

**МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ ЯБЛОНИ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОЧВЕННЫХ УСЛОВИЙ СЕВЕРА
ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА****METHOD OF FORECASTING THE YIELD OF APPLE TREES DEPENDING
ON THE SOIL CONDITIONS OF THE NORTH OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION**

Ключевые слова: яблоня, почвенные параметры, прогноз урожайности, тип почвы.

Установлены следующие параметры почв, которые определяют уровень урожайности яблони: агрохимические: pH_{KCl} , гидролитическая кислотность, сумма обменных оснований, азот щелочногидролизуемый, азот легкогидролизуемый, фосфор подвижный, калий обменный, содержание гумуса, степень минерализации грунтовых вод; морфологические: мощность гумусового горизонта (A+B₁), мощность корнеобитаемого слоя, глубина карбонатов, глубина оглеения, глубина грунтовых вод, глубина залегания водорастворимых солей; физические: плотность почвы, содержание мезоагрегатов (0,25-10 мм), содержание физической глины (<0,01 мм); водно-физические: гигроскопическая влажность, максимальная гигроскопическая влажность, капиллярная влагоёмкость, наименьшая влагоёмкость, запасы продуктивной влаги, коэффициент водопрочности; орографические: крутизна склона, экспозиция склона. Разработана методика прогнозирования урожайности яблони для типов почв северной части ЦЧР, которая базируется на агрохимических, морфологических, водно-физических, орографических параметрах почв и учитывает силу роста подвоя. Методика показывает диапазон ожидаемой среднесуточной урожайности яблони в период полного плодоношения без применения удобрений. Согласно разработанной программе самая высокая урожайность яблони на полукарликовых подвоях (на примере 62-396) будет ожидать на чернозёмах типичных, на среднерослых подвоях (на примере 54-118) – на чернозёмах выщелоченных, оподзоленных и тёмно-серых лесных почвах, на

сильнорослых (на примере семечкового) – на чернозёмах оподзоленных и тёмно-серых лесных почвах.

Keywords: apple tree, soil indices, yield forecast, soil type.

The following soil indices that determine the level of apple tree yield have been determined: agrochemical indices: pH_{KCl} , hydrolytic acidity, total exchangeable bases, alkali-hydrolyzable nitrogen, easily-hydrolyzable nitrogen, mobile phosphorus, exchangeable potassium, humus content, and ground water mineralization; morphological indices: humus horizon thickness (A + B₁), root layer thickness, carbonate depth, gleying depth, ground water depth, water-soluble salt depth; physical indices: soil density, mesoaggregate content (0.25-10 mm), physical clay content (< 0.01 mm); water-physical indices: hygroscopic moisture, maximum hygroscopic content, capillary moisture capacity, minimum water capacity, available moisture, water stability coefficient; orographic indices: slope steepness and slope exposure. A method for predicting apple tree yield for soil types in the northern part of the Central Chernozem Region has been developed; the method is based on the agrochemical, morphological, water-physical, and orographic soil indices and takes into account the rootstock vigor. The method shows the range of the expected average annual yield of apple trees during the period of full fruiting without fertilizer application. According to the developed software, the highest yield of apple trees on semi-dwarf rootstock (using the example of 62-396) will be expected on typical chernozems; on medium-sized rootstock (54-118) - on leached chernozems, podzolized and dark gray forest soils; on strong-growing rootstock (pomaceous) - on podzolized chernozems and dark gray forest soils.

Захаров Вячеслав Леонидович, к.с.-х.н., доцент, Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, г. Елец, Российская Федерация, e-mail: zakharov7979@mail.ru.

Зубкова Татьяна Владимировна, к.с.-х.н., доцент, Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, г. Елец, Российская Федерация, e-mail: ZubkovaTanua@yandex.ru.

Zakharov Vyacheslav Leonidovich, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Bunin Yelets State University, Yelets, Russian Federation, e-mail: zakharov7979@mail.ru.

Zubkova Tatyana Vladimirovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Bunin Yelets State University, Yelets, Russian Federation, e-mail: ZubkovaTanua@yandex.ru.

