кукурузы в засушливых условиях Ирана.

Практическое значение работы

Результаты проведенного исследования позволяют рекомендовать фермерам региона исследований использовать гибрид кукурузы Sc704 как для получения зерна, а также зеленой массы, и снизить на 12,5% потребление воды на ирригацию, получая при этом оптимальный урожай.

Апробация работы

Материалы диссертационной работы представлены на Национальной конференции Министерства сельского хозяйства ИРИ «Кукуруза» (Иран, Тегеран, 2011 г.); Национальной конференции «Кукуруза» Сельскохозяйственного исследовательского центра (Иран, Тегеран, 2011 г.); Национальной конференции «Кукуруза» Управления фермерским хозяйством города Карадж (Иран, 2013), а также на заседаниях ученых советов Института ботаники НАН РА (Ереван, 2011-2013 гг.).

Опубликованные работы

Основные положения диссертации отражены в 5 научных публикациях.

Объем и структура диссертации

Диссертационная работа написана на английском языке, состоит из введения, трех глав, заключения и практических рекомендаций. Список использованной литературы включает 252 наименования. Работа изложена на 134 страницах и включает 43 таблицы и 22 рисунка.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ВВЕДЕНИЕ

Во введении к диссертации дается описание основной проблемы и ставятся задачи исследования.

ГЛАВА 1

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Данная глава начинается с обзора истории выращивания кукурузы. Указано, что родиной этой культуры является Южная Америка, где на территории современных Перу, Эквадора, Боливии и южной части Мексики кукурузу выращивали более 8000 лет назад. В настоящее время основными мировыми производителями кукурузы являются Северная Америка, Китай и северная часть Латинской Америки. В Иране кукуруза является одной из основных зерновых культур, в 2012 г. в стране было получено 1907159 тонн зерна и 9260523 тонн зеленой массы.

В диссертации приведено детальное морфологическое описание и биологические особенности кукурузы. Кукуруза (*Zea mays* L.) относится к подсемейству Panicoideae семейства Poaceae (Gramineae) (Noormohammadi, 2003). Корневая система у кукурузы мочковатая, состоящая из нескольких ярусов. Зерно прорастает зародышевым корешком, от которого ответвляются боковые зародышевые корни, составляющие первый ярус корневой системы. Из первого узла подземной части стебля образуются первичные корни (второй ярус корневой системы). Из других подземных узлов стебля образуются узловые корни (третий ярус корневой системы). Из надземных узлов, находящихся у поверхности почвы, образуются опорные (воздушные) корни, которые, углубляясь в почву, обеспечивают устойчивость растений (Arnon, 1972). Стебель кукурузы цилиндрический, эллипсоидный в поперечном сечении (Singh, 1987). Листья линейно-ланцетные, расширяются, переходя в 2 прилистника (Kafi-Ghasemi, Esfahani, 2003). Кукуруза —

перекрестноопыляемое, однодомное растение. Метелка (мужское соцветие) располагается на верхнем сегменте стебля (Singh, 1987). Женские соцветия (початки) формируются из стеблевых узлов. По типу фотосинтеза кукуруза относится к растениям типа C₄.

Экологически кукуруза приурочена к семиаридным и семигумидным условиям, в аридных условиях с очень ограниченным количеством осадков она непригодна для выращивания (Arnon, 1972). Сумма эффективных температур выше 10°C для различных сортов составляет 1500-2000° (Emam, 2003). Выращивание кукурузы возможно на различных типах почв, при этом оптимальным является рН в пределах 5-8 (Sprague et al., 1988).

Кукуруза – относительно влаголюбивое растение. Известно, что для получения 1 г сухого вещества из надземных органов испаряется около 370 г воды (Emam, Nik-nejad, 1995). При этом было установлено, что влажность почвы на всех фазах роста кукурузы не должна быть меньше 45% (Panda et al., 2004).

В диссертации рассмотрена проблема ограничения полива. В работах English et al. (1990, 1992) показано, что ограничение полива является оптимальной стратегией выращивания кукурузы в условиях недостатка поливной воды. При этой стратегии, несмотря на снижение количества продукции, экономическая эффективность достигается благодаря снижению количества потребляемой воды. Охарактеризованы различные типы ограниченного полива: зонального, регулируемого, локального и полуклассического.

В Карадже (Иран) Verdi-Nejad et al. (2006) были проведены опыты по ограничению полива на разных фазах роста кукурузы. Установлено, что стресс, вызванный в фазах роста и цветения снижает продуктивность растений на 28% и 29% соответственно, а ограничение полива в фазе наполнения зерен снижает продуктивность всего на 14,2%. Nabati и Rezvani-Moghadam (2006) показали, что ограничение полива приводит к повышению содержания протеинов, а увеличение периода полива приводит к повышению содержания сырого белка. Noori-Azhar и Ehsan Zadeh (2007) установили положительную корреляцию между индексом листовой поверхности (LAI) и содержанием сухого вещества, а Ritche et al. (1992) выявили снижение показателей роста кукурузы и уменьшение размеров листьев при ограниченном поливе. Также было показано, что сокращение количества поливной воды приводит к снижению высоты растений и повышает скорость старения листьев кукурузы (Begonia et al., 1987; Wolfe et al. 1988; Pandi et al., 2000). Недостаток поливной воды приводит также к снижению содержания хлорофилла в листьях кукурузы (Majidian et al., 2008). Было исследовано влияние сокращения полива на разных стадиях развития кукурузы. Было показано, что в целом

ограниченный полив приводит к снижению биомассы на 50%, применение этого метода в период пестикообразования снижает биомассу на 37%, в период заполнения зерен – на 34%, в период созревания зерен – на 21% (Karima *et al.*, 2003).

Stewart and Bogs (1977) показали, что концентрация свободного пролина в листе зависит от периода стресса, потенциала воды в листе и количества воды, переносимой в другие части растения. Аккумуляция пролина при дегидратации продолжается в течение нескольких дней, и его концентрация может увеличиться на 10% от общей сухой массы листа.

ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведены исследования количественных и качественных характеристик трех гибридов кукурузы в полевых условиях в пяти вариантах ограничения полива в засушливых условиях Ирана. Исследования проводились в полевых и лабораторных условиях в течение (2009-2013гг.). Полевые опыты были проведены на сельскохозяйственной исследовательской базе в Карадже (Иран). В лабораторных условиях исследовалось воздействие искусственного осмотического стресса на те же гибриды кукурузы также в пяти вариантах опытов.

В первый год исследований были заложены основные делянки в трех повторностях, на которых были высеяны различные сорта кукурузы. Полив осуществлялся в пяти вариантах: контроль (100%) и 4 варианта ограниченного полива (82.5, 75, 62.5, 50%). Были исследованы 3 гибридных сорта кукурузы: Sc.704 (позднеспелая), Sc.500 (среднеспелая) и Sc.301 (раннеспелая). Данные о температуре воздуха и количестве осадков, необходимые для расчета полива, были получены из местного метеоцентра. Расчет полива проводился по формуле Penman–Monteith, а сам полив осуществлялся исходя из расчета 90% эффективности капельного полива. Реальный расход воды определялся при помощи счетчика (рис. 1а).

В период роста (рис. 1б) и после сбора урожая оценивались и рассчитывались следующие характеристики: общий сырой вес; общий сухой вес; количество сухого вещества листьев; сухой вес стеблей, початков и метелки; процентное содержание протеина в початках, листьях, стеблях и метелках; общее содержание протеина в урожае, початках, листьях, стеблях и метелках; соотношение протеина и клетчатки (P/F) в початках, листьях, стеблях и метелках; процентное содержание клетчатки в початках,

листьях, стеблях и метелках; индекс листовой поверхности (LAI); весовое соотношение листьев (LWR); соотношение роста урожая (CGR); соотношение сравнительного роста (RGR); соотношение общего накопления (NAR); длина и диаметр стеблей; количество листьев, в том числе количество зеленых листьев и степень дефолиации; фенологические признаки - сроки появления метелки, сроки появления пестика, сроки появления початка, длительность цветения, длительность от цветения до созревания; урожай зерна, вес 1000 зерен, количество зерен на початок; индекс урожайности (HI); экономическая эффективность; продуктивность воды (WP); эффективность использования воды (WUE); относительная транспирация (эвапотранспирация); урожайность (RY); эффективность продукции; уровень температуры под пологом (CTD); число SPAD; эффективность использования солнечной радиации (IUE); содержание пролина; индекс чувствительности (SSI) и устойчивости к стрессу (STI); общий индекс устойчивости (TOL); средняя (MP) и средняя геометрическая продуктивность (GMP); сокращение урожая, индекс урожая (YI), индекс стабильности урожая (YSI) и процент сокращения урожая.



а



б

Рис. 1. Система капельного полива со счетчиком воды (а). Фаза роста кукурузы (б)

Лабораторные исследования проводились в лаборатории Сельскохозяйственного исследовательского центра в Тегеране (Иран). С целью исследования влияния осмотического стресса на прорастание и рост всходов гибридов кукурузы были проведены факториальные опыты (5×3) на основе полностью рандомизированного дизайна в четырех повторностях. Первым фактором был осмотический стресс на 5 уровнях, вторым фактором – 3 гибрида кукурузы: Sc.704, Sc.500, Sc.301. Водный стресс вызывался добавлением 6000 раствора полиэтилен гликоля (PEG-6000) в чашки Петри, содержащие по 25 зерен гибридов кукурузы. Зерна были обработаны 10% раствором гипохлорида натрия в течение 5 минут. Количество PEG-6000 для получения -1.5, -1.2, -0.9, -0.6 и -0.3 МПа осмотических растворов было рассчитано по следующей формуле (Michel, Kaufmann, 1973):

$$WP = -(1.8e^{-2})C - (1.8e^{-4})C^2 + (2.67e^{-4})CT + (8.39e^{-7})C^{2T}$$

где WP - осмотический потенциал раствора PEG-6000 (Bar),

C - плотность PEG-6000 (г/кг воды), T - температура (C°).

После проведения эксперимента с полиэтиленгликолем чашки Петри помещались в инкубатор на 10 дней при температуре 20°C.

В ходе лабораторных исследований были изучены следующие показатели: процент прорастания, степень прорастания, длина coleoptили, длина стебля, длина корней, сухой вес стебля, сухой вес корней, соотношение длины корней и стеблей, соотношение веса корней и стебля, соотношение веса корней и всходов, стресс-индекс прорастания (СИП), индекс устойчивости к стрессу прорастания (ИУСП), сухой вес и длина всходов, влияние окружающей среды на длину стебля ($SI_{(PL)}$) и на сухое вещество всходов ($SI_{(TDM)}$).

ГЛАВА 3

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. Полевые опыты

Результаты исследований показали, что ограничение полива приводит к уменьшению сухого веса листьев (СВЛ), что имеет существенное значение на всех уровнях ограничения полива, за исключением I₁ и I₂, что обусловлено меньшим количеством листьев и меньшей листовой поверхностью.

Ограничение полива приводит к уменьшению сухого веса стебля. Стебель в наименьшей степени подвергался стрессу, вызванному ограничением полива, и была показана существенная разница между I₃ и I₄, несмотря на то, что существенной разницы между I₁ и I₂ практически не было.

Сухой вес початка (СВП) соответствовал показателям СВЛ. Это объясняется тем, что ограничение полива проявляется в замедлении роста всего растения и, в частности, початка, что приводит к наибольшему снижению веса.

Сухой вес метелки (СВМ) имеет те же характеристики, что и лист, и початок.

Общий сухой вес (ОСВ), как и ожидалось, снижался прямо пропорционально ограничению полива. Однако, существенную разницу можно было наблюдать только при I₁ и I₂.

Общий сырой вес полностью соответствует параметрам общего сухого веса, за исключением того, что не было существенной разницы между образцами I₃ и I₂.

Как показали результаты статистического анализа, содержание протеина в початке существенно различается в зависимости от степени полива - ограничение полива приводит к повышению его содержания, при этом максимальные показатели наблюдаются при I₅, а низкий вес початка не указывает на различия в содержании протеина.

Содержание протеинов в листе существенно изменялось в зависимости от степени ограничения полива. Как показали результаты, максимальные значения были получены при I₅.

Содержание протеина в стебле не имело значительных изменений в зависимости от уровня полива.

