

УДК 633.11 «324»:541.144:[631.811+631.67]

ПРОДУКТИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕЗА ПОСЕВОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ХЛОРХОЛИНХЛОРИДА

В. Е. ДОЛГОДВОРОВ, С. О. ТУРБЕКОВ

(Кафедра растениеводства)

Определение оптимальных фотосинтетических параметров посевов зерновых культур в настоящее время является одной из актуальных задач, решение которой будет способствовать увеличению урожаев зерна [8—10, 15, 16]. Одним из путей повышения адаптационных возможностей растительных организмов к воздействию разнообразных неблагоприятных факторов является применение ростовых веществ класса ретардантов. Так, хлорхолинхлорид (ССС), влияя на обмен веществ, повышает содержание хлорофилла в листьях, увеличивает листовую поверхность и интенсивность фотосинтеза [4, 6, 11, 12]. По данным [13, 14], при уменьшении высоты стеблей улучшается оптико-биологическая структура посевов, что является важной предпосылкой для повышения продуктивности растений.

Однако следует отметить, что влияние ССС на продуктивность фотосинтеза в основном изучалась в вегетационных опытах и в опытах на небольших делянках. Вопросы фотосинтетической деятельности пшеницы в посевах при обработке препаратом исследованы недостаточно, а полученные данные противоречивы [1, 2, 7].

В связи с этим представляет интерес оценка основных показателей фотосинтетической деятельности растений в посевах и анализ их связи с формированием урожая зерна при использовании ростовых веществ. Целью наших исследований было определение действия препарата ССС на фотосинтетическую деятельность и формирование урожая озимой пшеницы в условиях орошения.

Методика и условия

Опыты проводились в 1982—1984 гг. на Опытной станции полеводства и льноводства Тимирязевской академии с сортом Мирановская 808. Почва участка мощнодерновая среднеподзолистая, по механическому составу легкий крупнопылеватый суглинок. Глубина пахотного слоя 24—26 см. В период закладки опыта содержание в почве легкогидролизуемого азота по Тюрину и Кононовой составляло 4,2—5,6 мг, подвижных форм фосфора по Кирсанову — 13,8—64,0 мг, калия по Масловой и Чернышевой — 5,0—5,8 мг на 100 г, $pH_{\text{сол}}$ 6,2—6,4.

Нормы высева семян составили 2,5; 3,5; 4,5; 5,5 и 6,5 млн. всхожих семян на 1 га. Доза препарата — 4 кг д.в. на 1 га. Влажность почвы поддерживали на уровне 65—70 % ППВ. Удобрения вносили из расчета на планируемую урожайность зерна 45 ц/га в форме аммиачной селитры, двойного суперфосфата и калийной соли.

Опыт заложен методом расщепленных делянок в 3-кратной повторности. Агротехника общепринятая для условий Московской области. Способ посева узкорядный. Уборка однофазная комбайном «Сампо-25».

Фенологические наблюдения и определение структуры урожая проводили по мето-

дикам госсортоиспытания сельскохозяйственных культур. Густоту растений учитывали после появления полных всходов, после перезимовки и перед уборкой на постоянных площадках общей площадью 1 м². Площадь листьев определяли методом «высечек» [8] в каждую фазу, накопление сухого вещества — методом высушивания проб до постоянной массы при температуре 105°. Фотосинтетическую деятельность посевов изучали при норме высева 5,5 млн. всхожих семян на 1 га. Урожай зерна учитывали поделочно и пересчитывали на стандартную влажность (14 %) и 100 %-ную чистоту. Данные об урожае обрабатывали методом дисперсионного анализа [5].

Годы опытов резко различались по метеорологическим условиям вегетационных периодов. В апреле 1983 г. осадков выпало в 2,3 раза больше, а в 1984 г. — в 3,5 раза меньше средних многолетних. В мае 1984 г. количество осадков было равным среднему многолетнему (54,0 мм), а в 1983 г. — в 5,9 раза меньше. Температура воздуха в апреле 1983 г. оказалась на 5,3, в мае — на 4° выше средней многолетней, а в 1984 г. — соответственно на 3,7 и 4,4° больше.

