

Статья Н.Б.Бакирова и И.Д.Давлятишина посвящена анализу временного ряда урожайности ведущей продовольственной культуры республики и количества внесенных под пашню минеральных и органических удобрений. Интересна предложенная в ней методика выравнивания фактической урожайности озимой ржи в целях элиминации влияния ежегодно варьирующего агроклиматического фактора, а способ расчета окупаемости удобрений представляется новым элементом в рассмотрении такого рода материалов. Поэтому он интересен и для научных работников, и для управленческого персонала в области сельского хозяйства.

Л.П.Зарипова,
академик АН РТ,
доктор сельскохозяйственных наук,
профессор

ОКУПАЕМОСТЬ УДОБРЕНИЙ УРОЖАЕМ ОЗИМОЙ РЖИ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Со времени возникновения земледелия в условиях Среднего Поволжья озимая рожь всегда была ведущей и преобладающей продовольственной культурой. В конце XIX века валовые сборы озимой ржи составили соответственно в Вятской губернии 53,9%, Пензенской – 60,9%, Казанской – 61% от общего количества сбора хлебов. Такая доля участия озимой ржи преобладала в северной части Европейской России (Кулябко-Корецкий, 1903). В настоящее время озимая рожь не потеряла своей позиции. Ежегодные ее посевы превышают 400–500 тыс. гектаров и дают от 1/4 до 1/3 продовольственного зерна (Зиганшин, 2001).

Во все времена земледельцы бережно относились к посевам озимой ржи. В год посева культуры почва под нее тщательно обрабатывалась, заправлялась традиционным органи-

ческим удобрением – навозом. В конечном итоге урожаи озимой ржи всегда были выше урожаев идущих за ним других зерновых культур.

В VII–VIII веках в Булгарском ханстве урожаи озимой ржи не превышали 3–5 ц/га (Якушкин и др., 1997). В период, предшествовавший отмене крепостного права в России, в Казанской губернии урожайность озимой ржи составляла 32,6–50,6 четвериков с десятины, или 5,53–8,57 ц/га (с учетом посевного материала). Наибольшие урожаи получали на черноземах, наименьшие – на дерново-подзолистых почвах.

В период экстенсивного земледелия урожаи озимой ржи и других культур четко дифференцировались в зависимости от уровня естественного плодородия почв. По данным землеоценочных работ, в начальной стадии массового применения минеральных

удобрений – в 1958–1963 годы – урожай озимой ржи на черноземах составили 11,7 ц/га, на серых лесных почвах – 6,3–9,2 ц/га, а на дерново-подзолистых – 5,2 ц/га (Курочкин, Муртазин, 1971). В 1967–1971 годы средняя “нормальная” урожайность озимой ржи в первом бонитировочном районе (Предкамье) варьировала от 10,2 ц/га на дерново-подзолистых почвах до 17,4 ц/га – на черноземах выщелоченных (Бонитет земли и экономика, 1978). В последующие годы урожайность данной культуры значительно (хотя и неравномерно) выросла, но при этом ее темпы роста были более высокими на дерново-подзолистых и серых лесных почвах с более обеспеченным атмосферным увлажнением, чем на черноземах, где увлажнение почв часто является недостаточным и лимитирующим продуктивность агроценозов фактором.

В наши дни средние урожаи озимой ржи значительно варьируются в отдельные годы, верхние пределы диапазона которых достигают до 50–70 ц/га. Прежде всего это относится к Нурлатскому, Буинскому, Дрожжановскому районам, в почвенном покрове которых преобладают черноземы. Высокие урожаи озимой ржи в годы реформ выращивают и хозяйства Балтасинского, Сабинского, Тюлячинского, Арского и Атнинского районов республики, где в почвенном покрове доминируют серые лесные почвы при участии дерново-подзолистых, подтверждая более высокий темп роста урожаев на них.

Краткий анализ показывает, что урожаи озимой ржи имеют тенденцию роста во времени. Основным фактором такого роста является применение минеральных и органических удобрений. И практиков, и руководителей разного уровня, и ученых сельскохозяйственного профиля интересует эффективность применяемых удобрений, другими словами – окупаемость удобрений в расчете на дополнительно получаемую продукцию. В практике окупаемость удобре-

ний рассчитывают в кг продукции на 1 кг действующего вещества удобрений. Обычно окупаемость агрохимикатов находят по результатам полевых и производственных опытов.

