

ДИНАМИКА УРОЖАЙНОСТИ САХАРНОЙ СВЁКЛЫ В ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЕ УКРАИНЫ НА ПРИМЕРЕ ХМЕЛЬНИЦКОЙ ОБЛАСТИ

В работе рассматриваются временные ряды средней по области урожайности сахарной свёклы в Лесостепи за период 1981-2010 гг. Описывается способ оценки правильности выделения тенденции урожайности. Приводятся результаты анализа динамики урожайности сахарной свёклы по пятилетиям.

Ключевые слова: сахарная свекла, динамика урожайности, тренд, абсолютный прирост, темп роста.

Введение. Украина принадлежит к традиционно сахарным государствам мира, что обусловлено достаточно благоприятными почвенно-климатическими и экономическими условиями для развития свекловодства и производства сахара. Сахарная свекла имеет огромное народнохозяйственное значение как пищевая, стратегическая и кормовая культура, является одной из наиболее затратных и высокотехнологических сельскохозяйственных культур. Высокая доходность культуры и почвоулучшающая агротехника способствовали широкому распространению ее по всей территории Украины [1, 2].

Продуктивность сахарной свёклы зависит от соответствия климатических ресурсов биологическим особенностям и агротехнике возделывания культуры, т.е. урожайность является интегральным показателем, отражающим влияние всего комплекса условий сельскохозяйственного производства.

Сахарная свекла выращивается в различных почвенно-климатических зонах страны, но основные площади посевов фабричной сахарной свеклы сосредоточены в лесостепной зоне Украины

Лесостепь Украины – одна из наиболее высокопродуктивных почвенно-климатических зон земледелия. Тут гармонично объединяются все необходимые факторы жизни растений: длительный и теплый вегетационный период, наличие достаточного количества осадков на протяжении вегетационного периода, благоприятный рельеф территории, богатые и плодородные черноземные почвы [3].

Лесостепь занимает на Украине около 34 % территории, что составляет 20 - 21 млн. га. Она является важнейшей сельскохозяйственной зоной. Удельный вес этой зоны в производстве валовой продукции сельского хозяйства превышает 42 %, тогда как сельскохозяйственных угодий на ее долю приходится несколько более 35 %, а под пашней— 15 млн. га.

Материалы и методы исследований. Получение высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур, в том числе и сахарной свеклы всегда было и остается основной задачей земледелия. Колебания значений урожая сахарной свёклы по годам значительны. Для получения планируемых урожаев наряду с детальной оценкой агроклиматических ресурсов необходимо изучение временной изменчивости урожаев в разных агроклиматических зонах.

Урожайность в каждом конкретном году формируется под воздействием целого комплекса факторов. Однако, при решении практических вопросов, часто возникает необходимость раздельной оценки степени влияния на урожайность, как уровня культуры земледелия, так и условий погоды. В основу такой оценки положена идея В.М. Обухова [4, 5] о возможности разложения временного ряда урожайности любой

культуры на две составляющие: стационарную и случайную. Эта идея получила дальнейшее развитие в исследованиях других авторов [6].

Для прогнозирования тенденции урожайности на ближайшие годы в практике агрометеорологии чаще всего применяют два метода – наименьших квадратов [7, 8] и гармонических весов [6, 9, 10].

Результаты исследований и их анализ. Метод гармонических весов впервые был предложен З. Хельвигом [11]. Позднее этот метод получил дальнейшее развитие в исследованиях А.А. Френкеля [8] А.Н.Полевого [9] и других.

Сущность метода гармонических весов (МГВ) состоит в том, что значения переменного ряда взвешиваются так, чтобы более поздние наблюдения имели большие веса, т.е. влияние более поздних наблюдений должно сильнее отражаться на тенденции урожайности, чем влияние более ранних.