Обсуждение результатов

Наблюдения показали, что увеличение площади листьев озимой пшеницы было особенно интенсивным в течение первых 20 дней от начала весеннего кушения. Максимальная площадь листьев отмечалась в фазу выхода в трубку, хотя в 1983 г. она продолжала возрастать в варианте ССС+орошение и в фазу колошения (табл. 1).

Таблица 1

**Динамика площади листьев озимой пшеницы
в зависимости от применения препарата ССС и орошения**

| Фаза развития | 1983 г. | | | | | 1984 г. | | | | |
|--|---------|----------|----------|------|--------------|---------|----------|----------|------|--------------|
| | дата | контроль | орошение | ССС | ССС+орошение | дата | контроль | орошение | ССС | ССС+орошение |
| ПЛ, тыс. м²/га | | | | | | | | | | |
| Кушение | 27/IV | 19,5 | 19,5 | 19,5 | 19,5 | 27/IV | 25,5 | 25,5 | 25,5 | 25,5 |
| | 07/V | 23,2 | 23,2 | 23,2 | 23,2 | 08/V | 36,6 | 36,6 | 36,6 | 36,6 |
| Выход в трубку | 17/V | 49,3 | 49,3 | 50,8 | 50,8 | 18/V | 61,2 | 61,2 | 65,0 | 65,0 |
| Колошение | 27/V | 38,0 | 47,6 | 50,3 | 54,0 | 28/V | 57,1 | 57,1 | 60,4 | 60,4 |
| Налив зерна | 09/VI | 27,8 | 34,2 | 38,2 | 42,7 | 07/VI | 42,5 | 44,3 | 44,2 | 45,2 |
| | 20/VI | 22,8 | 24,9 | 23,0 | 30,6 | 18/VI | 32,1 | 30,5 | 37,6 | 37,3 |
| Молочная спелость | 30/VI | 10,9 | 24,7 | 14,2 | 26,1 | 28/VI | 24,2 | 22,4 | 24,3 | 24,6 |
| | — | — | — | — | — | 09/VII | 12,4 | 13,8 | 10,9 | 13,2 |
| ФПП, тыс. м²-дней/га | | | | | | | | | | |
| — | — | 1887 | 2165 | 2187 | 2423 | — | 2727 | 2718 | 2863 | 2885 |

Лучшие условия перезимовки и более благоприятные метеорологические условия в 1984 г. способствовали развитию большей площади листьев, чем в 1983 г. Так, в период максимального развития ассимиляционная поверхность в 1984 г. достигала 61,2 тыс. м²/га в контроле, 65,0 тыс. м² в варианте с ССС, а в 1983 г. — соответственно 49,3 и 50,8 тыс. м²/га.

При орошении у озимой пшеницы формировалась большая листовая поверхность, особенно в засушливом 1983 г. Так, в этом году в фазы колошения и цветения площадь листьев при орошении была на 9,6—6,4 тыс. м²/га больше, чем в контроле. Орошение способствовало удлинению срока активной деятельности листьев, и их площадь продолжительное время сохранялась на оптимальном уровне.

Применение препарата также положительно сказалось на формировании листовой поверхности и сроке работы листового аппарата. В 1983 и 1984 гг. в фазу колошения площадь листьев в вариантах с ССС в среднем была соответственно на 9,4 и 3,3 тыс. м²/га больше, чем в контроле.

О мощности листового аппарата в целом за вегетацию можно судить по фотосинтетическому потенциалу (ФПП).