Продуктивность и содержание протеина в метелке было схоже с таковым у листа.

Как показали результаты статистического анализа, различные уровни полива оказывают существенное влияние на общую продуктивность протеина. Необходимо отметить, что стресс вызванный недостатком влаги приводит к повышению общего содержания протеина.

Как показали результаты вариационного анализа, сокращение влажности на разных уровнях ограничения полива приводит к снижению содержания клетчатки с вероятностью 1%. При поливе I₅ накапливается наибольшее количество клетчатки, при этом ее содержание в початке, листе и стебле было значительно выше, чем при других вариантах. Как показал сравнительный анализ, пик продуктивности протеина и содержания клетчатки наблюдается у гибридов 704, 301 и 500, однако в отличие от гибрида 701, существенных различий между гибридами 500 и 301 не наблюдалось.

Результаты статистического анализа показали, что соотношение протеина и клетчатки в початке и листе возрастает прямо пропорционально уменьшению содержания влаги при различных уровнях полива. Иными словами, колебания содержания протеина более выражены в условиях пониженной влажности. При этом показатели данного соотношения были выше в початках из-за повышенного содержания протеина в листе.

Индекс листовой поверхности (LAI) существенно изменялся при ограничении полива в фазах формирования метелки, пестика, а также ко время сбора урожая. В начальной стадии фазы роста степень индекса листовой поверхности была одинакова для всех вариантов полива (около 600 GDD). В вариантах I₂, I₃, I₄, I₅ этот индекс снижался на 2.21, 15.99, 34.96, и 43.28% по сравнению с нормальным поливом (I₁). Однако следует отметить, что существенной разницы между I₁ и I₂, вне зависимости от исследуемой фазы, не наблюдалось (рис. 2).

Ограничение полива оказывало существенное влияние на индекс роста растения во всех фазах роста. Исследование изменений ростовых показателей указывает на тот факт, что ростовые показатели достигали максимальной отметки при достаточном поливе [I₁ and I₂], в то время как при остальных вариантах показатели резко падали. Этот индекс при I₂, I₃, I₄ по отношению к I₁ (нормальный полив) снижался на 1.0, 24.35, 39.93 и 49.32%. Наименьшие показатели наблюдались в конце фазы роста при I₅ (11.61 г/м²), а при I₁ и I₂ показатели роста достигали своего максимума (рис. 2).

Результаты статистического анализа показали, что общая относительная скорость роста растения зависит от относительной скорости роста всех фаз роста гибридов кукурузы. Как показано на рисунке 2, эти показатели были одинаковыми в начале фазы роста, после чего наблюдалось их резкое падение. Постепенное снижение относительной скорости роста снижает фотосинтезирующую способность листьев, а нехватка воды способствует замедлению роста из-за снижения интенсивности метаболических процессов. Так, наибольшая относительная скорость роста была отмечена в вариантах I₁ и I₂, хотя существенной разницы между ними не наблюдается. В варианте I₅ наблюдались наименьшие показатели.

Вариационный анализ индекса веса листа (отношение веса листьев к весу всего растения) показал, что последний существенно зависит от варианта ограничения полива на различных стадиях роста. В ходе роста растения этот показатель всегда значительно уменьшается, так как на первых фазах развития растения основной вес приходится именно на листья, а позднее при формировании стебля, метелки и початков значительная часть массы растения приходится уже на эти органы (Рис. 2). Индекс веса листа имел наименьшие показатели в варианте полива I₅, а в вариантах I₁, I₂, и I₃ - наивысшие.

Исследования показали, что уменьшение необходимого количества влаги в период роста приводит к уменьшению веса листа. На разных стадиях роста, за исключением периода формирования метелки, количество сухого вещества в початке при различных степенях ограничения полива имело существенное отличие (вероятность около 1%), а в стебле наименьшее количество сухого вещества накапливается при варианте полива I₅.

Стресс, вызванный ограничением полива, оказывает существенное воздействие на высоту растений гибридов кукурузы ($P < 0.01$), при этом наименьшая высота наблюдается при варианте полива I₅. Растения, находящиеся в условиях нормального увлажнения (I₁), демонстрируют наибольшую высоту.

Существенные отличия в зависимости от варианта полива отмечались в диаметре стеблей. Недостаток влаги вызывал формирование меньшего числа стеблей и листьев, в

результате световые лучи проникали глубже в посадки, способствуя увеличению толщины стеблей. Наибольшая толщина стебля наблюдалась в вариантах I₄ и I₅. Кроме того, существенные различия наблюдались между разными гибридами кукурузы.