Введение

В современном садоводстве имеется опыт прогнозирования урожайности яблони на основе

цифровой камеры, закреплённой на раме трактора, которая фиксирует количество завязавшихся плодов на примере сортов Голден Дели-

шес, Брейберн [1], Гала [2]. В Германии и Латвии предложено моделирование урожайности яблони на основе площади поперечного сечения штамба и плотности посадки деревьев [3]. В Бельгии предложено прогнозирование урожайности яблони по проценту репродуктивных почек на разных плодовых образованиях. Чем выше эти образования на дереве, тем больше урожайность [4]. Для условий ЦЧР в садоводстве ещё не была разработана научно обоснованная модель прогнозирования урожайности яблони, в которой бы учитывалась сила роста подвоя и все те почвенные параметры, которые положены в основу бонитировки почв. Для создания такой модели необходимо установить корреляционные связи между урожайностью плодов и диапазоном почвенных свойств. Например, известно, что электропроводность почвы тесно коррелирует с урожайностью яблони ($r=0,94$) [5].

Целью исследований было разработать методику прогнозирования урожайности плодов яблони на подвоях разной силы роста в зависимости от почвенных параметров.

Задачи исследований: провести агрохимический анализ почв в плодовых хозяйствах Липецкой и Тамбовской областей, бонитировку почв, учёт урожайности яблони в тех же хозяйствах на кварталах, где не применялись удобрения, корреляционный анализ между почвенными параметрами и урожайностью плодов яблони, разработать методику прогнозирования урожайности яблони на основе почвенных свойств, оцифровать методику в виде программы для ЭВМ.

Объекты и методы

Полевые исследования проводились в 2004-2019 гг. в промышленных насаждениях яблони в возрасте полного плодоношения в Липецкой (2 хозяйства) и Тамбовской областях (8 хозяйств). Система содержания междурядий – чёрный пар. Подвои: 62-396, 54-118 и семечковый. Сорта яблони: Мелба, Мантет, Первенец, синап Орловский, северный синап, Лобо, Жигулевское, Уэлси, Пепин шафранный, Веняминовское, Строевское, Богатырь, Победа, Антоновка обыкновенная, Беркутовское. Схемы размещения деревьев: 5x3, 6x4, 6x8 м. На каждом из рассматриваемых типов почв было по 24 учетных дерева (по 6 в блоке). Число блоков – 4. Расположение блоков – рендомизированное. Учёты урожая проводили по методическим указаниям Ю.А. Маркова [6]. Агрохимические

анализы почвы выполнены в научно-исследовательской агрохимической лаборатории Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина по инструкции ЦИНАО [7]. Бонитировка почв проводилась по методике Ф.Я. Гаврилук [8].

Экспериментальная часть

После агрохимических анализов мы проводили корреляционный анализ каждого почвенного параметра в слое 10-200 см и урожайности яблони. По сортам на подвое 62-396 установлено, что урожайность увеличивается с увеличением суммы обменных оснований ($r=0,74$), ёмкости поглощения ($r=0,73$), степени насыщенности основаниями ($r=0,6$), значения pH_{KCl} ($r=0,8$), капиллярной влагоёмкости ($r=0,77$), щелочно-гидролизуемого азота ($r=0,83$), легкогидролизуемого азота ($r=0,6$), обменного калия ($r=0,52$) и бонитета ($r=0,52$). Урожайность сортов на этом подвое также возрастала при уменьшении плотности почвы ($r=-0,6$) и с уменьшением глубины карбонатов ($r=-0,6$).

По сортам, привитым на подвое 54-118 установлено, что урожайность увеличивается при увеличении суммы обменных оснований ($r=0,55$), ёмкости поглощения ($r=0,51$), степени насыщенности основаниями ($r=0,74$), общей пористости ($r=0,62$), значения pH_{KCl} ($r=0,5$), гигроскопичности ($r=0,58$), агрономически ценных агрегатов ($r=0,6$), глубины грунтовых вод ($r=0,76$) и бонитета ($r=0,6$). Урожайность сортов на этом подвое также возрастала при уменьшении плотности почвы ($r=-0,55$) и её гидролитической кислотности ($r=-0,62$). Установлено, что чем глубже залегали карбонаты, тем выше была урожайность сортов яблони на семенных подвоях ($r=0,53$).

