

УДК 634.25/26:634.865:551.583.2(477.75)
DOI 10.36305/2019-1-150-67-77

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОДУКТИВНОСТИ ПЕРСИКА ОТ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СОРТОВ И ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ЮЖНОМ БЕРЕГУ КРЫМА

Анатолий Владимирович Смыков, Ольга Степановна Федорова

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, Никитский спуск, 52
E-mail: fruit_culture@mail.ru

Цель. Целью исследований являлось построение регрессионной модели продуктивности сортов персика и определение коэффициентов корреляции, которые позволят выявить взаимосвязь урожайности от биотических и абиотических лимитирующих факторов в условиях Южного берега Крыма. **Методы.** Исследования проводили в течение 1990 – 2018 гг. в условиях Южного берега Крыма на базе коллекционных насаждений персика. Сортоизучение проводили в соответствии с общепринятыми методиками. На основании работ Бублика Н.А. и Гориной В.М., Доспехова Б.А., Зайцева Г.Н., пакета «Statistika 6» осуществляли подготовку данных, корреляционный и регрессионный анализы. **Результаты.** Выявлены наиболее существенные корреляционные связи между урожайностью и внешними факторами для каждого сорта. Построены уравнения множественной регрессии и взаимосвязи урожайности от влияния изучаемых факторов, а также коэффициенты множественной регрессии (R) и детерминации (R^2). **Выводы.** На урожайность персика в зависимости от сорта значительное влияние оказала температура воздуха во время цветения ($r = 0,54$). Снижению урожайности способствовало поражение растений мучнистой росой ($r = -0,52$), курчавостью листьев ($r = -0,46$) и класстероспориозом ($r = -0,42$). Выявлена тенденция между урожайностью и относительной влажностью воздуха ($r = -0,38$) и суммой осадков в период цветения ($r = -0,38$). Выявлены коэффициенты множественной регрессии (R) и множественной детерминации (R^2), которые у сорта Русский составили, соответственно, 0,99 и 0,98, у сорта Юннат – 0,98 и 0,96, у сорта Амберголд – 0,97 и 0,94. У сорта Голден коэффициенты $R = 0,91$ и $R^2 = 0,83$ были недостоверны. Наиболее высокие коэффициенты регрессии (b) признаков (от 28,7 до -52,6) отмечали у сорта Юннат.

Ключевые слова: сорта персика; биотические и абиотические лимитирующие факторы; корреляционный и регрессионный анализ; модель продуктивности

Введение

Персик пользуется большим спросом во всем мире и выращивается в 70 странах. Существует четыре ведущих мировых производителя плодов персика – Китай, Италия, США и Испания. В настоящее время Китай производит более 6 млн. тонн плодов (38,6% от мирового производства), Италия – 1,74 млн. тонн (11,1%), США – 1,37 млн. тонн (8,8%) и Испания – 1,13 млн. тонн (7,2%) (Ивашенко и др., 2018). В Российской Федерации персик активно возделывается в южных регионах и является ведущей промышленной косточковой культурой (Драгавцева, 2011; Драгавцева, 2013; Лемешко, 1999). В Крыму он занимает площадь 2,6 тыс. га, что составляет 56,0% от общей площади косточковых культур.

Современное промышленное садоводство требует внедрения новых скороплодных, высокоурожайных и устойчивых к неблагоприятным условиям среды сортов. Одним из основных показателей экономической эффективности сорта является его урожайность. Рекомендуемые для промышленного выращивания сорта должны обеспечивать получение высоких и устойчивых урожаев. Урожайность растений персика чаще всего определяется степенью закладки генеративных почек, сроками цветения, (предпочтительнее после возвратных заморозков), устойчивостью к засухе, низкой восприимчивостью к наиболее вредоносным патогенам. Лимитирующими факторами продуктивности персика также являются низкие температуры воздуха в

зимний период, поздние весенние заморозки, недостаток суммы положительных температур в вегетационный период, резкие колебания температур во время цветения, дефицит атмосферных осадков в период вегетации и, особенно, во время дифференциации генеративных почек, высокая влажность при достаточно высокой температуре воздуха, способствующая развитию вредоносных патогенов (Иващенко *и др.*, 2018). Целью исследований являлось построение регрессионной модели продуктивности сортов персика и определение коэффициентов корреляции, которые позволят выявить взаимосвязь урожайности от биотических и абиотических лимитирующих факторов в условиях Южного берега Крыма.

Объекты и методы исследования

Исследования проводили в течение 1990 – 2018 гг. в условиях Южного берега Крыма на базе коллекционных насаждений персика. Сортоизучение проводили в соответствии с общепринятыми методиками (Программа, 1999; Рябов, 1969; Хлопцева *и др.*, 1988). На основании работ Бублика Н.А. (2005) (Бублик, 2005) и Гориной В.М. (2014) (Горина *и др.*, 2000, Горина *и др.*, 2000, Горина *и др.*, 2014], Доспехова Б.А. (1979) (Доспехов, 1979), Зайцева Г.Н. (Зайцев, 1990), пакета «Statistika 6» осуществляли подготовку данных, корреляционный и регрессионный анализы (Жуков, 1999).