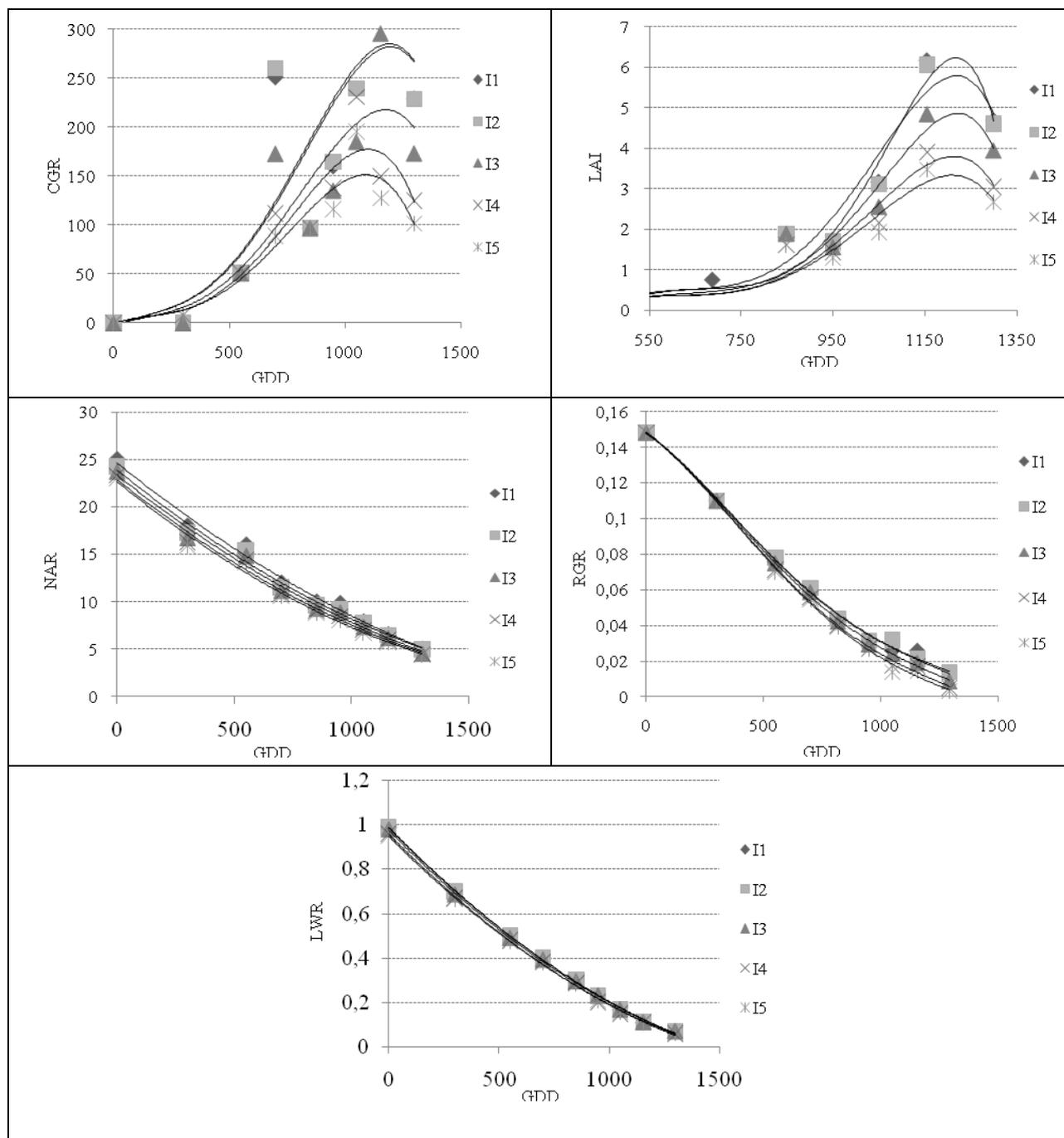


Рис 2. Влияние ограничения полива на следующие показатели гибридов кукурузы : LAI (индекс листовой поверхности), CGR (темпы роста), RGR (относительная скорость роста), NAR (коэффициент ассимиляции) и LWR (весовое соотношение листа)

Водный стресс оказывает существенное воздействие на количество листьев на растении. Так, в вариантах полива I₁, I₂ и I₃ наблюдается наибольшее количество листьев на растении (14.72, 14.60 и 14.65 соответственно), а в вариантах I₄ и I₅ - наименьшее (14.35 и 14.32

соответственно). Результаты статистического анализа показали на наличие существенной разницы между гибридами кукурузы, так у Н₁ было наибольшее количество листьев, а у Н₃ – наименьшее (15.25 и 13.73 листа, соответственно).

В вариантах полива I₄ и I₅ наблюдается существенное сокращение количества листьев, что может оказать отрицательное воздействие на качество и урожайность зеленой массы. Результаты статистического анализа показали существенную разницу между гибридами кукурузы относительно количества зеленых листьев в период сбора урожая и степени опадания листьев, максимальные показатели опадания листьев и минимальное количество зеленых листьев наблюдалось у Н₁.

Фенологические показатели

Длительность зеленой фазы вплоть до появления метелки напрямую зависит от воздействия стресса, вызванного ограничением полива. Как показали результаты исследования, уменьшение влажности при ограничении полива не способствует развитию метелки. В вариантах полива I₅ и I₄ переход к фазе формирования метелки занимает длительный период (65.57 и 63.68 дня соответственно), а в вариантах полива I₁ и I₂ метелка появляется значительно быстрее (59.18 и 59.57 дня).

Как показали результаты статистического анализа, изменения в режиме полива оказывают существенное воздействие на длительность зеленой фазы и сроки развития початков. Наиболее быстро початки развивались в варианте полива I₁ (70.52 дня).

Водный стресс, вызванный ограничением полива в период роста, приводит к сокращению сроков цветения. Длительность данного периода значительно больше в вариантах полива I₁ и I₂ (16.76 и 16.74 дня соответственно), чем в вариантах I₅ и I₄ (14.60 и 15.15 дней, соответственно). Задержка в развитии метелки оказывает существенное воздействие на задержку в формировании пестика и початка в вариантах полива I₅ и I₄. Период фазы цветения существенно сокращается при всех экспериментальных вариантах полива, при этом растения, выращенные в варианте полива I₅, демонстрируют наиболее короткую фазу созревания цветка (14 дней).

Длительность фазы от цветения до сбора урожая существенно изменяется в зависимости от типа ограничения полива. Результаты статистического анализа показали, что уменьшение влажности, вызванное ограничением полива, приводит к укорочению этого периода, при этом наиболее короткой данная фаза была у образцов в варианте полива I₅ (22.73 дня).

Характеристика зерна.

Урожайность и ее элементы оценивались в конце сезона. Снижение урожайности наблюдалось при дефиците воды. Не было отмечено существенных различий между вариантами полива I₁ (нормальный полив) и I₂ (12.5% ограниченный полив), однако в следующих вариантах полива (I₃-I₅) урожайность сильно сокращалась.

Наибольшая урожайность была отмечена у гибрида 704 при контрольном варианте полива. При рассмотрении вариантов полива I₁ и I₂ существенной разницы между гибридами не наблюдалось, в то же время при остальных вариантах полива между отдельными гибридами была отмечена существенная разница.

Вес 1000 семян у всех трех гибридов при вариантах полива I₁ и I₂ был практически одинаков, в то же время у гибридов 500 и 301 отмечалась существенная разница в вариантах I₂ и I₃ и I₃ и I₄.

Индекс урожая у всех гибридов был одинаков в вариантах полива I₁ и I₂, а в других вариантах он существенно отличался. Значительная разница в индексе урожайности также отмечалась у гибридов H₂ и H₃ по сравнению с H₁.