Нами эта работа проведена на основе обобщений статистических материалов республики на примере ведущей продовольственной культуры – озимой ржи, рассчитана окупаемость минеральных и органических удобрений в переводе на действующее вещество макроэлементов – NPK.

Фактическая урожайность сельскохозяйственных культур варьирует из года в год, что обусловлено неравномерным сочетанием тепла и влаги в вегетационный период. В конечном итоге изменчивость погодных условий обуславливает континентальность климата, что часто скрывает влияние хозяйственных факторов – применения минеральных и органических удобрений на ежегодную продуктивность агроценозов и завуалирует общую тенденцию роста урожая культур. В целях элиминации влияния варьирования погодного фактора временный ряд урожайности озимой ржи обработан методом скользящих средних. Обоснование и результативность этого метода нами рассмотрены ранее (Давлятшин, Бакиров, 1999, 2000 и др.), где установлен размер оптимального шага расчета скользящих средних, равный 11 и 22 годам, он согласуется с имеющимися на земной поверхности 11- и 22-летними ритмами климата.

Обработка временного ряда урожайности озимой ржи показывает, что скользящие средние фиксируют рост урожайности от начальных сроков наблюдения к последнему году наблюдения (табл. 1). Так, урожайность озимой ржи при 11-летнем шаге возрастает от 7,3 до 35 ц/га, при 22-летнем шаге – от 6,6 до 33,2 ц/га. Разница между конечной и начальной урожайностью представляет дополнительную продукцию, полученную за счет факторов хозяйственной деятельности. С 1947 по 2003 год уро-

жайность озимой ржи поднялась на 26,6–27,7 ц/га. В нашей республике массовое систематическое производственное применение минеральных удобрений приходится на конец 1950-х годов. Эта дата означает конец экстенсивного и начало интенсивного земледелия. При анализе динамики урожайности яровой пшеницы нами определена примерная граница – 1957 год при урожае 8 ц/га. Для озимой ржи такая урожайность составляет 8,9 ц/га (для скользящих средних при шаге 11 лет) и 9 ц/га (для сколь-

зящих средних при шаге 22 года). Именно эти показатели урожайности озимой ржи характеризуют долю участия почвенного фактора в формировании урожаев в последующем. Таким образом, датой массового применения минеральных удобрений следует считать 1958 год, а изменение урожайности с 1957 по 2003 год полностью обусловлено за счет применения минеральных и органических удобрений. При этом разница урожаев озимой ржи фиксирует прибавку за счет удобрений. Она равна 24,2–26,1 ц/га.

Таблица 1

Фактическая урожайность озимой ржи и ее скользящие средние по РТ за 1947–2003 годы

Годы	У _ф	У ₁₁	У ₂₂	Годы	У _ф	У ₁₁	У ₂₂
1947	9,3	7,3	6,6	1977	7,1	12,8	14,4
1948	5,3	7,4	6,8	1978	15,7	13,8	14,5
1949	6,4	7,5	7,1	1979	12,3	14,4	15,1
1950	6,9	7,6	7,3	1980	12,5	14,6	15,3
1951	9,4	7,7	7,6	1981	11,3	14,5	15,9
1952	6,1	7,8	7,8	1982	19,7	15,5	16,2
1953	9,7	7,7	8,0	1983	21,4	16,6	17,2
1954	8,4	8,2	8,3	1984	15,4	16,4	17,7
1955	9,8	8,6	8,5	1985	20,3	17,6	18,0
1956	7,9	8,8	8,8	1986	20,1	18,2	19,2
1957	6,3	8,9	9,0	1987	15,1	19,6	19,2
1958	8,9	9,2	9,2	1988	18,4	19,6	20,0
1959	10,4	9,0	9,6	1989	14,2	20,6	20,6
1960	10,9	9,2	9,9	1990	25,0	21,0	21,8
1961	9,4	9,3	10,0	1991	19,3	21,4	22,9
1962	10,7	9,6	10,1	1992	26,4	22,9	24,1
1963	8,5	10,2	10,6	1993	20,3	22,9	24,4
1964	7,5	10,8	10,6	1994	32,2	23,5	25,3
1965	11,2	10,9	10,9	1995	20,0	24,8	26,2
1966	10,3	11,2	10,8	1996	25,0	26,0	27,1
1967	11,8	11,3	11,1	1997	36,4	27,6	27,9
1968	12,8	11,2	11,4	1998	14,5	28,6	28,8
1969	15,1	12,0	11,6	1999	24,9	30,2	29,7
1970	12,1	12,2	11,6	2000	28,3	31,4	30,6
1971	14,1	12,6	12,0	2001	39,2	32,6	31,4
1972	9,9	12,3	12,6	2002	36,5	33,8	32,3
1973	9,8	12,6	12,8	2003	37,8	35,0	33,2
1974	18,0	12,6	13,3	1974-2003	631,8	633,2	650,2
1975	9,5	12,4	13,9	Сумма	890,7	894,3	910,8
1976	15,0	12,3	14,0	Среднее	15,62	15,69	15,98

X=15,63; сигма=8,63; m=1,14; V = 55,2%.
Lim: 5.3–39.2.

