

УДК 502/504:631.43:631.67(075.8):633.49

А. В. ШУРАВИЛИН, А. А. ПОДДУБСКИЙ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов», г. Москва

Н. В. СУРИКОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва

ПРОГНОЗ ПРОДУКТИВНЫХ ЗАПАСОВ ВЛАГИ В ПОЧВЕ И ОТНОСИТЕЛЬНОЙ УРОЖАЙНОСТИ КАРТОФЕЛЯ ДЛЯ УСЛОВИЙ ГОРОДА МОСКВЫ И ПРИГОРОДА

Регулирование водного режима почвы для получения плановых урожаев сельскохозяйственных культур основывается на определении продуктивных запасов влаги в расчетном слое почвы. Наиболее надежно установить влагозапасы можно с помощью опытных статистических рядов, которые следует рассматривать как реализацию теоретического распределения, но многолетних надежных наблюдений за влагозапасами в почве практически не существует. Предложена методика использования многолетних метеонаблюдений для прогноза продуктивных запасов влаги в почве и относительной урожайности сельскохозяйственных культур на примере картофеля. В статье приводятся материалы расчетов продуктивных влагозапасов в дерново-подзолистой суглинистой почве за период 47 лет (1966–2012 гг.) наблюдений метеостанции ВДНХ и оценены вероятности появления условий оптимальных, засушливых и избыточного увлажнения по декадам, фазам развития и в целом за вегетацию на примере картофеля, а также вероятностных оценок ожидаемой относительной урожайности картофеля в зависимости от влагозапасов и температур. Использовано балансовое уравнение с эмпирическими коэффициентами по данным В. В. Шабанова. В целом за вегетационный период картофеля вероятность оптимального диапазона влагозапасов 70...90 мм составила 33 %, диапазона 50...70 мм – 39 %, 90...110 мм – 52 %. В г. Москве и пригороде на дерново-подзолистых почвах вероятность необходимости орошения картофеля составила 21 %, осушения – 6 %, вероятность оптимального уровня продуктивных запасов влаги под картофелем составила 73 %. Оптимальные температуры воздуха за вегетационный период для получения высокой относительной продуктивности картофеля находились в диапазоне 16,2...21,0 °С.

Москва и пригород, картофель, влагозапасы почвы, температуры воздуха, относительная урожайность картофеля.

Введение. Регулирование водного режима почвы для получения плановых урожаев сельскохозяйственных культур основывается на определении продуктивных запасов влаги в расчетном слое почвы. Наиболее надежно установить влагозапасы можно с помощью опытных статистических рядов, которые следует рассматривать как реализацию теоретического распределения, однако многолетних надежных наблюдений за влагозапасами в почве практически нет. Проблеме определения продуктивных запасов влаги в почве посвящено много исследований [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Перспективным методом прогнозирования продуктивных запасов влаги в почве являются балансовые расчеты на основе статистической обработки многолетних ретроспективных рядов метеоданных.

Материалы и методы исследований.

Нами проведены расчеты продуктивных запасов влаги в слое 0,5 м дерново-подзолистой суглинистой почвы за 47-летний период (1966–2012 гг.) наблюдений на метеостанции ВДНХ по декадам вегетационного периода картофеля. Использовано балансовое уравнение с эмпирическими коэффициентами по данным В. В. Шабанова [7].

Продолжительность вегетационного периода картофеля принималась 12 декад с 11 мая. Сроки прохождения фаз развития картофеля по средним многолетним данным для условий Московской области: формирование всходов 2 декада мая – 1 декада июня; образование боковых побегов 2 декада июня – 1 декада июля; образование соцветий 2 декада июля; цветение

(до увядания ботвы) 3 декада июля – 1 декада сентября. На начало вегетации картофеля влагозапасы определялись с учетом высоты снежного покрова, продолжительности таяния, коэффициента насыщения почвы влагой и периода до начала посадки.

Для полученных результатов расчета продуктивных влагозапасов проведена статистическая обработка матричным методом по каждой декаде вегетационного периода, что позволило определить законы распределения их изменения во времени. Получены матрицы переходных вероятностей продуктивных влагозапасов по декадам, фазам развития и за вегетационный период картофеля. За оптимальный уровень продуктивных влагозапасов принят 0,62 ПВ (80,6 мм), наличие острого дефицита влаги фиксировалось при 0,52 ПВ (62 мм), а избыточное увлажнение – при 0,74 ПВ (96 мм) [8].