При использовании МГВ в качестве некоторого приближения $f(t)$ истинного $f(t)$ временного ряда урожайности сельскохозяйственных культур

$$Y_t \quad (t = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (1)$$

принимается ломаная линия, сглаживающая заданное число точек временного ряда Y_t . Отдельные отрезки ломаной линии (скользящего тренда) представляют его отдельные фазы. Для определения отдельных фаз движения скользящего тренда выбираем число лет, образующих отдельную фазу, причем $k < n$, и с помощью метода наименьших квадратов находим уравнение линейных отрезков

$$Y_i(t) = a_i + b_it \quad (i = 1, 2, \dots, n - k + 1) \quad (2)$$

причем:

$$\begin{array}{ll} \text{для} & i = 1, \quad t = 1, 2, \dots, k; \\ \text{для} & i = 2, \quad t = 2, 3, \dots, k + 1; \\ \text{для} & i = n - k + 1, \quad t = n - k + 1, \quad n - k + 2, \dots, n. \end{array}$$

Параметры a_i и b_i уравнения (1) определяются методом наименьших квадратов.

Затем определяем значение каждой функции $Y_i(t)$ в точках

$$t = i + h - 1 \quad (h = 1, 2, \dots, k).$$

Из этих значений отбираем те, для которых $t = 1$, и через $Y_j(t)$ обозначаем функции $Y_i(t)$ для $t = i$. Пусть таких значений будет g_i . Среднее можно определить по выражению

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{g_i} \sum_j^{g_i} Y_i(t), \quad (j = 1, 2, \dots, g_i) \quad (3)$$

Приросты w_{t+1} функция $f(t)$ определяется как

$$w_{t+1} = f(t+1) - f(t) = \bar{Y}_{t+1} - \bar{Y}_t, \quad (4)$$

вычисляется средняя приростов

$$\bar{w} = \sum_{t+1}^{n-1} C_{t+1}^n \cdot w_{t+1}, \quad (5)$$

где C_{t+1}^n – коэффициенты, удовлетворяющие следующим условиям:

$$C_{t+1}^n > 0 \quad (t = 1, 2, \dots, n-1),$$

$$\sum_{t=1}^{n-1} C_{n+1}^n = 1.$$

Гармонические коэффициенты определяются по формуле

$$C_{t+1}^n = \frac{m_{t+1}}{(n-1)}, \quad (6)$$

где m_{t+1} - гармонические веса.

Выражение (3) позволяет придавать более поздним наблюдениям большие веса. Если самые ранние наблюдения имеют вес:

$$m_2 = \frac{1}{(n-1)}, \quad (7)$$

то вес информации m_3 , относящейся к следующему моменту времени, будет определяться как:

$$m_3 = \frac{m_2 + 1}{(n-2)}. \quad (8)$$

Таким образом, ряд гармонических весов определяется по уравнению:

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t} \quad (t = 2, 3, \dots, n-1) \quad (9)$$

с начальным значением, выраженным уравнением (6).

Экстраполяция тенденции временного ряда урожайности производится по выражению:

$$\bar{Y}_{t+1} = \bar{Y}_t + \bar{w}, \quad (10)$$

при начальном условии $\bar{Y}_t = \bar{Y}_n$.

Предложенный алгоритм описывает метод расчета точек динамической составляющей временного ряда урожайности по МГВ, а также позволяет по тенденции временного ряда прогнозировать ее величину на ближайшие 1 – 2 года.

Нами был проведен анализ графика динамики урожайности сахарной свеклы в Хмельницкой области. Также была рассчитана линии тренда методом гармонических весов и была проведена оценка правильности выбора тренда.