Наибольший урожай отмечался при вариантах полива I₂, I₁ и I₃, а наименьший – при I₄ и I₅. Из гибридов наибольший урожай давал H₁, а наименьший – H₃. При этом наибольший урожай был получен от гибрида H₁ при вариантах полива I₁ и I₂, а наименьший – у всех гибридов при вариантах I₄ и I₅. Можно утверждать, что снижение уровня полива на 12.5% (вариант I₂) не оказывает отрицательного действия на урожайность всех трех изученных гибридов, а в отдельных случаях даже ведет к ее увеличению. Урожайность снижается значительно при интенсивном ограничении полива (варианты I₄ и I₅).

В ходе эксперимента была оценена эффективность потребления воды различными гибридами кукурузы при разных вариантах полива. Было установлено, что гибриды 500 и 301 наиболее эффективно используют воду при варианте полива I₃, а гибрид 704 – при варианте полива I₂ проявляет максимальную эффективность – 0.91 кг/м³.

Обратный показатель эффективности использования воды – продуктивность ее использования – был наивысшим для всех трех гибридов при варианте полива I₂ (12.5% ограничение полива). В этом случае максимальное значение этого показателя было выражено у гибрида 704 - 3.02 кг/м³.

Оценка чувствительности гибридов кукурузы к водному стрессу с использованием различных индексов устойчивости растений к засухе.

На основе проведенных экспериментов были рассчитаны различные индексы засухоустойчивости исследованных гибридов кукурузы. Было показано, что семенная

продуктивность при сильном водном стрессе (вариант полива I₅) снижалась более, чем на 50%. Интересно отметить, что гибрид Н₃ вообще отличался более низкой семенной продуктивностью по сравнению с двумя другими гибридами, но при этом у него разница между семенной продуктивностью при контрольном поливе и в варианте с сильным водным стрессом была минимальной. По всем рассчитанным показателям устойчивость гибрида Н₃ к засухе была наивысшей. При слабом же водном стрессе (вариант полива Н₂) наилучшие показатели проявлял гибрид Н₁ (Sc.704).

Различные варианты полива оказывали существенное влияние на температуру под пологом растений. Как уже было показано выше, при водном стрессе (варианты полива I₄ и I₅) число и индекс листовой поверхности у растений кукурузы значительно ниже, чем при достаточном водообеспечении (варианты полива I₁ и I₂). Соответственно в вариантах полива I₁ и I₂ температура под пологом растений была значительно ниже, чем в вариантах водного стресса. Очевидно, что при более высокой температуре растение теряет больше воды для поддержания приемлемой температуры для своего метаболизма.

Как показали результаты исследования, степень насыщенности цвета листьев у разных гибридов кукурузы находилась под существенным воздействием ($P < 0.01$) уровня влажности необходимой для роста растения. Так, уменьшение доступной воды приводит к повышению насыщенности цвета листьев. Было установлено, что образцы, выращенные в условиях необходимой влажности (варианты полива I₁, I₂), были менее зелеными по сравнению с остальными вариантами полива. Степень насыщенности цветом растений при вариантах полива I₄ и I₅ была значительно выше, чем при I₁ и I₂. По всей видимости, наилучшие показатели влажности с учетом плотности покрова, ширины тени и меньшего поглощения солнечной радиации приводит к сокращению количества зеленых листьев и уменьшению интенсивности их цвета. С другой стороны, образцы находящиеся под влиянием водного стресса, демонстрировали более низкие темпы роста, что выражалось в интенсификации поглощения солнечной радиации и увеличении интенсивности цвета листьев. Безусловно, что интенсивность зеленой окраски листьев напрямую связана с относительным содержанием в листьях хлорофилла.

Как показали результаты исследования, уменьшение поглощения воды гибридами кукурузы приводит к существенному снижению эффективности использования солнечной радиации. Наиболее высокие результаты по эффективности ее использования наблюдались при вариантах полива I₁ и I₂ (3.88 и 3.81 г/Мдж⁻¹ соответственно), в то время как при остальных вариантах полива наблюдалось резкое падение этого показателя. Так, по сравнению с вариантом полива I₁, в вариантах I₃, I₄ и I₅ наблюдалось снижение этого

показателя на 10, 32 и 34%, соответственно. Статистический анализ показал, что исследованные гибриды кукурузы существенно отличались по степени эффективности использования солнечной радиации. Так, максимальные показатели наблюдались у гибрида Н₁, а минимальные – у гибрида Н₃.

Как известно, у растений засуха обычно приводит к интенсивному расщеплению протеинов и, как результат, к увеличению содержания отдельных аминокислот, в частности пролина. В наших опытах это явление было подтверждено на гибридах кукурузы – в варианте полива I₁ содержание пролина было минимальным, а в варианте I₅ – максимальным.

3.2. Лабораторные эксперименты

Осмотический стресс оказывает существенное влияние на всхожесть и скорость прорастания семян кукурузы. Наименьшая всхожесть была отмечена в варианте D₅ – 81%, при других вариантах опыта существенная разница во всхожести семян не наблюдалась. Таким образом, наибольшее снижение процента всхожести семян наблюдалось при 1.2МПа. Необходимо отметить, что между отдельными гибридами была отмечена значительная разница во всхожести семян, наибольшая величина этого показателя была отмечена у Н₁ (гибрид с наиболее крупными семенами), а наименьшая – у Н₃ (гибрид с самыми мелкими семенами).

Повышение осмотического потенциала (водный стресс) значительно снижало скорость прорастания семян, которая была наибольшей в варианте D₁ (контроль), а наименьшей – в варианте D₅. Было установлено, что пороговое снижение скорости прорастания у различных гибридов кукурузы также равно 1.2 Мпа. Также установлено, что во всех вариантах опыта наибольшую скорость прорастания семян показывал гибрид с самыми крупными семенами - Н₁, а наименьшую – Н₃ (с самыми мелкими семенами).

Осмотический стресс оказывает существенное влияние на размеры семядоли, зародышевой почки и корешков прорастающих семян. Наиболее крупные размеры этих органов были зарегистрированы в контрольном опыте (D₁), а наименьшие в опыте D₅ (1.2 МПа).