Результаты исследований. Матрицы переходных вероятностей продуктивных запасов влаги в почве в фазу формирования всходов показали, что область изменения в диапазоне оптимальных показателей (70...90 мм) наблюдается в 17 % случаев, в диапазоне 90...110 мм – 83 %, избыточные запасы продуктивной влаги в диапазоне 110...130 мм – 30 %.

В фазу формирования боковых

побегов оптимальный запас продуктивной влаги наблюдался в 53 % случаев, диапазон 50...70 мм наблюдался в 47 %, вероятности избытка и дефицита продуктивной влаги незначительны.

В фазу формирования соцветий острый дефицит продуктивной влаги отмечался в 12,5 % случаев, а избыточных продуктивных влагозапасов – в 17,4 %, вероятность величины продуктивных влагозапасов 50...70 мм составила 50 %.

В фазу цветения оптимальный запас продуктивной влаги 70...90 мм наблюдался в 17 % случаев. Вероятность продуктивной влаги в почве менее 50 мм может достигать 35 %, а более 110 мм не превышает 5 %.

В целом за вегетационный период вероятность оптимальных запасов продуктивной влаги в диапазоне 70...90 мм составляет 26 %. Запас продуктивной влаги в почве в пределах 50...70 мм может наблюдаться с вероятностью 26 %, диапазон 90...110 мм – до 29 %. Избыточное количество продуктивной влаги более 110 мм может появляться с вероятностью 4 %. Вероятность дефицита продуктивной влаги составляет 17 %. Кривые распределения продуктивных запасов влаги в слое почвы 0,5 м при возделывании картофеля по фазам развития и в целом за вегетационный период приведены на рисунке 1.

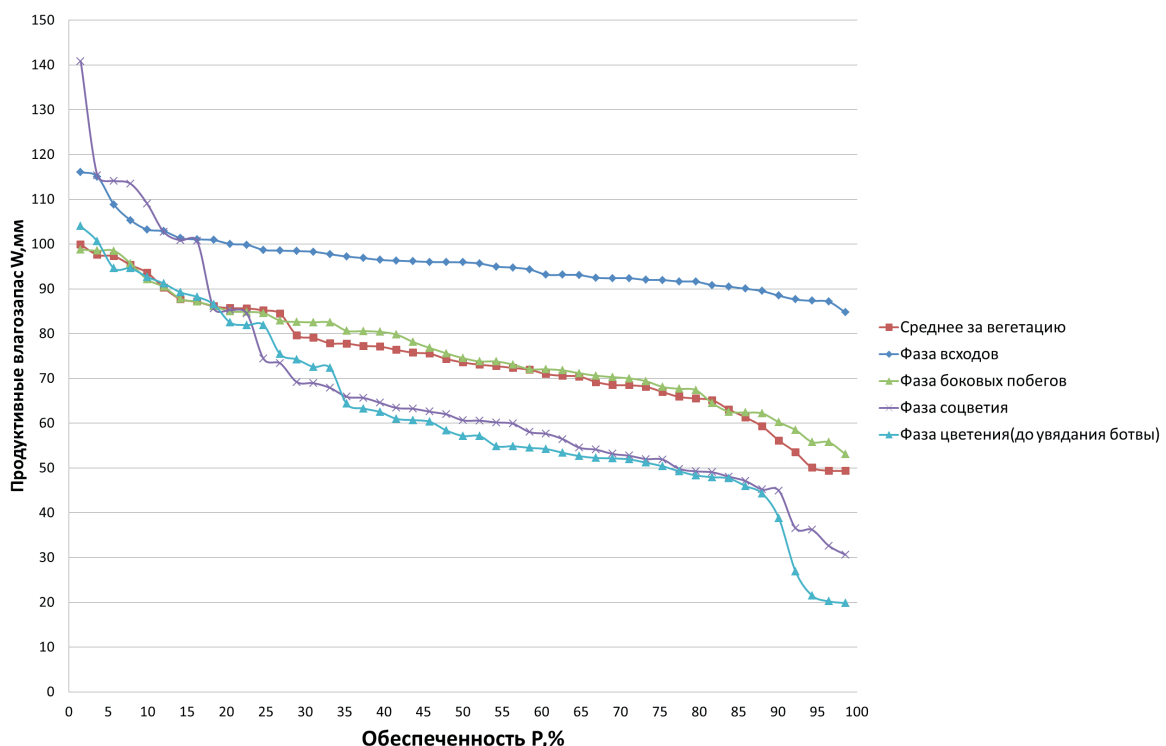


Рис. 1. Обеспеченность продуктивных запасов влаги в слое почвы 0,5 м при возделывании картофеля

Для оценки необходимости водных мелиораций с целью регулирования влажности почвы в оптимальных пределах строится график плотности распределения продуктивных влагозапасов. При его построении ряды продуктивных влагозапасов разбивали с интервалом 5...10 мм

и определяли частоты повторений их значений в каждом интервале. Графики плотности статистического и теоретического распределения запасов продуктивной влаги по фазам развития и в целом за вегетационный период картофеля приведены на рисунке 2.