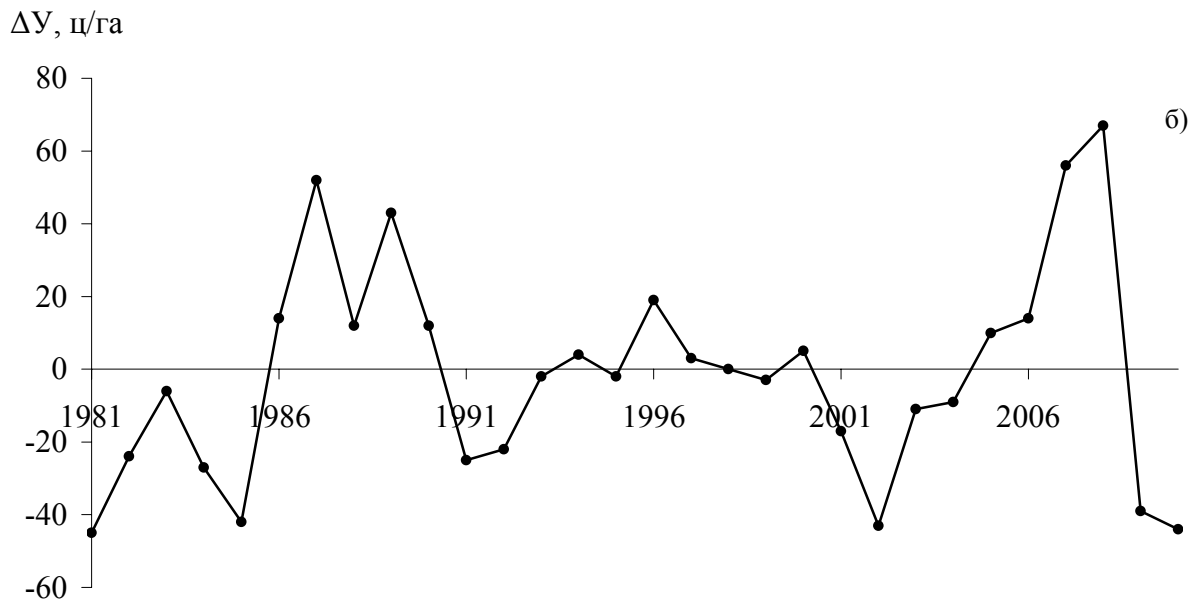
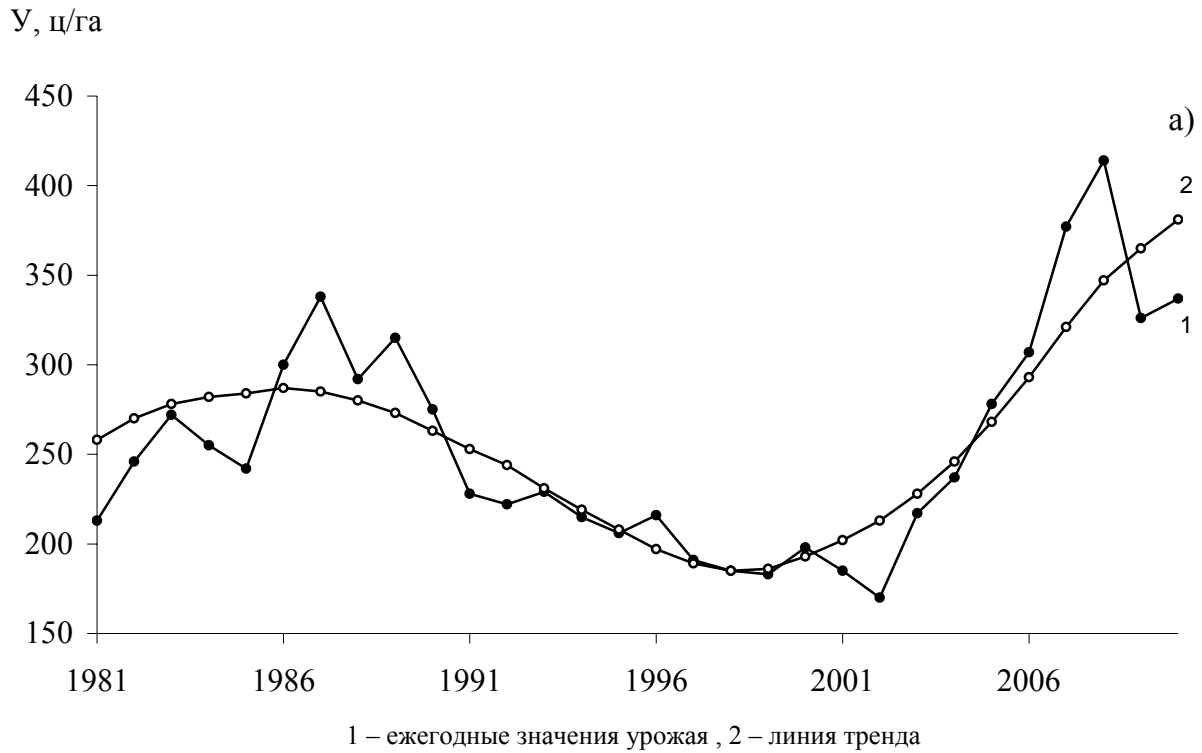


Рис. 1 - Динамика урожайности сахарной свеклы (а) и отклонения урожаев в отдельные годы от точек тренда (б) в Хмельницкой области.