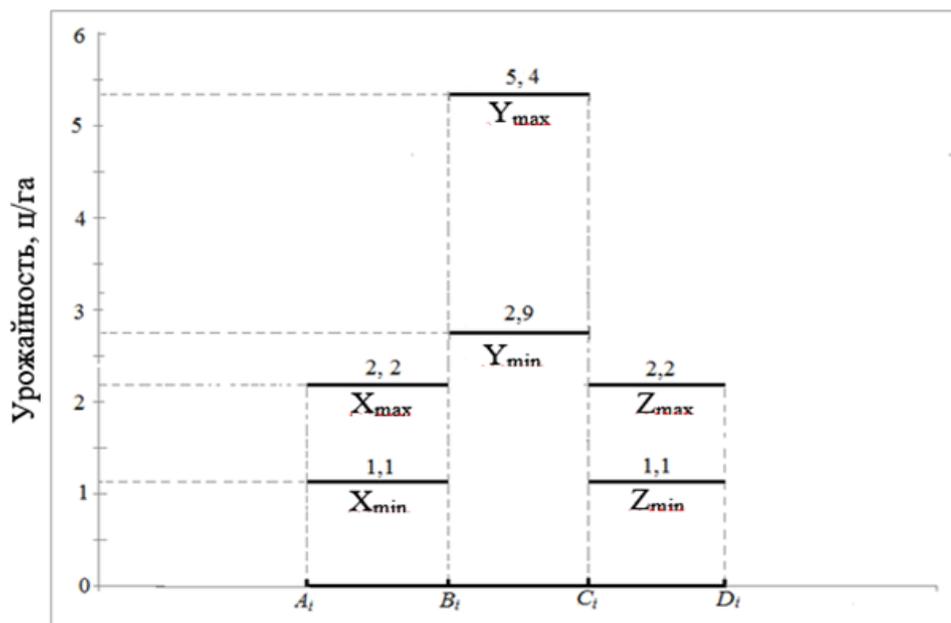
Результаты и их обсуждение

В результате 15-летних наблюдений за урожайностью яблони и анализов почв нами установлена взаимосвязь между интервалами почвенных параметров и урожайностью культуры в зависимости от силы роста выбранного подвоя при содержании междурядий под черным паром. Разработана, оцифрована и запатентована программа прогнозирования урожайности яблони в зависимости от почвенных параметров и выбранного подвоя (62-396, 54-118 и семенной) [9]. Таблично её можно выразить следующим образом (табл. 1).