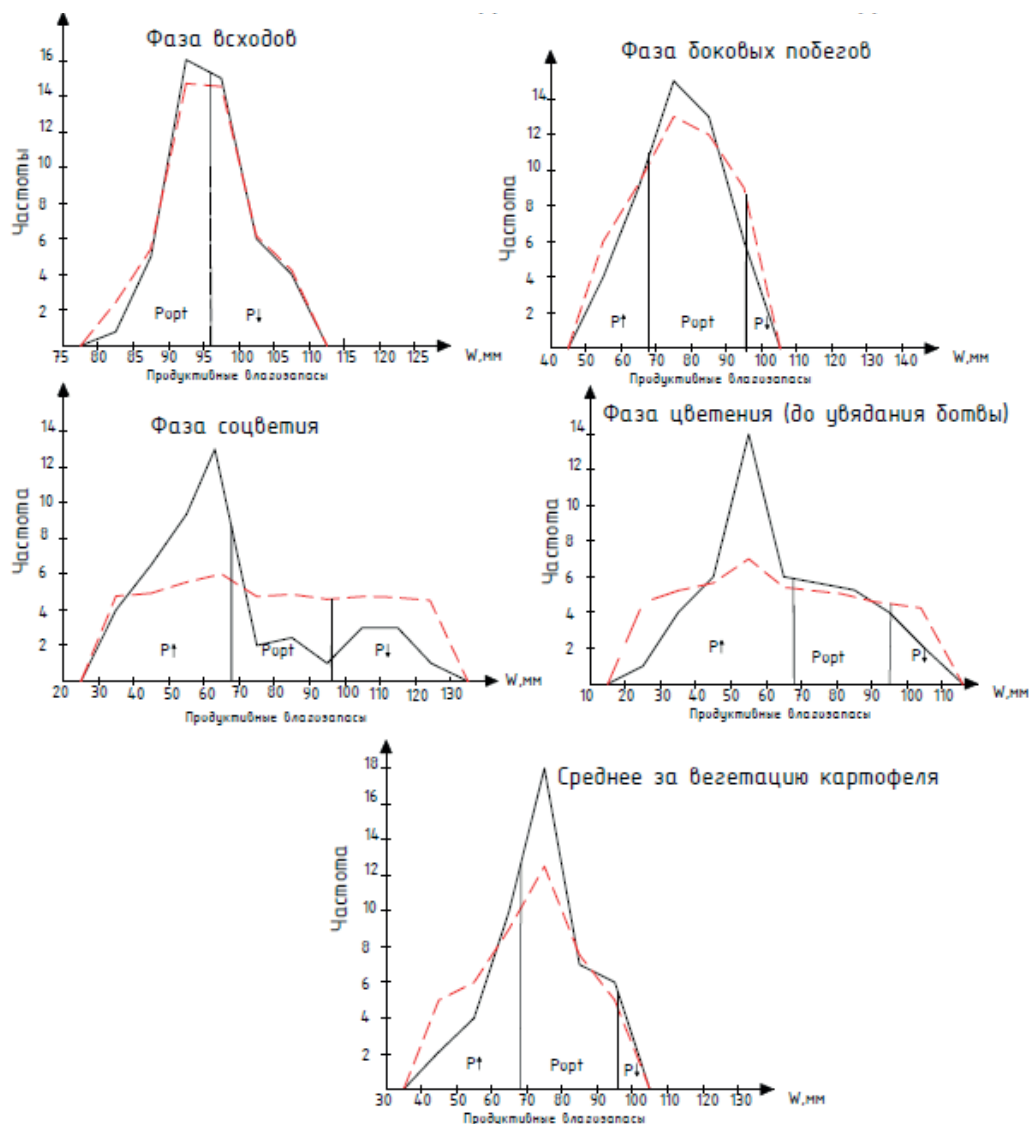


Рис. 2. Графики плотности распределения продуктивных влагозапасов при возделывании картофеля: — и - - - статистическая и теоретическая граница зон увлажнения; P↑-недостаточная (необходимость орошения) влажность почвы; Popt – оптимальная влажность почвы; P↓ – избыточная (необходимость осушения) влажность почвы

Теоретическую кривую (или кривую нормального распределения) строили с использованием формулы:

$$Y = \frac{N}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}},$$

где Y – ордината кривой; N – объем совокупности; σ – среднее квадратическое отклонение; x – отклонение от средней арифметической; e – основание натуральных логарифмов.

