

УДК 633.16«321»:631.55:631.53.04

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ ПРИ РАЗНЫХ СРОКАХ СЕВА В СЕВЕРНЫХ РАЙОНАХ ЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

И.С. ШАТИЛОВ, В.М. БОРИСОВ, А.Д. СИЛИН

(Кафедра растениеводства)

Опыты с новым сортом ячменя Зазерский 85 проведены на полях колхоза им. И.С. Тургенева и АО «Борисоглебское» Свердловского района Орловской области в 1991—1993 гг. Посев ячменя осуществляли в 8 сроков с интервалом 5 дней. Запоздывание с посевом на 1 сут снижало урожайность ячменя на 0,59—1,52 ц/га. На основании полученных данных разработаны математические модели, которые могут быть использованы для прогнозирования возможной урожайности ячменя при посеве в разные сроки. Модели идентифицируют реальную урожайность с точностью свыше 95%.

Многочисленные литературные данные свидетельствуют о том, что яровой ячмень следует сеять в ранние сроки. Здесь мы сошлемся на 3 авторитетных источника. Д.Н. Прянишников считал, что «первым из яровых хлебов сеется овес, ... ячмень в силу более короткого периода произрастания высевается позднее» [1]. И.В. Якушкин подчеркивал: «В основных ячменных районах с малым удельным весом яровой пшеницы ячмень сеется первой культурой» [3]. В «Практическом руководстве по освоению интенсивной технологии возделывания ярового ячменя» написано: «В большинстве почвенно-климатических

зон страны ячмень высевают в самые ранние сроки в течение 5—7 дней с момента наступления спелости почвы» [2].

На практике нередко в силу организационно-технических причин ячмень сеют на 10—15-й день от начала полевых работ, а в отдельные годы (например, в 1994 г.) погодные условия в Нечерноземной зоне не позволяют провести сев ячменя в ранний срок.

В годы с сильным изреживанием посевов пшеницы в зимне-весенний период ячмень широко используется в качестве «ремонтной культуры». Высевают его и в случае гибели озимых от градобития, предвари-

тельно проводя соответствующую обработку почвы.

При районировании нового сорта требуется детальное изучение его реакции на различные факторы агротехники, в том числе и на сроки сева. Ниже изложены результаты изучения влияния сроков сева нового сорта ячменя Зазерский 85 на его урожайность и приведена математическая модель, позволяющая прогнозировать последнюю.

Методика

Опыты проводили в 1991—1993 гг. в колхозе им. И.С. Тургенева и АО «Борисоглебское» Свердловского района Орловской области. Они были заложены на выщелоченном черноземе с мощностью гумусового слоя 40—60 см. Содержание в почве доступных фосфора и калия — повышенное и высокое (табл. 1), поэтому перед посевом не вносили удобрений.

Т а б л и ц а 1

Агрохимическая характеристика почвы на опытных участках

| Срок сева | pH _{сол} | P ₂ O ₅ , мг/100 г | K ₂ O ₅ , мг/100 г | Гумус, % |
|--------------|-------------------|--|--|----------|
| 1 (16—20.04) | 5,9 | 18,7 | 18,4 | 7,9 |
| 2 (21—25.04) | 5,8 | 18,2 | 18,7 | 7,8 |
| 3 (26—30.04) | 5,9 | 17,1 | 17,4 | 8,0 |
| 4 (1—5.05) | 5,9 | 18,2 | 17,1 | 7,7 |
| 5 (6—10.05) | 5,8 | 18,3 | 18,2 | 7,9 |
| 6 (11—15.05) | 5,7 | 19,5 | 23,1 | 8,1 |
| 7 (16—20.05) | 5,9 | 17,6 | 19,7 | 7,9 |
| 8 (21—25.05) | 5,8 | 18,1 | 19,2 | 7,8 |