Методика прогнозирования урожайности яблони по почвенным условиям

| Показатель | Подвой 62-396 | | Подвой 54-118 | | Семечковый подвой | |
|---|---------------|-----------|---------------|---------|-------------------|---------|
| | интервал | ц/га | интервал | ц/га | интервал | ц/га |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| pH _{KCl} | <5,4 | 1,1-2,2 | 3,0-5,0 | 1,3-2,5 | 3,0-4,3 | 1,3-2,5 |
| | 5,4-7,5 | 2,9-5,4 | 5,0-7,0 | 3,3-6,3 | 4,3-6,0 | 3,3-6,3 |
| | 7,5-10,0 | 1,1-2,2 | 7,0-10,0 | 1,3-2,5 | 6,0-10,0 | 1,3-2,5 |
| Гидролитическая кислотность, мг-экв | <0,3 | 1,1-2,2 | <1,0 | 1,3-2,5 | <2,5 | 1,3-2,5 |
| | 0,3-7,2 | 2,9 - 5,4 | 1,0-12,7 | 3,3-6,3 | 2,5-12,7 | 3,3-6,3 |
| | 7,2-15,0 | 1,1-2,2 | 12,7-15,0 | 1,3-2,5 | 12,7-15,0 | 1,3-2,5 |
| Сумма обменных оснований, мг-экв | 3,0-26,8 | 1,1-2,2 | 3,0-26,8 | 1,3-2,5 | 3,0-10,4 | 1,3-2,5 |
| | 26,8-66,7 | 2,9 - 5,4 | 26,8-63,1 | 3,3-6,3 | 10,4-46,5 | 3,3-6,3 |
| | 66,7-90,0 | 1,1-2,2 | 63,1-90,0 | 1,3-2,5 | 46,5-90,0 | 1,3-2,5 |
| Азот щелочногидролизуемый, мг/100 г почвы | <25,1 | 1,14-2,2 | <2,5 | 1,3-2,5 | <2,0 | 1,3-2,5 |
| | 25,1-65,3 | 2,9-5,4 | 2,5-54,5 | 3,3-6,3 | 2,0-35,2 | 3,3-6,3 |
| | 65,3-100,0 | 1,1-2,2 | 54,5-100,0 | 1,3-2,5 | 35,2-100,0 | 1,3-2,5 |
| Азот легкогидролизуемый, мг/100 г почвы | <6,7 | 1,14-2,2 | <5,9 | 1,3-2,5 | <2,0 | 1,3-2,5 |
| | 6,7-14,3 | 2,9 - 5,4 | 5,9-13,7 | 3,3-6,3 | 2,0-13,7 | 3,3-6,3 |
| | 14,3-50,0 | 1,1-2,2 | 13,7-50,0 | 1,3-2,5 | 13,7-50,0 | 1,3-2,5 |
| Фосфор подвижный, мг/100 г | < 17,0 | 1,1-2,2 | <13,2 | 1,3-2,5 | <9,5 | 1,3-2,5 |
| | 17,0-27,5 | 2,9-5,4 | 13,2-27,5 | 3,3-6,3 | 9,5-27,5 | 3,3-6,3 |
| | 27,5-100,0 | 1,1-2,2 | 27,5-100,0 | 1,3-2,5 | 27,5-100,0 | 1,3-2,5 |
| Калий обменный, мг/100 г | < 20,0 | 1,1-2,2 | <17,0 | 1,3-2,5 | <10,0 | 1,3-2,5 |
| | 20,0-38,0 | 2,9-5,4 | 17,0-29,0 | 3,3-6,3 | 10,0-20,0 | 3,3-6,3 |
| | 38,0-100,0 | 1,1-2,2 | 29,0-100,0 | 1,3-2,5 | 20,0-100,0 | 1,3-2,5 |
| Мощность гумусового горизонта (A+B ₁), см | >120 | 27,1-51,0 | 120-150 | 3,3-6,3 | 120-150 | 3,3-6,3 |
| | 120-60 | 18,9-35,5 | 120-60 | 1,3-2,5 | 120-60 | 1,3-2,5 |
| | 60-5 | 9,5-17,7 | 60-5 | 0-0,1 | 60-40 | 0-0,1 |
| Содержание гумуса, % | <1,8 | 1,1-2,2 | <1,8 | 1,3-2,5 | <1,2 | 1,3-2,5 |
| | 1,8-6,9 | 2,9-5,4 | 1,8-6,9 | 3,3-6,3 | 1,2-4,5 | 3,3-6,3 |
| | 6,9-16,0 | 4,2-8,0 | 6,9-16,0 | 5,0-9,4 | 4,5-16,0 | 5,0-9,4 |
| Плотность почвы, г/см ³ | 0,3-1,0 | 18,9-35,5 | < 1,0 | 2,2-4,2 | 0,3-1,0 | 1,3-2,5 |
| | 1,0-1,4 | 27,1-51,0 | 1,0-1,5 | 3,3-6,3 | 1,0-1,5 | 3,3-6,3 |
| | 1,4-1,8 | 9,5-17,7 | 1,5-1,8 | 1,3-2,5 | 1,52-1,8 | 1,3-2,5 |
| Гигроскопическая влажность, % | 1,0-3,9 | 1,1-2,2 | <3,4 | 1,3-2,5 | 1,0-1,9 | 1,3-2,5 |
| | 3,9-7,6 | 2,9-5,4 | 3,4-6,0 | 3,3-6,3 | 1,9-5,8 | 3,3-6,3 |
| | 7,6-10,0 | 1,1-2,2 | 6,0-10,0 | 1,3-2,5 | 5,8-10,0 | 1,3-2,5 |
| Максимальная гигроскопическая влажность, % | 2,0-5,2 | 1,1-2,2 | 2,0-5,2 | 1,3-2,5 | 2,0-4,0 | 1,3-2,5 |
| | 5,2-15,2 | 2,9 - 5,4 | 5,2-12,2 | 3,3-6,3 | 4,0-11,5 | 3,3-6,3 |
| | 15,2-20,0 | 1,1-2,2 | 12,2-20,0 | 1,3-2,5 | 11,5-20,0 | 1,3-2,5 |