Для оценки нормальности статисти-

ческого распределения использовали λ критерий А. Н. Колмогорова, основанный на оценке наибольшей разности между накопленными частотами статистического и теоретического распределения:

$$\lambda = \frac{|D|}{\sqrt{N}},$$

где $|D|$ – максимальная абсолютная разность между накопленными частотами эмпирического и теоретического распределения.

Статистическое распределение признается несущественно отклоняющимся от нормального при $\lambda < 1,36...1,63$. Критерий А. Н. Колмогорова λ определялся для каждой фазы развития и в целом за вегетационный период картофеля. Расчеты показали, что в фазы всходов, образования боковых побегов, цветения (до увядания ботвы) и в целом за вегетационный период статистическое распределение продуктивных влагозапасов является нормальным (величина λ соответственно составила 0,23; 0,32; 0,64; 0,74). Только в фазу соцветия (2 декада июля) плотность статистического распределения существенно отличалась от теоретического ($\lambda = 1,87$). Это обусловлено тем, что вторая декада июля характеризуется высокой сухостью почвы при малом количестве продуктивных влагозапасов.

Вероятности необходимости регулирования продуктивных запасов влаги в почве определялись как площади под кривой распределения, ограниченные верхним и нижним пределами диапазона оптимальной влажности почвы (таблица).

Вероятность необходимости увлажнения и осушения по площадям (зонам) при статистическом и теоретическом распределении продуктивных влагозапасов

Вероятность распределения продуктивных влагозапасов по степени увлажнения	Площади (зоны) при нормальном распределении	Площади (зоны) при статистическом распределении	Разница	
			доли	проценты
Фаза всходов				
Оптимальное (Popt)	0,24	0,2	0,04	4
Избыточное (P↓w)	0,76	0,8	-0,04	4
Недостаточное(P↑w)				
Фаза боковых побегов				
Оптимальное (Popt)	0,64	0,69	-0,05	5
Избыточное (P↓w)	0,08	0,06	0,02	2
Недостаточное(P↑w)	0,28	0,25	0,03	3
Фаза соцветия				
Оптимальное (Popt)	0,28	0,17	0,11	11
Избыточное (P↓w)	0,31	0,16	0,15	15
Недостаточное(P↑w)	0,41	0,67	-0,26	26
Фаза цветения				
Оптимальное (Popt)	0,2	0,21	-0,01	1
Избыточное (P↓w)	0,21	0,17	0,04	4
Недостаточное(P↑w)	0,59	0,62	-0,03	3
Среднее за вегетацию				
Оптимальное (Popt)	0,6	0,69	-0,09	9
Избыточное (P↓w)	0,18	0,19	-0,01	1
Недостаточное(P↑w)	0,22	0,12	0,1	10

Из полученных данных следует, что площади при нормальном и статистическом распределении близки. В фазу всходов площадь (зона) вероятности оптимальных продуктивных влагозапасов

составляла 0,24 при нормальном распределении и 0,20 при статистическом, разница составляла 4 %, а площади, подлежащие осушению, составили 0,76 и 0,8 соответственно при нормальном и статистическом распределении при разнице 4 %.

В фазу образования боковых побегов площади с вероятностью оптимальных продуктивных влагозапасов составляли 0,64 с осушением 0,08 и орошением 0,28 при нормальном распределении, а при статистическом распределении соответственно 0,69; 0,06 и 0,25, при этом разница в площадях при нормальном и статистическом распределении не превышала 5 %. Иная картина в распределении площадей по зонам отмечалась в фазу соцветия. Здесь при статистическом распределении площадь с вероятностью оптимальных продуктивных влагозапасов составила 0,17, с избыточным увлажнением 0,16, с недостаточным увлажнением 0,67.

При нормальном распределении вероятность продуктивных влагозапасов при оптимальном и недостаточном увлажнении увеличилась по сравнению со статистическим распределением до 0,28 и 0,31, а с недостаточным увлажнением уменьшилась до 0,4. Разница между площадями при статистическом и теоретическом распределении была существенной, вероятность потребности в орошении при нормальном распределении снизилась на 26 %.

