

## ГИДРОТЕРМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЕВ КАРТОФЕЛЯ НА КОЛЬСКОМ СЕВЕРЕ

**В.И. Костюк**

Полярно-альпийский ботанический сад-институт  
Кольского научного центра РАН (г. Апатиты, Россия)  
vikos47@mail.ru

**Аннотация.** Мурманская область, входящая в зону холодного и гумидного климата Фенноскандии, характеризуется неблагоприятными условиями для выращивания картофеля. Приведены результаты системного анализа кооперативного влияния температуры воздуха и атмосферных осадков на продуктивность данной культуры. Показано, что формирование урожая картофеля за полярным кругом осуществляется в условиях своеобразного сочетания метеорологических условий – сравнительно низких температур воздуха в период вегетации растений и большого количества атмосферных осадков.

**Ключевые слова:** урожайность, гидротермические условия, системный подход.

## HYDROTHERMAL CONDITIONS FOR THE FORMATION OF POTATO YIELDS IN THE KOLA NORTH

**V.I. Kostyuk**

Polar-alpine botanical garden-institute  
Kola scientific centre of RAS, Apatity, Russia)

**Annotation.** Murmansk region within the area of cold and humid climate Fennoscandia is characterized by unfavorable conditions for the cultivation of potatoes. The results of the system analysis of the cooperative influence of air temperature and atmospheric precipitation on the productivity of the crop are given. It is shown that the formation of potato yields in the Arctic Circle is performed under a peculiar combination of meteorological conditions - a relatively low air temperatures during the growing season and a lot of precipitation.

**Keywords:** productivity, hydrothermal conditions, system approach.

**М**урманская область, входящая в зону холодного и гумидного климата Восточной Фенноскандии, характеризуется неблагоприятными условиями для выращивания картофеля. Лето здесь сравнительно прохладное и короткое – период вегетации культурных растений длится со второй декады июня до конца августа. Так, например, на широте г. Апатиты ( $\approx 67^\circ$  с.ш.) средняя температура воздуха в июне составляет всего 9.2, июле - 13.5 и августе - 11.8°C. Период с температурой выше 10°C составляет 76 сут. За июнь-август выпадает около 170 мм атмосферных осадков (июнь - 49, июль - 58, август - 62 мм), однако в отдельные летние месяцы при дефиците осадков возможно возникновение специфической "полярной засухи", длящейся иногда до 3-4 недель [4].

Целью данной работы было изучение влияния температуры воздуха и атмосферных осадков

на продуктивность картофеля на основе системного подхода. Статистическую обработку первичных данных осуществляли с применением программы STATISTICA v.8.0 [3].

Для анализа использовали результаты 22-летних агроэкологических наблюдений за формированием урожая картофеля сорта Хибинский ранний на коллекционных питомниках Полярной опытной станции ВИРа (г. Апатиты). Картофель высаживался на участках с хорошо окультуренной старопашотной почвой в интервале с 25 мая по 5 июня. Перед посадкой под картофель вносилось 60-70 т/га навоза в сочетании с комплексными минеральными удобрениями, которые применялись в дозах N80-90 P80-90 K80-90 кг д.в./га. Уборка картофеля производилась с 25 августа по 10 сентября.

Данные о среднемесячных температурах июня, июля и августа, а также о количестве атмосферных

осадков, выпадающих в эти месяцы, были предоставлены Апатитской гидрометеорологической станцией Мурманского управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Урожайность картофеля за годы наблюдений колебалась в довольно широком диапазоне – от 2.4 до 4.6 кг/м<sup>2</sup> (средний многолетний уровень данного показателя составил 3.3 кг/м<sup>2</sup>). Усредненная за три летних месяца температура воздуха изменялась по годам от 10.0 до 14.0°C (среднее многолетнее значение – 11.9°C). Сумма атмосферных осадков за период вегетации растений картофеля варьировала в пределах 94 - 278 мм (среднее значение – 178 мм). Между многолетними колебаниями температуры воздуха и сумм осадков наблюдалась отрицательная корреляция –  $r = -0.20$ ,  $P = 0.37$ .