В исследованиях изучали взаимосвязи биологических особенностей сортов персика селекции НБС-ННЦ (Русский, Юннат) и американской селекции (Амберголд, Голден) с метеофакторами (Смыков *и др.*, 2018). Сорт Русский характеризуется плодами средних размеров, широко-овальной формы, с желтой окраской кожицы и карминовым румянцем, занимающим 50% поверхности плода. Мякоть желтая, волокнистая, вкус (4,5 балла). Косточка отделяется от мякоти. Плоды созревают в 1 декаде августа.

У сорта Юннат плоды крупные (145-200 г), широко-овальные, основная окраска кожицы желтая, покровная – темно-красная до бордовой, занимает 50-75% поверхности плода. Мякоть волокнистая, желто-оранжевая, сочная, с приятной кислинкой, сочного вкуса (4,2 балла). Косточка от мякоти не отделяется. Плоды созревают в 3 декаде июля.

Сорт Амберголд характеризуется плодами массой от 80 до 120 г, округлой формы. Основная окраска желтая, покровная – карминово-бордовая, занимающая всю поверхность плода. Мякоть желтая, волокнистая, сочного вкуса (4,5 балла). Косточка от мякоти не отделяется. Плоды созревают во 2-3 декадах июля.

У сорта Голден плоды средние и крупные (до 180 г), округлые и широкоовальные. Основная окраска желтая, с мелким размытым мраморовидным румянцем, занимающим до 100% поверхности плода. Мякоть желтая, волокнистая, сочная, сочного вкуса (4 балла). Косточка от мякоти не отделяется, плоды созревают во 2-3 декадах июля.

В схему анализа также включили среднесуточную, максимальную и минимальную температуры воздуха (°C), количество осадков в период цветения (мм), температуры воздуха летних месяцев в период созревания плодов (°C) (Лемешко, 1999), степень поражения растений мучнистой росой, курчавостью листьев, класстероспориозом (в баллах) и урожайность растений (кг/дер.). Изучая длительность цветения исследуемых сортов, учитывали относительную влажность, среднесуточную температуру воздуха и сумму осадков в период цветения.

В первой декаде апреля 2018 г. преобладала теплая погода без осадков. Максимальная температура воздуха днем достигала 20,3°C, минимальная опускалась ночью до 5,0°C. Относительная влажность воздуха составляла 76 %. В целом, погодные условия были благоприятными для цветения сортов персика. В 2018 г.

среднесуточная температура воздуха за период цветения у сорта персика Юннат колебалась в пределах 8,3 – 18,0°C. По многолетним данным эта температура была отмечена в пределах 7,2 – 14,4°C (в среднем 10,4°C). Максимальная температура воздуха выявлена в 1998 г. и составила 19,3 °C, минимальная – - 1,5°C в 2004 г. Во время цветения растений сорта персика Русский максимальная температура воздуха составила 13,8°C, минимальная – 7,0°C. Отмечены неблагоприятные годы для закладки цветковых почек, так в 2001 г. в период цветения температура воздуха не превышала 10°C, что способствовало слабому оплодотворению и завязыванию плодов. В 2004 г. во время цветения (начало апреля) зафиксировали резкое понижение температуры до - 5,5°C, что привело к повреждению цветков. С 2005 по 2010 гг. отмечали засушливые вегетационные периоды, что также негативно отразилось на урожайности персика.

Результаты и обсуждение

Одним из важных факторов, определяющих урожайность растений, является степень закладки цветковых почек. У сорта Русский она составила 4,1, Амберголд – 3,9, Голден – 3,4, Юннат – 2,5 балла. Самое раннее цветение отмечали 22 марта 2016 г. у сорта Русский, а самое позднее цветение – 28 апреля 2014 г. и 3 мая 1992 г. у сорта Юннат.

Для плодоношения исследуемых сортов персика Амберголд, Русский, Голден, Юннат 2018 г. оказался наиболее благоприятным и урожайность варьировала от 13,2 до 47,0 кг/дер. Средняя урожайность за годы изучения у сорта Русский составила 10,5 кг/дер., максимальная в 2018 г – 37,7 кг/дер.; у сорта Юннат - 10,6 кг/дер., в 2018 г – 47,0 кг/дер.; у сорта Голден – 10,0 кг/дер., в 2018 г – 13,2 кг/дер.); У сорта Амберголд 10,4 кг/дер., в 2018 г – 19,3 кг/дер.

Важным фактором, влияющим на урожайность растений персика является наличие ряда грибных болезней: курчавости листьев, мучнистой росы, класстероспориоза, которые в годы эпифитотий могут существенно снизить урожай и даже вызвать гибель растений. В условиях Южного берега Крыма поражаемость сортов персика грибными болезнями за 1990-2017 гг. в целом была слабой (от единичной до 1-2 баллов). Но в отдельные годы отмечали значительное (эпифитотийное) развитие патогена. Больше всего эпифитотий отмечено по курчавости листьев. Сильные поражения этим заболеванием (до 5 баллов) отмечали в 2005, 2006, 2008, 2009, 2011, 2015 гг.; класстероспориозом – в 2004, 2005 гг.; мучнистой росой – 2006, 2011, 2015 гг.