| Капиллярная влагоёмкость, % | 10,0-36,2 | 1,1-2,2 | 10,0-33,0 | 1,3-2,5 | 10,0-20,1 | 1,3-2,5 |
| | 36,2-53,6 | 2,9 - 5,4 | 33,0-43,7 | 3,3-6,3 | 20,1-43,7 | 3,3-6,3 |
| | 53,6-80,0 | 1,1-2,2 | 43,7-80,0 | 1,3-2,5 | 43,7-80,0 | 1,3-2,5 |
| Наименьшая влагоёмкость, % | 10,0-32,6 | 1,1-2,2 | 10,0-25,1 | 1,3-2,5 | 10,0-19,5 | 1,3-2,5 |
| | 32,6-50,8 | 2,9-5,4 | 25,1-42,9 | 3,3-6,3 | 19,5-21,2 | 3,3-6,3 |
| | 50,8-80,0 | 1,1-2,2 | 42,9-80,0 | 1,3-2,5 | 21,2-80,0 | 1,3-2,5 |
| Запасы продуктивной влаги, мм | <150,0 | 1,1-2,2 | <150,0 | 1,3-2,5 | <150,0 | 1,3-2,5 |
| | 150-220 | 2,9-5,4 | 150-220 | 3,3-6,3 | 150,0-220,0 | 3,3-6,3 |
| | 220,0-1000 | 1,1-2,2 | 220,0-1000 | 4,4-8,3 | 220,0-1000 | 5,0-9,4 |
| Содержание мезоагрегатов (0,25-10 мм), % | <30,0 | 1,1-2,2 | <30,0 | 1,3-2,5 | <30,0 | 1,3-2,5 |
| | 30,0-87,7 | 2,9-5,4 | 30,0-87,7 | 3,3-6,3 | 30,0-58,5 | 3,3-6,3 |
| | 87,7-99,0 | 4,2-8,0 | 87,7-99,0 | 4,4-8,3 | 58,5-99,0 | 5,0-9,4 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|------------------------------------|---|-----------------------------------|---|------------------------------------|
| Содержание физической глины (<0,01 мм), % | <42,0 42,0-57,0 57,0-99,0 | 1,1-2,2 2,9-5,4 1,1-2,2 | <21,7 21,7-57,0 57,0-99,0 | 1,3-2,5 3,3-6,3 1,3-2,5 | <12,4 12,4-57,0 57,0-99,0 | 1,3-2,5 3,3-6,3 1,3-2,5 |
| Коэффициент водопрочности | <6,0 6,0-25,5 25,5-70,0 | 1,1-2,2 2,9-5,4 1,1-2,2 | <4,7 4,7-58,4 58,4-70,0 | 1,3-2,5 3,3-6,3 4,4-8,3 | <1,1 1,1-58,4 58,4-70,0 | 1,3-2,5 3,3-6,3 5,0-9,4 |
| Мощность корнеобитаемого слоя, см | 20,0-80,0 80,0-130,0 130-320 | 1,1-2,2 2,9 - 5,4 4,2-8,0 | 20,0-80,0 80,0-160,0 160-320 | 1,3-2,5 3,3-6,3 4,4-8,3 | 20,0-130,0 130,0-200,0 200,0-320,0 | 1,3-2,5 3,3-6,3 5,3-9,4 |
| Глубина карбонатов, см | <10,0 10,0-80,0 80,0-320,0 | 1,1-2,2 2,9-5,4 1,1-2,2 | <90,0 90-180 180-320 | 5,8-10,9 16,7-31,4 8,0-15,0 | 0-170,0 170-245 245-320,0 | 5,8-10,9 10,9-16,7 16,7-31,4 |
| Глубина оглеения, см | 60-170 170-245 245-320 | 1,14-2,15 2,85-4,1 4,1- 5,37 | 50,0-200,0 200-320 320-500 | 0-2,9 2,9-5,4 5,8-31,4 | 200,0-320,0 320,0-500,0 500-1100 | 0-0,1 5,8-10,9 16,7-31,4 |
| Глубина грунтовых вод, см | 60- 300 300-700 700-1100 | 1,1-2,2 2,2-2,9 2,9-5,4 | 50,0-60,0 60,0-320,0 320-500 | 0-0,1 5,8-10,9 16,7-31,4 | 200,0-320,0 320,0-500,0 500,0-1100 | 0-0,1 5,8-10,9 16,7-31,4 |
| Глубина залегания водорастворимых солей, см | 5-150 150-235 235-320 | 0-1,1 1,1-1,7 1,7-2,2 | 5-150 150-235 235-320 | 0-0,1 0,1-1,3 1,3-2,5 | 5-150 150-235 235-320 | 0-0,1 0,1-1,3 1,3-2,5 |
| Крутизна склона, ° | 0-1 1-5 5-45 | 2,9-5,4 1,1-2,2 0-0,1 | 0-1 1-5 5-45 | 3,3-6,3 1,3-2,5 0-0,1 | <1 1-5 5-45 | 3,3-6,3 1,3-2,5 0-0,1 |
| Экспозиция склона | плато северная, восточная южная, западная | 2,9-5,4 1,1-2,2 0-0,1 | плато северная, восточная южная, западная | 3,3-6,3 1,3-2,5 0-0,1 | плато северная, восточная южная, западная | 3,3-6,3 1,3-2,5 0-0,1 |
| Степень минерализации грунтовых вод | пресные слабая сильная | 1,1-2,2 0,1-1,1 0-0,1 | пресные слабая сильная | 1,3-2,5 0,1-1,3 0-0,1 | пресные слабая сильная | 1,3-2,5 0,1-1,3 0-0,1 |