Сведения о средней насыщенности гектара пашни минеральными и органическими удобрениями имеются за 1974–2003 годы (табл. 2). За эти годы каждый гектар пашни в сумме получил 2503,3 кг д.в. минеральных, 127,4 т органических удобрений. По данным Н.М. Якушкина и др. (1997), соотношение NPK составляет 5:3:2. Это означает, что в составе минеральных удобрений азотных было 1251,6 кг д.в., фосфорных 751,7 кг д.в. и калийных – 500,7 кг д.в.

За эти годы в составе навоза каждый гектар пашни получил 635,5 кг д.в. азота, 317,8 кг д.в. фосфора и 762,6 кг д.в. калия. Общее количество макроэлементов питания составляет 4219,2 кг д.в. Отсюда можно уверенно сказать, что использование органических и минеральных удобрений определило подъем продуктивности агроценозов, в частности, озимой ржи с 1973 по 2003 год с 12,6 (Y_{11})–12,8 (Y_{22}) соответственно до 35 и 33,2 ц/га. Прирост урожая озимой ржи соответ-

ственно составляет 22,4 и 20,4 ц/га, или 74,7 и 68 кг ежегодно.

Одновременно на основе имеющихся данных урожайности и насыщенности пашни удобрениями можно рассчитать эффективность удобрений. Прибавка зерна озимой ржи от применения удобрений нами рассчитана по следующей схеме. За 1974–2003 годы был собран урожай в размере 631,8 ц/га. Скользящие средние – 12,6 ц/га (1973 год, Y_{11}) нами приняты за контрольный урожай озимой ржи или начало отчета. За 30 лет контрольная урожайность составляет 378 ц/га. Разница между фактическим и контрольным урожаем равна 253,8 ц/га, что фактически указывает на долю участия удобрений (органических и минеральных) в формировании озимой ржи. В расчете только на использованные минеральные удобрения окупаемость равна 10, 12 кг зерна, в расчете на органические – 199,7 кг на 1 тонну навоза. Расчет на суммарное количество действующего вещества в

Таблица 2

Насыщенность 1 гектара пашни минеральными (кг д.в.) и органическими удобрениями (т) в Республике Татарстан

Годы	Минеральные удобрения	Органические удобрения	Годы	Минеральные удобрения	Органические удобрения
1974	32	3	1990	123	5,3
1975	40,5	3,5	1991	136	5,4
1976	49	4	1992	164	5,6
1977	48	4	1993	183	5,7
1978	51	3,9	1994	114	5,0
1979	47	3,3	1995	81	4,0
1980	54	4,9	1996	94	3,8
1981	61	4,5	1997	106	3,4
1982	60	4,6	1998	74	2,5
1983	67	4,5	1999	55	2,2
1984	78	5,6	2000	75	2,3
1985	87	5,5	2001	75,4	2,3
1986	97	6,0	2002	53,3	2,2
1987	108	6,0	2003	53,1	2,0
1988	128	6,1	Сумма	2503,3	127,1
1989	109	6,0	Среднее	83,44	4,24

составе органических и минеральных удобрений несколько уменьшает их эффективность, и окупаемость 1 кг действующего вещества NPK составляет 6,02 кг зерна.

Вместе с тем эти показатели несколько выше приводимой окупаемости минеральных удобрений – 2,7–5,7 кг зерна (Ягодина и др., 1989).

Высокая эффективность удобрений в материалах наших исследований, безусловно, объясняется последствием фосфорных, калийных удобрений. Так, в условиях Англии Дж. Кук (1970) считал, что после выращивания одной культуры 2/3 фосфорных удобрений остается в почве, после второй культуры – 1/3, после третьей культуры – 1/6. Следовательно, фосфорные удобрения, по его мнению, оказывают действие в течение четырех лет, а действие калийных продолжается в течение 3 лет после внесения. Кроме того, при положительном балансе элементов за счет вносимых фосфорных и калийных удобрений пахотные почвы улучшают обеспеченность ими, и степень такой обеспеченности может быть сравнительно продолжительной по времени.