Анализ данных урожайности за 27 лет показал, что плодоношение растений сортов персика Амберголд, Голден, Русский и Юннат в условиях Южного берега Крыма имело нерегулярный характер и значительно варьировало по годам.

Для определения особенностей связи урожайности растений, изучаемых сортов персика с показателями внешней среды проведен корреляционный анализ на основании многолетних фенологических наблюдений, метеорологических данных и учета урожайности. Изучали зависимость урожайности сортов персика от среднемесячной, максимальной и минимальной температуры воздуха, количества выпавших осадков, относительной влажности воздуха в период цветения, закладки генеративных почек, температуры воздуха во время формирования плодов, поражения грибными болезнями и др.

С помощью корреляционного анализа определили существенные факторы, влияющие на продуктивность исследуемых растений в условиях Южного берега Крыма (табл.).

Таблица 1

Корреляция урожайности сортов персика с показателями, влияющими на ее формирование (n=27)

Table 1

Correlation dependence between the yieldings of different peach cultivars and the yield-impacting factors (n = 27)

Показатели Factors	Урожайность, кг Yield, kg			
	Амбергголд Ambrergold	Голден Golden	Русский Russkiy	Юннат Yunnat
1	2	3	4	5
Среднесуточная t°C воздуха во время цветения Average daily air temperature during the blossom, in °C	0,17	0,36	0,09	0,10
Максимальная температура воздуха во время цветения (°C) Maximum air temperature during the blossom, in °C	0,22	0,54	0,11	0,05
Минимальная температура воздуха во время цветения (°C) Minimum air temperature during the blossom, in °C	0,18	0,22	0,07	0,00
Сумма осадков в период цветения (мм) Precipitation during the blossom, in mm	-0,02	-0,38	-0,16	-0,30
Относительная влажность в период цветения (%) Relative humidity during the blossom, in %	-0,10	-0,38	-0,23	-0,25
Поражение мучнистой росой (балл) Infestation with powdery mildew, in points	-0,11	-0,52	-0,19	-0,28
Поражение курчавостью листьев (балл) Infestation with leaf curl, in points	-0,46	-0,12	-0,52	-0,60
Поражение клястероспориозом (балл) Infestation with shothole disease, in points	-0,42	-0,05	-0,40	0,16
Закладка цветковых почек (балл) Setting of flower buds, in points	0,31	0,26	0,38	0,49
Дата массового цветения (фенология) Date of massive blossom (phenology)	0,28	0,30	-0,01	-0,19
Среднесуточная t°C воздуха в мае Average daily air temperature in the month of May, in °C	0,17	0,14	0,38	0,29
Среднесуточная t°C воздуха в июне Average daily air temperature in the month of June, in °C	-0,10	-0,20	0,16	0,20
Среднесуточная t°C воздуха в июле Average daily air temperature in the month of July, in °C	-0,32	-0,28	-0,11	0,02
Среднесуточная t°C воздуха в августе Average daily air temperature in the month of August, in °C	-0,01	-0,10	0,30	0,27
Среднесуточная t°C воздуха в июне (предшествующего года) Average daily air temperature in the month of June of the preceding year, in °C	-	-	0,04	0,09
Среднесуточная t°C воздуха в июле (предшествующего года) Average daily air temperature in the month of July of the preceding year, in °C	-	-	0,20	0,29
Максимальная t°C воздуха в мае Maximum air temperature in the month of May, in °C	0,18	0,07	0,25	0,09
Максимальная t°C воздуха в июне Maximum air temperature in the month of June, in °C	-0,07	-0,06	0,04	0,14
Максимальная t°C воздуха в июле Maximum air temperature in the month of July, in °C	-0,19	-0,39	-0,06	0,06
Максимальная t°C воздуха в августе Maximum air temperature in the month of August, in °C	-0,02	-0,06	0,26	0,24
Минимальная t°C воздуха в мае Minimum air temperature in the month of May, in °C	-0,26	0,10	-0,23	0,10

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Минимальная t°С воздуха в июне Minimum air temperature in the month of June, in °C	0,05	-0,20	0,13	-0,10
Минимальная t°С воздуха в июле Minimum air temperature in the month of July, in °C	-0,22	-0,34	-0,30	-0,41
Минимальная t°С воздуха в августе Minimum air temperature in the month of August, in °C	-	-	0,16	0,16
Сумма осадков в мае месяце, мм Precipitation in the month of May, in mm	-	-	-0,21	-0,04
Сумма осадков в июне месяце, мм Precipitation in the month of June, in mm	-	-	-0,36	-0,38
Сумма осадков в июле месяце, мм Precipitation in the month of July, in mm	-	-	0,36	0,12
Сумма осадков в августе месяце, мм Precipitation in the month of August, in mm	-	-	0,05	-0,10
Средняя температура почвы на глубине 10 см (январь) Average soil temperature at a depth of 10 cm (January)	-	-	-0,28	-0,36
Средняя температура почвы на глубине 10 см (февраль) Average soil temperature at a depth of 10 cm (February)	-	-	0,42	0,09
Средняя температура почвы на глубине 10 см (март) Average soil temperature at a depth of 10 cm (March)	-	-	-0,03	0,07
Средняя температура почвы на глубине 10 см (апрель) Average soil temperature at a depth of 10 cm (April)	-	-	0,05	0,21
Средняя температура почвы на глубине 10 см (май) Average soil temperature at a depth of 10 cm (May)	-	-	0,31	0,26
Средняя температура почвы на глубине 10 см (июнь) Average soil temperature at a depth of 10 cm (June)	-	-	0,34	0,38
Сумма температур +5 t°С от нач. года до цветения The total of temperatures over + 5° C from the beginning of the year until the blossom.	-	-	-0,08	0,09