Интервалы показателя плодородия

Рис. Взаимосвязь между показателем плодородия и долей урожайности яблони

Каждому интервалу почвенных параметров соответствует своя доля урожайности (ц/га) плодов, который ожидается. Сумма этих центнеров дает наиболее вероятный уровень урожайности яблони при данных почвенных условиях без применения удобрений. Графически схему прогнозирования урожайности яблони на примере подвоя 62-396 можно отразить следующим образом (рис.).

Каждому из 3 отрезков-интервалов показателя плодородия на горизонтальной оси ($A_i B_i$, $B_i C_i$, $C_i D_i$) соответствуют 2 уровня урожайности (ниж-

ний предел X_{\min} , Y_{\min} , Z_{\min}) и верхний предел (X_{\max} , Y_{\max} , Z_{\max}). По каждому показателю плодородия урожайность складывается по отдельности – нижний предел суммируется с нижним, а верхний предел – с верхним. Каждый из 26 показателей плодородия определяет свою долю (вклад) в урожайность яблони (табл. 2).

Если известен подтип почвы, то можно примерно спрогнозировать наиболее вероятный уровень урожайности яблони без применения удобрений для областей северной части ЦЧР в период полного плодоношения (табл. 3).

Таблица 2

Границы интервалов показателей плодородия, определяющих урожайность яблони

| № | Показатель плодородия, определяющий урожай яблони | Интервал показателя плодородия | | | |
|------------------------------------|---|--------------------------------|-------|-------|-------|
| | | A_i | B_i | C_i | D_i |
| 1 | pH_{KCl} | 0 | 5,4 | 7,5 | 10,0 |
| 2 | Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г | 0 | 0,3 | 7,2 | 15,0 |
| и т.д. по 26 показателям таблицы 1 | | | | | |

Таблица 3

Прогнозируемый уровень урожайности яблони в зависимости от подтипа почвы севера ЦЧР при содержании междурядий под черным паром, ц/га

| Подтип почвы | Подвой | | |
|--|-------------|-------------|-------------|
| | 62-396 | 54-118 | семечковый |
| Чернозем типичный | 165,0-224,0 | 25,0-180,0 | 25,0-70,0 |
| Чернозем выщелоченный | 44,0-189,0 | 100,0-230,0 | 30,0-90,0 |
| Чернозем оподзоленный и темно-серая лесная | 44,0-95,0 | 73,0-200,0 | 120,0-226,0 |
| Серая лесная | 20,0-90,0 | 25,0-170,0 | 62,0-190,0 |
| Лугово-черноземная | 20,0-90,0 | 25,0-170,0 | 62,0-190,0 |
| Черноземно-луговая | 20,0-90,0 | 25,0-170,0 | 62,0-190,0 |
| Светло-серая лесная | 15,0-20,0 | 22,0-120,0 | 44,0-180,0 |

Для этого региона самая высокая урожайность яблони на полукарликовых подвоях (на примере 62-396) будет ожидать на чернозёмах типичных, на среднерослых подвоях (на примере 54-118) – на чернозёмах выщелоченных, оподзоленных и тёмно-серых лесных почвах, на сильнорослых (на примере семечкового) – на чернозёмах оподзоленных и тёмно-серых лесных почвах. Данная методика оцифрована в виде программы для ЭВМ и может быть использована как в учебных целях, так и в производстве при составлении бизнес-планов.

Выводы

1. Установлены следующие параметры почв, которые определяют уровень урожайности яб-

лони: агрохимические: pH_{KCl} , гидролитическая кислотность, сумма обменных оснований, азот щелочногидролизующий, азот легкогидролизующий, фосфор подвижный, калий обменный, содержание гумуса, степень минерализации грунтовых вод; морфологические: мощность гумусового горизонта ($A+B_1$), мощность корнеобитаемого слоя, глубина карбонатов, глубина оглеения, глубина грунтовых вод, глубина залегания водорастворимых солей; физические: плотность почвы, содержание мезоагрегатов (0,25-10 мм), содержание физической глины (<0,01 мм); водно-физические: гигроскопическая влажность, максимальная гигроскопическая влажность, капиллярная влагоёмкость, наименьшая влагоёмкость, запасы продуктивной влаги, коэффициент

водопрочности; орографические: крутизна склона, экспозиция склона.