В фазу цветения площади при статистическом распределении составили 0,21; 0,17 и 0,62 соответственно для зон оптимального, избыточного и недостаточного увлажнения и отличались на 1...4 % от площадей, полученных при нормальном распределении.

В среднем за вегетацию картофеля площади при нормальном распределении составляли 0,6; 0,18 и 0,22 соответственно с оптимальными влагозапасами, зонами осушения и орошения, а при статистическом распределении эти показатели изменились соответственно до 0,69; 0,19 и 0,12. Для различных зон разница в площадях при статистическом и нормальном распределении варьировала в пределах от 1 до 10 %.

Следовательно, полученные данные показывают, что разница в площадях продуктивных влагозапасов при нормальном и статистическом распределении не превышает 10 % для фаз всходов, образования боковых побегов, цветения и в целом за вегетацию. В то же время в фазу соцветия площади при статистическом и нормальном распределениях

существенно изменялись по зонам от 11 до 26 %. Анализ результатов плотности распределения продуктивных запасов в почве свидетельствует о том, что в фазу всходов возникает необходимость только в проведении осушительных мелиораций. В фазы соцветия и цветения преимущественно преобладает орошение над осушением. В фазу боковых побегов и в целом за вегетационный период выделяются зоны вероятности орошения и осушения наряду с наличием оптимального диапазона продуктивной влаги. Таким образом, возделывание картофеля без проведения водных мелиораций во всех фазах развития с большой вероятностью приведет к снижению продуктивности картофеля.

Анализ площадей при статистическом анализе продуктивных запасов влаги в почве за вегетационный период картофеля показывают, что в рассматриваемых условиях при возделывании картофеля на дерново-подзолистых почвах вероятность потребности осушения составляет 19 %,

необходимости оросительных мелиораций 12 %, вероятность оптимальных продуктивных запасов влаги в почве составляет 69 %. При нормальном распределении эти показатели соответственно составили 18, 22 и 60 %.

Оценка зависимости относительной урожайности картофеля от агроклиматических ресурсов центра Московской области проведена нами с помощью биоклиматического метода В. В. Шабанова [7] по почвенным влагозапасам за каждую декаду, по фазам развития (рис. 3) и в целом за вегетационный период. В фазу всходов диапазон оптимальной продуктивной влаги находится в пределах от 75...80 до 110...115 мм. В последующие декады пределы оптимальной продуктивной влаги в почве изменяются от 38...48 до 77...84 мм. За вегетационный период оптимальный диапазон регулирования продуктивных влагозапасов находится в пределах от 64 до 98 мм (при оптимальном значении 80,6 мм).

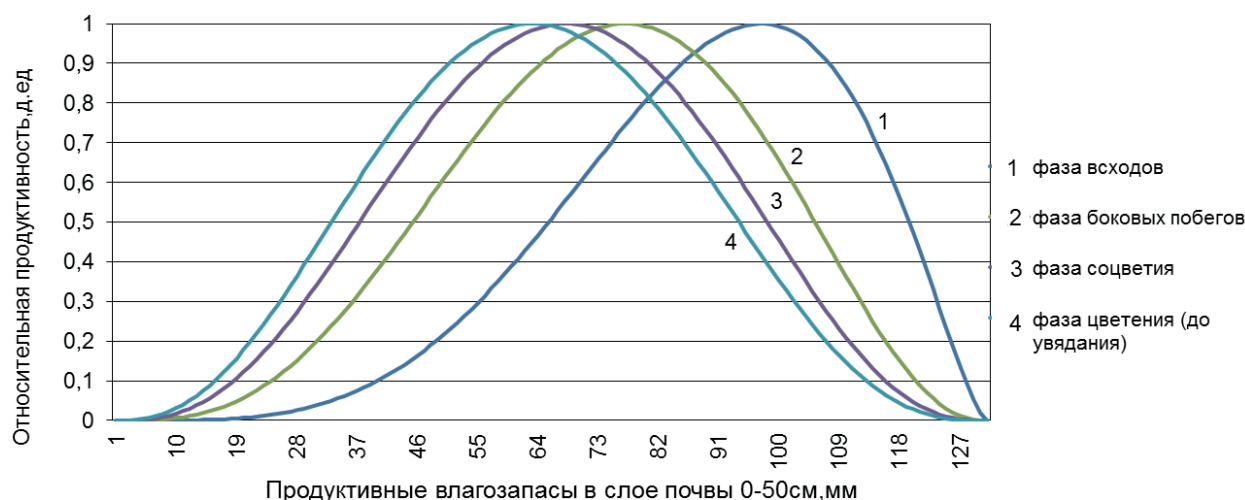


Рис. 3. Зависимость относительной урожайности картофеля от продуктивных влагозапасов почвы по фазам развития картофеля

По интегральной кривой распределения продуктивных влагозапасов в слое почвы 0...50 см в среднем за вегетационный период вероятность необходимости орошения составила 0,21, а вероятность осушения – 0,06.