В результате корреляционного анализа установлена величина и существенность связи урожайности с климатическими факторами окружающей среды для каждого изучаемого сорта персика. Для определения существенности коэффициентов корреляции использовали критерий Стьюдента:

$$t_{\text{расч}} = \frac{r \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

, где n — объем выборки. Величину $t_{\text{расч}}$ сравнивали с табличным значением критерия Стьюдента $t_{\text{табл}}$ при числе степеней свободы, равным $(n-2)$. Если $t_{\text{расч}}$ больше $t_{\text{табл}}$, то подтверждается связь между признаками. В связи с этим, существенными были коэффициенты корреляции от 0,39 и выше. Выявлено, что на урожайность сорта Голден значительное влияние оказала температура воздуха во время цветения ($r = 0,54$). У данного сорта отмечена тенденция зависимости между урожайностью и относительной влажностью воздуха ($r = -0,38$) и суммой осадков в период цветения ($r = -0,38$), а также максимальной температурой воздуха в июле ($-0,39$). Снижению урожайности способствовало поражение мучнистой росой ($r = -0,52$).

У сорта персика Амберголд выявлена незначительная тенденция между закладкой генеративных почек и урожайностью ($r = 0,31$). Поражение курчавостью листьев ($r = -0,46$) и кластероспориозом ($r = -0,42$) существенно влияло на урожайность растений. Наблюдали тенденцию отрицательной корреляции урожайности с минимальной температурой воздуха в мае ($r = -0,26$) и среднесуточной температурой воздуха в июле ($r = -0,32$).

Корреляционный анализ показал достоверную отрицательную зависимость урожайности сорта Русский от поражения растений курчавостью листьев ($r = -0,52$) и клостероспориозом ($r = -0,40$). У этого сорта прослеживалась тенденция взаимосвязи урожайности с закладкой цветковых почек ($r = 0,38$) и среднесуточной температурой ($t^{\circ}\text{C}$) воздуха в мае ($r = 0,38$).

У сорта Юннат корреляционный анализ показал достоверную отрицательную зависимость урожайности от поражения курчавостью листьев ($r = -0,60$) и минимальной температурой ($t^{\circ}\text{C}$) воздуха в июле ($r = -0,41$), а также тенденцию зависимости от суммы осадков в июне ($r = -0,38$). Выявлена существенная положительная корреляция урожайности с закладкой цветковых почек ($r = 0,49$).

В исследования был включен множественный регрессионный анализ, показывающий взаимосвязь урожайности (Y) от влияния изучаемых факторов ($X_1 - X_{24}$).

Уравнение множественной регрессии сорта Русский имеет следующий вид:

$$Y = 172,56 - 3,0X_1 - 0,42X_2 + 2,73X_3 - 0,31X_4 + 0,14X_5 + 7,86X_6 - 5,93X_7 - 1,3X_8 + 2,14X_9 - 0,3X_{10} + 3,95X_{11} + 18,1X_{12} + 7,89X_{13} - 5,89X_{14} - 1,06X_{15} - 2,35X_{16} - 6,23X_{17} - 5,43X_{18} - 3,45X_{19} - 10,36X_{20} - 0,84X_{21} - 0,57X_{22} + 0,08X_{23} + 0,28X_{24}$$

где X_1 – средняя среднесуточная температура воздуха за период цветения, X_2 – максимальная температура воздуха за период цветения, X_3 – минимальная температура воздуха за период цветения, X_4 – сумма осадков за период цветения, X_5 – относительная влажность воздуха за период цветения, X_6 – поражение мучнистой росой, X_7 – поражение курчавостью листьев, X_8 – поражение клостероспориозом, X_9 – закладка цветковых почек, X_{10} – дата массового цветения, X_{11} – среднесуточная температура воздуха за май, X_{12} – среднесуточная температура воздуха за июнь, X_{13} – среднесуточная температура воздуха за июль, X_{14} – среднесуточная температура воздуха за июль предшествующего года, X_{15} – среднесуточная температура воздуха за август предшествующего года, X_{16} – максимальная температура воздуха за месяц май, X_{17} – максимальная температура воздуха за июнь, X_{18} – максимальная температура воздуха за июль, X_{19} – минимальная температура воздуха за май, X_{20} – минимальная температура воздуха за июнь, X_{21} – минимальная температура воздуха за июль, X_{22} – осадки, мм за май, X_{23} – осадки, мм за июнь, X_{24} – осадки, мм за июль.

Наиболее высокие коэффициенты регрессии (b) наблюдали у признаков: X_6 (7,86), X_7 (– 5,93), X_{11} (3,95), X_{12} (18,1), X_{13} (7,89), X_{14} (5,89), X_{17} (– 6,23), X_{18} (– 5,43), X_{20} (10,36).