2. Разработана методика прогнозирования урожайности яблони для типов почв северной части ЦЧР, которая базируется на агрохимических, морфологических, водно-физических, орографических параметрах почв и учитывает силу роста подвоя. Методика показывает диапазон ожидаемой среднемноголетней урожайности яблони в период полного плодоношения без применения удобрений.

3. Согласно разработанной программе самая высокая урожайность яблони на полукарликовых подвоях (на примере 62-396) будет ожидать на чернозёмах типичных, на среднерослых подвоях (на примере 54-118) – на чернозёмах выщелоченных, оподзоленных и тёмно-серых лесных почвах, на сильнорослых (на примере семечкового) – на чернозёмах оподзоленных и тёмно-серых лесных почвах.

Библиографический список

1. Rozman, Č., Urška, C., Tojnko, S., et al. (2012). Application of Neural Networks and Image Visualization for Early Forecast of Apple Yield. *Erwerbs-Obstbau*. 54. 69-76. DOI: 10.1007/s10341-012-0162-y.
2. Stajniko D., Lakota M., Mursec B., Sagadin M. (2007). The efficiency of apple yield forecasting based on the image analysis under the mid-European growing conditions. *Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede. Zbornik radova, 35. međunarodnog simpozija iz područja mehanizacije poljoprivrede, Opatija, Croatia, 19-23 veljače 2007.* V. 35. P. 215-222.
3. Lepsis, J. and Blanke, M.M. (2004). Forecast of trunk cross section area in the intensive apple orchards as a basis for modelling of fruit yield. *Acta Hort.* 654, 205-212. DOI: 10.17660/ActaHortic. 2004.654.22
4. Awasthi R.P., Sharma S.K. (2000). Studies on apple yield forecasting on the basis of bud examination. *Proceedings of the XXV International Horticultural Congress, pt 9: Computers and Automation Electronic Information in Yorticulture.* Issue 519. P.103-111.
5. Talebpour, B., Türker, U., Yegül, U. (2011). Determination of the relationship between apparent soil electrical conductivity with pomological properties and yield in different apple varieties Ufuk , Babak, Uğur Ankara Ankara, Turkey. *Zemdirbyste.* 98. 307-314.
6. Марков, Ю. А. Программа и методика исследований по орошению плодовых и ягодных культур / Ю. А. Марков. – Мичуринск, 1985. – 116 с. – Текст: непосредственный.
7. Инструкция ЦИНАО по проведению массовых анализов почв в зональных агрохимических лабораториях. – Москва: Колос, 1973. – 55 с. – Текст: непосредственный.
8. Гаврилюк, Ф. Я. Бонитировка почв. – Москва: Высшая школа, 1970. – 261 с. – Текст: непосредственный.
9. Захаров, В. Л. Программа прогнозирования урожайности яблони и почвоутомления сада в зависимости от почвенных условий / В. Л. Захаров, Д. И. Максимов. – Текст: непосредственный // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017610380. 10.01.2017 г.

References

1. Rozman, Č., Urška, C., Tojnko, S., et al. (2012). Application of Neural Networks and Image Visualization for Early Forecast of Apple Yield. *Erwerbs-Obstbau*. 54. 69-76. DOI: 10.1007/s10341-012-0162-y.
2. Stajniko D., Lakota M., Mursec B., Sagadin M. (2007). The efficiency of apple yield forecasting based on the image analysis under the mid-European growing conditions. *Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede. Zbornik radova, 35. međunarodnog simpozija iz područja mehanizacije poljoprivrede, Opatija, Croatia, 19-23 veljače 2007.* V. 35. P. 215-222.
3. Lepsis, J. and Blanke, M.M. (2004). Forecast of trunk cross section area in the intensive apple orchards as a basis for modelling of fruit yield. *Acta Hort.* 654, 205-212. DOI: 10.17660/ActaHortic. 2004.654.22
4. Awasthi R.P., Sharma S.K. (2000). Studies on apple yield forecasting on the basis of bud examination. *Proceedings of the XXV International Horticultural Congress, pt 9: Computers and Automation Electronic Information in Yorticulture.* Issue 519. P.103-111.
5. Talebpour, B., Türker, U., Yegül, U. (2011). Determination of the relationship between apparent soil electrical conductivity with pomological properties and yield in different apple varieties Ufuk , Babak, Uğur Ankara Ankara, Turkey. *Zemdirbyste.* 98. 307-314.
6. Markov Iu.A. Programma i metodika issledovaniy po orosheniiu plodovykh i iagodnykh kultur. – Michurinsk, 1985. – 116 s.