Нынешнее агрохимическое состояние пахотных почв республики подтверждает отмеченную закономерность. Так, по данным первого тура агрохимических исследований, они имели в основном среднюю и низкую степень обеспеченности подвижным фосфором, высокую и среднюю степени – подвижным калием. В годы максимального применения минеральных удобрений (1993 г.) агрохимическая ситуация изменилась, пахотные почвы в основном имели повышенную, среднюю и высокую степени обеспеченности подвижным фосфором, высокую и повышенную степень – подвижным калием (Давлятшин, Бакиров, 2001). Результирующим показателем такой трансформации степени обеспеченности пахотных почв подвижными элементами является постепенный подъем

урожайности сельскохозяйственных культур.

Наши исследования подтверждают возможность расчета окупаемости удобрений (органических и минеральных) по статистическим данным урожайности культур, насыщенности удобрениями пахотных угодий региона. При этом контрольной точкой отчета является средняя скользящая урожайности культур.

Кроме того, представленные материалы позволяют выявить долю участия факторов в формировании урожая озимой ржи. Так, урожайность озимой ржи в конце экстенсивного земледелия (1957 год) составила 8,9–9 ц/га, а в 2003 году 35 и 33,2 ц/га. Это означает, что урожайность культуры в 1957 году формировалась за счет естественного плодородия почв, а разница между ними (24,2–26,1 ц/га) представляет долю участия факторов интенсификации в этом процессе. Отсюда следует, что 25,4–27,1% урожая озимой ржи в условиях Республики Татарстан формируется за счет почвенного фактора, а 72,9–74,6% – за счет хозяйственного фактора или труда работников сельского хозяйства, осуществляемого в настоящее, и в прошедшее время.

Заключение

Использование минеральных удобрений, особенно в сочетании с традиционным органическим удобрением – навозом является основой современной интенсификации земледелия. Приведенные выше данные еще раз подтверждают необходимость дальнейшего применения минеральных и органических удобрений в производстве зерна, а последующий подъем урожайности озимой ржи возможен лишь при положительном балансе макроэлементов питания. К сожалению, в последние годы имеется тенденция снижения насыщенности минеральными удобрениями, соответственно наблюдается отрицательный баланс макроэлементов питания в

сельскохозяйственном производстве республики, что является теоретической основой прогнозирования снижения урожая зерновых культур, в том числе озимой ржи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Давлятин И.Д., Бакиров Н.Б. Динамика яровой пшеницы//Научный Татарстан, 1999, № 2. – 50–56 с.
2. Давлятин И.Д., Бакиров Н.Б. Метод скользящей средней переменных величин в исследованиях продуктивности агроценозов в условиях Республики Татарстан//В кн.: Новые подходы и методы в изучении природных и природно-хозяйственных систем. Доклады международной конференции. Казахстан, Алматы, 12–13 октября 2000 г. – Алматы, 2000. – С. 4–8.
3. Давлятин И.Д., Бакиров Н.Б. Агроэкологический потенциал пахотных почв и урожайность озимой ржи в Республике Татарстан. В кн.: Агроэкологические проблемы сельскохозяйственного производства в усло-

виях техногенного загрязнения агроэкосистем. Сб. докладов Всероссийской научно-практической конференции. Казань. С.52–55.

4. Зиганин А.А. Современные технологии и программирование урожайности. – Казань: Изд-во КГУ, 2001. – 172 с.

5. Кулябко-Корецкий Н.Г. Районы хлебной производительности Европейской России и Западной Сибири. – СПб., 1903. – 11с.

6. Кук Д.У. Регулирование плодородия почвы. – М.: Колос, 1970. – 474 с.

7. Курочкин М.Ф., Муртазин И.С. Оценка земли. – Казань: Таткнигоиздат, 1971. – 184с.

8. Ягодин Б.А., Смирнов П.М., Петербургский А.В. и др. Агрехимия. Учебник. – М.: Агропромиздат, 1989.– 639 с.

9. Якушкин Н.М., Васильев В.П., Минниханов Р.Н. Аграрный сектор Татарстана в условиях рыночной экономики. – Казань, 1997. – 316 с.

Н.Б. Бакиров,

кандидат

сельскохозяйственных наук,

И.Д. Давлятин,

доктор биологических наук,

профессор