Коэффициент множественной регрессии составил $R = 0,99$, а коэффициент множественной детерминации $R^2 = 0,98$, который обозначает долю изменчивости урожайности (Y) от воздействия факторов $X_1 - X_{24}$. В процентном выражении $0,98 \times 100\% = 98\%$ означает, что изменчивость (вариабельность) Y на 98% обусловлена воздействием факторов $X_1 - X_{24}$. В соответствии с критерием Фишера $F_{\text{факт}} 3,6 > F_{\text{теорет}} 3,4$ при уровне значимости $p = 0,05$, что показывает достоверность коэффициента множественной детерминации R^2 .

Уравнение множественной регрессии сорта Юннат имеет следующий вид: $Y = -416,41 - 2,49X_1 - 50,42X_2 - 25,21X_3 - 35,52X_4 + 1,127X_5 - 1,97X_6 - 20,01X_7 - 23,69X_8 + 19,46X_9 - 5,411X_{10} + 3,23X_{11} - 28,81X_{12} - 52,64X_{13} - 46,40X_{14} - 16,96X_{15} - 1,79X_{16} - 10,61X_{17} - 20,03X_{18} - 31,79X_{19} - 9,18X_{20} - 28,70X_{21} - 25,40X_{22} + 0,28X_{23} - 0,45X_{24}$, где X_1 – средняя среднесуточная температура воздуха за период цветения, X_2 – максимальная температура воздуха за период цветения, X_3 – минимальная температура воздуха за период цветения, X_4 – сумма осадков за период цветения, X_5 – относительная влажность воздуха за период цветения, X_6 – поражение мучнистой росой, X_7 – поражение курчавостью листьев, X_8 – поражение клостероспориозом, X_9 – закладка цветковых

почек, X_{10} – дата массового цветения, X_{11} – среднесуточная температура воздуха за май, X_{12} – среднесуточная температура воздуха за июнь, X_{13} – среднесуточная температура воздуха за июль, X_{14} – среднесуточная температура воздуха за июль предшествующего года, X_{15} – среднесуточная температура воздуха за август предшествующего года, X_{16} – максимальная температура воздуха за май, X_{17} – максимальная температура воздуха за июнь, X_{18} – максимальная температура воздуха за июль, X_{19} – минимальная температура воздуха за май, X_{20} – минимальная температура воздуха за июнь, X_{21} – минимальная температура воздуха за июль, X_{22} – осадки, мм в мае, X_{23} – осадки, мм в июне, X_{24} – осадки, мм в июле.

Наиболее высокие коэффициенты регрессии (b) наблюдали у признаков: X_{11} (-52,6), X_2 (50,4), X_{14} (-46,4), X_4 (-35,5), X_{19} (31,7), X_{12} (-28,8), X_{21} (28,7). Коэффициент множественной регрессии составил $R = 0,98$, а коэффициент множественной детерминации $R^2 = 0,96$. В соответствии с критерием Фишера $F_{\text{факт}} 4,08 > F_{\text{теорет}} 3,4$ при уровне значимости $p = 0,05$, что показывает достоверность коэффициента множественной детерминации R^2 .

Для выявления экологических факторов, влияющих на урожай интродуцированных сортов персика, дальнейшую обработку полученных данных также проводили, используя множественный регрессионный анализ. В результате для каждого из сортов персика в анализ включали факторы окружающей среды, которые в большей степени влияли на урожайность. Для регрессионного анализа урожайности персика сортов Амберголд и Голден были включены следующие показатели: средняя, максимальная и минимальная температуры воздуха во время цветения; сумма осадков и относительная влажность воздуха в период цветения; поражение мучнистой росой, курчавостью листьев и клостероспориозом; закладка цветковых почек, дата массового цветения, среднесуточные, максимальные и минимальные температуры воздуха за май, июнь, июль и август.

Уравнение множественной регрессии сорта Амберголд имеет следующий вид:

$$Y = 35,4 - 23,9X_1 + 14,6 X_2 + 5,3 X_3 - 0,11 X_4 - 0,009 X_5 + 1,59 X_6 - 5,03 X_7 - 13,3 X_8 + 0,26 X_9 + 0,03 X_{10} - 2,5 X_{11} - 1,16 X_{12} + 0,87 X_{13} - 0,96 X_{14} + 4,23 X_{15} + 3,91 X_{16} + 2,97 X_{17} - 1,69 X_{18} + 0,19 X_{19} + 0,02 X_{20} - 9,39 X_{21} + 5,21 X_{22},$$

где Y – урожайность, X_1 – средняя температура воздуха во время цветения, X_2 – максимальная температура воздуха во время цветения, X_3 – минимальная температура воздуха во время цветения, X_4 – сумма осадков в период цветения, X_5 – относительная влажность воздуха в период цветения, X_6 – поражение мучнистой росой, X_7 – поражение курчавостью листьев, X_8 – поражение клостероспориозом, X_9 – закладка цветковых почек, X_{10} – дата массового цветения, X_{11} – среднесуточная температура воздуха за май, X_{12} – среднесуточная температура воздуха за июнь, X_{13} – максимальная температура воздуха за май, X_{14} – максимальная температура воздуха за июнь, X_{15} – минимальная температура воздуха за май, X_{16} – минимальная температура воздуха за июнь, X_{17} – среднесуточная температура воздуха за июль, X_{18} – среднесуточная температура воздуха за август, X_{19} – максимальная температура воздуха за июль, X_{20} – максимальная температура воздуха за август, X_{21} – минимальная температура воздуха за июль, X_{22} – минимальная температура воздуха за август.