При понижении осмотического давления наблюдается четкая тенденция к снижению сухого веса зародышевой почки и всходов. При невысоком осмотическом давлении сухой вес корней снижается так же, как и при увеличении интенсивности воздействия стресса. Проведя сравнительный анализ различных гибридов кукурузы, была выявлена существенная разница между ними. Гибрид Н₁ имел максимальную длину зародышевой

почки и всходов, а гибрид Н₃ – минимальную. Максимальный вес зародышевой почки и всходов наблюдался при D₁, а наименьший - при D₅. Максимальный сухой вес корней наблюдался при D₅. Таким образом, наблюдалась существенная статистическая разница между гибридами кукурузы. В результате сравнительного анализа гибридов было установлено, что максимальный сухой вес зародышевой почки, корней и всходов наблюдался у гибрида Н₁, и был существенно выше чем у гибрида Н₂, а у последнего он был значительно выше, чем у гибрида Н₃ (Sc.301).

При увеличении осмотического стресса возрастает соотношение длины и веса корней и зародышевой почки, максимального значения это соотношение достигает в опыте D₅. При повышении осмотического стресса наибольшая часть производимого сухого вещества откладывалась в корнях. Показатели соотношения длины и сухого веса корней и зародышевой почки являются важнейшими показателями, указывающими на степень адаптации и устойчивости растения к стрессу. Эти показатели также демонстрируют высокую корреляционную связь с семенной продуктивностью, а также могут служить критерием отбора гибридов в условиях водного стресса. Гибрид Н₁ демонстрирует максимальную скорость прорастания и всхожесть семян, а также максимальную длину корней и зародышевой почки.

Для оценки устойчивости различных гибридов кукурузы были использованы индексы стресса прорастания (GSI) и устойчивости прорастания к стрессу (GSTI). При повышении осмотического потенциала индекс стресса снижался, однако существенной разницы в вариантах опыта D₁, D₂ и D₃ не обнаруживалось. Осмотический потенциал 0.6 Мпа является порогом чувствительности к воздействию осмотического стресса на стадии прорастания. Установлено, что осмотический потенциал 0.6 Мпа и активное воздействие стресса являются причиной снижения всхожести и скорости прорастания зерен различных гибридов кукурузы. По показателям GSI гибрид Н₃ оказался устойчивым к интенсивному воздействию осмотического стресса, а у гибрида Н₂ осмотический стресс существенно влияет на фазу прорастания.

Исходя из индекса устойчивости к стрессу Фернандеса (1992), был рассчитан индекс устойчивости к стрессу прорастания (GSTI), в котором учитывались сухой вес корней, всходов, длина зародышевой почки и корней гибридов кукурузы при воздействии осмотического стресса. Гибрид Н₁ продемонстрировал свое превосходство над гибридом Н₂, а последний - над гибридом Н₃. Интенсивность стресса была рассчитана на основе длины зародышевой почки и сухого веса всходов. Количественные показатели интенсивности стресса (ИС) были рассчитаны на основе длины зародышевой почки в

вариантах опытов D₂, D₃, D₄ и D₅. Как показали результаты, исследуемые показатели упали на 0.07, 0.1, 1.1 и 4.1% по сравнению с D₁. Кроме того были проведены расчеты количественных показателей ИС с учетом сухого веса всходов при D₃, D₄ и D₅, и как показали результаты, исследуемые показатели упали на 1.7, 2.7 и 7.1 % по сравнению с D₁. Следует подчеркнуть, что при D₂ наблюдается повышение показателей сухого веса корней и всходов.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что сокращение объема поливной воды на 12.5% не оказывает существенного влияния на накопление зеленой массы (сырой и сухой вес), сухой вес початков, метелок и листьев. Гибрид Н₃ (Sc.301) оказался наиболее устойчивым к ограничению полива – в разных вариантах опытов у него отмечались наименьшие различия в указанных показателях.
2. Ограничение полива вызывает увеличение содержания протеина в початках, листьях и метелках (максимум содержания в вариантах полива I₄ и I₅), в то же время содержание протеина в стеблях в различных вариантах опытов практически не менялось. Такая же зависимость наблюдалась в содержании клетчатки – с уменьшением количества доступной влаги ее содержание увеличивалось.
3. Ограничение полива оказывало существенное влияние на физиологический индекс роста, который принимал минимальные значения в варианте полива I₅, при этом разница между контрольным (I₁) и вариантом I₂ была несущественной. По указанному показателю, а также по накоплению сухого вещества гибрид Н₁(Sc.704) показал значительно лучший результат, чем гибриды Н₂(Sc.500) и Н₃(Sc.301).
4. Установлено, что уменьшение количества поливной воды уменьшает высоту растений и количество листьев на стеблях, при этом количество зеленых листьев и процент отмирающих листьев ко времени созревания урожая не зависели от варианта ограничения полива. По таким морфологическим показателям как высота растений, количество зеленых листьев, диаметр стебля - гибрид Н₁(Sc.704) был лучшим среди трех изученных гибридов.
5. Ограничение полива вызывает сокращение генеративной фазы, а именно периоды цветения и созревания семян. Можно сказать, что сокращение генеративной фазы действует как механизм противодействия стрессу от засухи.
6. Семенная продуктивность, вес 1000 семян и число семян в початке у всех трех гибридов практически не отличались в контрольном варианте и варианте I₂.

Наибольший индекс урожайности и экономическая эффективность были выявлены у гибридов Sc.704 и Sc.500 в варианте полива I₂ (сокращение количества поливной воды на 12.5%). При этом позднеспелый гибрид Sc.704 показывал наиболее эффективное использование поливной воды. При оценке индекса устойчивости гибридов кукурузы к водному стрессу было показано сокращение семенной продуктивности в вариантах полива I₂, I₃, I₄ и I₅ по сравнению с контролем на 1%, 13%, 40% и 55%.

7. При увеличении дефицита водоснабжения возрастала температура под пологом растений кукурузы, содержание хлорофилла и пролина, достигающие максимума в вариантах полива I₅ и I₄. Во всех вариантах опытов гибрид Н₁(Sc.704) проявлял наилучшие показатели по сравнению с другими исследованными гибридами.
8. Увеличение интенсивности осмотического стресса вызывало снижение всхожести и скорости прорастания семян кукурузы, а также снижался вес корешков, зародышевых почек и проростков. Гибрид Н₁(Sc.704) проявил наибольшую устойчивость к осмотическому стрессу.