На рис. 1 представлена динамика урожайности изменения тенденции (а) и отклонения от тренда в Хмельницкой области (Лесостепь) (б) за 30 лет с 1981 по 2010 год. Выровненный уровень урожайности (рис. 1 а) на начало рассматриваемого периода составил 258 ц/га, на конец исследуемого периода значение урожая выросло и составило 381 ц/га. Минимальное значение урожая сахарной свеклы (170 ц/га)

наблюдалось в 2002 году, а максимальное значение – в 1987 и 2010 годах и составило 387 ц/га.

Влияние погодных условий на урожайность представлено в виде отклонений на графике отклонения урожайности сахарной свеклы от линии тренда (рис. 1 б) в Хмельницкой области.

В 14 годах из 30 лет наблюдались благоприятные погодные условия, что дало возможность получить прибавку урожая от 2,5 до 67 ц/га. В остальные годы климатические условия оказали отрицательную роль на урожай, что выразилось в отрицательном отклонении от -1,6 до -44,9 ц/га (рис. 1 б).

Для оценки объективности выбранной линии тренда требуется проверка на случайность и стационарность ряда отклонения от тренда. Для проверки основной гипотезы (изменение случайной величины ε_t не связано с изменением времени) воспользуемся критерием серий, основанным на медиане ε_{med} выборки [6]. Для того, чтобы исходный ряд представлял случайную выборку, протяженность $k_{max}(n)$ самой длинной серии (последовательность плюсов или минусов, полученных путем сопоставления каждого члена ряда с медианой) не должна быть слишком большой, а общее число серий $\nu(n)$ – слишком маленьким. Выборка признается случайной, если выполняются следующие неравенства (для 5 %-го уровня значимости):

$$\left. \begin{aligned} K_m(n) &< [3,3(\lg n + 1)] \\ \nu(n) &> \left[\frac{1}{2}(n + 1 - 1,96\sqrt{n-1}) \right] \end{aligned} \right\}, \quad (11)$$

Чтобы получить левые части неравенств (11) из отклонений от тренда $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$, образуем для каждой из рассматриваемых областей вариационный ряд $\varepsilon^{(1)}, \varepsilon^{(2)}, \dots, \varepsilon^{(n)}$ где $\varepsilon^{(1)}$ – наименьшее из всех отклонений, а ε_{med} – медиана этого вариационного ряда. Далее получим последовательность плюсов и минусов по следующему правилу. На i -м месте ($i=1, 2, \dots, n$) ставится знак плюс, если i -е наблюдение в исходном ряду превосходит медиану, и знак минус, если оно меньше медианы. Если i -е наблюдение равно медиане, оно опускается. Затем подсчитываем протяженность самой длинной серии $k_{max}(n)$ и общее число серий $\nu(n)$ для каждой области.

Расчет приведен в табл.1 для временного ряда сахарной свёклы в Хмельницкой области. Для рассматриваемого случая протяженность самой длинной серии $k_{max}(n)$ равна 5, а правая часть первого выражения неравенства (11) равна 5,6. Общее число серий $\nu(n)$ составляет 9, а правая часть второго выражения неравенства (11) равна 2,23. Сравнение левых и правых частей неравенств (11) показывает, что оба неравенства справедливы.

Таким образом, гипотеза о случайном характере отклонений уровней временного ряда урожайности от тренда принимается. Возрастающая тенденция урожайности, характеризующая уровень культуры земледелия при средних почвенно-климатических условиях, исключена из временного ряда верно.