Вероятности необходимости орошения и осушения, кроме второй декады июля, можно рассчитать по формулам [7]:

$$P_{\text{ор}} = \Phi^* \left(\frac{W' - W_{\text{ср}}}{\sigma_w} \right); \quad P_{\text{осу}} = 1 - \Phi^* \left(\frac{W'' - W_{\text{ср}}}{\sigma_w} \right).$$

Вероятность наступления оптималь-

ных условий можно определить [7]:

$$P_w = \left[\Phi^* \left(\frac{W'' - W_{\text{ср}}}{\sigma_w} \right) - \Phi^* \left(\frac{W' - W_{\text{ср}}}{\sigma_w} \right) \right].$$

По 47-летним метеонаблюдениям также построена и проанализирована функция зависимости продуктивности растений картофеля от температуры воздуха по уравнению:

$$S_t = \left(\frac{\theta}{\theta_{\text{оп}} U} \right)^{\gamma_t \theta_{\text{оп}}} \left(\frac{1 - \theta}{1 - \theta_{\text{оп}}} \right)^{\gamma_t (1 - \theta_{\text{оп}})},$$

где S_t – относительная продуктивность;

θ – относительная температура; γ_t – коэффициент саморегуляции растений в температурных условиях; t_{opt} – оптимальное значение температуры;

$$\theta = \frac{t - t_{min}}{t_{max} - t_{min}}; \quad \theta = \frac{t_{opt} - t_{min}}{t_{max} - t_{min}}$$

Для построения зависимостей относительной продуктивности растений картофеля от температур воздуха были использованы значения параметров $t_{min} = 6,3$ °С, $t_{opt} = 18,8$ °С, $t_{max} = 24$ °С, $\gamma_t = 0,62$. При уровне плановой продуктивности $S_{пл} = 0,8$ определялся диапазон регулирования температуры воздуха в течение вегетационного периода и по фазам развития картофеля (рис. 4). Установлено, что

распределение температуры воздуха в течение вегетационного периода картофеля подчиняется закону нормального распределения. Нижний диапазон оптимальной температуры воздуха находится в пределах 15,1...15,9 °С. Максимальные значения оптимальной температуры воздуха находятся в диапазоне 19,2...20,8 °С (19,2 °С – фаза всходов; 19,7 °С – фаза цветения; 20,1 °С – фаза боковых побегов; 20,8 °С – фаза соцветия). В среднем за вегетационный период картофеля при уровне плановой продуктивности 0,8 оптимальные температуры воздуха за вегетационный период находятся в диапазоне от 16,2 до 21,0 °С.

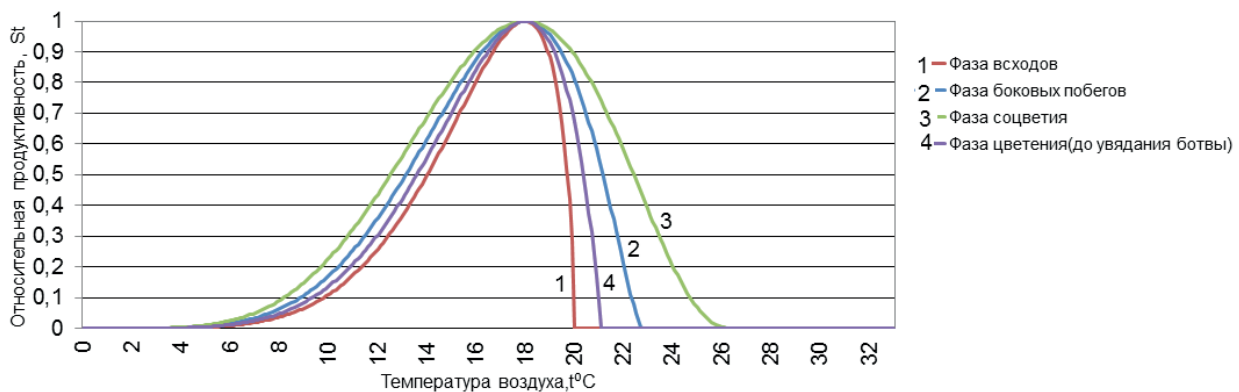


Рис. 4. Зависимость относительной продуктивности от температуры воздуха по фазам развития картофеля

Выводы

Продуктивные запасы влаги в слое почвы 0...50 см под картофелем, просчитанные по декадам вегетации за многолетний период 47 лет (1966–2012 гг.) по уравнению водного баланса, на начало вегетационного периода составляют 92...118 мм, диапазон допустимых влагозапасов 62...96 мм.