Размеры ФПП резко различались по годам. Так, в более благоприятном для роста и развития растений 1984 г. наблюдались быстрое нарастание листовой поверхности посевов и продолжительная работа ассимиляционного аппарата; ФПП в среднем по вариантам был на 29,2 % больше, чем в 1983 г. В оба года исследований более высокие уровни ФПП наблюдались при использовании ССС — в среднем на 9,1 % выше, чем в контроле. Следует подчеркнуть, что ФПП оказался выше при применении ССС в 1984 г., в котором летом выпало осадков значительно больше средней многолетней нормы. Это согласуется с данными Г. А. Воробейкова и Т. Г. Кояли [3], которые отмечают, что в условиях избытка влаги листья обработанных хлорхолинхлоридом растений лучше сохраняли тургесцентность, зеленую окраску, медленнее желтели и отмирали.

Накопление абсолютно сухого вещества также зависело от метео-

Динамика накопления сухого вещества в посевах озимой пшеницы (ц/га)

| Фаза развития | 1983 г. | | | | | 1984 г. | | | | |
|-------------------|---------|----------|----------|-------|--------------|---------|----------|----------|-------|--------------|
| | дата | контроль | орошение | ССС | ССС+орошение | дата | контроль | орошение | ССС | ССС+орошение |
| Кущение | 27/IV | 12,2 | 12,2 | 12,2 | 12,2 | 27/IV | 14,2 | 14,2 | 14,2 | 14,2 |
| | 07/V | 17,4 | 17,4 | 17,4 | 17,4 | 08/V | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 |
| Выход в трубку | 17/V | 48,8 | 48,8 | 46,7 | 46,7 | 18/V | 43,7 | 43,7 | 46,3 | 46,3 |
| Колошение | 27/V | 90,7 | 96,6 | 97,6 | 103,4 | 28/V | 85,5 | 85,5 | 93,8 | 93,8 |
| Налив зерна | 09/VI | 105,8 | 124,0 | 125,1 | 138,3 | 07/VI | 108,4 | 112,7 | 119,8 | 121,8 |
| | 20/VI | 123,1 | 149,3 | 147,5 | 167,6 | 18/VI | 130,8 | 133,2 | 144,6 | 146,1 |
| Молочная спелость | 30/VI | 138,7 | 176,5 | 168,0 | 196,4 | 28/VI | 148,8 | 148,7 | 165,4 | 164,9 |
| | 11/VII | 133,6 | 169,7 | 162,7 | 188,9 | 09/VII | 164,4 | 161,3 | 183,0 | 180,6 |

рологических условий, орошения и применения препарата. Во влажный 1984 г. сбор сухого вещества был больше, чем в 1983 г., особенно в вариантах без орошения; различия в среднем составили 25,5 ц/га (табл. 2).

Орошение озимой пшеницы в 1983 г. способствовало значительному повышению накопления сухого вещества, в среднем на 31,1 ц/га больше контроля. В 1984 г. орошение не оказало положительного влияния на этот показатель из-за значительного количества осадков, раннего полегания посевов, ухудшения условий освещенности, подавления фотосинтеза и ростовых процессов.

Препарат СССР предотвращал полегание, способствовал нарастанию листовой поверхности и увеличению продолжительности их работы, что обусловило значительное повышение накопления сухого вещества. В результате в среднем за два года его в вариантах с СССР получено на 13,7 % больше, чем в контроле.

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) зависит как от интенсивности фотосинтеза, так и от того, насколько прирост сухого вещества превышает потери в процессе дыхания. В течение вегетационного периода наблюдается два пика ЧПФ: первый — в период выход в трубку — колошение и второй — в период молочной спелости. Это, по-видимому, объясняется тем, что интенсивность фотосинтеза, возрастая до периода колошения, затем уменьшается в связи с затенением листьев. А увеличение этого показателя к концу вегетации связано с отмиранием листьев и оттоком питательных веществ из вегетативных органов в генеративные.