Т а б л и ц а 2

Динамика появления всходов ячменя

| Срок сева | Температура почвы в день посева, ° С | Начало появления всходов | Полные всходы | Число дней от посева до полных всходов |
|-----------|--------------------------------------|--------------------------|---------------|--|
| 1 | 7...8 | 30.04—6.05 | 2—4.05 | 17—15 |
| 2 | 6 | 2—3.05 | 4—5.05 | 14—11 |
| 3 | 6...8 | 4—6.05 | 6—8.05 | 11—9 |
| 4 | 11 | 6—10.05 | 8—12.05 | 8—9 |
| 5 | 12...13 | 13—15.05 | 15—17.05 | 10—8 |
| 6 | 14...15 | 18—20.05 | 20—21.05 | 10—7 |
| 7 | 13...16 | 23—25.05 | 25—27.05 | 10—8 |
| 8 | 13...15,5 | 28—30.05 | 30—31.05 | 10—7 |

Повторность опыта 3-кратная. Размещение делянок рендомизированное, их размер — 6 м². Норма высева — 5 млн всхожих семян на 1 га. Посев ячменя сорта Зазерский 85 проведен в 8 сроков с интервалом 5 дней.

Результаты

Из табл.2 видно, что сроки появления всходов и полных всходов напрямую зависят от температуры почвы.

Из табл.3 следует, что полевая

всхожесть семян ячменя была практически одинаковой при всех сроках сева; самоизреживание растений в течение вегетационного периода возрастало по мере запаздывания посевов и достигало 17,3% против 8—10% при ранних сроках сева; продуктивная кустистость снижалась от 1-го к 8-му сроку сева на 23%; число продуктивных стеблей на 1 м² уменьшалось с 746 до 515 (последний срок сева); заметно снижалась воздушно-сухая надземная масса растений и число зерен в колосе.

Т а б л и ц а 3

Полнота всходов, кустистость и показатели структуры урожая ячменя

| Срок сева | Количество растений в фазу всходов, шт/м ² | Количество растений в фазу полной спелости | Коэффициент продуктивной кустистости | Продуктивные стебли, шт/м ² | Высота растения, см | Надземная масса 20 растений, г | Масса колоса, г | Число зерен в колосе |
|-----------|---|--|--------------------------------------|--|---------------------|--------------------------------|-----------------|----------------------|
| 1 | 430 | 395 | 1,89 | 746 | 80,6 | 67,4 | 1,32 | 25 |
| 2 | 431 | 360 | 1,90 | 684 | 82,7 | 69,9 | 1,31 | 24 |
| 3 | 430 | 360 | 1,93 | 695 | 81,4 | 69,0 | 1,32 | 24 |
| 4 | 433 | 356 | 1,78 | 633 | 80,5 | 61,3 | 1,26 | 23 |
| 5 | 428 | 362 | 1,70 | 615 | 80,7 | 58,7 | 1,23 | 23 |
| 6 | 421 | 360 | 1,62 | 583 | 79,0 | 56,8 | 1,08 | 21 |
| 7 | 432 | 364 | 1,50 | 546 | 76,1 | 54,6 | 1,03 | 20 |
| 8 | 427 | 353 | 1,46 | 515 | 78,0 | 53,2 | 0,98 | 20 |

Как правило, растения поздних сроков сева были больше подвержены поражению болезнями и вредителями.

Обобщающим показателем оценки разных сроков сева, конечно, являются урожайность и качество продукции.

Как показывают данные табл.4,

оптимальными для ячменя являются сроки сева, приуроченные ко второй половине апреля, хотя его урожайность при посеве в I декаде мая также была довольно высокой (40—50 ц/га). При последнем сроке сева (21—25 мая) значение этого показателя оказалось в 2,2 раза ниже, чем при оптимальных сроках.

Т а б л и ц а 4

Урожайность ячменя (ц/га)

| Срок сева | 1991 г. | 1992 г. | 1993 г. | В среднем за 3 года |
|-------------------|---------|---------|---------|---------------------|
| 1 | 39,10 | 90,3 | 73,90 | 67,76 |
| 2 | 38,75 | 89,7 | 74,36 | 67,93 |
| 3 | 43,60 | 92,9 | 74,03 | 70,17 |
| 4 | 33,20 | 81,7 | 63,30 | 59,40 |
| 5 | 29,75 | 67,4 | 52,76 | 50,00 |
| 6 | 26,00 | 52,7 | 42,66 | 40,45 |
| 7 | 22,95 | 42,7 | 37,86 | 34,50 |
| 8 | 23,40 | 39,8 | 32,23 | 31,81 |
| НСР ₀₅ | 4,2315 | 6,1706 | 4,3989 | 3,8765 |

Посевные качества семян при ранних сроках — показателям, всех сроках сева отвечали требованиям ГОСТ (табл. 5), а при установленных для семян I класса.