Наиболее высокие коэффициенты регрессии (b) наблюдали у признаков: X_1 (23,9), X_2 (14,6), X_4 (13,3), X_{21} (9,39). Коэффициент множественной регрессии составил $R = 0,97$, а коэффициент множественной детерминации $R^2 = 0,94$. В соответствии с критерием Фишера $F_{\text{факт}} 3,7 > F_{\text{теорет}} 2,82$ при уровне значимости $p = 0,05$, что показывает достоверность коэффициента множественной детерминации R^2 .

Уравнение множественной регрессии сорта Голден имеет следующий вид:

$$Y = -21,9 - 0,52X_1 + 3,02 X_2 - 2,44 X_3 - 0,28 X_4 - 0,034 X_5 + 0,69 X_6 + 1,82 X_7 - 2,28 X_8 - 0,79 X_9 + 0,29 X_{10} + 0,04 X_{11} - 3,22 X_{12} - 0,08 X_{13} - 0,06 X_{14} + 2,25 X_{15} + 1,12 X_{16} + 1,88$$

$X_{17-2,1}$ $X_{18-1,75}$ $X_{19+3,17}$ $X_{20-2,22}$ $X_{21+2,12}$ X_{22} где Y – урожайность, X_1 – средняя температура воздуха во время цветения, X_2 – максимальная температура воздуха во время цветения, X_3 – минимальная температура воздуха во время цветения, X_4 – сумма осадков в период цветения, X_5 – относительная влажность воздуха в период цветения, X_6 – поражение мучнистой росой, X_7 – поражение курчавостью листьев, X_8 – поражение клостероспориозом, X_9 – закладка цветковых почек, X_{10} – дата массового цветения, X_{11} – среднесуточная температура воздуха за май, X_{12} – среднесуточная температура воздуха за июнь, X_{13} – максимальная температура воздуха за май, X_{14} – максимальная температура воздуха за июнь, X_{15} – минимальная температура воздуха за май, X_{16} – минимальная температура воздуха за июнь, X_{17} – среднесуточная температура воздуха за июль, X_{18} – среднесуточная температура воздуха за август, X_{19} – максимальная температура воздуха за июль, X_{20} – максимальная температура воздуха за август, X_{21} – минимальная температура воздуха за июль, X_{22} – минимальная температура воздуха за август.

Относительно высокие коэффициенты регрессии (b) наблюдали у признаков: $X_8(2,28)$, $X_2(3,0)$, $X_{12}(3,22)$, $X_{20}(3,17)$. Коэффициент множественной регрессии составил $R = 0,91$, а коэффициент множественной детерминации $R^2 = 0,83$. В соответствии с критерием Фишера $F_{\text{факт}} 0,9 < F_{\text{теорет}} 2,82$ при уровне значимости $p = 0,05$, что показывает недостоверность коэффициента множественной детерминации R^2 .

Выводы

1. Корреляционный анализ показал достоверную отрицательную зависимость урожайности сорта Русский от поражения растений курчавостью листьев ($r = -0,52$) и клостероспориозом ($r = -0,40$). Прослеживалась положительная корреляция урожайности от закладки цветковых почек ($r = 0,38$) и среднесуточной температуры ($t^{\circ}\text{C}$) воздуха в мае ($r = 0,38$).

2. У сорта Юннат корреляционный анализ показал достоверную отрицательную зависимость урожайности от поражения курчавостью листьев ($r = -0,60$) и минимальной температурой ($t^{\circ}\text{C}$) воздуха в июле ($r = -0,41$), а также от суммы осадков в июне ($r = -0,38$). Выявлена положительная корреляция с закладкой цветковых почек ($r = 0,49$) и средней температурой почвы на глубине 10 см в июне ($r = 0,38$).

3. На урожайность сорта Голден значительное влияние оказала температура воздуха во время цветения ($r = 0,54$). Выявлена тенденция зависимости между урожайностью и относительной влажностью воздуха ($r = -0,38$) и суммой осадков в период цветения ($r = -0,38$), а также максимальной температурой воздуха за июль ($r = -0,39$). Снижению урожайности способствовало поражение растений мучнистой росой ($r = -0,52$).

4. У сорта персика Амберголд выявлена незначительная зависимость между закладкой генеративных почек и урожайностью ($r = 0,31$). На урожайность растений существенно влияло поражение курчавостью листьев ($r = -0,46$) и клостероспориозом ($r = -0,42$). Наблюдалась тенденция отрицательной корреляции урожайности с минимальной температурой воздуха в мае ($r = -0,26$) и среднесуточной температурой воздуха в июле ($r = -0,32$).