Орошение в 1983 г. способствовало повышению ЧПФ, а в 1984 г. в связи с обильными осадками, вызвавшими полегание растений, она оказалась несколько ниже. В вариантах с применением ретарданта ЧПФ увеличивалась, что было обусловлено не только уменьшением высоты растений, но и улучшением ориентации листьев, при которой увеличивается их освещенность.

В среднем за вегетационный период 1983 г. ЧПФ была на 30,6 % выше, чем в 1984 г., а площадь листовой поверхности оказалась меньше.

Среднесуточные приросты сухого вещества значительно изменялись в зависимости от погодных условий (табл. 3). При орошении повышались среднесуточные приросты сухого вещества. Так, в 1983 г. в вариантах с орошением этот показатель был на 43—58 кг/га больше, чем без орошения.

Препарат также способствовал интенсивному накоплению сухого вещества. Независимо от погодных условий среднесуточный прирост сухого вещества в среднем за два года исследований в вариантах с применением ретарданта на 14,4 % превосходил контроль.

Урожай зерна в значительной степени зависел от метеорологических условий года и нормы высева семян. Так, в 1983 г. максимальный урожай зерна в контроле получен при норме высева 5,5 млн., а в 1984 г. —

Чистая продуктивность фотосинтеза и среднесуточный прирост сухого вещества
в посевах озимой пшеницы

| Фаза развития или период вегетации | 1983 г. | | | | 1984 г. | | | |
|---|--------------------------------|----------|------|--------------|----------|----------|-----|--------------|
| | контроль | орошение | ССС | ССС+орошение | контроль | орошение | ССС | ССС+орошение |
| | ЧПФ, г/м ² в сутки | | | | | | | |
| Кущение | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 |
| Кущение — выход в трубку | 8,7 | 8,7 | 7,9 | 7,9 | 4,8 | 4,8 | 5,2 | 5,2 |
| Выход в трубку — колошение | 9,5 | 10,0 | 10,0 | 10,9 | 7,1 | 7,1 | 7,5 | 7,5 |
| Колошение — налив зерна | 3,5 | 5,2 | 4,7 | 5,5 | 4,6 | 5,3 | 5,0 | 5,3 |
| Налив зерна | 6,2 | 7,7 | 6,6 | 7,3 | 5,5 | 5,0 | 5,5 | 5,4 |
| Налив зерна — молочная спелость | 9,2 | 10,9 | 10,8 | 10,3 | 6,4 | 6,0 | 6,7 | 6,1 |
| Молочная спелость | — | — | — | — | 7,8 | 6,3 | 8,8 | 7,5 |
| В среднем за период кущение — молочная спелость | 6,6 | 7,5 | 7,1 | 7,4 | 5,4 | 5,2 | 5,8 | 5,5 |
| | Прирост сухого вещества, кг/га | | | | | | | |
| Кущение | 52 | 52 | 52 | 52 | 53 | 53 | 53 | 53 |
| Кущение — выход в трубку | 314 | 314 | 293 | 293 | 237 | 237 | 263 | 263 |
| Выход в трубку — колошение | 419 | 478 | 509 | 567 | 418 | 418 | 475 | 475 |
| Колошение — налив зерна | 116 | 211 | 212 | 268 | 229 | 272 | 260 | 280 |
| Налив зерна | 157 | 230 | 204 | 266 | 204 | 186 | 225 | 221 |
| Налив зерна — молочная спелость | 156 | 272 | 205 | 288 | 180 | 155 | 208 | 187 |
| Молочная спелость | — | — | — | — | 142 | 115 | 160 | 143 |
| В среднем за период кущение — молочная спелость | 202 | 260 | 246 | 289 | 209 | 205 | 235 | 232 |

при 2,5 млн. всхожих семян на 1 га (табл. 4). В год с избыточным увлажнением растения сильнее полегали в загущенных посевах, вследствие чего ухудшалась работа ассимиляционного аппарата и снижалось потребление питательных веществ растениями. Полегшие растения сильнее поражались мучнистой росой.