7. Instruktsiia TsINAО po provedeniiu massovykh analizov pochv v zonalnykh agrokhimicheskikh laboratoriiakh. – Moskva: Kolos, 1973. – 55 s.

8. Gavriliuk F.Ia. Bonitirovka pochv. – Moskva: Vysshaya shkola, 1970. – 261 s.

9. Zakharov V.L., Maksimov D.I. Programma prognozirovaniia urozhainosti iablони i pochvoutomleniia sada v zavisimosti ot pochvennykh uslovii // Svidetelstvo o gosudarstvennoi registratsii programmy dlia EVM No. 2017610380. 10.01.2017 g.



УДК 631.82/85:631.427.2:631.559

DOI: 10.53083/1996-4277-2021-204-10-25-32

В.С. Курсакова

V.S. Kursakova

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РИЗОТОРФИНА И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF RIZOTORFIN AND MINERAL FERTILIZER APPLICATION TO INCREASE FODDER GALEGA (*GALEGA ORIENTALIS* LAM.) PRODUCTIVITY

Ключевые слова: ризоторфин, инокуляция, азотфиксация, бобово-ризобиальный симбиоз, минеральные удобрения, молибден, козлятник восточный, урожайность.

Изучение действия ризоторфина, молибдена и минеральных удобрений с дозами азота 30, 60 кг/га и без азота на фоне фосфора и калия $P_{60}K_{60}$ на развитие растений козлятника восточного первого и второго годов жизни в условиях степной зоны Алтайского края показало высокую отзывчивость козлятника на улучшение условий питания. Инокуляция и удобрения повышали сохранность, зимостойкость растений, увеличивали рост, развитие и урожайность зеленой массы. Большую сохранность и более высокую зимостойкость обеспечила инокуляция ризоторфином и на его фоне минеральные удобрения и молибден. Это обусловлено комплексным воздействием бактерий в препарате на растения, заключающимся в обеспечении их большим количеством азота, ростовыми гормонами-стимуляторами и биофунгицидами. Молибден способствует активизации нитрогеназной ферментной системы бактерий, участвующей в фиксации атмосферного азота, поэтому его эффективность повышается при совместном использовании с ризоторфином. Зеленая масса растений козлятника восточного полноценно начинает формироваться лишь со второго года жизни, поэтому скашивание ее в год посева нецелесообразно. Урожайность козлятника можно повысить за счет скашивания зеленой массы несколько раз за сезон. В условиях Алтайского края допустимо двукратное скашивание. Инокуляция и минеральные удобрения увеличивали урожайность травы в оба года исследований. Но ризоторфин увеличивал урожайность козлятника в большей степени. Прибавки урожая от инокуляции и минеральных удобрений в первый год их жизни составили 11,1-44,4%, во второй – 6,8-27,4%. Эффективность инокуля-

ции повышалась при совместном использовании ризоторфина с минеральными удобрениями, что обеспечило получение значительной дополнительной продукции по сравнению с контролем. Наибольший эффект получен от инокуляции ризоторфином в чистом виде и при совместном использовании ризоторфина с молибденом и минеральным удобрением с дозой $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Keywords: Rizotorfin inoculant, inoculation, nitrogen fixation, legume-Rhizobium symbiosis, mineral fertilizers, molybdenum, fodder galega (*Galega orientalis* Lam.), yielding capacity.

The study of the effect of Rizotorfin inoculant, molybdenum and mineral fertilizers with nitrogen rates of 30 and 60 kg ha and without nitrogen against the background of phosphorus and potassium $P_{60}K_{60}$ on the development of fodder galega plants on the first and second growing seasons in the steppe zone of the Altai Region showed high responsiveness of fodder galega to improved nutritional conditions. Inoculation and fertilizer application increased the survival and winter hardiness of plants, increased herbage growth, development and yield. Greater survival and winter hardiness were achieved by inoculation with Rizotorfin inoculant and, against its background, mineral fertilizer and molybdenum application. This is determined by the complex effect of bacteria in the inoculant on plants that consists in providing them with a large amount of nitrogen, growth-promoting hormones and biofungicides. Molybdenum contributes to the activation of the nitrogenase enzyme system of bacteria involved in fixing atmospheric nitrogen; therefore, its effectiveness increases when used together with Rizotorfin. The herbage of fodder galega plants fully begins to form only on the second growing season therefore mowing is inappropriate on the year of sowing. The yield of fodder galega plants may be increased by mowing the herbage several times per season.