Т а б л и ц а 5

Посевные качества семян ячменя

| Срок сева | Энергия прорастания, % | Всхожесть, % | Масса 1000 семян, г |
|-----------|------------------------|--------------|---------------------|
| 1 | 95 | 96 | 48,0 |
| 2 | 94 | 96 | 47,7 |
| 3 | 96 | 97 | 47,6 |
| 4 | 96 | 97 | 47,6 |
| 5 | 94 | 95 | 47,8 |
| 6 | 93 | 94 | 42,3 |
| 7 | 92 | 93 | 42,3 |
| 8 | 90 | 92 | 42,1 |

Для более полной характеристики качества семян были проведены их химические анализы (табл. 6). Наибольшее содержание крахмала в зерне выявлено при ранних сроках сева, а более высокое содержание белка — при самом позднем. Следовательно, при выращивании ячменя для технических целей необходимо высевать его только в ранние сроки.

На основании анализа полученных в опыте экспериментальных данных была предложена динамическая модель, отражающая особенности формирования урожайности ячменя при различных сроках сева. Общее содержание модели заключается в следующем:

— удлинение периода вегетации ярового ячменя усиливает фотосинтетическую деятельность растений;

**Содержание сырого протеина, белка, жира, крахмала и других веществ
в зерне ячменя (в среднем за 1991—1993 гг.)**

| Показатель | Срок сева | | | | | | | |
|-------------------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Сухое вещество, % | 84,5 | 84,9 | 83,9 | 84,8 | 85,1 | 85,6 | 85,1 | 85,3 |
| <i>В % на сухое вещество</i> | | | | | | | | |
| Сырой протеин | 13,5 | 13,9 | 13,4 | 13,6 | 14,8 | 14,0 | 14,6 | 14,0 |
| Белок | 11,7 | 11,8 | 11,4 | 11,1 | 12,1 | 11,6 | 11,5 | 12,3 |
| Жир | 2,3 | 2,1 | 2,1 | 2,3 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,2 |
| Сырая клетчатка | 4,6 | 4,5 | 4,4 | 4,5 | 4,7 | 5,1 | 5,2 | 5,3 |
| БЭВ | 76,4 | 76,5 | 76,6 | 76,9 | 75,3 | 75,6 | 74,7 | 75,5 |
| Крахмал | 53,6 | 52,3 | 54,3 | 53,0 | 51,5 | 50,7 | 51,7 | 51,1 |
| Зола | 2,7 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,9 | 3,0 | 3,2 | 3,0 |
| P ₂ O ₅ | 0,95 | 0,98 | 0,94 | 0,99 | 1,03 | 1,02 | 1,1 | 1,1 |
| K ₂ O | 0,72 | 0,71 | 0,71 | 0,78 | 0,74 | 0,74 | 0,74 | 0,75 |
| Ca | 0,14 | 0,15 | 0,13 | 0,13 | 0,15 | 0,16 | 0,13 | 0,17 |

— на формирование урожайности ярового ячменя воздействуют также температурные режимы почвы и воздуха, баланс влагооборота и дру-

гие природно-климатические условия.