5. Построены уравнения множественной регрессии взаимосвязи урожайности (Y) от влияния изучаемых факторов ($X_1 - X_n$) у четырех сортов персика селекции и интродукции НБС–ННЦ: Русский, Юннат, Амберголд и Голден. У сорта Русский коэффициент множественной регрессии составил $R = 0,99$, а коэффициент множественной детерминации $R^2 = 0,98$; у сорта Юннат, соответственно, $R = 0,98$, $R^2 =$

0,96; У сорта Амберголд – $R = 0,97$, $R^2 = 0,94$, у сорта Голден коэффициент множественной детерминации $R^2 = 0,83$ был недостоверным.

Литература / References

Бублик М.О. Методологічні та технологічні основи підвищення продуктивності сучасного садівництва. К.: Нора-Друк, 2005. 288 с.

[Bublik M.O. Methodological and Technological Basics of Increasing of Productivity of Modern Fruit Growing. Kiev: Nora-Druk, 2005, 288 p.]

Горина В.М., Лукьянова Н.М., Шишкіна Е.Л., Антюфеев В.В. Изучение продуктивности абрикоса в Крыму. Вісник аграрної науки південного регіону. Сільськогосподарські та біологічні науки. Вип. 1. Одеса: СМІЛ, 2000. с. 47-49.

[Gorina V.M., Lukyanova N.M., Shishkina Y.L., Antyufeyev V.V. Exploration of the apricot producing capacity in Crimea. Visnyk agrarnoi nauki pivdennoho regionu. Silskohospodarski ta biolohichni nauki. Odessa, SMYL, 2000. 1:47-49.]

Горина В.М., Лукьянова Н.М., Иващенко Ю.В., Антюфеев В.В. Комплексная оценка продуктивности сортов и гибридов абрикоса на основе морфо-биофизических показателей. Вісник аграрної науки південного регіону. Сільськогосподарські та біологічні науки. Вип. 1. Одеса: СМІЛ, 2000. с.45-47.

[Gorina V.M., Lukyanova N.M., Ivashchenko Y.V., Antyufeyev V.V. Comprehensive productivity assessment of apricot cultivars and hybrids on the base of morpho-bgiophysical values. Visnyk agrarnoi nauki pivdennoho regionu. Silskohospodarski ta biolohichni nauki. Odessa, SMYL, 2000. 1: 45-47.]

Горина В.М. Научные основы селекции абрикоса и алычи для Крыма и юга Украины. – Дис. ... д-ра с.-х. наук. Ялта., 2014. 479 с.

[Gorina V.M. Scientific basis of breeding of apricot and myrobalan plum for growing in Crimea and Sothern Ukraine. Doctoral thesis. Yalta, 2014, 479 p.]

Драгавцева И.А., Савин И.Ю., Эдельгериев А.С-Х., Байраков И.А., Борзаев Р.Б., Кузьмина А.А. Ресурсный потенциал земель Чеченской республики для возделывания плодовых культур. Краснодар–Грозный: СКЗНИИСИВ, 2011. 160 с.

[Dragavtseva I.A. et al. Resource potential of the lands of the Chechen Republic for the growing of the fruit crops. Krasnodar-Grozniy, North Caucasian regional scientific research institute of Horticulture and Viticulture, 2011, 160 p.]

Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 413 с.

[Dospekhov B.A. Field test technique. Moscow: Kolos, 1973, 335 p.]

Драгавцева И.А., Савин И.Ю., Ахматова З.П., Цороев А.К., Костоев Р.У., Перишина А.А. Оценка ресурсного потенциала земель республики Ингушетия для возделывания плодовых культур. Краснодар: СКЗНИИСИВ, 2013. 113 с.

[Dragavtseva I.A. et al. Assessment of the resource potential of the lands of the Republic of Ingushetiya for the growing of the fruit crops. Krasnodar, North Caucasian regional scientific research institute of Horticulture and Viticulture, 2013, 113 p.]

Жуков В.А. Стохастическое моделирование и прогноз агроклиматических условий возделывания сельскохозяйственных культур в Краснодарском крае в условиях меняющегося климата// Прогноз развития метеоситуаций на ближайшие десятилетия XXI века и реакция на них сельскохозяйственных культур: Материалы межрегион. науч.-практ. конф. Краснодар, 1999. С. 7-23.

[Zhukov V.A. Stochastic modeling and the forecast of agroclimatic conditions of the growing of agricultural crops in the Krasnodar Region under the changing climatic conditions. The Forecast of the Evolution of Meteo Situations for Coming Decades of the 21st Century and the Reaction to them by Agricultural Crops. Proceedings of the Interregional Scientific-Practical Conference. Krasnodar, 1999: 7-23]

Зайцев Г.Н. Математика в экспериментальной ботанике. Москва: Наука, 1990. 296 с.

[Zaitsev G.N. *Mathematics in experimental botany*. Moscow.: Nauka, 1990. 296 p.]

Иващенко Ю.А., Смыков А.В., Федорова О.С. Определение критериев модели сорта и сравнительная оценка интродуцированных сортов персика // Плодоводство и ягодоводство России. 2018. Т. 54. С. 41-46.

[Ivashchenko I.A., Smikov A.V., Fedorova O.S. Determining of cultivar model criteria and the comparative assessment of introduced peach cultivars. *Fruit and Berry Cultivation in Russia*. 2018. 54: 41-46.]

Интенсификация селекции плодовых культур / научн. ред. В.К. Смыков, А.И. Лишук. Ялта, 1999. 216 с.