Урожайность картофеля положительно (хотя и умеренно) коррелировала с температурой воздуха в период вегетации растений ( $r = 0.25$ ,  $P = 0.26$ ), тогда как ее связь с количеством осадков была нулевой ( $r = 0.002$ ). Отсутствие последней корреляции вызывает вопросы, поскольку картофель относится к культурам весьма требовательным к условиям водообеспечения [2].

Разобраться в структуре связей между обсуждаемыми показателями позволяет факторный анализ результативных данных за 22 года наблюдений (табл. 1). При данном подходе в общем пуле вариаций урожайности картофеля и метеофакторов выделились две главные компоненты. Полученные результаты показывают, что урожайность картофеля в большей степени зависела от температурных условий вегетационного периода, чем от количества выпадающих осадков.

Однако следует подчеркнуть, что значительная часть вариаций температурного фактора (по величине факторных нагрузок) вошла также в структуру второй главной компоненты, появление которой было связано с доминирующим влиянием на хозяйственную продуктивность картофеля фактора обеспеченности растений влагой. Доля второй компоненты в общем пуле вариаций триады рассматриваемых показателей (77%) оказалась довольно существенной – 33%.

Таблица 1

**Результаты факторного анализа  
исходных данных с использованием  
метода главных компонент  
(способ вращения осей –  
варимакс нормализованный)**

| Показатели                   | Главные компоненты |        |
|------------------------------|--------------------|--------|
|                              | F1                 | F2     |
| Урожайность картофеля        | 0.88*              | -0.16  |
| Осадки                       | 0.02               | -0.93* |
| Температура воздуха          | 0.67               | 0.46   |
| Собственное значение вектора | 1.32               | 1.00   |
| Доля общей дисперсии, %      | 43.9               | 33.4   |

Примечания. 1) Звездочкой отмечены наиболее существенные факторные нагрузки, превышающие по модулю 0.7; 2) Собственные значения векторов и доли общей дисперсии относятся к ситуации до вращения осей.

Данное обстоятельство указывает на сопряженный характер влияния двух метеофакторов на урожайность картофеля. Достаточно высокий уровень объяснения общей вариации показателей двумя главными компонентами (77%) свидетельствует о том, что урожайность картофеля в годы исследований в значительной степени зависела именно от погодных условий.

На следующем аналитическом этапе многолетний ряд урожайности картофеля с помощью кластерного анализа был разбит на две статистически однородные группы – “низкие” и “высокие” урожаи. В группу с низкой урожайностью картофеля вошли данные за 15 лет наблюдений, а в группу с высокой урожайностью – за 7 лет (табл. 2).

Различие между группами по урожайности картофеля оказалось почти полтора кратным. В годы с высоким выходом урожая товарных клубней с единицы площади агроценоза потребность растений картофеля в ресурсах тепла была повышенной (11.5→12.8°C), а в обеспеченности водными ресурсами - относительно пониженной (181→172 мм).

## Результаты кластер-анализа структуры урожайности картофеля за 22 года наблюдений

| Категория урожая | Урожайность, кг/м <sup>2</sup> |         | Температура воздуха, °С |          | Сумма осадков, мм |        |
|------------------|--------------------------------|---------|-------------------------|----------|-------------------|--------|
|                  | R                              | X ± SE  | R                       | X ± SE   | R                 | X ± SE |
| Низкий           | 2.4-3.4                        | 2.8±0.1 | 10.0-15.2               | 11.5±0.4 | 127-278           | 181±13 |
| Высокий          | 3.8-4.6                        | 4.3±0.1 | 11.3-14.0               | 12.8±0.4 | 94-256            | 172±22 |

Примечания. R - абсолютный размах колебаний показателя; X ± SE – средняя арифметическая и ее стандартная ошибка.

В группе с низкой урожайностью картофеля статистическая связь данного показателя с количеством атмосферных осадков имела отрицательный характер ( $r = -0.39$ ,  $P = 0.15$ ), а с температурными условиями она была практически нулевой ( $r = 0.04$ ,  $P = 0.90$ ).