Динамическая модель формирования урожайности имеет следующий вид:

$$Y(t) = Y^{max} \left(\frac{\tau_0 + t}{\tau_0 + \tau_{min}} \right)^b e^{e(\tau_{min} - t)}, \quad (1)$$

где $Y(t)$ — динамика формирования урожайности, ц/га; Y^{max} — максимально возможный уровень урожайности в конкретный вегетационный период (сезон), характеризующийся комплексом факторов, ц/га; τ_0 — время, отсчитываемое от 1-го срока сева до последнего, сут; в опытах 1991—1993 гг. $\tau_{01} = 35$ сут (соответствует самому раннему сроку); $\tau_{02} = 30$ сут; $\tau_{03} = 25$ сут; $\tau_{04} = 20$ сут... $\tau_{08} = 0$ (самый поздний срок); t — текущее время вегетации, отсчитываемое от фактического срока сева, сут; τ_{min} — минимальное фактическое время, отсчитываемое от последнего (позднего) срока сева до созревания, сут; b — показатель

интегральной интенсивности фотосинтетической деятельности ярового ячменя; в данном случае $b \cong \pi = 3,14$;

$$c = \pi : T_v. \quad (2)$$

Здесь T_v — максимально возможный срок вегетации ярового ячменя, сут; $e = 2,72$ — основание натуральных логарифмов.

Общая закономерность формирования урожайности ярового ячменя может быть записана следующим уравнением:

$$\frac{d[Y(t)]}{Y(t)dt} \cong \frac{\pi}{\tau_0 + t} - c. \quad (3)$$

Значит, чем продолжительнее время вегетации (t), тем выше конечная

урожайность ярового ячменя. При этом подчеркнем, что срок возможной вегетации растения всегда ограничен конкретными условиями каждого года в той или иной географической зоне выращивания культуры. Поэтому показатель наибольшей урожайности (Y^{max}) изменяется и не может быть постоянной величиной. Следовательно:

$$Y^{max} = \sum_{\tau=1}^n (k_{\phi_{\tau}} \eta_{\tau}), \quad (4)$$

$$Y_{(t=1991)} \cong 43,6 \left(\frac{\tau_0 + t}{\tau_0 + \tau_{min}} \right)^{\pi} e^{c_{(1991)}(\tau_{min} - t)}; \quad (5)$$

$$Y_{(t=1992)} \cong 92,9 \left(\frac{\tau_0 + t}{\tau_0 + \tau_{min}} \right)^{\pi} e^{c_{(1992)}(\tau_{min} - t)}; \quad (6)$$

$$Y_{(t=1993)} \cong 70,2 \left(\frac{\tau_0 + t}{\tau_0 + \tau_{min}} \right)^{\pi} e^{c_{(1993)}(\tau_{min} - t)}. \quad (7)$$

Приведенные выше модели идентифицируют реальный процесс с точностью свыше 95%.

Выводы

1. Ранние сроки сева ячменя значительно повышают его урожайность благодаря удлинению сроков вегетации и улучшению фотосинтетической деятельности.

2. Запаздывание с посевом на одни сутки снижало урожайности ячменя в опыте на 0,59—1,52 ц/га.

3. Разработанные математические модели могут использоваться для

где $\tau = 1, 2, 3, \dots$; n — количество факторов, воздействующих на урожайность; k — максимально возможный уровень влияния конкретного τ -го фактора на урожайность; η — коэффициент полезного действия каждого τ -го фактора в конкретный период вегетации.

Конкретные модели формирования урожайности ярового ячменя сорта Зазерский 85 в опытах 1991—1993 гг. имеют вид:

прогнозирования возможной урожайности ярового ячменя при посеве в разные сроки.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Прянишников Д.Н.* Частное земледелие. М.-Л.: Новая деревня, 1929, с. 305. — 2. *Практическое руководство по освоению интенсивной технологии возделывания ярового ячменя.* М.: Агропромиздат, 1987, с. 13. — 3. *Якушкин И.В.* Растениеводство, растения полевой культуры. М.: Сельхозгиз, 1953, с. 157.

Статья поступила 31 августа 1994 г.

SUMMARY

Experiments with the new barley variety Zazersky 85 were conducted in 1991—1993 on the fields of Turgenev collective farm and of SC Borisoglebskoje, Sverdlovsky region, Orlovsky district. Barley was sown 8 times with 5 days' interval. If sowing was 24 hours late, the yield of barley was lower by 0.59—1.52 centners/ha. On the base of the data obtained mathematical models which may be used in forecasting the yield of barley sown in different time have been developed. The models identify the real yield to better than 95% accuracy.