Был также выполнен анализ изменения тенденции урожайности для сахарной свеклы в Хмельницкой области по пятилетиям за 30 лет (1981-2010 гг.).

Среди значительного числа показателей, характеризующих изменение уровней временного ряда (абсолютный прирост, коэффициент роста, коэффициент прироста,

темпа роста, средняя хронологическая, средний абсолютный прирост, средний темп роста), нами рассматриваются две характеристики: абсолютный прирост тенденции урожайности ΔY_T и темп роста тенденции урожайности T_p .

Таблица 1 - Оценка случайности отклонений урожайности сахарной свёклы от тренда в Хмельницкой области

Год	ε	ε в убывающем порядке	Серии	Год	ε	ε в убывающем порядке	Серии
1981	-44,9	66,6	-	1996	18,8	-2,3	+
1982	-24	56,2	-	1997	2,5	-2,9	+
1983	-6	51,7	-	1998	0,2	-6	+
1984	-26,9	42,5	-	1999	-2,9	-8,7	-
1985	-42,3	18,8	-	2000	5,3	-10,5	+
1986	13,5	14,2	+	2001	-16,7	-16,7	-
1987	51,7	13,5	+	2002	-42,8	-21,9	-
1988	12,2	12,2	+	2003	-10,5	-24	-
1989	42,5	12	+	2004	-8,7	-25,3	-
1990	12	10,2	+	2005	10,2	-26,9	+
1991	-25,3	5,3	-	2006	14,2	-38,5	+
1992	-21,9	4	-	2007	56,2	-42,3	+
1993	-2,3	2,5	-	2008	66,6	-42,8	+
1994	4	0,2	+	2009	-38,5	-43,5	-
1995	-1,6	-1,6	+	2010	-43,5	-44,9	-
$\varepsilon_{med} = -1,95$							

Таблица 2 – Оценка правильности выбора тренда урожайности сахарной свёклы в Хмельницкой области

Почвенно-климатическая зона, область	$k_{max}(n)$	$v(n)$	$3.3(\lg n + 1)$	$\frac{1}{2}(n + 1 - 1.96\sqrt{n-1})$
Хмельницкая	5	9	5,6	2,23

Абсолютный прирост – важнейший статистический показатель динамики, определяется в разностном соотношении, сопоставлении двух уровней ряда динамики в единицах измерения исходной информации

$$\Delta Y_T = Y_{T_i} - Y_{T_{i-k}}, \quad (12)$$

где Y_{T_i} - значение тенденции урожайности в i -й год ($i=1, 2, 3, \dots, n$), ц/га;

$Y_{T_{i-k}}$ - базисный уровень, отстоящий от Y_{T_i} на k ($k=5$), ц/га.

Абсолютный прирост может иметь отрицательный знак, показывающий, насколько уровень изучаемого периода ниже базисного.

Темп роста – распространенный статистический показатель динамики. Он характеризует отношение двух уровней ряда и может выражаться в виде коэффициента или в процентах

$$T_p = \frac{Y_{T_i}}{Y_{T_{i-k}}} 100 \% . \quad (13)$$

Если темп роста больше единицы (или 100%) , то это показывает на увеличение изучаемого уровня по сравнению с базисным. Темп роста, равный единице (или 100%) , показывает, что уровень изучаемого периода по сравнению с базисным не изменился. Темп роста меньше единицы (или 100%) показывает на уменьшение уровня изучаемого периода по сравнению с базисным. Темп роста всегда имеет положительный знак.

Численные значения средних характеристик по пятилетиям за рассматриваемый период (1981-2010 гг.) для Хмельницкой области приведены в табл. 3, которая включает в себя абсолютный прирост тенденции урожайности (ц/га), характеризующий знак и величину прироста тенденции по пятилеткам, а также относительную характеристику темпа роста тенденции (по отношению к базисному уровню).

Таблица 3 – Динамика основных характеристик тенденций среднеобластной урожайности сахарной свеклы по Хмельницкой области (первая строка - абсолютный прирост, ц/га; вторая – темп роста, %)

Почвенно-климатическая зона, область	Годы наблюдений					
	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010
Лесостепь						
Хмельницкая	-2,8 99	6,6 104	-13,8 95	-1,6 99	18,0 108	11,8 105

Рассмотрим динамику тенденции среднеобластной урожайности сахарной свеклы в Хмельницкой области.