РЕКОМЕНДАЦИИ

На основе результатов проведенных исследований наиболее эффективным способом выращивания кукурузы в засушливых условиях Ирана признано использование позднеспелого гибрида Н₁ (Sc.704) с сокращением нормы полива на 12.5% от рассчитанного оптимального количества, что позволяет рекомендовать фермерам исследованного региона использовать гибрид кукурузы Sc704 как для получения зерна, так и для получения зеленой массы, а также снизить на 12,5% потребление воды на ирригацию, получая при этом оптимальный урожай.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. **Номайюни Н.** The effect of deficit irrigation on water usage performance and efficiency for maize hybrids – Iran – Karaj // Вестник МАНЭБ. 2011 - Т. 17(4): 65-71.
2. **Номайюни Н.** Effect of deficit irrigation on qualitative and quantitative performance and water efficiency index of maize hybrids; Iran-Karaj // Вестник МАНЭБ. 2011 - Т. 17(4): 71-77.
3. **Номайюни Н.** The impact irrigation deficit on the growth of physiologic indexes of corn hybrids in Karaj, Iran // National Academy of Sciences of RA, Electronic Journal of Natural Sciences – 2014. –V.1(22). –P. 17-21.
4. **Номайюни Н., Khazarian V.** Effect of deficit irrigation on soluble sugars, starch and proline in three corn hybrids // Indian J. Sci. Res. 2014. Vol. 7 (1): 910-917.

5. **Homayouni H, Khazarian V., Saeidi M.** Effects of deficit irrigation on biochemical and physiological characteristics in three corn hybrids (*Zea mays* L.) // *Bothalia (Journal of Botanical and Life Sciences Research)*. Vol. 44, N 2: 105-117.

Հուման Հումայունի

Եգիպտացորենի (*Zea mays* L.) տարբեր հիբրիդների աճի և զարգացման վրա ջրային սթրեսի (որոգման պակասի) ազդեցության ֆիզիոլոգիական ասպեկտները Քարաջի (Իրան) պայմաններում

Անփոփազիր

Եգիպտացորենի (*Zea mays*) տարբեր հիբրիդների աճի և զարգացման վրա ջրային դեֆիցիտի ազդեցության էկոլոգա-ֆիզիոլոգիական առանձնահատկությունների ուսումնասիրման նպատակով կատարվել են լաբորատոր և դաշտային հետազոտություններ: Դաշտային փորձերը կատարվել են 3 կրկնողությամբ, եգիպտացորենի 3 հիբրիդների համար - Sc.704 (ուշահաս), Sc.500 (միջահաս) և Sc.301 (վաղահաս)՝ ոռոգման 5 տարբերակով. 100% (I₁ – ստուգիչ), 86.5% (I₂), 75% (I₃), 62.5% (I₄) և 50% (I₅): Եգիպտացորենի հիբրիդների (Sc.704, Sc.500, Sc.301) սերմերի ծլունակության և ծիլերի աճի վրա օսմոտիկ դեֆիցիտի ազդեցության հետազոտման նպատակով կատարվել են լաբորատոր փորձարկումներ 4 կրկնողությամբ: Օսմոտիկ դեֆիցիտը փորձարկվել է հինգ մակարդակով. -1.5 (D₁), -1.2 (D₂), -0.9 (D₃), -0.6 (D₄) և -0.3 (D₅) ՄՊա: Դաշտային և լաբորատոր հետազոտությունների արդյունքում պարզվել է, որ 12.5%-ով ոռոգման ջրի ծավալի կրճատումը էական ազդեցություն չի ցուցաբերում եգիպտացորենի կանաչ զանգվածի կուտակման (խոնավ և չոր քաշ), կողրերի, հուրանի և տերևների չոր քաշի վրա: Ոռոգման սահմանափակման նկատմամբ առավել դիմացկուն է Sc.301 հիբրիդը, որի մոտ բացահայտվել է նշված ցուցանիշների միջև նվազագույն տարբերությունները: Բացահայտվել է, որ ոռոգման սահմանափակումը բերում է պրոտեինի պարունակության ավելացմանը կողրերում, հուրանում և տերևներում, որը (I₄) և (I₅) տարբերակներում հասել է մաքսիմումի, միննույն ժամանակ պրոտեինի պարունակությունը ցողուններում փորձի տարբեր տարբերակներում փոփոխության գրեթե չէր ենթարկվել: Նմանատիպ փոխկապվածություն է նկատվել նաև բջջանյութի պարունակության մեջ, որն ավելանում է մատչելի խոնավության