Статистическая обработка рядов продуктивных влагозапасов матричным методом позволила определить законы распределения и изменение запасов влаги во времени. В целом за вегетационный период вероятность оптимального диапазона 70...90 мм составляет 33 %, пределов 50...70 мм – 39 %, а 90...110 мм – 52 %.

Плотность распределения величин продуктивных запасов влаги в почве показывает, что в фазу всходов возникает необходимость в проведении осушительных мелиораций. В фазы соцветия и цветения преобладает орошение. В фазу боковых побегов и в целом за вегетационный период в многолетнем ряду наблюдаются зоны с

оптимальным диапазоном продуктивной влаги, а также необходимостью орошения и осушения. Возделывание картофеля без проведения водных мелиораций во всех фазах развития с большой вероятностью приведет к снижению урожайности картофеля.

Интегрированная функция нормального распределения продуктивных влагозапасов за вегетационный период картофеля в условиях г. Москвы и пригорода на дерново-подзолистых почвах показывает, что вероятность необходимости орошения по относительной продуктивности согласно интегральной кривой распределения продуктивных влагозапасов составляет 21 %, осушения 6 %, оптимального уровня продуктивных запасов влаги под картофелем 73 %. По площадям при статистическом распределении зоны с вероятностью орошения составляют 12 %, осушения – 19 %, с оптимальными запасами продуктивной влаги – 69 %

Оптимальные температуры воздуха за вегетационный период для получения

высокой относительной продуктивности картофеля находятся в диапазоне 16,2...21,0 °С.

Библиографический список

1. Варчева С. Е. Метод расчета динамики влагозапасов почвы для системы круглогодичного агрометеорологического мониторинга // Известия Самарского научного центра РАН. – 2009. – Т. 11. – № 1(7). – С. 1642–1648.

2. Вериго С. А., Разумова Л. А. Почвенная влага и ее значение в сельском хозяйстве. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 289 с.

3. Давитая Ф. Ф. Прогноз обеспеченности теплом и некоторые проблемы сезонного развития природы. – М.: Гидрометеиздат, 1965. – 123 с.

4. Добрачев Ю. П. Теория и технология управления орошением на основе эколого-физиологических моделей: дис. ... д-ра техн. наук. – М., 1998. – 255 с.

5. Поддубский А. А. Оценка природной влагообеспеченности Московской области // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. – 2015. – № 2. – С. 45–50.

6. Поддубский А. А., Шуравилин А. В. Прогноз урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от природной влагообеспеченности в условиях Московской области // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2015. – № 2(23). – С. 15–17.

7. Шабанов В. В. Биоклиматическое обоснование мелиораций. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 165 с.

8. Шабанов В. В., Никольский Ю. Н.

Расчет проектной урожайности в зависимости от водного режима мелиорируемых земель // Гидротехника и мелиорация. – 1986. – № 9.

Материал поступил в редакцию 15.03.2016.

Сведения об авторах

Шуравилин Анатолий Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор агроинженерного департамента; Аграрно-технологический институт Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов»; 117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 8/2; тел.: 8(495)334-11-73.

Поддубский Антон Александрович, аспирант агроинженерного департамента; Аграрно-технологический институт Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов»; 117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, 8/2; тел.: 8(926)816-21-56; e-mail: a.poddubsky@mail.ru.

Сурикова Наталья Вячеславовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Сельскохозяйственное строительство и архитектура» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127550, Россия, Москва, ул. Прянишникова, 19; тел.: 8(499)976-01-16; e-mail: gushin1963@bk.ru.