Максимальное значение абсолютного прироста тенденции урожайности наблюдается в пятой пятилетке (2001-2005) - 18,0 ц/га. В этот период отмечается максимальный темп роста тенденции урожайности, который составляет 108 % соответственно. Минимальные значения абсолютного прироста тенденции урожайности наблюдается в третьей пятилетке (1991-1995) и составляет (-13,8) ц/га. Минимальные значения темпа роста тенденции урожайности наблюдается в этот же период и составляет 95 %.

Выводы. Таким образом, нами объективно выделена тенденция средней областной урожайности сахарной свёклы и выявлена особенность в динамике этой тенденции в Хмельницкой области за период 1981-2010гг., которые указывают на то, что, начиная с 1991 года, прирост тенденции становится резко отрицательным. В последующие пять лет тенденция немного возрастает, хотя и остается отрицательной. Темпы роста урожайности так же резко снижаются в третьей пятилетке, в следующей пятилетке мы видим лишь очень незначительный их рост. С 2001 года (пятая

пятилетка) значения абсолютного прироста тенденции и темпы роста резко и значительно возрастают. В следующей пятилетке показатели немного уменьшаются, но остаются положительными.

Список литературы.

1. *Розміщення продуктивних сил України*: Навч.-метод. Посібник для самост. вивч. дисц. / С.І. Дорогунцов, Ю.І. Пітюренко, Я.Б. Олійник та ін. – К.:КНЕУ, 2000. – 364с.
2. *Атлас України*. / Под редакцией М. Г. Онищенко – Винница: «Картография», 1999 - С.32-39.
3. *Сахарная свёкла (Выращивание, уборка, хранение)*/Д. Шпаар, Д. Дрегер, А. Захаренко: Под общ. ред. Д. Шпаара – М.: ИД ООО «DLV Агродело», 2006. – 315с.
4. *Обухов В.М.* Урожайность и метеорологические факторы. – М.: Госпланиздат, 1949. – 318с.
5. *Полевой А.Н.* Прикладное моделирование и прогнозирование при дуктивности посевов. - Л.: Гидрометеиздат, 1988. - 319 с.
6. *Колосков П.И.* Климатические факторы сельского хозяйства и агроклиматическое районирование. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 328с.
7. *Дмитренко В.П.* О моделях расчета урожайности сельскохозяйственных культур с учетом гидрометеорологических факторов//Метеорология и гидрология.-1971.-№5. – С.84-91.
8. *Френкель А.А.* Математические методы анализа динамики и прогнозирования производительности труда. - М.:Экономика, 1972.- 189 с.
9. *Полевой А.Н.* Динамико-статистические методы прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур//Метеорология и гидрология.-1981.- №2.- С.92-102.
10. *Полевой А.Н.* Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. – Л.:Гидрометеиздат, 1983. – 175с.
11. *Goudriaan J.* Crop micrometeorology: a simulation study. – Pudoc, Wageningen, 1977. - 170p.

Динаміка врожайності цукрових буряків в лісостеповій зоні України на прикладі Хмельницької області. Костюкевич Т.К.

В роботі розглядаються часові ряди середньої по області врожайності цукрових буряків у Лісостепу за період 1981-2010 рр.. Описується спосіб оцінки правильності виділення тенденції урожайності. Наводяться результати аналізу динаміки врожайності цукрових буряків по п'ятиріччям.

Ключові слова: цукрові буряки, динаміка врожайності, тренд, абсолютний приріст, темп зростання .

Dynamics of sugar beet yield in the steppe zone of Ukraine by the example of Khmel'nitsky region. Kostiykevych T.K.

We consider the time series average of the yield of sugar beet in the forest-steppe in the period 1981-2010 years. Describes a method for assessing the correctness of allocation trends in yields. The results of the analysis of the dynamics of sugar beet yield on five-year periods.

Keywords: sugar beet, dynamics crop yields, trend, the absolute increase, growth rate.