[Intensification of breeding of fruit crops / V.K. Smykov, A.I. Lishchuk (Eds.). Yalta, 1999, 216 p.]

Лемешко Н.А., Николаев В.М. Реакция земледелия XXI века на предстоящие изменения климата // Прогноз развития метеоситуаций на ближайшие десятилетия XXI века и реакция на них сельскохозяйственных культур: Материалы межрегион. науч.-практ. конф. Краснодар, 1999. С. 24-35.

[Lemeshko N.A., Nikolayev V.M. The response of the 21st century agriculture to the upcoming climate change. The Forecast of the Evolution of Meteorological Situations for Coming Decades of the 21st Century and the Reaction to them by Agricultural Crops. *Proceedings of the Interregional Scientific-Practical Conference*. Krasnodar, 1999, pp. 24-35.]

Метеорологический бюллетень. Метеостанция "Никитский сад". 1984-2016.

[Weather report for the years 1984-2016. Agrometeorological station "Nikitskiy Sad"]

Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур // Под ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. Орел: Изд. ВНИИСПК, 1999. – 608 с.

[Program and technique of research on cultivars of fruit, small-fruit and nut crops / E.N. Sedov, Y.N., Ogoltsova, T. P. Orel, 1999. 608 p.]

Рябов И.Н. Сортоизучение и первичное сортоиспытание косточковых плодовых культур в Государственном Никитском ботаническом саду // Сортоизучение косточковых плодовых культур на юге СССР: сб. науч. работ. М.: Колос, 1969. Т. 41. С. 5-83.

[Ryabov I.N. Sortoizucheniye i pervichnoye sortoisпитaniye kostochkovikh plodovikh kultur v Nikitskom botanicheskom sadu // Sortoizucheniye kostochkovykh plodovykh kultur na yuge SSSR [Research on varieties and primary strain testing of stone fruits in the State Nikita Botanical Gardens. In: *Research on Varieties of Stone Fruit Crops in the South of USSR (Collection of scientific papers)*]. Collection of scientific papers, Moscow, Kolos, 1969, vol. 41, pp. 5-83.]

Смыков А.В., Иващенко Ю.А., Федорова О.С. Влияние климатических условий Южного берега Крыма на урожайность интродуцированных сортов персика Амбергголд и Голден // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2018. № 128. С. 122-127.

[Smykov, A.V., Ivashchenko, Y.V., Ivashchenko, I.A., Fedorova, O.S. Vliyaniye klimaticheskikh usloviy Yuzhnogo berega Kryma na urozhaynost introdutsirovannykh sortov persika Ambergold i Golden [The Influence of Climatic Conditions of Crimean Southern Coast on the Yield Capacity of Introduced Peach Cultivars Ambergold and Golden. In: *Bulletin of Nikita Botanical Gardens*, 2013, issue 128, pp. 122-127.]

Хлютева И.М., Шарова Н.И., Корнейчук В.А. Широкий унифицированный классификатор СЭВ рода *Persica* Mill. Л., 1988. 46 с.

[Khloptseva, I.M., Sharova, N.I., Korneychuk, V.A. Shirokiy unifitsirovanniy klassifikator SEV roda Persica Mill. [The Complete Harmonized CMEA-Classifikator for genus Persica Mill.]. Leningrad, 1988, 46 p.]

Статья поступила в редакцию 02.04.2019

Smykov A.V., Fedorova O.S. The Dependence of the Peach Productivity on the Biological Cultivar-Related Specifics and on the Natural and Climatic Conditions on the Crimean Southern Coast. // Plant Biology and Horticulture: theory, innovation. 2019. № 1 (150). P. 67-77.

Aim. The aim of the research was to construct the regressive model of productivity of peach cultivars. The model should allow an objective evaluation of interrelation between yield and biotic / abiotic limiting factors under conditions of the Crimean Southern Coast. *Methods.* The research has been conducted in 1990 - 2018 under conditions of the Crimean Southern Coast by using collection plantings of Nikita Botanical Gardens. The research on cultivars have been conducted in line with conventional techniques. The data preparation, the correlation and the regression analysis have been based on the works of N. Bublik, and V. Gorina, as well as the package "Statistika 6". *Results.* The multiple regression equations of relationship between yield and researched factors were constructed, the multiple regression (R) as well as the multiple determination (R^2) coefficients, determining the fraction of the yield variability under influence of relevant factors, have been determined. The most significant correlations between yield and external factors were identified for each cultivar. *Main Conclusions.* The peach yielding capacity was, according to the cultivar, essentially influenced by the air temperatures during the blossom ($r = 0.54$) and by degree of the setting of reproductive buds ($r = 0.31$). The infestation of plants with powdery mildew, leaf curl and shothole disease led to reduction of yields ($r = -0.52$, -0.46 , -0.42 , respectively). A negative correlation between the yield capacity and the relative humidity ($r = -0.38$), as well as the precipitation value during the blossom ($r = -0.38$) was identified. The maximal trait regression coefficients (from 28.7 to -52.6) were shown by the cultivar Yunnat and the minimal ones (from 2.28 to 3.22) - by the cultivar Golden.

Keywords: peach cultivars; biotic and abiotic limiting factors; correlation and the regression analysis; model of productivity