A. V. SHURAVILIN, A. A. PODDUBSKY

The Federal state autonomous budget educational institution of higher education «The Russian University of Peoples' Friendship», Moscow

N. V. SURIKOVA

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University», Moscow

FORECAST OF MOISTURE PRODUCTIVE RESERVES IN SOIL AND RELATIVE POTATO PRODUCTION FOR THE CONDITIONS OF MOSCOW AND SUBURBS

Regulation of the soil water regime for obtaining planned yields of agricultural crops is based on determination of productive moisture reserves in the rated soil layer. It is possible to most reliably determine moisture reserves by means of experimental statistical series which should be considered as a realization of the theoretical distribution, however there are no practically long-term reliable observations for moisture stocks in soil. There is proposed a methodology of using long-term meteorological observations for the forecast of productive moisture reserves in the soil and relative productivity of agricultural crops

based on the example of potatoes. The article gives materials of calculations of productive moisture supplies in the sod-podzol loamy soil for the period of 47 years (1966–2012 years) of observations of the BDNH meteorological station and there are assessed probabilities of the appearance of conditions of optimal, arid and excessive moistening on the decades periods, phases of development and as a whole for the vegetation based on the example of potatoes, and also probabilistic estimations of the expected relative productivity of potatoes depending on moisture supplies and temperatures. The balance equation is used with empiric coefficients according to V. V. Shabanov's data. On the whole for the vegetation potato period the possibility of the optimal diapason of moisture reserves 70...90 mm was 33 %, diapason 50...70 mm – 39 %, 90...110 mm – 52 %. In Moscow and suburbs on the pod-podzol soils the probability of the necessity of potato irrigation was 21 %, drainage – 6 %, probability of the optimal level of productive moisture reserves under potato was 73 %. Optimal air temperatures for the vegetation period for receiving a high relative productivity of potato was in the range of 16.2...21.0 °C.

Moscow and suburbs, potato, moisture reserves of soil, temperature of air, relative productivity of potato.

References

1. Varcheva S. E. Metod rascheta dinamiki vlagozapasov pochvy dlya sistemy kruglogodichnogo agrometeorologicheskogo monitoringa //Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. – 2009. – T. 11. – № 1(7). – S. 1642–1648.

2. Verigo S. A., Razumova L. A. Pochvennaya vlaga i ee znachenie v seljskom hozyajstve. – L.: Gidrometeoizdat, 1963. – 289 s.

3. Davitaya F. F. Prognoz obespechennosti teplom i nekotorye problemy sezonnogo razvitiya prirody. Прогноз обеспеченности теплом и некоторые проблемы сезонного развития природы. – М.: Gidrometeoizdat, 1965. – 123 s.

4. Dobrachev Yu. P. Teoriya i tehnologiya upravleniya orosheniem na osnove ekologo-fiziologicheskikh modelej: dis...d-ra tehn. nauk. – М., 1998. – 255 s.

5. Poddubsky A. A. Otsenka prirodnoj vlagooobespechennosti Moscovskoj oblasti // Vestnik Rossijskogo univesiteta družby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo. – 2015. – № 2. – S. 45–50.

6. Poddubsky A. A., Shuravilin A. V. Prognoz urozhainosti seljskohozyajstvennyh culjtur v zavisimosti ot prirodnoj vlagooobespechennosti v usloviyah Moscovskoj oblasti // Teoreticheskie i prikladnye problem agropromyshlennogo kompleksa. – 2015. – № 2(23). – S. 15–17.

7. Shabanov V. V. Bioclimaticheskoye obosnovaniye melioratsij. – L.: Gidrometeoizdat, 1973. – 165 s.

8. Shabanov V. V., Nikoljsky Yu. N. Raschet projectnoj urozhainosti v zavisimosti ot vodnogo rezhima melioriruemyh zemelj // Gidrotehnika i melioratsiya. – 1986. – № 9.

Received on 15.03.2016.

Information about the authors

Shuravilin Anatolij Vasiljevich, doctor of agricultural sciences, professor of the agro engineering department; Agro-technological institute of The Federal state budget educational institution of higher education «The Russian university of Peoples' Friendship»; 117198, Russia, Moscow, ul. Miklukho-Maklaya, 8/2; Tel.: 8(495)334-11-73.

Poddubsky Anton Alexandrovich, post graduate student of the agro engineering department; Agro-technological institute of The Federal state budget educational institution of higher education «The Russian university of Peoples' Friendship»; 117198, Russia, Moscow, ul. Miklukho-Maklaya, 8/2; Tel.: 8(926)816-21-56; e-mail: a.poddubsky@mail.ru.

Surikova Natalja Vyacheslavovna, candidate of agricultural sciences, associate professor of the chair «Agricultural building and architecture» of Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Russian Timiryazev State Agrarian University»; 127550, Russia, Moscow, ul. Pryanishnikova, 19; tel.: 8(499)976-01-16; e-mail: gushin1963@bk.ru.