Орошение в 1984 г. оказалось неэффективным, однако в 1983 г. этот агроприем обеспечил значительную прибавку урожая. В среднем по всем

Таблица 4

Урожайность озимой пшеницы (ц/га) в 1983 г. (числитель)
и в 1984 г. (знаменатель)

| Норма высева, млн. всхожих семян на 1 га, С | Контроль | Орошение А | ССС В | ССС+орошение АВ | Среднее |
|---|----------|------------|---------|---------------------------------|---------|
| 2,5 | 41,7 | 49,2 | 40,9 | 62,2 | 48,5 |
| | 47,3 | 46,2 | 57,2 | 53,0 | 50,9 |
| 3,5 | 38,8 | 50,0 | 38,8 | 67,8 | 48,9 |
| | 41,9 | 41,3 | 54,7 | 49,9 | 47,0 |
| 4,5 | 45,4 | 51,8 | 48,1 | 66,2 | 52,9 |
| | 43,7 | 41,5 | 48,8 | 46,3 | 45,1 |
| 5,5 | 46,6 | 47,2 | 51,5 | 62,8 | 52,0 |
| | 40,8 | 40,5 | 47,6 | 45,7 | 43,7 |
| 6,5 | 44,0 | 47,9 | 51,3 | 62,7 | 51,5 |
| | 41,3 | 39,5 | 49,6 | 42,3 | 43,2 |
| Среднее | 43,3 | 49,2 | 46,1 | 64,3 | |
| | 43,0 | 41,8 | 51,6 | 47,4 | |
| НСР ₀₅ : | | | 1983 г. | 1984 г. | |
| по А | | | 12,30 | F _Ф <F ₀₅ | |
| по В и АВ | | | 8,45 | 4,75 | |
| по С, АС, ВС и АВС | | | 4,08 | 4,99 | |

вариантам в 1983 г. она составила 12,1 ц/га, а в варианте ССС+орошение в среднем по опыту получили 64,3 ц зерна с 1 га, на 48,5 % больше, чем в контроле.

Применение препарата оказалось эффективным как в 1983, так и в 1984 г. Прибавка урожая в среднем за 1983 г. составила 9,0 ц/га, за 1984 г. — 7,1, а в среднем за два года — 8,1 ц/га. Максимальный урожай зерна получен в 1983 г. в варианте ССС+орошение (67,8 ц/га) при норме высева 3,5 млн., а в 1984 г. — в варианте с использованием ССС (57,2 ц/га) при норме 2,5 млн. всхожих семян на 1 га. В данных случаях получение большего урожая при меньшей норме высева семян, по-видимому, объясняется улучшением оптико-биологической структуры посевов, хорошей освещенности ассимиляционной поверхности у зерновых даже в период, когда площадь листьев была максимальной. Это, в свою очередь, способствовало повышению интенсивности и продуктивности фотосинтеза, а также урожайности озимой пшеницы. ССС, уменьшая высоту растений, предотвращал полегание, удлинял срок работы листового аппарата и улучшал поступление в растения питательных веществ, а также соотношение зерна и соломы. Препарат положительно влиял и на некоторые элементы структуры урожая — густоту стояния растений к уборке, продуктивную кустистость, массу зерна с колоса и массу 1000 зерен.