պակասեցման դեպքում: Բացի այդ, ռոռզման պակասը զգալի ազդեցություն է ցուցաբերում եզիպտացորենի աճման ֆիզիոլոգիական ցուցանիշների վրա, որոնք (I₅) ռոռզման տարբերակում հասնում են մինիմալ նշանակությունների, մնչդեռ ստուգիչ (I₁) և (I₂) տարբերակների միջև տարբերությունը էական չէր: Աճման ֆիզիոլոգիական ինդեքսով, ինչպես նաև չոր նյութի կուտակմամբ առավել լավ ցուցանիշներ է դրսևորել Sc.704 հիբրիդը՝ համեմատած Sc.500 ու Sc.301 հիբրիդների հետ: Ոռռզման ջրի պակասեցումը փոքրացնում է բույսի բարձրությունը և կրճատում է ցողունի վրա տերևների քանակը, սակայն պարզվել է, որ բերքի հասունացման ժամանակ կանաչ տերևների քանակը և մահացող տերևների տոկոսը կախված չէին ռոռզման տարբերակից: Նշված մորֆոլոգիական ցուցանիշներով, այսինքն բույսի բարձրությամբ, կանաչ տերևների քանակով, ցողունի տրամագծով Sc.704 հիբրիդը ունեցել է առավել լավ ցուցանիշներ: Ուսումնասիրության ընթացքում բացահայտվել է, որ ռոռզման սահմանափակումը առաջացնում է գեներատիվ փուլի՝ ծաղկումից մինչև սերմերի հասունացման ժամանակահատվածի կրճատում, ուստի, կարելի է եզրահանգել, որ գեներատիվ փուլի կրճատումը հակազդեցության մեխանիզմ է հանդիսանում՝ երաշտի հանդեպ: Սերմնային արդյունավետությունը, 1000 սերմի քաշը և սերմերի քանակը կողորում եզիպտացորենի բոլոր հիբրիդների մոտ չեն տարբերվել ռոռզման ստուգիչում և ռոռզման (I₂) տարբերակում: Առավել մեծ բերքատվության ցուցանիշը և տնտեսական արդյունավետությունը բացահայտվել են Sc.704 ու Sc.500 հիբրիդների մոտ (I₂) տարբերակում, երբ ջրի քանակությունը կրճատվել է 12.5%-ով, որոնցից ուշահասը՝ Sc.704 ցուցաբերել է ռոռզման ջրի առավել արդյունավետ օգտագործում: Եզիպտացորենի հիբրիդների ջրի դեֆիցիտի հանդեպ կայունության ցուցանիշի գնահատման դեպքում I₂, I₃, I₄ և I₅ ռոռզման տարբերակներում համեմատած ստուգիչի հետ նկատվել է սերմնային արդյունավետության կրճատում համապատասխանաբար՝ 1%, 13%, 40% , 55%-ով: Ջրամատակարարման դեֆիցիտի ավելացման դեպքում I₄, I₅ ռոռզման տարբերակներում քլորոֆիլի և պրոլինի պարունակությունը հասնում էր մաքսիմումի: Լաբորատոր հետազոտությունների արդյունքում պարզվել է, որ օսմոտիկ սթրեսի ինտենսիվության ավելացումը առաջացնում է եզիպտացորենի ծլունակության և սերմերի ծլման արագության իջեցում, ինչպես նաև նվազում է արմատիկների, սաղմնային բողբոջների ու ծիլերի քաշը: Օսմոտիկ սթրեսի նկատմամբ առավել

դիմացկունություն է ցուցաբերել Sc.704 ուշահաս հիբրիդը: Ուսումնասիրությունների արդյունքում պարզվել է, որ Իրանի չորային պայմաններում եգիպտացորենի աճեցման համար առավել արդյունավետ է Sc.704 ուշահաս հիբրիդի օգտագոծումը՝ 12.5%-ով ռոռզման ջրի կրճատմամբ:

Houman Homayouni

**Physiological Aspect, Water Stress (Deficit Irrigation) on Growth and Development
of Maize (*Zea mays*) Hybrids in Iran – Karaj**

Abstract

In order to study the eco-physiological aspects of deficit irrigation on the growth of corn (*Zea mays*) hybrids, laboratory and field researches were conducted. A field split-plot experiment was conducted in a completely randomized design with three replications. The main plots consisted of five different irrigation regimes as 100% (I₁), 86.5% (I₂), 75% (I₃), 62.5% (I₄) and 50% (I₅) of water-requirement, and subplots were allocated to three maize hybrids: Sc.704 (late mature), Sc.500 (intermediate mature) and Sc.301 (premature). Laboratory experiment was carried out for the effect of osmotic stress on germination and seedling growth of Maize hybrids investigations. The factorial experiment on 5×3 base on Completely Randomized Design with 4 replication was conducted. The first factor was osmotic stress at five levels consist of osmotic potential equal to -1.5 (D₁), -1.2 (D₂), -0.9 (D₃), -0.6 (D₄) and -0.3 (D₅) MPa, and the second factor was three Maize hybrids - Sc.704, Sc.500, Sc.301.

The function of wet forage and dry material, dry weight of maize, tassel, stuck, ear and leaf in complete irrigation treatments I₁ and I₂ were not significantly different. It can be generally concluded that the function of forage does not decrease significantly upon 12.5% decrease of the volume of irrigation water. In comparing corn hybrids, the highest function for all the aforesaid characteristics was for hybrid Sc. 704.

The results of this test showed that deficit irrigation significantly increased protein percentage. Maximum protein percentage of ear, leaf and tassel was found in treatments I₄ and I₅. Fiber percentage increased simultaneous to decrease of plant available water.

Deficit irrigation has a significant effect on the physiologic indexes of growth, the least degree for all these indexes happened at treatment I₅, and there was no significant difference between I₁ and I₂. Regarding producing the dry matter in leaf, stalk, and the total dry matter Sc. 704 hybrid showed its significant superiority over hybrids Sc.500 and Sc.301.

In examination of morphologic characteristics it was found that stem height and number of leaves decreased upon intensification of deficit irrigation treatments. Number of green leaves

and percentage of leaf fall in harvest period did not show any significant difference in view of reaction to irrigation treatments. In comparing corn hybrids, the highest height of stem, number of leaves, diameter of stem and number of green leaves in harvest period was for hybrid Sc.704 which was significantly different from other treatments.

Seed function, weight of 1000 seed and number of seed in ear in complete irrigation treatments I₁ and I₂ in all the three hybrids were not significantly different from each other. This is while it significantly reduced in other treatments. Generally, it can be concluded that seed function does not significantly decrease by a %12.5 reduction of the volume of irrigation water. Maximum harvest index and economic efficiency were related to treatment I₂ which were found in hybrids Sc.704 and Sc.500. The reason of this is related to high function in this treatment besides saving in water consumption. This was while maximum yield efficiency for all treatments was found in treatment I₂. Maximum water usage efficiency was observed in late maturity hybrid Sc.704, and it showed highest water usage performance in different irrigation levels. In evaluation of sensitivity and toleration indexes against the stress of corn hybrids it was found that by applying treatments I₂, I₃, I₄ and I₅, seed function of hybrids decreased 1%, 13%, 40% and 55%, respectively compared to full irrigation (I₁).

Heat degree of canopy, chlorophyll and proline amounts increased upon intensification of deficit irrigation and their maximum level was observed in treatment I₅ and I₄. Hybrid Sc.704 in all the aforesaid factors showed its superiority as compared to other treatments.

Increase of osmotic stress leads to the least percentage and speed of germination and the least length and weight of radicle, plumule and seedling in osmotic potential of -1.2 MPa observed. Upon study of different hybrids of corn with respect to dryness stress tolerance, hybrid Sc.704 has shown its superiority to other groups accordingly.

On the base of all investigations it was found that the most economic effective maize growing in arid conditions of Iran is using of late mature hybrid Sc.704 with deficit irrigation on 12.5%.