В те годы, когда достигалась максимальная урожайность картофеля, предпочтительное сочетание метеофакторов для данной культуры приобретало несколько иные очертания. В эти годы отрицательная корреляция урожайности картофеля с осадками ослабевала ( $r = -0.22$ ,  $P = 0.63$ ) и одновременно возрастала ее положительная связь с температурными условиями вегетационного периода ( $r = 0.48$ ,  $P = 0.28$ ). В наиболее благоприятные по агрометеорологическим условиям годы, когда средняя летняя температура воздуха составляла 13-14°C, а количество атмосферных осадков было на уровне 200-260 мм, урожайность картофеля сорта Хибинский ранний на опытных участках Полярной опытной станции ВИРа достигала максимально высокого уровня - 4.4-4.6 кг/м<sup>2</sup>.

Более точный подбор оптимального сочетания количественных уровней рассматриваемых метеофакторов для формирования максимального урожая картофеля является неординарной задачей.

Для выявления зависимости результативного показателя от сопряженных вариаций двух рассматриваемых метеорологических факторов нами использовался модуль STATISTICA Automated

Neural Networks (автоматические нейронные сети), входящий в комплекс Data Mining Analyses (добыча данных). Искомая связь описывалась с помощью нейросетей в виде многослойных перцептронов и радиальных базисных функций. Качество аппроксимации нейронными сетями зависимости отклика от метеорологических величин оказалось достаточно высоким -  $r = 0.98-0.99$ . Всего было построено 10 нейронных сетей с разной архитектурой.

С помощью данных сетей был выполнен поиск наилучшего сочетания количественных уровней метеофакторов, необходимого для формирования максимального урожая картофеля. С этой целью использовался модуль Response Optimization for Data Mining Models (оптимизация отклика для моделей добычи данных), в который загружали XML-файлы нейронных сетей.

Процедуру многофакторной оптимизации выполняли с использованием симплекс-метода. Стартовые условия для начала работы алгоритма – значения средних уровней управляющих факторов (табл. 2). Тип использованной оптимизации – поиск максимального значения отклика (4.6 кг/м<sup>2</sup>).

На основе применения симплекс-метода установлено, что для формирования максимального урожая картофеля в центральной части Кольского полуострова наиболее благоприятным является такое соотношение значений метеорологических величин: температура воздуха - 11.8-12.1°C, количество атмосферных осадков - 166-182 мм.

Резюмируя изложенный материал, следует еще раз подчеркнуть, что формирование урожая картофеля в Мурманской области осуществляется в усло-

виях своеобразного сочетания метеорологических факторов – сравнительно низких температур воздуха в период вегетации растений и повышенного количества атмосферных осадков. Поэтому гидротермический коэффициент Селянинова на широте, например, г. Апатиты достигает 1.6-1.8 [1], что позволяет отнести этот регион к территориям с высоким естественным уровнем влагообеспеченности. На таком “анализирующем фоне” хорошо проявляется специфика реакции данной культуры на экстремальные метеоусловия. Для “северного” картофеля метеоро-

логической доминантой являются тепловые ресурсы региона.

Данная работа позволяет получить общее представление о погодно-климатических сложностях выращивания картофеля на Кольском Севере. С другой стороны, достаточно высокая урожайность рассматриваемой культуры за полярным кругом нацеливает на увеличение доли собственного картофеля в общем объеме потребления продуктов питания местным населением, что крайне важно для обеспечения продовольственной безопасности региона.

### Список литературы

1. Костюк В.И. Агроэкологические основы продуктивности картофеля на Кольском полуострове. - Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 1994. - 142 с.
2. Полевой А.Н. Агрометеорологические условия и продуктивность картофеля в Нечерноземье. - Л.: Гидрометеоиздат, 1978. - 118 с.
3. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. - М.: ООО “Бином-Пресс”, 2008. - 512 с.
4. Яковлев Б.А. Климат Мурманской области. - Мурманск: Мурманское кн. изд-во, 1961. - 200 с.