Заключение

При обработке посевов озимой пшеницы препаратом ССС формируется большая площадь листьев, увеличиваются продолжительность работы листьев, фотосинтетическая мощность посевов, чистая продуктивность фотосинтеза и среднесуточный прирост сухого вещества. Орошение также способствует повышению основных показателей фотосинтеза и интенсивности прироста сухого вещества, особенно в годы с недостаточным увлажнением. Применение препарата повышает выход сухого вещества с 1 га, обеспечивает достоверную прибавку урожая зерна. В варианте ССС+орошение в год с недостаточным количеством осадков (1983) урожай зерна увеличился на 21,0 ц/га.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабич Ю. В. Совершенствование приемов применения препарата тур для повышения продуктивности и качества зерна озимой пшеницы в Степи УССР. — Автореф. канд. дисс. Одесса, 1981. — 2. Бойко Г. И. Влияние хлорхлоринхлорида на урожай и качество зерна озимой пшеницы в условиях южной части Полесья УССР. — Науч. тр. УСХА, 1979, вып. 228, с. 19—24. — 3. Воробейков Г. А., Кояли Т. Г. Повышение влагоустойчивости пшеницы путем обработки ее хлорхлоринхлоридом. — Агротехника, 1974, № 4, с. 127—130. — 4. Деева В. П., Шелег З. И. Физиология устойчивости сортов растений к гербицидам и ретардантам. Минск: Наука и техника, 1976, с. 248. — 5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. — 6. Задонцев А. И., Пикуш Г. Р., Гринченко А. Л. Хлорхлоринхлорид в растениеводстве. М.: Колос, 1973. — 7. Кириллова К. И. Использование препарата тур при выращивании яровой пшеницы. — В сб.: Научные основы производства зерна в Восточной Сибири. Красноярск, 1976, с. 53—62. — 8. Ничипорович А. А., Строганова Л. Е., Чмора С. Н., Власова М. П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах. М.: Изд-во АН СССР, 1961. — 9. Ничипорович А. А. О путях повышения продуктивности фотосинтеза растений в посевах. — В кн.: Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. М.: Изд-во АН СССР, 1983, с. 5—36. — 10. Ничипорович А. А. Проблемы фотосинтетической продуктивности растений и принципы ее оптимизации. — В кн.: Тезисы докладов Всесоюзного семинара «Физиолого-биохимические процессы, определяющие величину и качество урожая у пшеницы и других колосовых злаков». Казань, 1972, с. 3—4. — 11. Петербургский А. В., Кулюкин А. Н. Действие хлорхлоринхлорида на рост и развитие проростков пшеницы. — Изв. ТСХА, 1967, вып. 1, с. 85—89. — 12. Полимбетова Ф. А., Мамонов Л. К., Лукичева Е. А. Влияние хлорхлоринхлорида — отечественного препарата тур — на озимую и яровую пшеницу. — Вестн. с.-х. науки, Алма-Ата, 1968, № 8, с. 80—86. — 13. Сулейманова А. Ю. Особенности фотосинтеза различных сортов пшеницы. — В кн.: Тезисы докладов Всесоюзного семинара «Физиолого-биохимические процессы, определяющие величину и качество урожая у пшеницы и других колосовых злаков». Казань, 1972, с. 76. — 14. Тарчевский И. А., Чиков В. И., Иванова А. П., Сулейманова А. Ю. Фотосинтез яровой пшеницы с генетически

обусловленной различной длиной стебля.— В кн.: Тезисы докладов Всесоюзного симпозиума «Генетические аспекты фотосинтеза». Душанбе, 1972, с. 115—116.— 15. Устенко Г. П. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах как основа формирования высоких урожаев. — В кн.: Фо-

тосинтез и вопросы продуктивности растений. М.: Изд-во АН СССР, 1963, с. 37—70. — 16. Шатилов И. С., Замараев А. Г., Чаповская Г. В. Фотосинтетический потенциал и урожай зерновых культур. — Изв. ТСХА, 1979, вып. 4, с. 18—30.

Статья поступила 26 ноября 1984 г.

SUMMARY

Experiments were carried out on the Experimental station of Field farming and Flax breeding of the Timiryazev Academy in 1982—1984. The soil of the plot was medium podzolic.

Effect of the CCC chemical (4 kg of acting matter per ha) and irrigation under various rates of sowing winter wheat (2.5—6.5 mln seed per ha) was studied.

Variants with CCC application and irrigation proved better photosynthetic activity of the stands.

Theating the stands with CCC encourages dry matter accumulation and grain yield increase especially under irrigation in dry years.